

Witold Jaworski

**Opisuje
Blender 3.3**

Wirtualne modelarstwo

Tom II: Modelowanie



**Tworzenie realistycznych,
cyfrowych modeli samolotów**

Wirtualne modelarstwo

Mojej Żonie.
Ta książka powstała dzięki Jej wyrozumiałości

Witold Jaworski



Wirtualne modelarstwo

**Tworzenie realistycznych,
cyfrowych modeli samolotów**

Wydanie czwarte

(CC) Witold Jaworski, 2009 – 2023

wjaworski@samoloty3d.pl

<http://www.samoloty3d.pl>



This work is licensed under [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 2.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/).

W szczególności, publikowanie przekładu tej książki na inne języki wymaga pisemnej zgody Autora.

Niniejsza książka może być kopiowana i rozpowszechniana na następujących warunkach:

- każda kopia powinna zawierać informację o Autorze;
- nie wolno używać tej książki do celów komercyjnych;
- nie wolno zmieniać tekstu ani przekształcać w jakikolwiek sposób układ tej publikacji.

ISBN: 978-83-941952-5-0

Ilustracja na poprzedniej stronie:

para P-40B z 47 Pursuit Squadron USAAC, której udało się wystartować 7 grudnia 1941r. do walki z japońskim nalotem na Pearl Harbor. Pilotują je porucznicy: Kenneth Taylor (samolot z numerem bocznym „316”) i George Welch (samolot z numerem „160”).

47 PS był w tym czasie oddelegowany na ćwiczenia strzeleckie w ustronny, północny zakątek wyspy Oahu, na połowie lądowisko Haleiwa. Ten obszar nie był blokowany przez japońskie samoloty. (Pearl Harbor leżało na przeciwnym brzegu wyspy). Pas startowy biegł wzdłuż brzegu morza. Tak mogła wyglądać ta para samolotów zaraz po starcie. Fotografia tła przypomina autentyczny fragment brzegu w pobliżu lotniska Haleiwa.

Spis treści

Spis treści	5
Dlaczego napisałem tę książkę?	9
Co zawiera ta publikacja?	10
Konwencje zapisu	11
Jak czytać tę książkę?	12
Przygotowanie „warsztatu pracy” dla tego projektu	18
Rozdział 1. Pobranie materiałów pomocniczych	19
Rozdział 2. Instalacja oprogramowania	20
2.1 Instalacja Blendera	21
Formowanie modelu	24
Rozdział 3. Blender – pierwsze kroki	25
3.1 Układ ekranu	26
3.2 Zmiana projekcji w oknie 3D	39
3.3 Cieniowania sceny w oknie 3D i inne opcje	48
3.4 Kamery i zaznaczenie obiektów	56
3.5 Podstawowe transformacje	62
3.6 Okno właściwości (<i>Properties</i>)	72
Rozdział 4. Wprowadzenie do modelowania	83
4.1 Przygotowanie pliku Blendera	84
4.2 Kołpak śmigła	97
4.3 Łopata śmigła	104
4.4 Dokończenie łopat śmigła	121
Rozdział 5. Skrzydła	130
5.1 Kształt podstawowy	131
5.2 Formowanie końcówki skrzydła	140
5.3 Wykończanie końcówki skrzydła	156
5.4 Lotka	167
5.5 Wycięcie na klapy	184
5.6 Klapy	203
5.7 Otwór na koło główne	221
5.8 Wykończenia	228
Rozdział 6. Usterzenie	234
6.1 Statecznik poziomy	235
6.2 Ster wysokości	243
6.3 Statecznik pionowy	259
6.4 Ster kierunku	264
Rozdział 7. Kadłub	274
7.1 Część główna	275
7.2 Osłona silnika	287
7.3 Chwyt powietrza do silnika	296
7.4 Osłony luf km	304
7.5 Wlot powietrza do chłodnic	313
7.6 Kil pod kadłubem	323

Rozdział 8.	Kabina pilota	334
8.1	Oszklenie za głową pilota	335
8.2	Wiatrochron (wczesna wersja).....	346
8.3	Wiatrochron (późna wersja).....	359
8.4	Owiewka kabiny	366
Rozdział 9.	Pozostałe elementy samolotu	373
9.1	Oslony podwozia głównego	374
9.2	Oprofilowania połączenia kadłuba i usterzenia	382
9.3	Oprofilowanie połączenia kadłuba i płata	390
9.4	Weryfikacja końcowa i poprawki.....	399
Szczegóły obsługi Blendera 3D		415
Rozdział 10.	Blender – ogólne	416
10.1	Instalacja standardowa	417
10.2	Alternatywna metoda instalacji	420
10.3	Otwieranie pliku	423
10.4	Zapisanie pliku	426
10.5	Ustawienie środowiska pracy	428
10.6	Pliki konfiguracji Blendera.....	435
10.7	Import obiektów z innego pliku Blendera	437
10.8	Kopia bezpieczeństwa i odtwarzanie.....	439
10.9	Zarządzanie układami ekranu (<i>workspaces</i>).....	441
10.10	Instalacja i usuwanie dodatków (<i>add-ons</i>).....	443
10.11	Używanie „miarki” (<i>Measure</i>).....	446
10.12	Kolekcje – zarządzanie	448
10.13	Sceny – zarządzanie.....	453
10.14	Kursor 3D – ustalanie położenia	454
10.15	Kontrolka wyboru barwy.....	455
10.16	Obsługa listy	458
Rozdział 11.	Blender – edytor obiektów (Object Mode)	460
11.1	Wstawianie obrazu (referencyjnego)	461
11.2	Kopiowanie obiektów (<i>Duplicate</i>).....	464
11.3	Tworzenie okręgu (<i>Circle</i>).....	466
11.4	Tworzenie kwadratu (<i>Plane</i>)	469
11.5	Tworzenie walca (<i>Cylinder</i>).....	470
11.6	Tworzenie pustego obiektu (<i>Empty</i>)	472
11.7	Tworzenie prostopadłościanu (<i>Cube</i>)	473
11.8	Tworzenie kamery (<i>Camera</i>)	474
11.9	Zmiana właściwości kamery (<i>Camera</i>)	475
11.10	Nadanie obiektowi nazwy	477
11.11	Przypisanie do hierarchii (<i>Parent</i>).....	479
11.12	Wyznaczenie krawędzi przecięcia dwóch powłok	482
11.13	Scalanie obiektów (<i>Join</i>).....	485
11.14	Zmiana położenia środka obiektu (<i>Set Origin</i>)	487
11.15	Przypisanie ograniczenia <i>Track To</i>	488
11.16	Wstawienie krzywej (<i>Curve</i>)	490
11.17	Wstawianie kopii (instancji) kolekcji.....	493
Rozdział 12.	Blender – edytor siatki (Edit Mode).....	495
12.1	Pojęcia podstawowe	496

12.2	Włączenie trybu edycji (<i>Edit Mode</i>)	497
12.3	Zaznaczanie elementów siatki	498
12.4	Wyciąganie (<i>Extrude</i>)	503
12.5	Skalowanie (<i>Scale</i>)	506
12.6	Przesunięcie (<i>Move</i>)	508
12.7	Obrót (<i>Rotate</i>)	510
12.8	Wstawienie nowej linii wierzchołków (<i>Loop Cut</i>)	511
12.9	Przesuwanie linii wierzchołków (<i>Edge Slide</i>)	513
12.10	Wygladzanie siatki (<i>Subdivision Surface</i>)	514
12.11	Scalanie wierzchołków (<i>Merge</i>)	518
12.12	Rozdzielenie wierzchołków (<i>Rip</i>)	520
12.13	Pogrubienie (<i>Solidify</i>)	521
12.14	Prostowanie linii wierzchołków	523
12.15	Tymczasowe ukrywanie elementów siatki (<i>Hide Selected</i>)	525
12.16	Przecinanie powierzchni	527
12.17	Nacinanie krawędzi na siatce (<i>Knife</i>)	532
12.18	Kopiowanie fragmentu siatki (<i>Duplicate</i>)	534
12.19	Podział krawędzi (<i>Subdivide</i>)	535
12.20	Przesuwanie wierzchołków po krawędziach (<i>Vertex Slide</i>)	537
12.21	Zmiana ostrości krawędzi (<i>Edge Crease</i>)	539
12.22	Usuwanie linii wierzchołków	542
12.23	Usuwanie wierzchołków	543
12.24	Usuwanie krawędzi	544
12.25	Tworzenie nowej ściany	545
12.26	Tworzenie nowej krawędzi	546
12.27	Wydzielenie fragmentu siatki w nowy obiekt (<i>Separate</i>)	547
12.28	Lustrzane odbicie siatki (<i>Mirror</i>)	548
12.29	Weryfikacja topologii siatki	550
12.30	Operacje na bryłach (<i>Boolean</i>)	552
12.31	Proste deformacje (<i>Simple Deform</i>)	554
12.32	Wyginanie wzdłuż krzywej (<i>Curve</i>)	555
12.33	Skręcanie wzdłuż krzywej (<i>Curve</i>)	558
12.34	Fazowanie i zaokrąglanie krawędzi (<i>Bevel</i>)	560
12.35	Powielenie siatki (<i>Array</i>)	564
12.36	Rzutowanie na powierzchnię (<i>Shrinkwrap</i>)	565
12.37	Sterowanie zwrotem wektorów normalnych (<i>Normal</i>)	568
12.38	Odsunięcie powierzchni (<i>Surface Offset</i>)	570
12.39	Modyfikatory obiektu – zarządzanie	572
Rozdział 13.	Blender – pozostałe	574
13.1	Zdefiniowanie nowego materiału	575
Dodatki	577
Rozdział 14.	Wykorzystanie zdjęć jak obrazów wzorcowych	578
14.1	Wykorzystanie współczesnych zdjęć wykonanych teleobiektywem	579
14.2	Wykorzystanie historycznych zdjęć	590
Rozdział 15.	Wykorzystanie oryginalnej dokumentacji samolotu	604
15.1	Szkielet referencyjny – tworzenie	605
15.2	Szkielet referencyjny – użycie	620
Rozdział 16.	Dodatkowe wyjaśnienia	625

16.1	Struktura danych modelu i sceny w Blenderze.....	626
16.2	Powierzchnie podziałowe (modyfikator <i>Subdivision Surface</i>)	632
16.3	Zniekształcenia obiektu na zdjęciach	649
Słownik.....		654
Podziękowania.....		655
Bibliografia		656
Skorowidz		657
O autorze		683

Dlaczego napisałem tę książkę?

Ponieważ zawsze chciałem stworzyć model samolotu w komputerze. A gdy już to zrobiłem – stwierdziłem, że to dobra zabawa, i że warto tym doświadczeniem podzielić się z innymi.

Dawno temu byłem zwykłym modelarzem i robiłem redukcyjne modele samolotów. To hobby dość specyficzne. Ślęczyśmy miesiącami nad naszym dziełem, starając się nanieść na kawałek materiału maleńkie nity, złącza blach, czy drobne detale tablic przyrządów. Sądzę, że w porównaniu z modelarzami, wędkarze mają mniej męczące, choć podobnie monotonne hobby. W dodatku, zamiast tworzyć ładne, błyszczące miniaturki, наносimy na ich powierzchnię zabrudzenia i przetarcia, aby wyglądały jak rzeczywiste, zużyte i gdzieś tam pordzewiałe maszyny. Nagrodą za ten wysiłek jest okazja do pokazania naszych dzieł komuś, kto potrafi docenić ich finezję. Mówiąc szczerze, dziwnym trafem są to zazwyczaj inni modelarze. A może tak naprawdę chodzi tu o możliwość nawiązania dyskusji na tak ezoteryczne tematy, jak wyższość Spitfire'a IX nad FW 190 A4? Albo paląca kwestia, jak był pomalowany P-40K, na którym Witold Urbanowicz latał nad Chinami w 1943r?

Otóż chciałbym teraz zaoferować wszystkim modelarzom zupełnie nowy materiał i narzędzia. Zamiast własnego, czasami nieco pobrudzonego aerografem biurka – okno na inny świat, w głębi ekranu.

Jest tu niezwykle plastyczny materiał, który można "wytlaczać" w dowolne powłoki, bez obawy, że go zabraknie. Są tu farby, dla których można dokładnie ustalić odcień i zasady nakładania. Można tu wreszcie odtworzyć grubość blachy poszycia, jak w prawdziwym samolocie! Tu, gdy stwierdzisz, że okapotowanie silnika, który wykonałeś rok temu, powinno mieć inny kształt, zawsze możesz ten błąd poprawić. I to nie raz! Tutaj nigdy Twój model nie obrośnie kurzem. Nie będziesz wysłuchiwał narzekań domowników na to, że nie ma już gdzie zmieścić Twojej kolekcji. Możesz kopiować i przesłać swój model innym hobbystom, takim jak Ty, bez obawy, że coś się z nim stanie podczas transportu. Z obiektów, które w ten sposób stworzysz, można szybko budować całe sceny (wirtualne dioramy).

Jedyne, do czego trzeba się przyzwyczaić, to to, że niczego w tym świecie nie można dotknąć. Możesz tylko patrzeć i łapać wszystko myszką. Rozwój bardziej zaawansowanych urządzeń dotykowych od dziesięciu lat „drepcze w miejscu”. Za to niedrogie i odpowiednio dokładne drukarki 3D stają się już ogólnie dostępne. Obecnie, po kilku próbach, możesz zacząć „drukować” swoje własne zestawy do sklejania.

Ten świat wirtualnego modelarstwa stał niepostrzeżenie dostępny. W istocie każdy komputer wyprodukowany obecnie to silna stacja graficzna, o której w latach 90-tych można było tylko pomarzyć. Co więcej – odpowiednie programy, które potrafią ten potencjał wykorzystać, stały się dostępne za darmo! Stworzyły je dziesiątki programistów *Open Source*. Ludzie ci pokazali, że stać ich co najmniej na to samo, co twórców najlepszych programów komercyjnych. I te aplikacje są coraz lepsze! Podczas pracy nad takim oprogramowaniem nie ma typowego dla komercyjnych projektów pośpiechu, związanego z napiętymi terminami (a pośpiech rodzi błędy). W efekcie, dzięki pracy odpowiednio dużej grupy entuzjastów, powstaje dobry i stabilny program.

Podsumowując – kupując parę lat temu komputer do gier, nabyłeś wszystko, co potrzeba do wejścia w świat wirtualnego modelarstwa. Oczywiście, budowa modeli komputerowych także wymaga nieodłącznych cech każdego modelarza: precyzji i cierpliwości. Mam jednak nadzieję, że ta książka ułatwi Ci, drogi Czytelniku, jak najszybsze osiągnięcie pożądanego rezultatu. Potem możesz pójść dalej i zrobić to samo jeszcze lepiej, niż tu proponuję. Przeczytanie dalszych stron oszczędzi Ci sporo czasu, a niekiedy – frustracji. Ta ostatnia bywa nieodłącznym składnikiem pracy z „tą głupią maszyną” – komputerem. Postaram się nie zanudzać i pokazywać dużo ilustracji, więc mam nadzieję, że "Wirtualne modelarstwo" Cię zainteresuje.

Witold Jaworski

Co zawiera ta publikacja?

„Wirtualne Modelarstwo” uczy „od zera”, jak tworzyć takie komputerowe modele samolotów¹ i ich wizualizacje, takie jak pokazana na okładce książki. Aby szybciej udostępniać Czytelnikom uaktualnione fragmenty tego poradnika, zdecydowałem się stworzyć i opublikować wyciągi z jego tekstu, związane z określoną dziedziną. Są to: „Tom I: Przygotowania”, „Tom II: Modelowanie”, „Tom III: Materiały i tekstury”, oraz „Tom IV: Detale i renderowanie”. Przebieg pracy prezentuję na przykładzie modelu myśliwca Curtiss P-40B. Ta maszyna zawiera klasyczne rozwiązania, stosowane w większości samolotów tego okresu. Z całym rozmysłem nie wybrałem Spitfire, Mustanga, Thunerbolta, Focke-Wulfa czy Messerschmita. Nie chciałem zabierać Ci przyjemności samodzielnego odwzorowania tych słynnych samolotów!



Możesz tworzyć model każdego myśliwca z okresu II wojny światowej, czytając jednocześnie kolejne rozdziały z tej książki. To wcale nie musi być P-40. Wszystkie te samoloty wykonuje się bardzo podobnie. W trakcie tej pracy na pewno zetkniesz się ze wszystkimi zagadnieniami, które są tu opisane.

Ta książka ma służyć zarówno tym, którzy dopiero zaczynają swoją przygodę „w 3D”, jak i tym, którzy mają już w tej dziedzinie pewne doświadczenie. W związku z tym, w części podstawowej opisuję **co** trzeba zrobić. Szczegółowe instrukcje, **jak** posłużyć się odpowiednim programem, umieściłem w częściach poświęconym detalom („Szczegóły obsługi Blendera 3D”). Ich zawartość przypomina tekst systemów pomocy ([Help](#)) aplikacji. To krótkie sekcje, opisujące pojedyncze polecenia (zazwyczaj nie są dłuższe niż dwie-trzy strony, i zawierają kilka ilustracji).

Dzieląc materiał na część „podstawową” i „szczegółową”, starałem się uniknąć niepotrzebnych, wydłużających tekst wskazówek, w rodzaju „kliknij tu, a potem naciśnij tamto”. Zamiast tego, w odpowiednich miejscach opisu umieściłem odsyłacze (wewnętrzne linki) do sekcji z detalami tych poleceń. Jeżeli nie znasz programu, o którym akurat piszę, korzystaj z tych odsyłaczy i czytaj umieszczone w nich informacje szczegółowe². Przygotowałem je tak, abyś nauczył się posługiwać wszystkimi narzędziami „od zera”, w trakcie czytania części podstawowej. Gdy już będziesz wiedział, **jak** zrobić to, co opisuję – po prostu przestaniesz do nich zaglądać.

Książka zawiera jeszcze jedną część: „Dodatki”. To materiały, które mogą być ciekawe dla co dociekliwszych Czytelników. Tematyka „Dodatków” przypomina trochę „groch z kapustą”: od wybranych zagadnień optyki (deformacja obrazu na fotografii, refrakcja światła), do odwzorowania profili lotniczych. A oprócz tego: metody zaawansowanej weryfikacji rysunków samolotu (na poziomie tworzenia planów modelarskich) oraz szczegółowy opis właściwości powierzchni podziałowych. Nie musisz do „Dodatków” zaglądać, choć sądzę, że niektórzy mogą w tych materiałach znaleźć dla siebie coś interesującego.

¹ Nie omawiam tu przygotowania modeli do wydruku 3D, ani do gier/symulatorów lotu. Jeżeli chciałbyś „drukować” własne zestawy do sklepania, zapoznaj się z pierwszymi częściami tego poradnika, o rysunkach referencyjnych i modelowaniu i pomiń resztę, dotyczącą wizualizacji: materiałów, tekstur, kompozycji. W przypadku modeli dla gier/symulatorów – ta książka będzie użyteczna, ale w swoim projekcie musisz jeszcze uwzględnić specyficzne wymagania docelowego „silnika gry” (ang. „game engine”).

² Zakładam, że korzystanie z części drugiej będzie zawsze wyrywkowe. Stąd większość z zagadnień, które tam się znajdują, jest omówiona bez dalszych odnośników. Takie podejście powoduje, że np. opis skalowania w edytorze siatki Blendera jest niemal dosłowną kopią opisu z edytora obiektów. Różnią się tylko ilustracjami i paroma zdaniami. Po prostu nie wiem, który z tych tematów otworzysz jako pierwszy, a w każdym chciałbym zapewnić pełną informację.

Konwencje zapisu

Wskazówki dotyczące klawiatury i myszki oparłem na założeniu, że masz standardowe:

- klawiaturę – w normalnym układzie amerykańskim, 102 klawisze (dodam także parę uwag o klawiaturze notebooka, bo sam na takiej pracuję);
- myszkę – wyposażoną w dwa przyciski i kółko przewijania (które daje się także naciskać: wtedy działa jak trzeci, środkowy przycisk).

Wywołanie polecenia programu będę zaznaczał następująco:

- Menu→Polecenie** - taki zapis oznacza wywołanie z menu „Menu” polecenia „Polecenie”. W przypadku bardziej zagnieżdżonych menu może wystąpić więcej strzałek!
- Panel:Przycisk** - taki zapis oznacza naciśnięcie w oknie dialogowym lub panelu "Panel" przycisku „Przycisk”. Czasami mogę także w ten sposób napisać o przełączniku lub liście rozwijalnej. W podobny sposób będę także oznaczał inne hierarchiczne zależności np. warstw. Wtedy jednak będą występować w kolorze zielonym, a nie niebieskim.

Naciśnięcie klawisza na klawiaturze:

- Alt-K** - myślnik pomiędzy znakami klawiszy oznacza jednoczesne naciśnięcie obydwu klawiszy na klawiaturze. W tym przykładzie trzymając wciśnięty **Alt**, naciskasz **K**;
- G, X** - przecinek pomiędzy znakami klawiszy oznacza, że je naciskasz (i zwalniasz!) po kolei. W tym przykładzie najpierw **G**, a potem **X** (tak, jak gdybyś chciał napisać wyraz „gx”).

Naciśnięcie klawisza myszki:

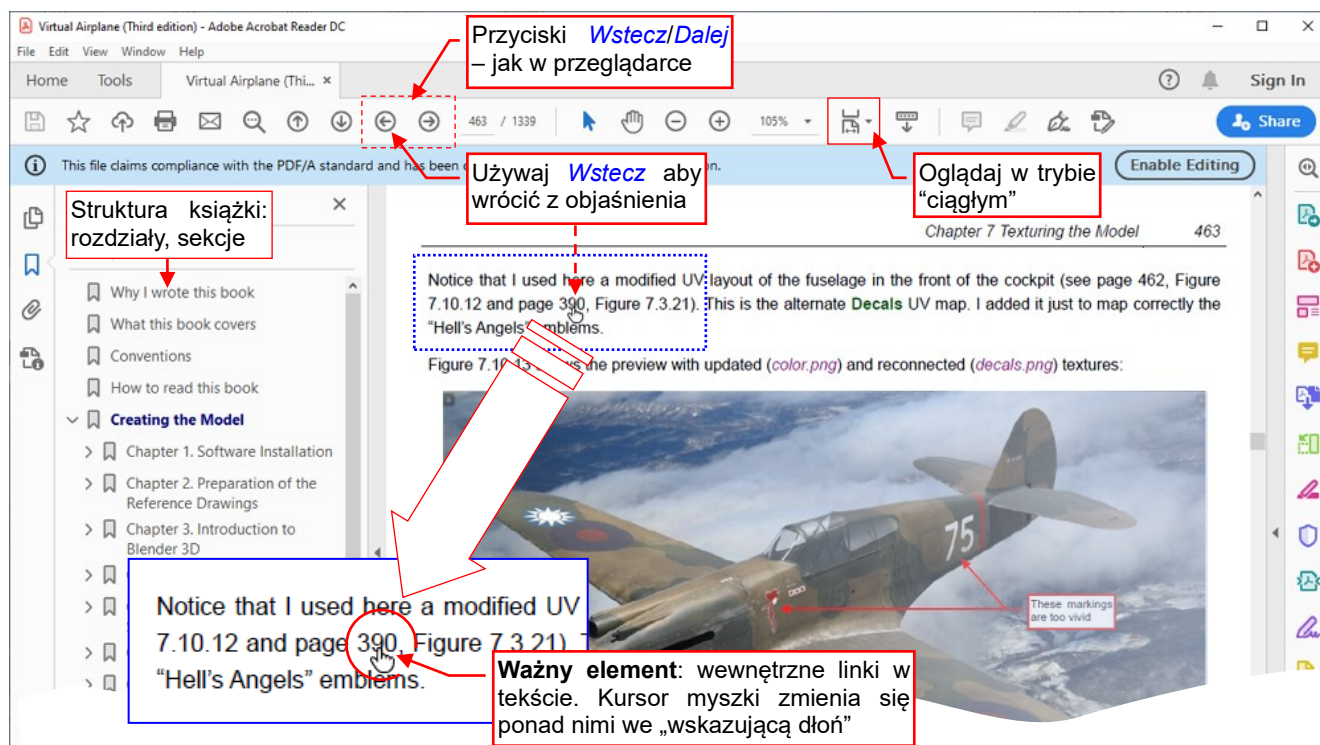
- LPM** - lewy przycisk myszy;
- PPM** - prawy przycisk myszy;
- SPM** - środkowy przycisk myszy (**naciśnięte** kółko przewijania);
- KM** - kółko przewijania (pełni tę rolę, gdy jest **obracane**).

Na koniec – „w kwestii formalnej”: jak mam się do Ciebie zwracać? Zazwyczaj w poradnikach używa się formy bezosobowej („teraz należy zrobić”). To jednak, mówiąc szczerze, czyni czytany tekst mniej zrozumiałym. Aby ta książka była jak najbardziej czytelna, zwracam się do Czytelnika w krótkiej, drugiej osobie („teraz zrób”). Czasami używam także osoby pierwszej („teraz zrobiłem”, „teraz zrobimy”). Tak jest mi łatwiej¹.

¹ Podczas pracy nad modelem traktowałem nas – czyli Ciebie, drogi Czytelniku, i siebie, piszącego te słowa – jako jeden zespół. Może trochę wyimaginowany, ale w jakiś sposób prawdziwy. Przecież tworząc tę książkę ja także wiele się uczyłem, bo wiedziałem, że każde zagadnienie mam Ci porządnie przedstawić!

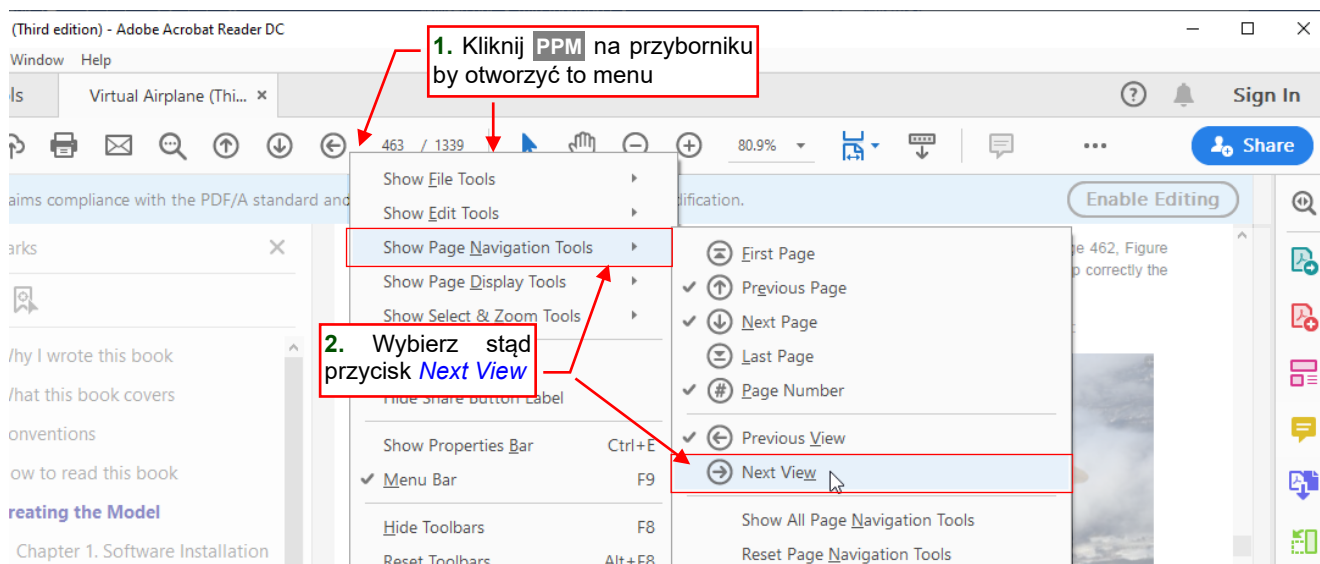
Jak czytać tę książkę?

Ta książka jest publikacją elektroniczną, dostarczaną w formacie PDF. Poniżej pokazuję jej angielską wersję, otwartą w systemie Windows, w popularnej, bezpłatnej przeglądarce **Adobe Acrobat Reader** (Rysunek 1):



Rysunek 1 Czytanie książki w przeglądarce PDF (Adobe Reader)

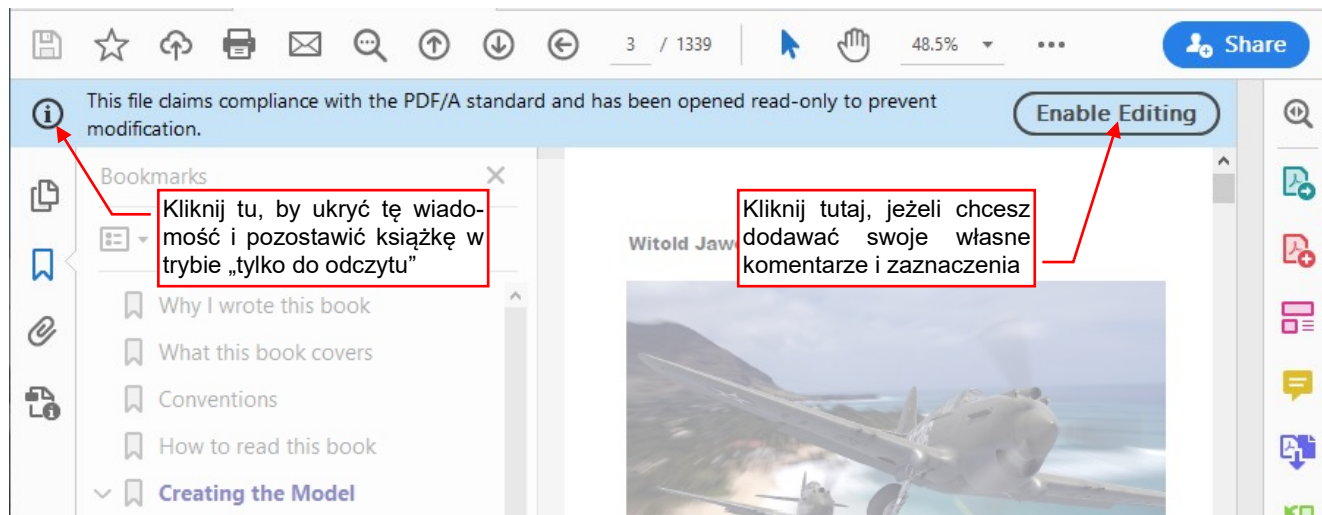
Aby ten poradnik był bardziej czytelny niż drukowane książki, przeniosłem większość szczegółowych opisów z głównego tekstu do podrozdziałów, pozostawiając w ich miejscu odsyłacze (wewnętrzne „linki”). Używaj ich, aby zapoznać się ze szczegółami, a potem wracaj do głównego tekstu. Aby nie „zaśmiecać” zawartości poradnika, nie wyróżniałem specjalnie tych skrótów kolorem lub podkreśleniem. Możesz je jednak rozpoznać na podstawie kontekstu („por. str. ...”) a także po zmianie kształtu kursora myszki na „wskazującą dłoń” (tak jak to pokazuje Rysunek 1). Gdy klikniesz w taki skrót, przejdiesz na stronę, na którą odsyła Cię tekst. Aby powrócić w poprzednie miejsce książki, wykorzystaj przycisk **Wstecz** umieszczony u góry ekranu (Rysunek 1). Działają tak samo, jak w przeglądarce internetowej. Jednak w domyślnej konfiguracji **Adobe Reader** przyciski **Wstecz/Dalej** nie są wyświetlane. Rysunek 2 pokazuje, jak je dodać do paska narzędzi:



Rysunek 2 Dodawanie przycisków **Wstecz/Dalej** do paska narzędzi (Adobe Reader)

Aby dodać przyciski *Wstecz/Dalej* do przybornika¹, kliknij **LPM** na pasku narzędzi i z menu kontekstowego wywołaj submenu *Show Page Navigation Tools...* Wybierz z niego polecenia *Previous View* i *Next View* (por. Rysunek 2). Za każdym razem możesz wybrać tylko jedno z tych poleceń.

Aby ten dokument PDF można było poprawnie odczytać na różnych urządzeniach, jest zapisany w standardzie PDF/A. Po otwarciu pliku książki, **Adobe Reader** wyświetla o tym odpowiedni komunikat u góry ekranu (Rysunek 3):



Rysunek 3 Zamykanie wiadomości o formacie PDF/A (Adobe Reader)

Jeżeli chcesz zachować tę książkę w oryginalnej postaci, kliknij ikonę **(i)** z lewej strony (por. Rysunek 3). Jeżeli jednak chciałbyś na własne potrzeby zaznaczać jakieś fragmenty i/lub dodawać własne notatki – kliknij przycisk *Enable Editing* po prawej.

* * *

i

Możesz wydrukować egzemplarz „Wirtualnego modelarstwa” na użytek własny. Możesz go także nie drukować i czytać wprost z ekranu podczas pracy nad modelem. Oszczędzisz w tym przypadku trochę tonerów i papieru – zawsze to o skrawek lasu więcej. Co więcej, możesz wtedy korzystać z hipertekstowych odsyłaczy i widzieć ilustracje w pełnym kolorze.

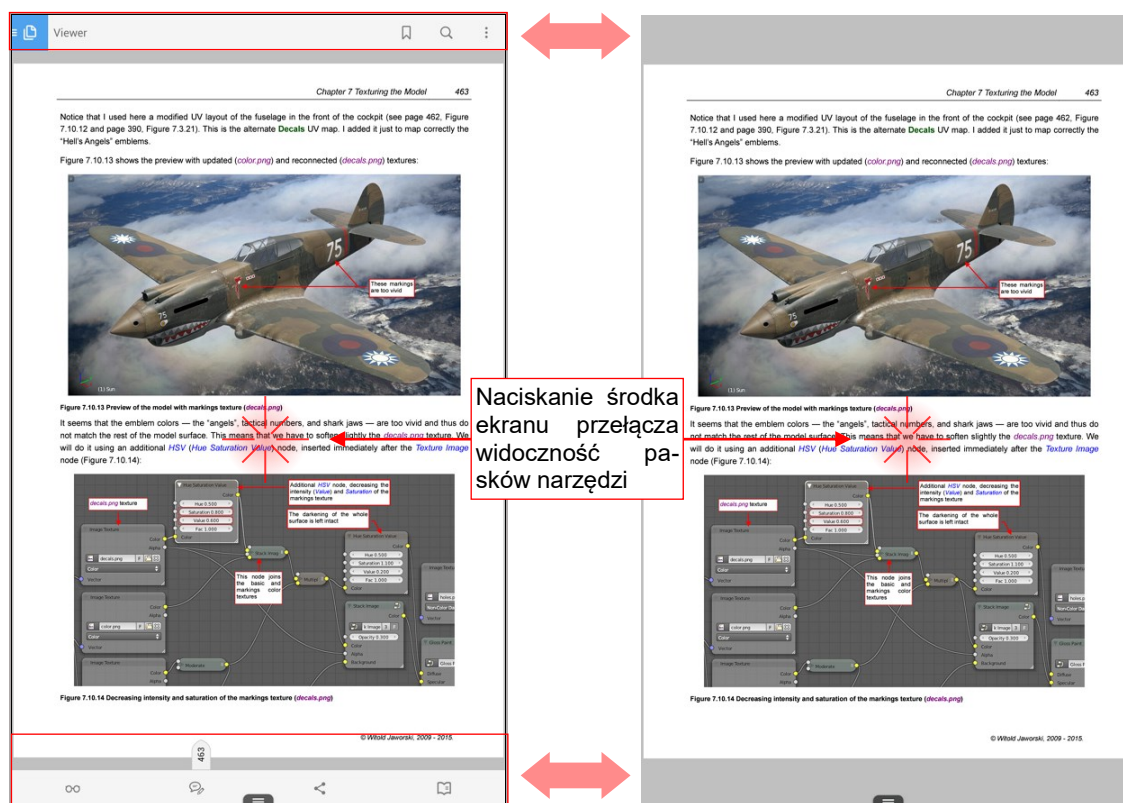
Oczywiście, jeżeli wolisz częste kartkowanie prawdziwego papieru – drukuj całość². Nawet jeżeli Twoja drukarka obsługuje wydruk dwustronny, przygotuj dwie ryzy formatu A4 i nowy toner, aby wydrukować pełne wydanie (cztery tomy) tej książki! Zapewniam, że nie było to moim celem. 😊

* * *

¹ Zawsze można użyć skrótów klawiszowych (*Wstecz*: **Alt** - **←**, *Dalej*: **Alt** - **→**), ale jakoś różnie jest mieć te przyciski „pod ręką”.

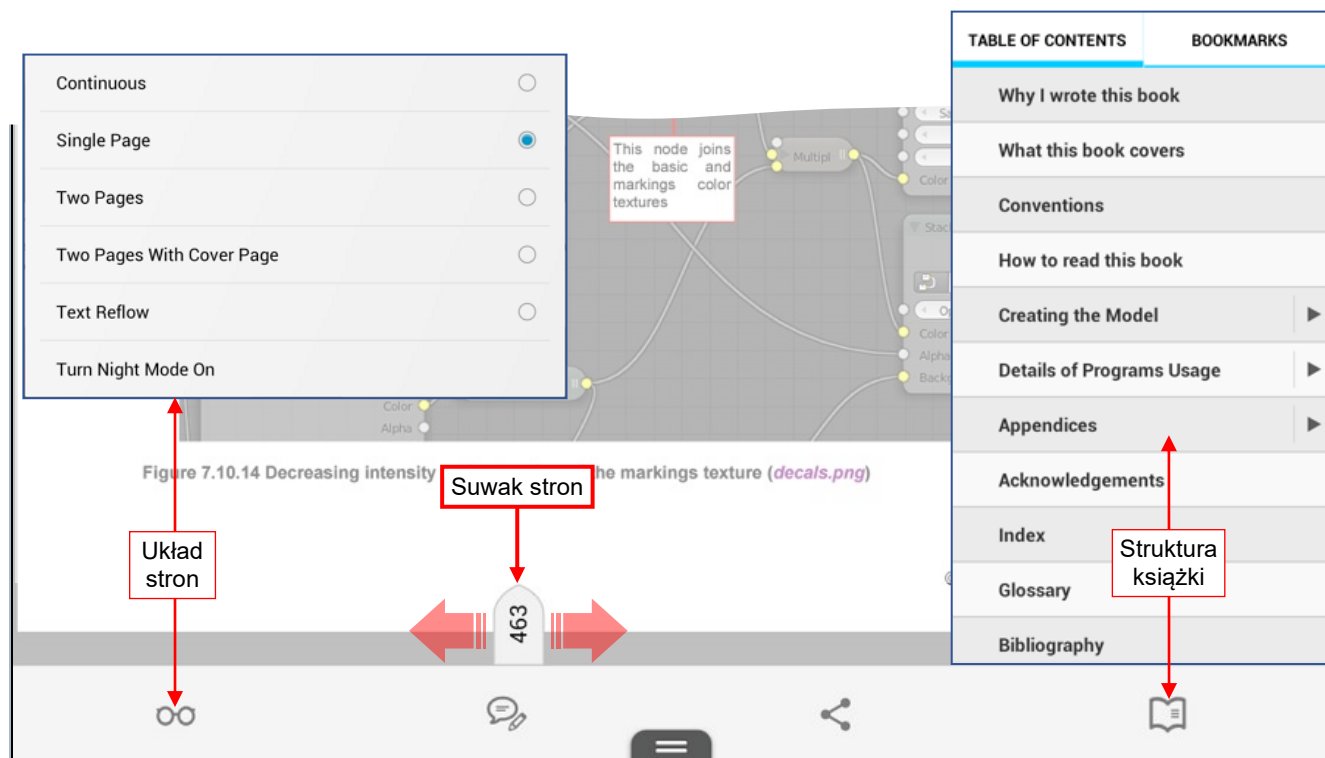
² Nie chciałem w tej elektronicznej książce rezygnować z kolorowych ilustracji. W związku z tym wiele z nich na wydruku wydaje się być mało kontrastowa. Aby temu w jakimś stopniu zaradzić, na niektórych ilustracjach zmieniałem kolory odnośników (na ciemniejsze lub jaśniejsze). Dzięki temu na wydruku są w miarę czytelne.

Oczywiście, możesz czytać tę książkę na tablecie, szczególnie jakimś większym. Dla urządzeń z systemem **Android** polecam także **Adobe Reader** (Rysunek 4):



Rysunek 4 Zawartość książki w systemie Android (Adobe Reader wersja mobilna)

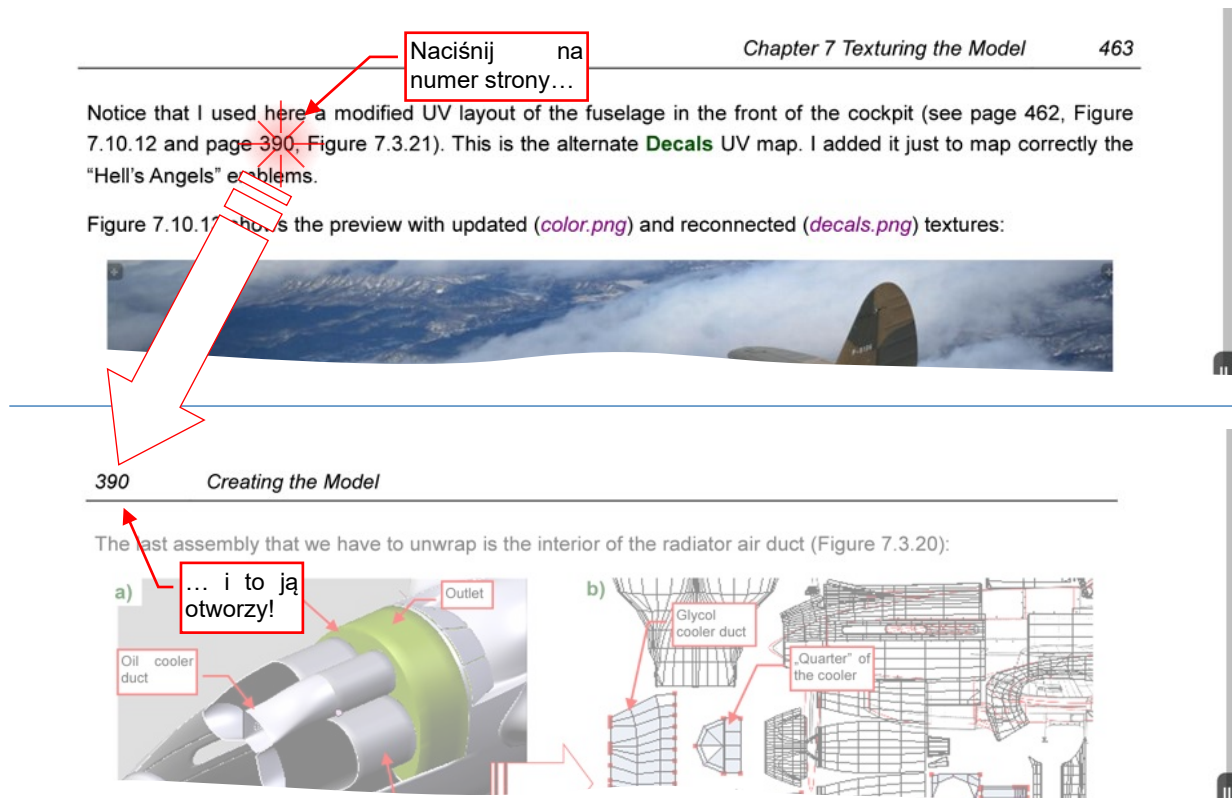
W stosunku do wersji z komputerów PC (pokazanej na poprzednich stronach), ten **Adobe Reader** ma uproszczony interfejs użytkownika (Rysunek 5):



Rysunek 5 Interfejs użytkownika programu Adobe Reader (Android)

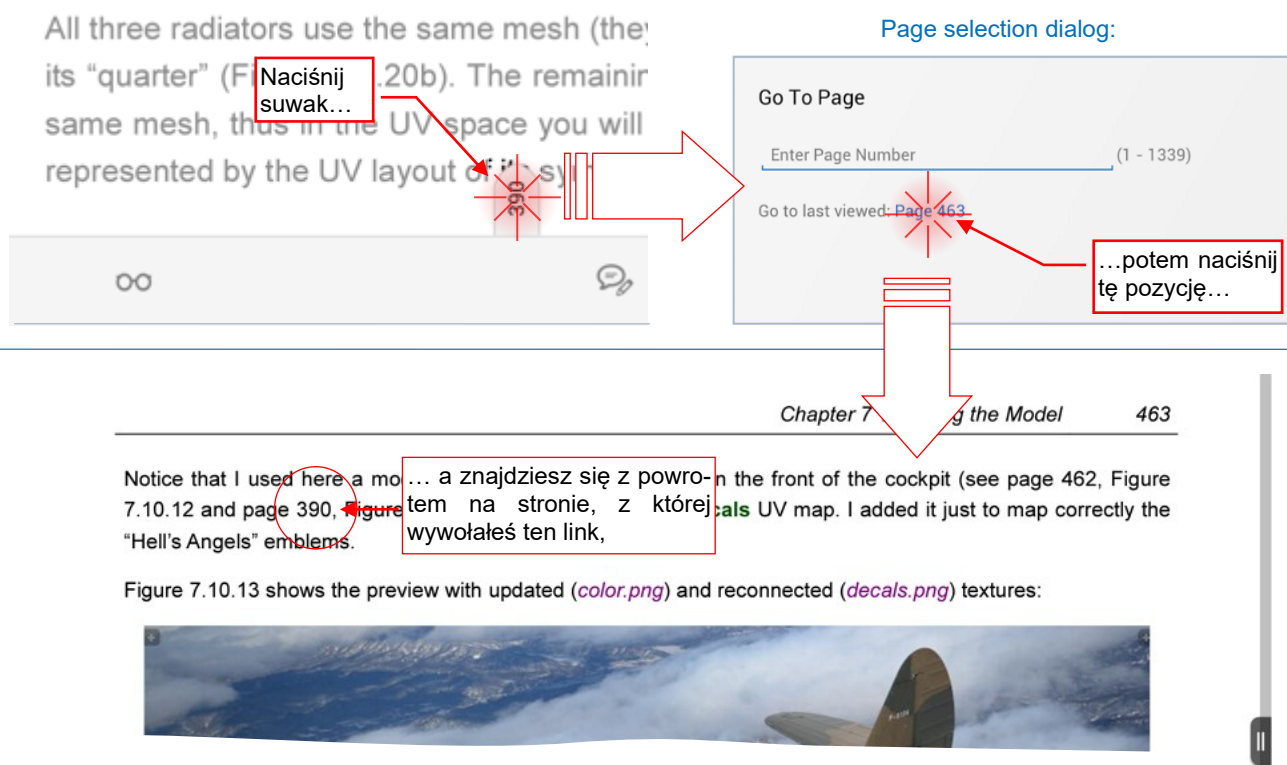
Na szczęście nadal można tu ustawić ciągłe wyświetlanie stron (opcja **Continuous**, por. Rysunek 5). To przyda się szczególnie dla mniejszych ekranów!

W mobilnym wariancie **Adobe Acrobat Reader** także możesz korzystać z linków. Niestety, na ekranach dotykowych nie ma kursora, który by się zmieniał ponad takim odsyłaczem. Wystarczy jednak pamiętać, że każdy numer strony, ilustracji lub rozdziału zawiera odpowiedni link. Po prostu naciśnij odpowiedni tekst (Rysunek 6):



Rysunek 6 Korzystanie z hipertekstowych odsyłaczy

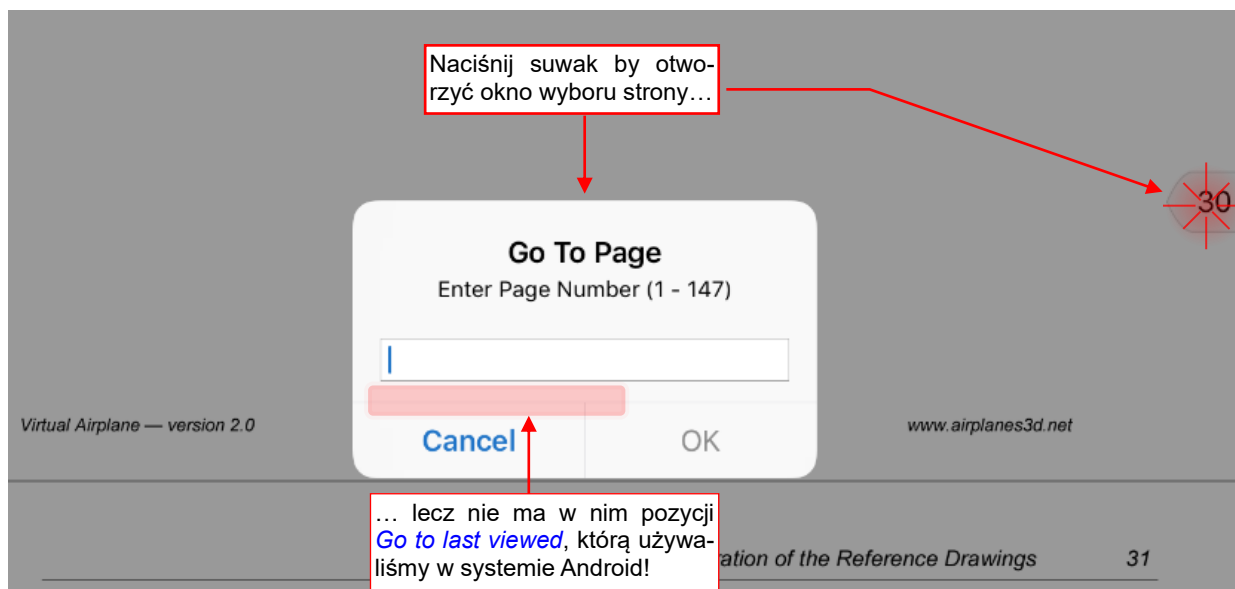
Aby powrócić z takiego „skoku” w poprzednie położenie w tekście książki, skorzystaj z przycisku „<”, który pojawi się z prawej (przy numerze strony – Rysunek 7):



Rysunek 7 Powrót do poprzedniego miejsca (Android)

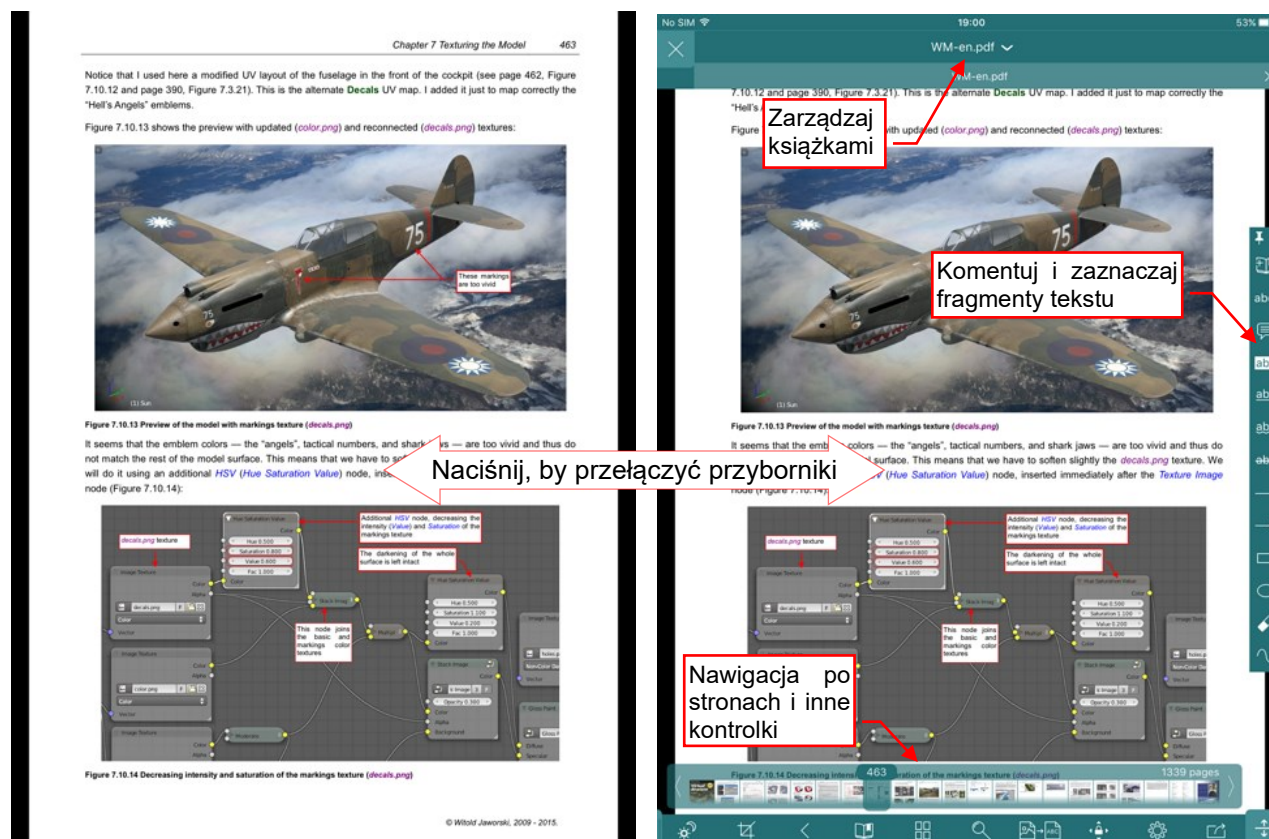
Rysunek 7 pokazuje okno wyboru strony, otwierane po naciśnięciu suwaka. Naciśnij w nim pozycję **Go to last viewed**, a wrócisz do tekstu głównego. (Mówiąc szczerze, wersja **Adobe Acrobat Reader** dla systemu Android sprzed kilku lat była wygodniejsza: miała przycisk **Wstecz** obok numeru aktualnej strony).

Adobe Acrobat Reader ma także swój wariant dla systemu **iOS**. Niestety, w jego oknie wyboru strony brakuje kluczowej pozycji „Go to last viewed” (Rysunek 8):



Rysunek 8 Okno wyboru strony w Adobe Reader dla iOS

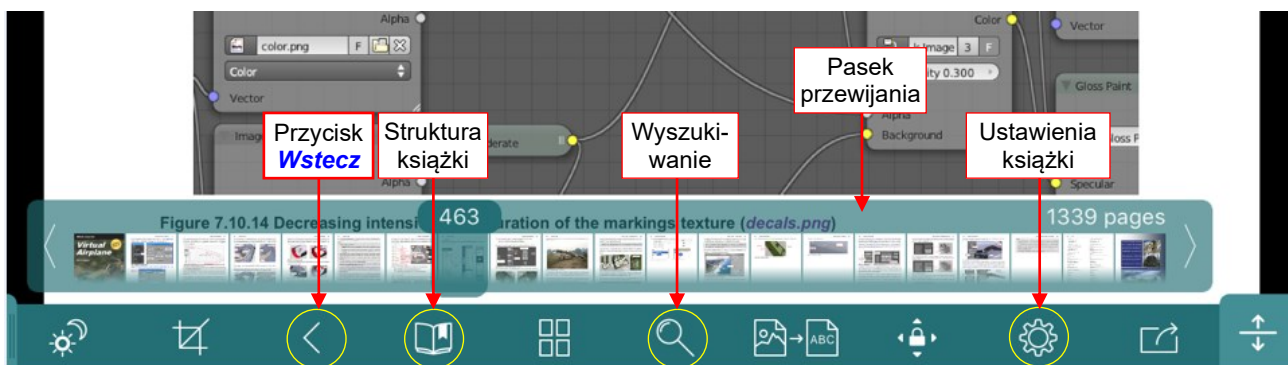
Dlatego jestem zmuszony zarekomendować dla **iOS** inny program: **GoodReader**. Ta płatna aplikacja (aktualnie dostępna w AppStore za 27zł) to doskonałe narzędzie do czytania na iPadzie (Rysunek 9):



Rysunek 9 GoodReader dla iOS

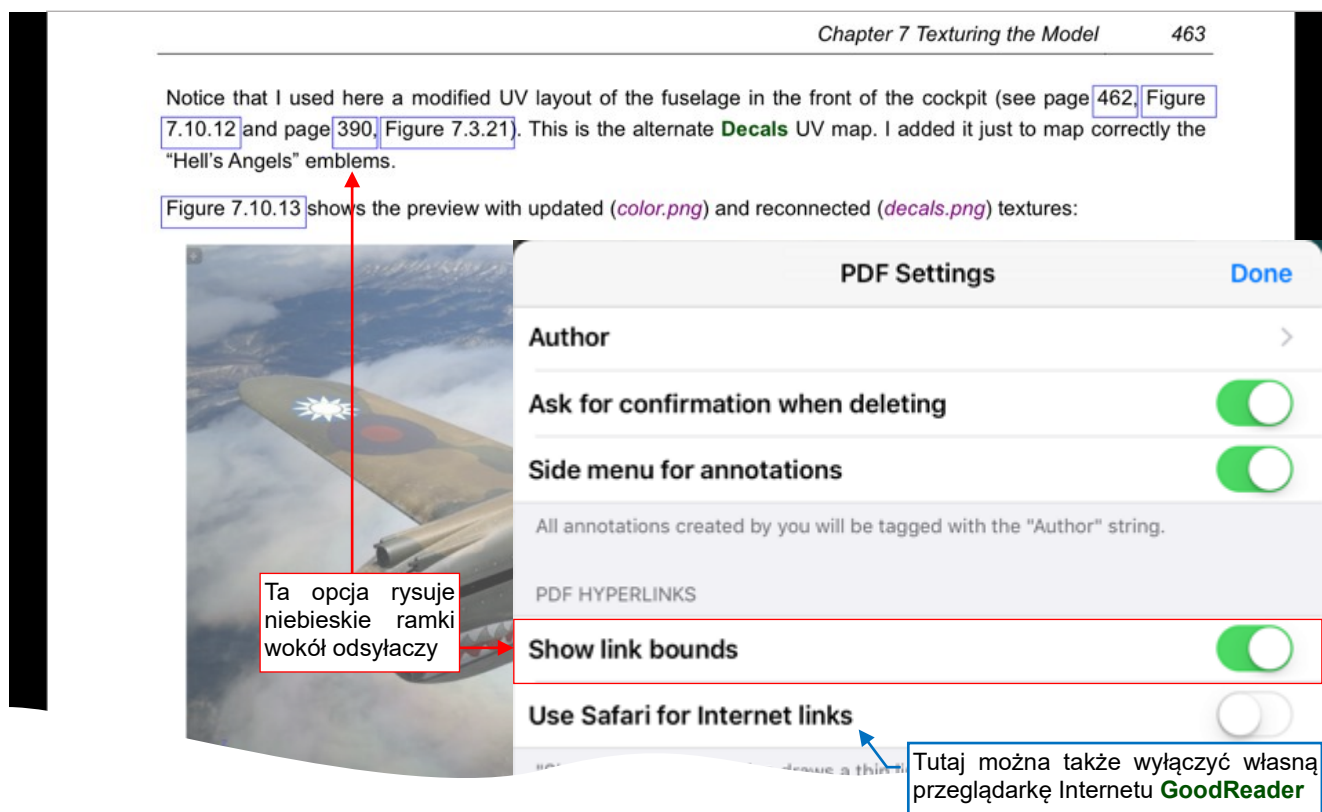
Poza samym czytaniem, **GoodReader** jest wygodnym narzędziem do zarządzania plikami książek na tablecie i w chmurze. Zawiera nawet własną przeglądarkę do obsługi umieszczonych w tekście odsyłaczy do Internetu.

U dołu ekranu znajdziesz w nim w tak przydatny przycisk **Wstecz**, ale także wiele innych „gadżetów”, jak np. pasek wyboru stron (Rysunek 10):



Rysunek 10 GoodReader dla iOS

Oprócz przycisku **Wstecz**, który pozwala na powrót z połączonej strony, **GoodReader** potrafi także zaznaczyć w tekście wszystkie wewnętrzne odsyłacze. Wystarczy tylko włączyć w ustawieniach książki opcję **Show link bounds** (Rysunek 11):



Rysunek 11 GoodReader: kilka przydatnych opcji w ustawieniach książki

Osobiście jednak, tak jak napisałem na początku tej sekcji, wolę czytać tekst bez takich oznaczeń.

Przygotowanie „warsztatu pracy” dla tego projektu

Po pierwsze, potrzebujesz komputer. Nie musi być to nowa maszyna, ale sugeruję nie używać sprzętu sprzed więcej niż siedmiu lat.

(Na komputerach starszych niż siedem lat aktualna wersja **Blendera** może mieć problemy ze sprzętem).



Do obsługi aktualnej wersji Blendera potrzebujesz komputera z 64-bitowym procesorem. (Większość współczesnych komputerów ma właśnie taki procesor, więc nie jest to specjalny problem)

Przypuszczam, że większość czytelników tej książki używa komputera z Windows. Podczas opisu instalacji koncentruję się wyłącznie na tym środowisku. Sam go używam na moich komputerach. Nie mam żadnych doświadczeń z Linuksem ani z Mac OS, więc nie będę pisał o instalacjach, których nie wykonałem. Jeżeli używasz systemów innych niż Windows – poszukaj wskazówek na temat ich instalacji na stronach poszczególnych programów. (Adresy tych portali zawiera Rozdział 2. Znajdziesz je na początku każdej z jego sekcji).

Rozdział 1. Pobranie materiałów pomocniczych

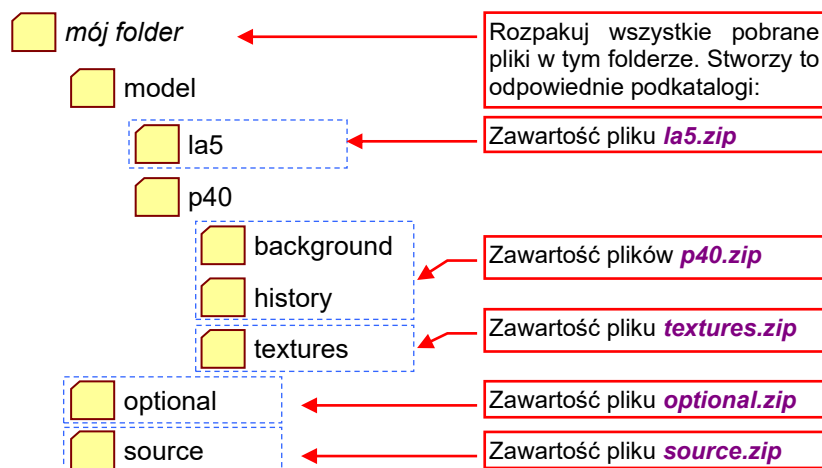


Pliki towarzyszące tej książce możesz pobrać ze strony: http://samoloty3d.pl/wm4_p.xml. Utrzymuję tam ich aktualne wersje¹. Uaktualniam je co jakiś czas, aby odpowiadały aktualnej wersji Blendera.

Następujące pliki są ważną częścią tej książki:

- **source.zip**: zawiera skrypty Pythona, plany P-40B, udostępnione przez producenta fragmenty rysunków technicznych (P-40E) i inne pomocnicze materiały;
- **optional.zip**: dodatkowe (opcjonalne) materiały;
- **la5.zip**: zawiera model, który wykorzystuje Rozdział 3;
- **p40.zip**: zawiera historię zmian (pliki **.blend*) modelu P-40, oraz kilka obrazów tła, wykorzystanych w tej książce. Każdej sekcji tej książki odpowiada plik ze spakowanego folderu *history*;

Rozpakuj wszystkie pobrane pliki **.zip* do tego samego folderu. Rysunek 1.1 pokazuje strukturę podkatalogów, jaka powstanie po ich rozpakowaniu (pliki nie wymienione powyżej należą do innych części tej publikacji):



Rysunek 1.1 Strona, z której możesz pobrać pliki Blendera

Oczywiście, nazwa *mój_folder* zależy od Ciebie.

¹ Na tej stronie znajdziesz także odpowiedzi na najczęstsze pytania zadawane przez Czytelników oraz informacje o zmianach w opisywanym oprogramowaniu, jakie się pojawiły po publikacji tej książki.

Rozdział 2. Instalacja oprogramowania

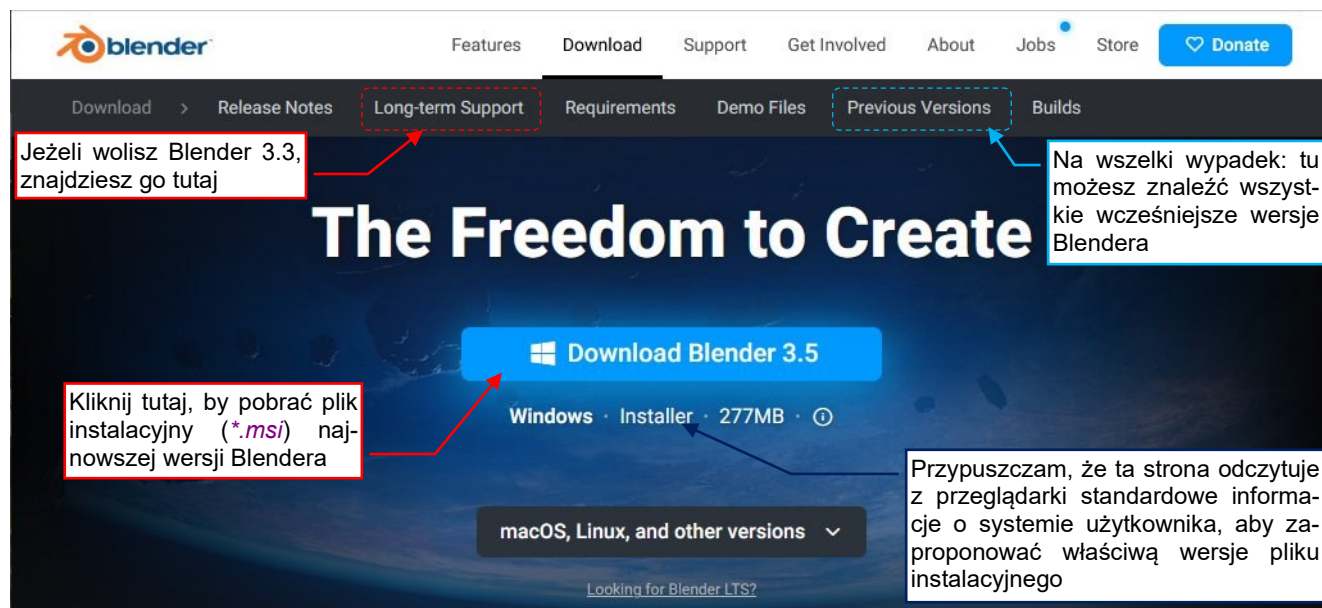
W tym rozdziale omówimy pokrótce instalację oprogramowania, z którego będziemy korzystać. W tym tomie to:

- **Blender**: program podstawowy;

To oprogramowanie jest udostępniane w zasadach licencji GPL. Oznacza to m.in., że nie można pobierać za nie żadnych opłat. (Oczywiście, jeżeli masz gest, a program Ci się bardzo spodoba, możesz wspomóc twórców dotacją – ale na zasadzie pełnej dobrowolności. Szczegółowy opis, jak to zrobić, znajdziesz na stronie internetowej każdego z tych projektów).

2.1 Instalacja Blendera

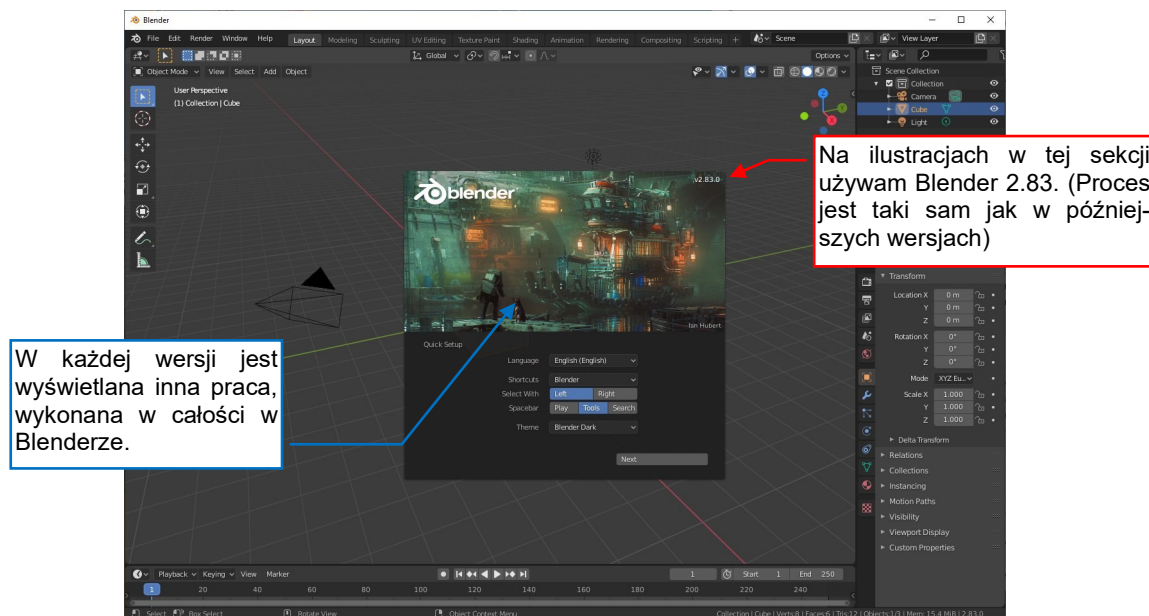
Ta książka opisuje Blendera w wersji **3.3**. (To bieżąca wersja LTS¹ w chwili, gdy piszę te słowa). Program instalacyjny możesz pobrać ze strony Fundacji Blendera: <https://www.blender.org/download/> (Rysunek 2.1.1)²:



Rysunek 2.1.1 Pobieranie pliku instalacyjnego Blendera (<http://www.blender.org/download/>)

Pod wskazanym adresem znajdziesz skróty do wersji programu skompilowanych dla różnych systemów operacyjnych (Windows, Linux, Max OSX, ...).

Instalacja jest prosta – uruchom pobrany program i przez cały czas wystarczy naciskać przycisk **Next**. Pierwsze uruchomienie programu może trwać długo, bo Blender wykrywa wtedy dostępny sprzęt. Następnie otwiera się okno główne, z „ekranem powitalnym” (Rysunek 2.1.2):



Rysunek 2.1.2 Okno Blendera, przy pierwszym uruchomieniu

¹ LTS = *Long Term Support*. Blender Foundation rocznie publikuje trzy „mniejsze” wersje Blendera (3.4, 3.5, ...). Ta jest „preferowana”.

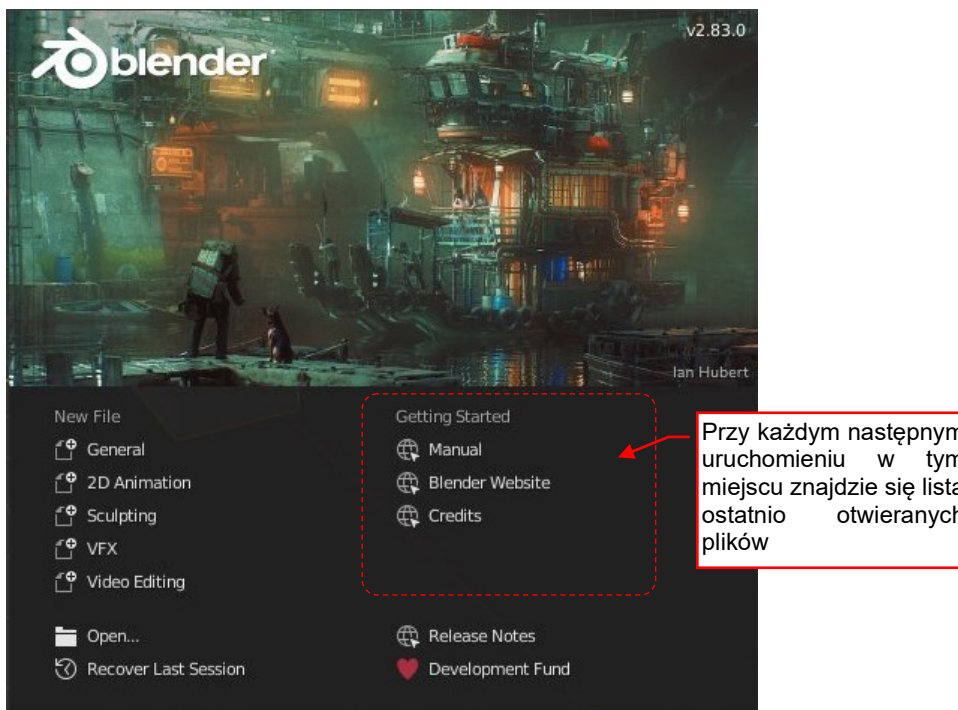
² Oczywiście, w przyszłości ten adres może się zmienić. Jeżeli okaże się, że wirtualny katalog [/downloads](https://www.blender.org/downloads/) już nie istnieje, zacznij od strony głównej tego portalu: <https://blender.org>.

Na ekranie powitalnym wybierz polecenie **Tools**¹ jako polecenie przypisane do klawisza spacji, tak jak to pokazuje Rysunek 2.1.3. (To ustawienie, którego będę używać w tej książce):



Rysunek 2.1.3 Okno powitalne (*splash screen*) wyświetlane przy pierwszym uruchomieniu nowej wersji Blendera

Pozostawiam ten program w motywie **Blender Dark** (tak, jak jest ustawiony domyślnie w polu **Theme**)². Gdy już jesteś gotowy, kliknij przycisk **Next** aby przejść na następny ekran (Rysunek 2.1.4):



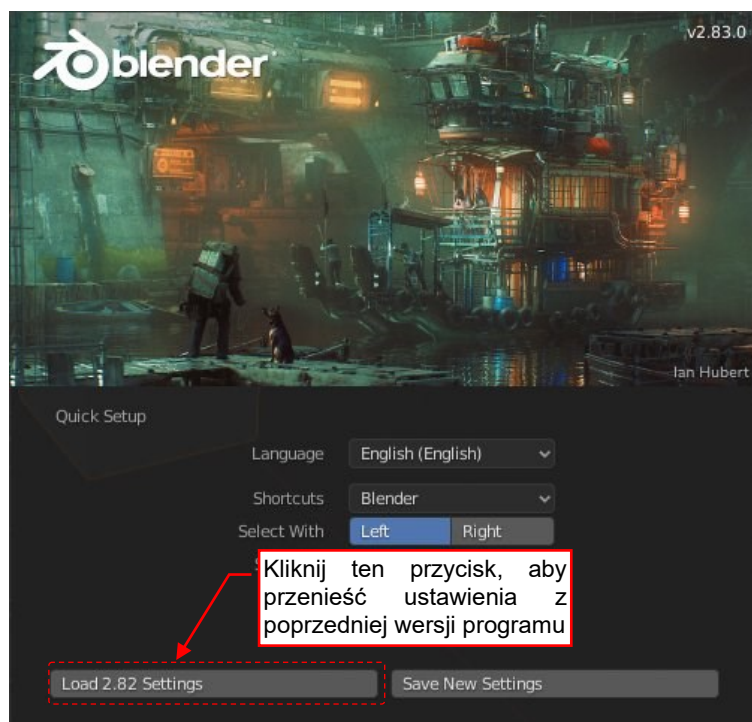
Rysunek 2.1.4 Drugie okno powitalne

To okno ma podobny układ jak „codzienny” ekran powitalny, wyświetlany podczas kolejnych wywołań programu.

¹ Jeżeli przeoczysz ten ekran – nie szkodzi, możesz to zmienić później w **Edit → Preferences → Keymap**

² Zawsze możesz go zmienić później, w **Edit → Preferences → Themes**

Po zainstalowaniu nowej wersji, Blender na pierwszym ekranie powitalnym zaproponuje import ustawień z wersji poprzedniej (Rysunek 2.1.5). Nie przeocz tego momentu i kliknij przycisk **Load X.xx Settings**:



Rysunek 2.1.5 Pierwsze okno powitalne, po aktualizacji Blendera do nowej wersji



Na swoim komputerze możesz równocześnie używać wielu różnych wersji Blendera. (Jest to możliwe, gdyż program instalacyjny domyślnie proponuje każdej wersji w innym katalogu).



Do poprawnego działania Blender nie potrzebuje żadnej instalacji Pythona. (Możesz o niej napotkać wzmianki w Internecie). Interpreter Pythona był opcjonalnym dodatkiem do jego wcześniejszych wersji – np. 2.4. Blender od wersji 2.5 korzysta z własnej, wbudowanej instancji Pythona. Jest ona używana np. w obsłudze interfejsu użytkownika (wszystkich okienek, przycisków, i menu programu).

Jak mogłeś zauważyć na ilustracjach powyżej, okna Blendera są bardzo ciemne, z niewielkimi, niemal monochromatycznymi ikonami. Oczywiście, w **Edit→Preferences:Themes** możesz znaleźć kilka jaśniejszych motywów. Przypuszczam jednak, że większość Czytelników tej książki będzie używać Blendera w tym motywie domyślnym. Dlatego, choć nie jestem specjalnym zwolennikiem ciemnych barw w interfejsie użytkownika, ja także będę go używać w tej książce¹.

Szczegółowy opis tej instalacji znajdziesz na str. 417.

¹ Jaśniejsze motywy lepiej wychodzą na wydrukach – w ustawieniach Blender jest nawet kontrastowy, biało-czarny motyw stworzony specjalnie w tym celu. Teoretycznie, jaśniejsze ilustracje w publikacji elektronicznej są także bardziej czytelne. Jednak po kilku eksperymentach stwierdziłem, że znacząca różnica w barwach interfejsu użytkownika może być poważną przeszkodą w porównywaniu Twojego ekranu z obrazkiem w tej książce.

Formowanie modelu

W tej części opiszę, jak zbudować trójwymiarowy model P-40B. Zacznę od wprowadzenia do naszego podstawowego narzędzia: Blendera. To wprowadzenie jest przeznaczone dla tych, którzy jeszcze nie znają tego programu. Następnie opiszę formowanie wszystkich głównych zespołów samolotu: skrzydeł, kadłuba, usterzenia, owiewek podwozia. Pozostałe szczegóły, jak samo podwozie czy wnętrze kokpitu, zostaną opisane później (w ostatniej części, o szczegółach).

Do budowy modelu, ta książka wykorzystuje [rysunki P-40B opracowane przez Jumpei Temmę](#). Dodatkowo będę wspomagał się moimi własnymi szkicami (alternatywnego widoku z boku, przekrojów kadłuba, profili NACA, łopaty śmigła) oraz pewnymi materiałami z [p40warhawk.com](#) (oryginalne rysunki szkieletu skrzydła, szczegółów lotki). Znajdziesz je w danych, które towarzyszą tej książce. Używałem tu także oryginalnej dokumentacji opublikowanej przez AirCorps Library, ale te materiały nie są niezbędne, ponieważ przenieśliem ich wszystkie kluczowe wymiary do tekstu tego poradnika.



Spośród danych, które towarzyszą tej książce, do formowania modelu będziesz potrzebował pliku *source.zip* z rysunkami. W drugim pliku, o nazwie *p40.zip*, znajdziesz pliki **.blend* z rezultatami poszczególnych sekcji (Rozdział 4 - Rozdział 9). Gdy rozpakujesz zawartość tego archiwum, te pliki zostaną umieszczone w *model\p40\history*. Link do strony z tymi plikami znajduje się na str. 19.

Nazwa każdego pliku **.blend* z archiwum *p40.zip* zawiera przedrostek **P40B-** i etykietę kolejnej sekcji (numerowane tak, jak występują w pełnej, czterotomowej edycji tej książki). Na przykład, plik zawierający rezultat pierwszej sekcji następnego rozdziału (4.1) nosi nazwę *P40B-8.01.blend*. Rezultat kolejnej sekcji (4.2) jest zapisany w pliku *P40B-8.02.blend*, i tak dalej.

Rozdział 3. Blender – pierwsze kroki

W tym rozdziale zapoznasz się z Blenderem¹. Opisyję tu interfejs użytkownika, nawigację w przestrzeni sceny i manipulowanie obiektami. Sugeruję tu także kilku najbardziej potrzebnych skrótów klawiaturowych.

Aby gdzieś dojść, trzeba wykonać pierwszy krok. Niektórzy mówią, że ten pierwszy jest najtrudniejszy. Na forach internetowych często czytuję głosy „chciałbym się pobawić Blenderem, ale przy pierwszej próbie dałem sobie spokój”. Ja też chciałem się nim pobawić. I szybko się wciągnąłem.

Myślę, że mit o tym, że jest to program trudny, wyolbrzymiają ci, którzy chcieliby się nauczyć wszystkiego od razu. Moi drodzy, tak się nie da. Czasami trzeba ciężko westchnąć i sięść, i przeczytać.² Na razie nie wymyślono takich pigulek, jak w Matrix-ie – aby połknąć całą książkę i od razu wiedzieć wszystko. Dokonywałem kiedyś studiów porównawczych interfejsu użytkownika różnych systemów 3D. Mogę uczciwie powiedzieć, że Blender ma naprawdę fajny, spójny interfejs. Tyle, że trochę niekonwencjonalny. Zresztą w wersji 2.5 został przepisany od nowa, przez co stał się łatwiejszy. W dalszych sekcjach powolutku wyjaśnię, jakie są te konwencje ekranów Blendera. Gdy je poznasz, przekonasz się, że jest to nie tak trudna do opanowania całość. Wyrabia dobre nawyki – pracy z komputerem „na dwie ręce” (lewa na klawiaturze, prawa na myszce).

Większość tej nauki przeprowadzimy na modelu myśliwca Ła-5. Otworzysz ten plik, obejrzysz jego zawartość, nauczysz się podstawowych metod edycji (transformacji) obiektów. Zrobimy to, przestawiając i obracając kamerę tej sceny. (Tak! Podobnie jak w prawdziwym studio fotograficznym, mamy tu kamery!). W sumie – po przeczytaniu tego rozdziału będziesz już umiał „pozować” model. Na koniec rozdziału wygenerujesz finalną scenę z tym samolotem. (O takim obrazie będę często mówił, że jest *wyrenderowany*³).



W tym rozdziale będziemy wykorzystywać materiały z plików [source.zip](#) i [la5.zip](#), towarzyszących tej książce (adres, z którego można je pobrać, znajdziesz na str. 19).

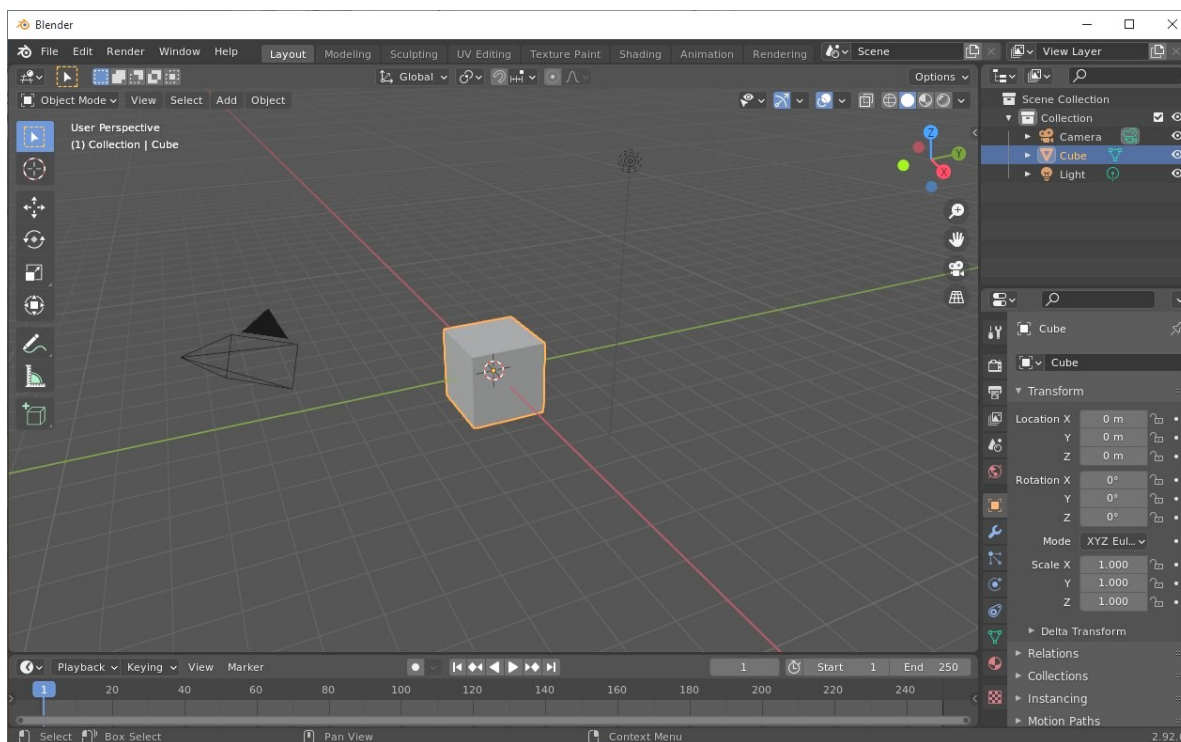
¹ Ten rozdział zawiera szczegółowe instrukcje, jak używać Blendera. Złamałem tu zasadę, przyjętą w tej książce (w pierwszej części książki opisuję, co należy zrobić, a w drugiej – „Szczegóły obsługi ...” – jak). Zrobiłem to, ponieważ prezentowany tu materiał jest podstawą do dalszej pracy.

² Kiedyś prowadziłem test ze znajomości oprogramowania biurowego. Każdy z uczestników najpierw deklarował, na ile zna np. obsługę edytora tekstu. Nikt w tej ocenie nie schodził poniżej 80%. Potem otrzymywał zadanie adekwatne do deklarowanej wiedzy. Nieliczni wykazali się znajomością funkcji programu lepszą niż 50%. Dlaczego więc takie programy uchodzą za łatwe do nauki? Bo setki, o ile nie tysiące programistów przez dekadę szlifowało ich interfejs użytkownika. To „szlifowanie” miało na celu osiągnięcie dość specyficznego profilu nauki. Absolutnie podstawowe czynności musiały być tak łatwe do wykonania, aby mogły je opanować zupełnie początkujący pracownicy biura. (W większości przypadków niespecjalnie lotny w sprawach komputerowych). Pozostałe funkcje – to już domena nielicznych wtajemniczonych. Tych, którym chciało się zagłębić w tak ezoteryczne i trudne do zrozumienia dzieła, jak samouczki z serii „dla opornych”. Profil nauki Blendera jest inny – równo pod górkę, bez nadmiernych ułatwień na wstępie. Nie ma tu jednak wielkiej przepaści pomiędzy pierwszym krokiem, a następnymi.

³ Operację generowania ostatecznego obrazu polega w Blenderze na naciśnięciu „bardzo ważnego przycisku” o angielskiej nazwie *Render*. Potem się czeka na wytworzenie ostatecznego rezultatu. Program dokonuje w tym czasie mnóstwa obliczeń – m.in. odbłasków i cieni, więc to może trwać dłuższą chwilę. Ten proces będę nazywał *renderowaniem*, i odmieniał zgodnie z regułami polskiej gramatyki. Wiem, że było wiele prób znalezienia dla tej operacji polskiego określenia, ale jakoś żadna się nie przyjęła. Skoro już w naszej historii znieśliśmy przejścia *interface*→interfejs, czy *manager*→menedżer, to czas przywitać „renderowanie” w słowniku potocznej polszczyzny!

3.1 Układ ekranu

Rysunek 3.1.1 pokazuje, jak wygląda Twój ekran, gdy po raz pierwszy uruchomisz Blender:



Rysunek 3.1.1 Blender – domyślny wygląd programu

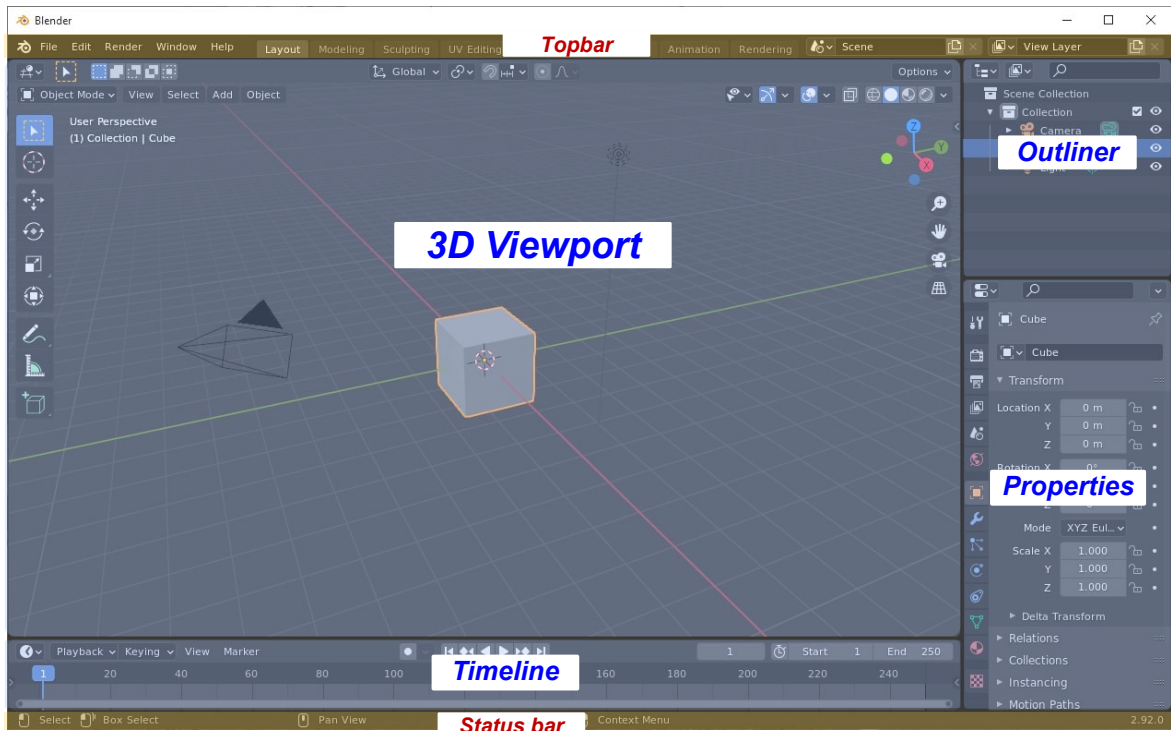
Nie wygląda jak typowa aplikacja Windows, prawda? Przyznam się: gdy miałem zacząć pracować z tą przepisaną od nowa wersją 2.5, to po pierwszym uruchomieniu przez 15 minut siedziałem i po prostu gapiałem się w ekran. Tak wszystko na nim „przemeblowano”, że był dla mnie zupełnie nowy! Nie ruszałem nawet myszką – nie byłem pewien, jak zacząć. Stało się tak, choć przez cztery lata pracowałem w kolejnych wersjach Blendera 2.4, i wcześniej nawet trochę zaglądałem do wersji testowych 2.5. Jednak po tych pierwszych 15 minutach kontemplacji zacząłem od powtórki najprostszych czynności, zajrzenia do kilku samouczków – i jakoś poszło. Mam nadzieję, że pamięć o tym „drugim początku” pomoże mi lepiej napisać to wprowadzenie.

Rozmieszczenie elementów na ekranie Blendera 2.5 lepiej pasuje do nowszych monitorów o proporcji 8x5. (Poprzednie wersje dobrze pasowały do monitorów o starych proporcjach – 4x3). Blender jest napisany dla kilku systemów operacyjnych: Linux, Mac OS, Windows. W każdym z nich wygląda i działa w identyczny sposób¹. Siłą rzeczy ten program ma specyficzny styl, który go wyróżnia. Jest to przemyślany interfejs użytkownika. Zaczniemy od omówienia jego podstawowych założeń.

¹ Jak osiągnięto taką zgodność? Otóż w każdym z tych systemów jest dostępny pewien zestaw procedur, które mogą być użyte przez programy do tworzenia realistycznych, trójwymiarowych obrazów. Taki zestaw programiści nazywają „biblioteką”. Biblioteki te są implementacją standardu, noszącego nazwę OpenGL. OpenGL został opracowany na początku lat dziewięćdziesiątych, początkowo dla stacji graficznych *Silicon Graphics*. Wtedy to były prawdziwe „rakiety” ze sprzętowymi akceleratorami grafiki – obiekt westchnień wszelkich fanów grafiki komputerowej, o odpowiednio wysokiej cenie. (Przodek Blendera – program Traces – był napisany dla takich stacji). Niedługo potem zamieniony w standard OpenGL zaczął być wykorzystywany w wielu aplikacjach CAD, CAM, GIS, ...

W połowie lat dziewięćdziesiątych umieszczono go nawet w systemie Windows. (Mimo że ich producent – Microsoft – już w tym czasie promował konkurencyjny produkt w postaci biblioteki DirectX). Blender „od zawsze” wykorzystywał do rysowania zawartości swoich scen właśnie OpenGL. Co ciekawe, jego twórcy wpadli w pewnym momencie na pomysł, aby tych samych poleceń, za pomocą których tworzyli trójwymiarowe modele, użyć także do rysowania w dwóch wymiarach. W efekcie cały interfejs użytkownika Blender jest rysowany za pomocą OpenGL. Dzięki temu większa część kodu nie zależy od zastosowanego systemu operacyjnego. Przy okazji uzyskano stosunkowo niewielki rozmiar programu (nie musi korzystać z rozbudowanych, standardowych bibliotek „okienek”, takich jak wxWidgets, Qt, albo GTK+). Innym ciekawym rezultatem takiego rysowania „wektorowego” jest możliwość płynnej zmiany rozmiaru elementów interfejsu użytkownika.

Ekran Blender dzieli się na pasek górny (*topbar*), pasek dolny (*status bar*) i umieszczoną pomiędzy nimi przestrzeń roboczą. Przestrzeń ta jest wypełniona prostokątnymi obszarami (*area*), określanymi także jako „okna”. Rysunek 3.1.2 zaznacza paski górny i dolny na brązowo, a przestrzeń roboczą – na niebiesko:



Rysunek 3.1.2 Blender – obszary okien

Okna Blendera nie nakładają się na siebie. Myślę, że to zaleta. Klasyczne nakładające się okna (a la Windows) wyglądają dobrze wyłącznie na reklamach. Gdy podczas pracy używasz naraz dwóch lub więcej okien, zawsze starasz się ustawić je obok siebie.

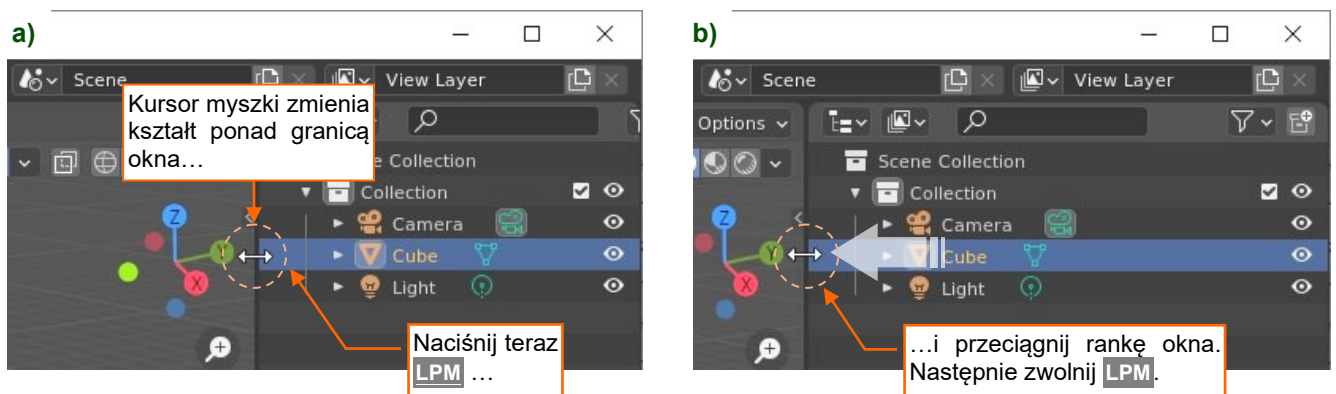
Na ekranie, który pokazuje Rysunek 3.1.2, widać cztery obszary (okna). Są to:

- **Okno widoku (3D Viewport)**: pokazuje trójwymiarową „scenę”, a w niej – model (tutaj: sześcian);
- **Okno struktury (Outliner)**: struktura sceny, przedstawiona w postaci symbolicznej;
- **Okno właściwości (Properties)** wybranego elementu sceny: wszelkie przełączniki, pola numeryczne;
- **Okno osi czasu (Timeline)**: potrzebne do animacji;



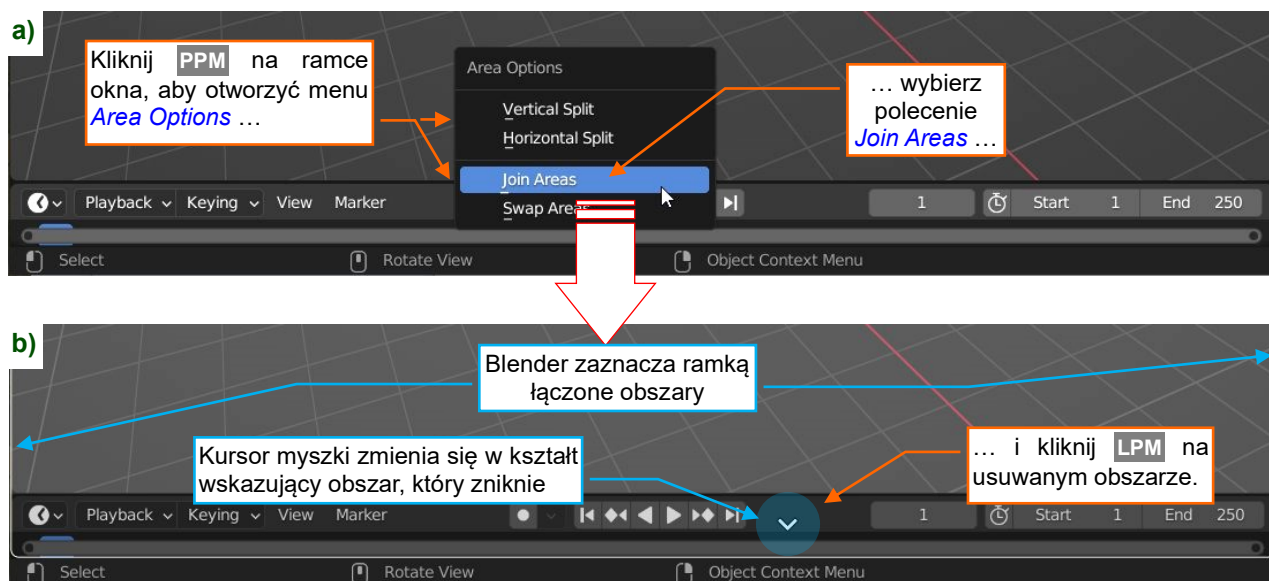
Zauważyłem, że samouczkach Blendera poszczególne okna są określane także jako „edytory”. W praktyce to jedno i to samo, bo każdy obszar/okno jest wypełniony przez jakiś „edytor”. Ściśle rzecz biorąc, lista powyżej wylicza nie tyle typy okien, co rodzaje „edytorów”. Wyjaśnię to za chwilę.

Granice każdego z okien Blendera można „złapać” myszką i przesunąć (Rysunek 3.1.3):



Rysunek 3.1.3 Przesuwanie granic okien Blendera

Usuńmy z ekranu niepotrzebne nam obecnie okno *Timeline*. Można je wyeliminować, łącząc z jednym z sąsiednich obszarów. Umieść kursor na krawędzi okna, która ma zniknąć, i naciśnij **PPM**. Spowoduje to otwarcie menu *Area Options*, z którego wybieramy polecenie *Join Areas* (Rysunek 3.1.4a):



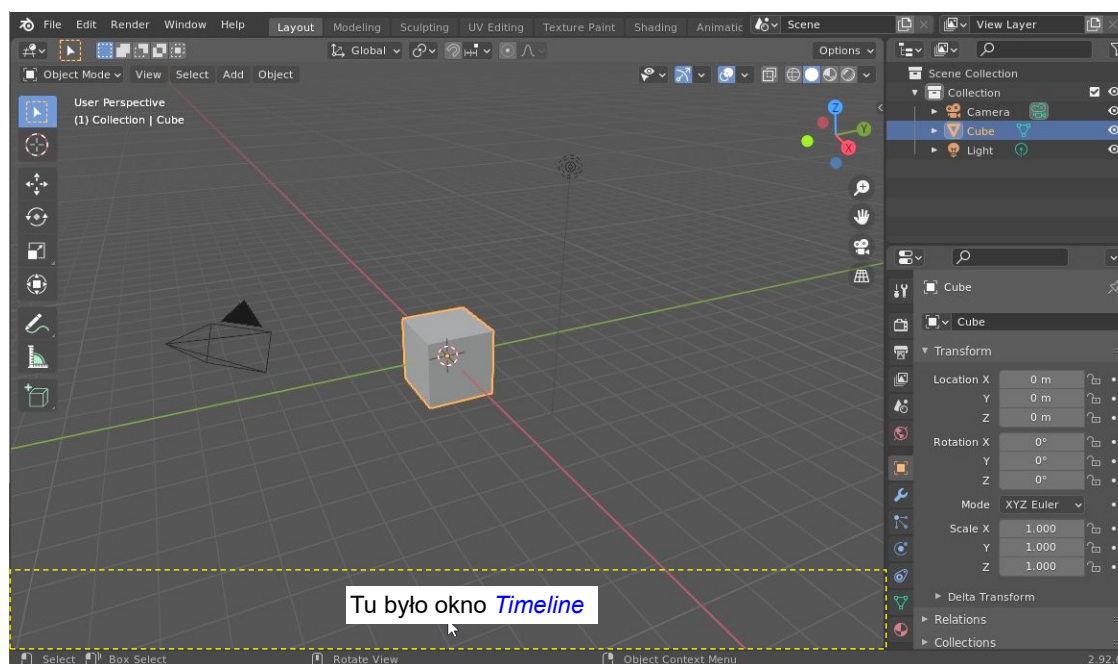
Rysunek 3.1.4 Scalanie okien na ekranie Blendera

Po wybraniu tego polecenia Blender rysuje ramkę wokół scalanych obszarów oraz zmienia kursor myszy w strzałkę wskazującą obszar, który podczas łączenia zniknie (Rysunek 3.1.4b).



Okno Blendera, znajdujące się pod kursorem myszy, nazywamy **oknem aktywnym**. Jest ono wyróżnione spośród innych okien odrobinę jaśniejszym nagłówkiem i tłem.

Kliknięcie **LPM** kończy operację – powinieneś uzyskać taki ekran, jaki pokazuje Rysunek 3.1.5:

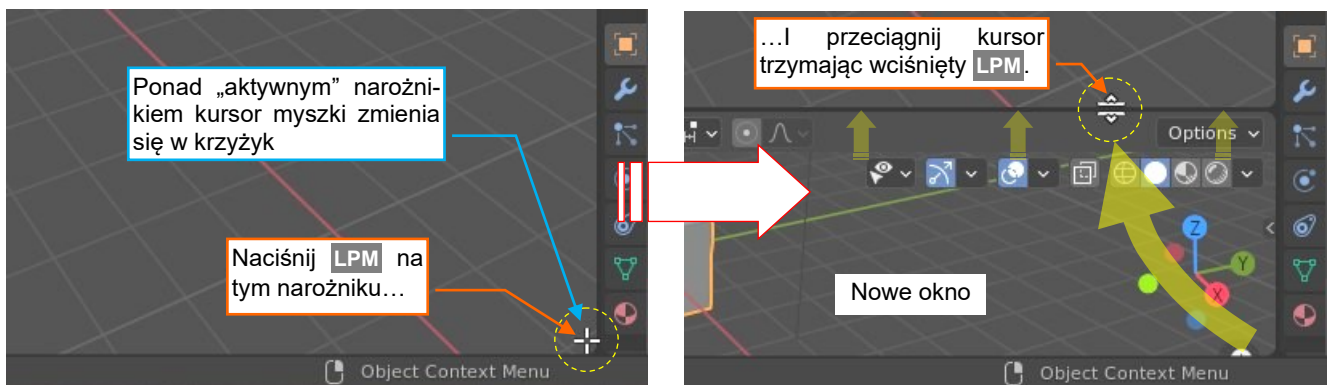


Rysunek 3.1.5 Ekran po scaleniu okna *Timeline* z oknem *3D View*



Możesz przerwać łączenie okien naciskając **Esc**. (W Blenderze naciśnięcie tego klawisza zawsze oznacza rezygnację z aktualnie wykonywanego polecenia).

Analogicznie, do podziału okna możesz użyć polecenia **Area Options** → **Horizontal Split** lub **Vertical Split**. Można to także zrobić w inny sposób – przeciągając lewy górny lub prawy dolny narożnik okna (Rysunek 3.1.6):



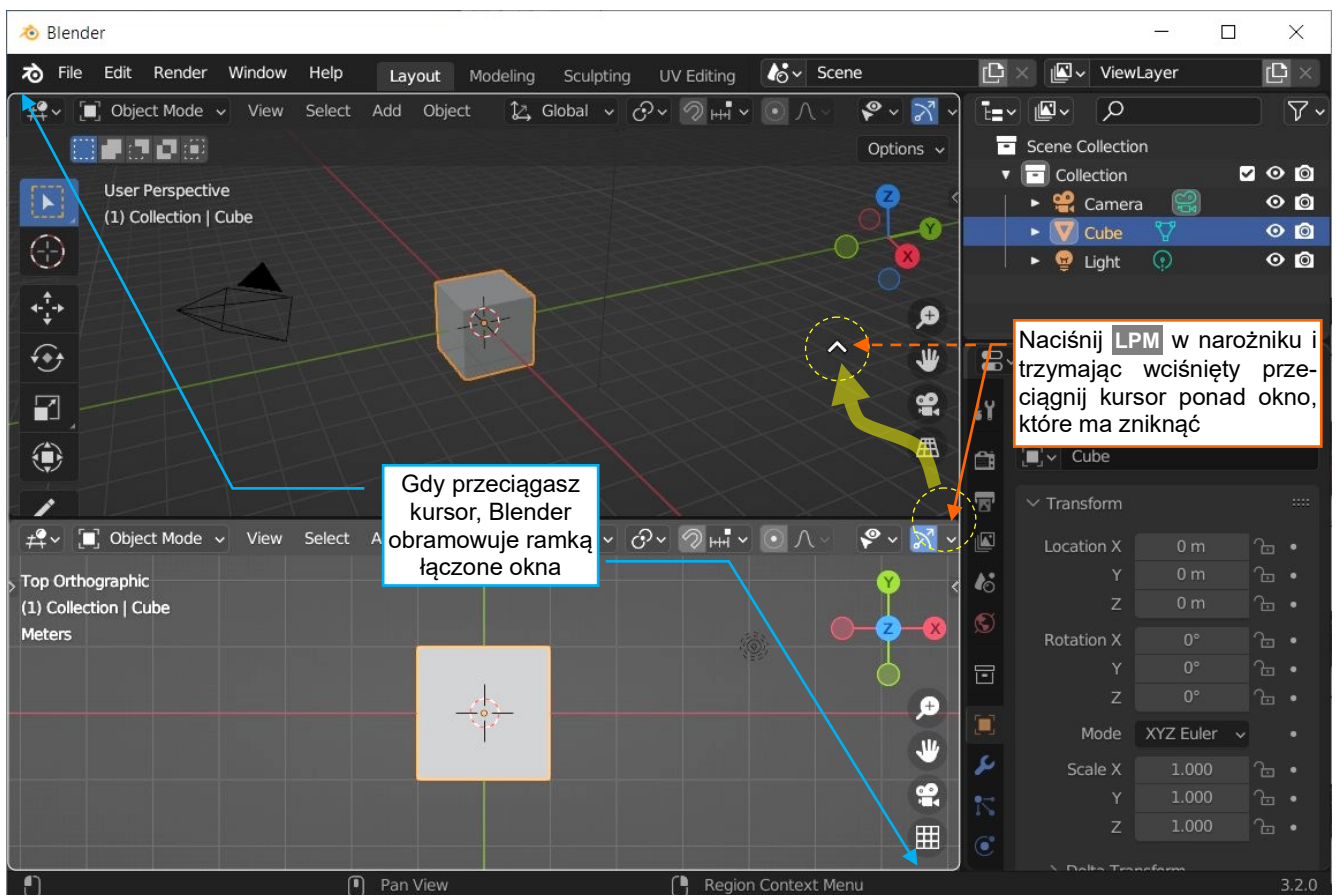
Rysunek 3.1.6 Podział okna Blendera za pomocą uchwytu

Na przykład: „złap” myszką (LPM) za prawy dolny narożnik okna i przesunij ją w pionowo w kierunku środka obszaru. W odpowiedzi na taki gestu Blender dzieli okno poziomo (Rysunek 3.1.6). Zobaczysz nagle, że ciągniesz górną krawędź nowego okna. Gdy przesuniesz kursor z rogu w kierunku zbliżonym do poziomego – podzielisz okno w pionie.



Nowe okno, uzyskane w wyniku podziału, jest zawsze dokładną kopią okna dzielonego.

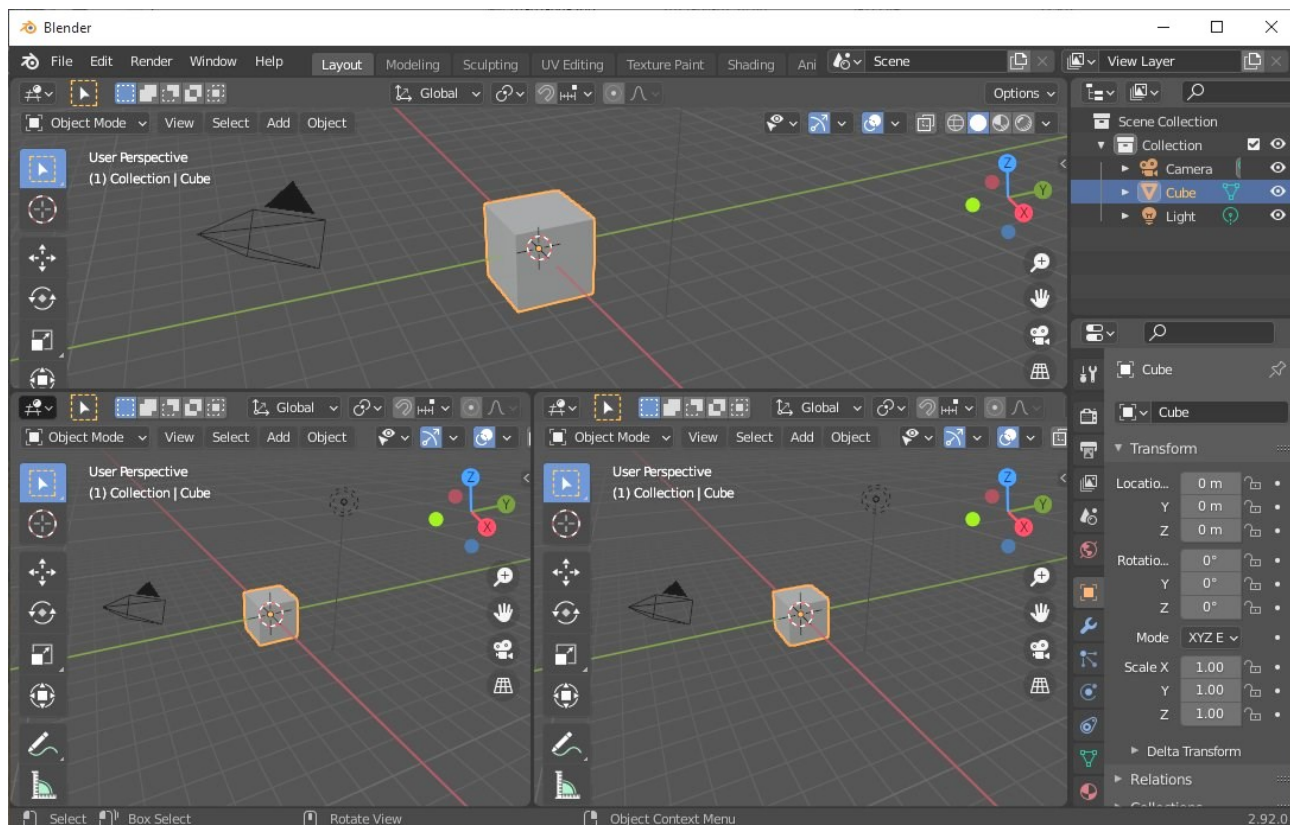
Uchwyt może także służyć do łączenia sąsiadujących okien. Wystarczy przeciągnąć kursor myszki z lewego górnego lub prawego dolnego narożnika na obszar, który ma zniknąć (Rysunek 3.1.7):



Rysunek 3.1.7 Łączenie okien za pomocą uchwytu

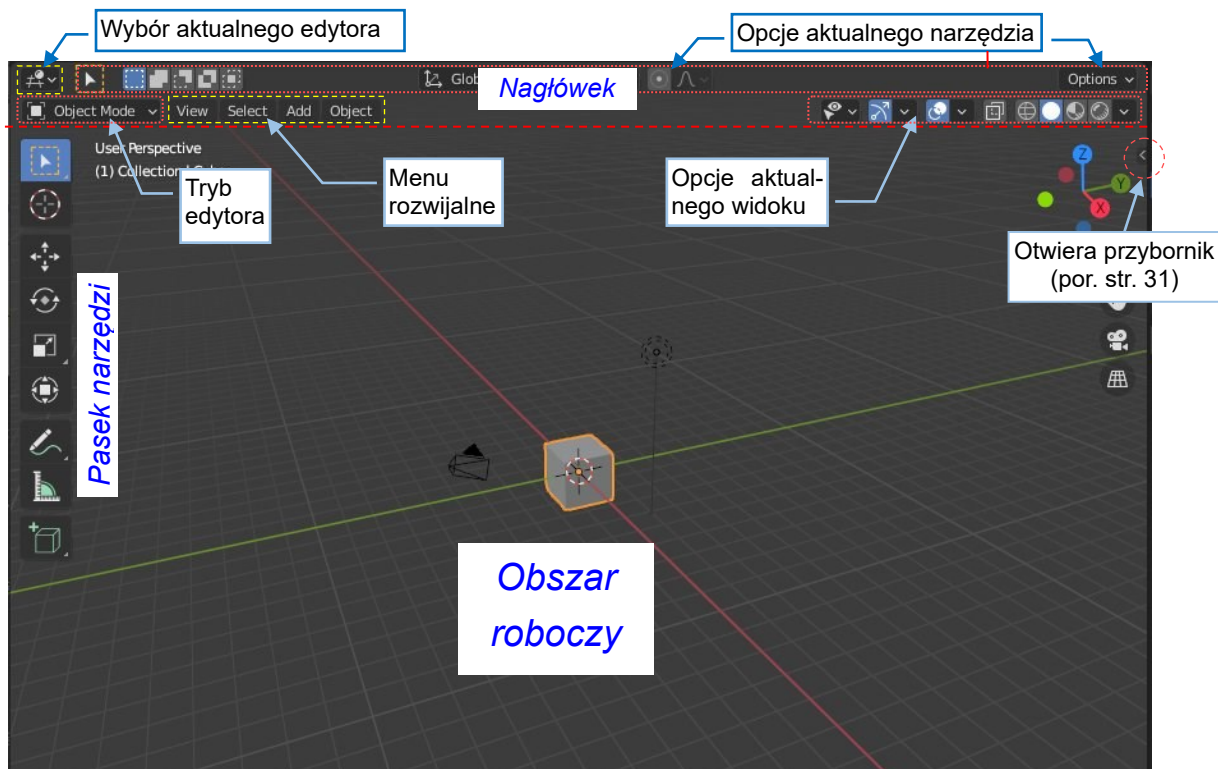
Blender zaznacza takie okno odpowiednią strzałką (Rysunek 3.1.7). Wystarczy zwolnić LPM, by wskazane okno uległo scaleniu.

W ramach ćwiczenia spróbuj za pomocą podziałów uzyskać taki układ ekranu, jaki pokazuje Rysunek 3.1.8:



Rysunek 3.1.8 Zmieniony układ okien Blendera

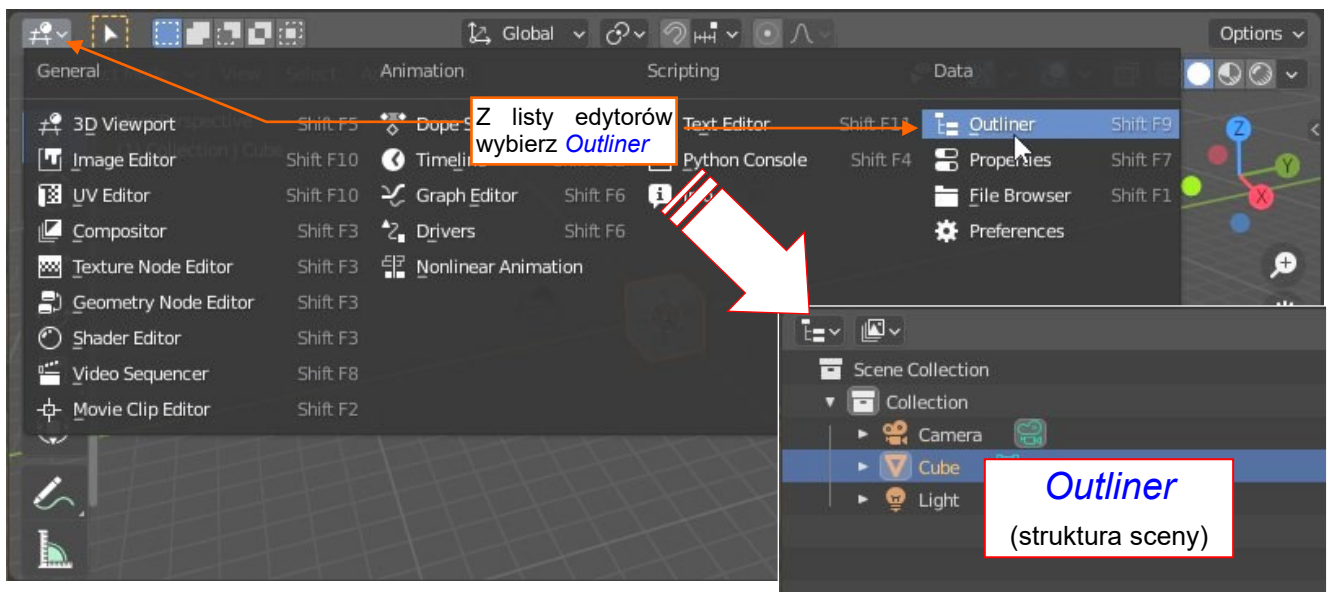
Zajmijmy się teraz podstawowymi elementami wnętrza pojedynczego okna (Rysunek 3.1.9):



Rysunek 3.1.9 Elementy okna Blendera

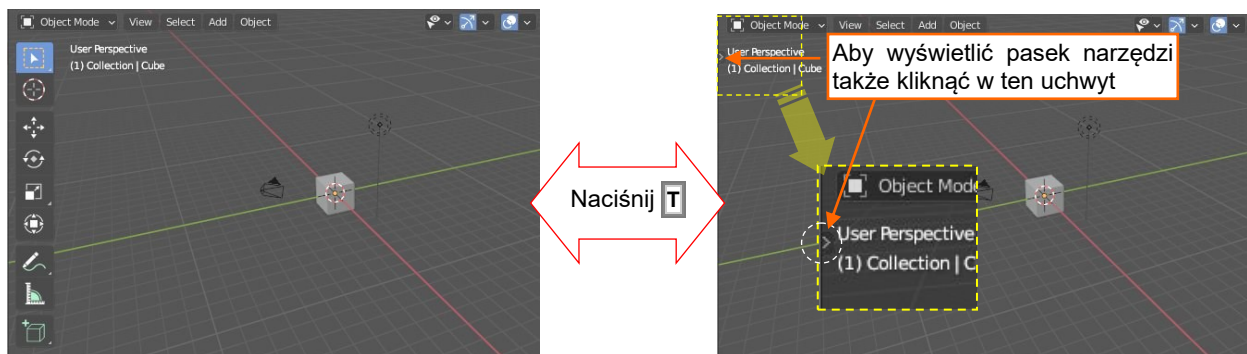
Każde okno Blendera ma nagłówek (*header*). Na ilustracji umieszczony jest u góry, ale możesz przełączyć na dół okna. Jeden z wierszy nagłówka zawiera menu rozwijalne i inne pomocnicze kontrolki, podczas gdy drugi – rozwijalną listę z wyboru typu edytora i opcje aktualnego narzędzia.

Z lewej strony nagłówka okna znajduje się lista rozwijalna, z której można wybrać rodzaj edytora. Wybierasz z niej to, co ma być wyświetlone w oknie. Na przykład – struktura sceny w edytorze **Outliner** (Rysunek 3.1.10):



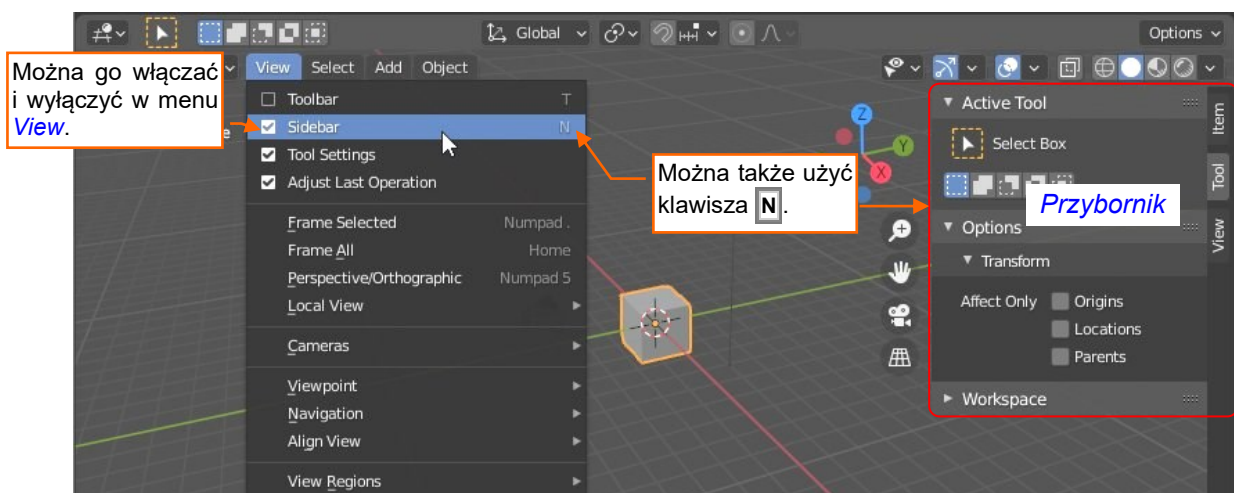
Rysunek 3.1.10 Zmiana typu (zawartości) okna

Kilka typów edytorów Blendera (**3D Viewport**, **UV/Image Editor**, **Text Editor**) ma także pasek narzędzi (**Toolbar**), umieszczony z lewej strony okna. Można go przywołać poleceniem menu (**View → Toolbar**), ale o wiele łatwiej jest po prostu nacisnąć na klawiaturze przycisk **T** (Rysunek 3.1.11):



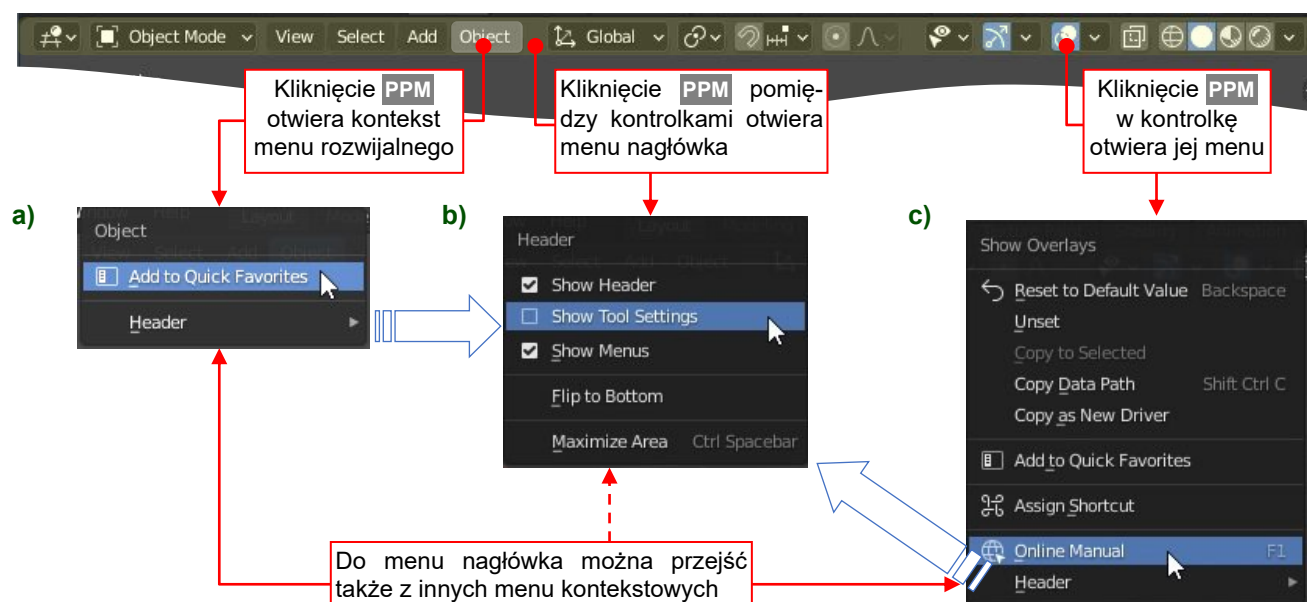
Rysunek 3.1.11 Ukrywanie i wysuwanie przybornika z narzędziami (**Tool Shelf**) za pomocą klawiatury

Podobnie możesz wyświetlać/chować umieszczony z prawej strony przybornik (**Sidebar**), zawierający wybrane właściwości obiektu lub narzędzia. Zastosuj tu klawisz **N**, lub polecenie z menu **View** (Rysunek 3.1.12):



Rysunek 3.1.12 Przybornik – różne metody wyświetlenia i ukrycia.

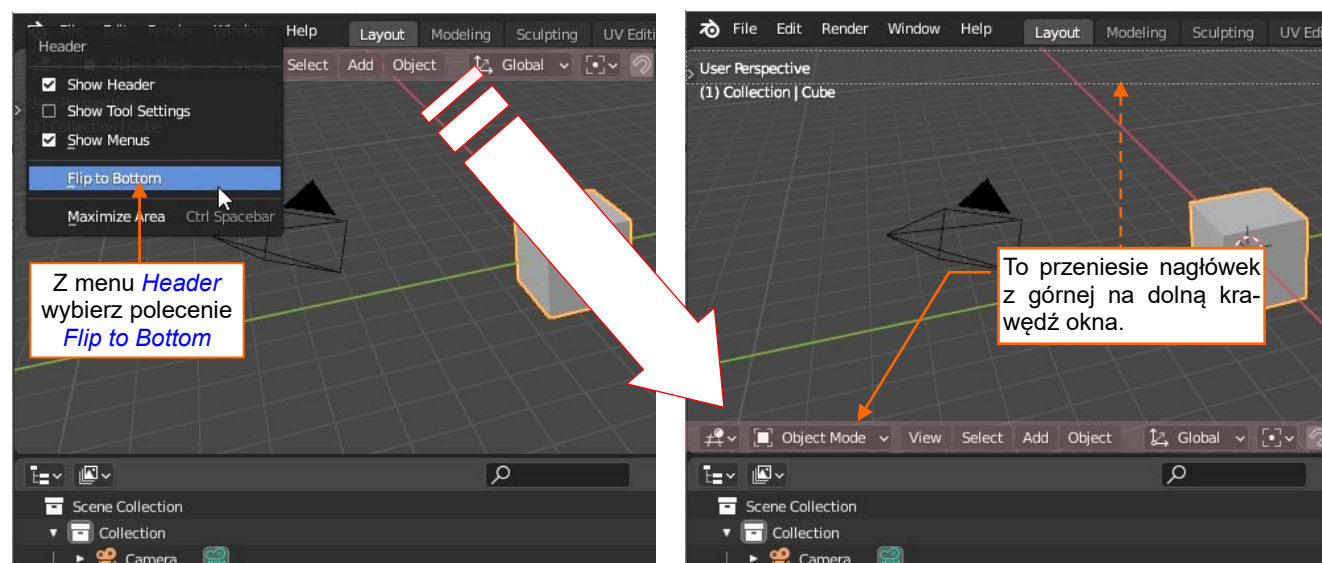
Gdy kursor myszki znajduje się ponad nagłówkiem okna, kliknięcie w **PPM** otwiera menu kontekstowe. W zależności od tego w co kliknąłeś, Blender otworzy mniejsze lub większe menu (Rysunek 3.1.13):



Rysunek 3.1.13 Różne menu kontekstowe kontrolki Blendera

Najwięcej poleceń znajduje się na menu kontekstowym kontrolki (Rysunek 3.1.13c). Polecenie *Reset to Default Value* może być czasami przydatne, gdy nie wiesz jaka jest ta wartość domyślna. Polecenie *Online Manual* otwiera odpowiedni fragment instrukcji Blendera (artykuł z wiki.blender.org), o ile oczywiście masz w tym momencie dostęp do Internetu. Polecenia *Edit Source* i *Edit Translation* są przydatne tylko dla programistów lub tłumaczy programu. Krótsza wersja tego menu (Rysunek 3.1.13a) pojawi się, gdy klikniesz **PPM** w jedno z menu rozwijalnych. Jest jeszcze menu *Header*, sterujące widocznością i położeniem nagłówka okna (Rysunek 3.1.13b). Menu *Header* można także otworzyć z menu **a)** i **c)**.

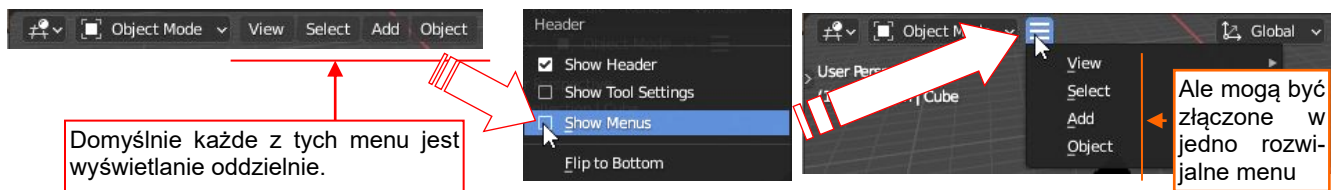
Polecenia z menu *Header* są przydatne przy modyfikowaniu układu ekranu. Jeżeli wywołasz polecenie *Header→Flip to Bottom*, nagłówek okna zostanie wyświetlony u dołu okna (Rysunek 3.1.14):



Rysunek 3.1.14 Przesunięcie nagłówka na dół okna

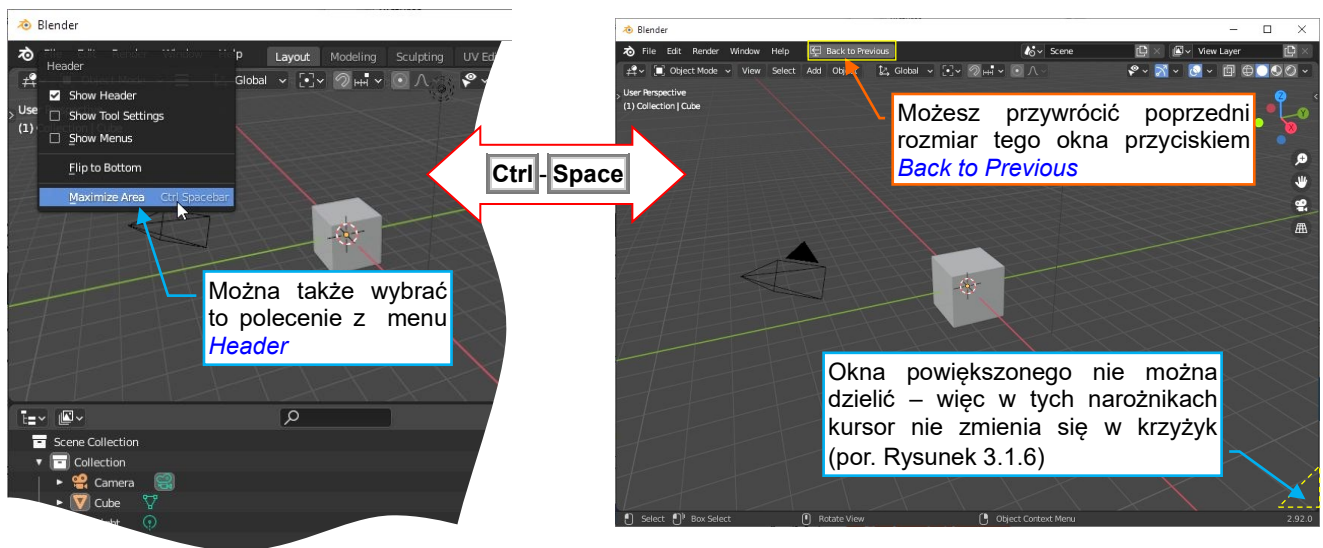
Po przeniesieniu nagłówka do dołu okna Blender zmienia jego menu *Header*. Zastępuje w nim polecenie *Flip to Bottom* poleceniem *Flip to Top*. Gdy je wywołasz, nagłówek znajdzie się z powrotem na górze.

W menu **Header** znajduje się także przełącznik **Show Menus**. Gdy go wyłączysz, menu rozwijalne zostanie „ściśnięte” (Rysunek 3.1.15). Może to być przydatne dla węższych okien:



Rysunek 3.1.15 „Zwijanie” menu okna

Kolejne polecenie z menu **Header** – **Maximize Area** – służy do rozciągnięcia aktywnego okna na cały ekran Blendera. Wygodniej jest jednak to zrobić za pomocą skrótu klawiaturowy: **Ctrl-Spacja** (Rysunek 3.1.16):



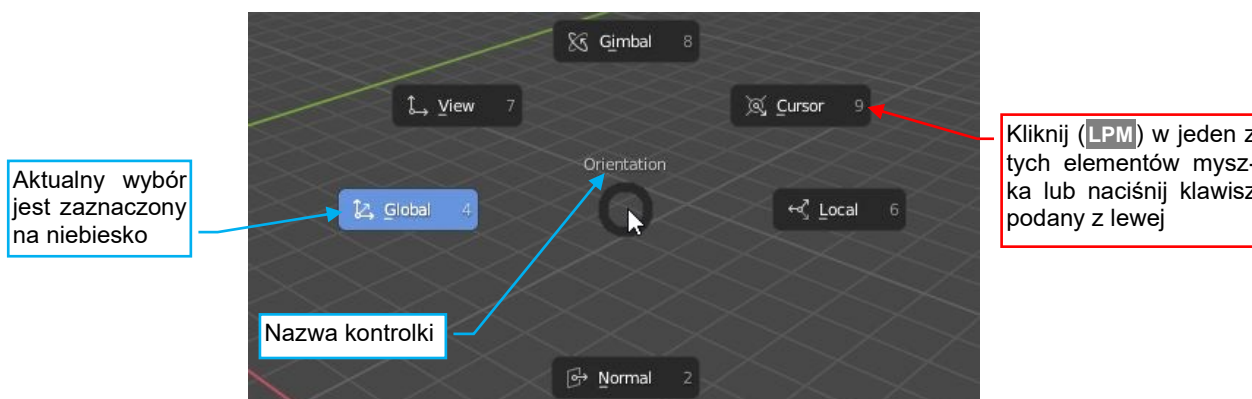
Rysunek 3.1.16 Przełączanie rozmiaru okna: na cały ekran i z powrotem

Operację odwrotną – zmniejszenie okna do oryginalnego miejsca na ekranie – uzyskasz używając tego samego skrótu albo wywołując polecenie **Header** → **Tile Area** (ale po co tyle klikać?).

Zwróć uwagę, że do tej pory poznaliśmy trzy skróty klawiaturowe Blendera: **T**, **N**, i **Ctrl-Spacja**. Każdemu z nich podałem także odpowiednie polecenie z menu. Która droga wywołania jest lepsza: wybór z menu czy skrót z klawiatury? Skróty są oczywiście szybsze. Jednak nie warto uczyć się każdego z nich, bo każda ludzka głowa ma skończoną pojemność. (Wiele poradników Blendera koncentruje się właśnie na skrótach. Sądzę, że przez to właśnie program ma opinię trudnego do opanowania). Rzadziej używane polecenia łatwiej jest wybierać z menu. (Bo wystarczy wtedy pamiętać "mniej więcej", gdzie to polecenie się znajduje). Gdy zauważysz, że niektórych komend używasz bardzo często – zwróć uwagę na prawą stronę ich menu. Jeżeli polecenie ma swój skrót klawiaturowy – jest tam wyświetlany. Opisując ten program, zawsze będę się starał określić, gdzie i w jakim menu jest dostępne omawiane polecenie. W przypadku częściej używanych operacji podam także ich skróty¹.

¹ Gorąco polecam wprawianie się w stosowaniu skrótów. Pamiętam, że w jakimś podręczniku o projektowaniu interfejsów użytkownika autor narzekał, że dzisiejsze rozwiązania są projektowane dla „Napoleonów”. Dlaczego tak to nazwał? Pamiętacie może ulubioną postawę tego człowieka? Jedną ręką coś robi – pokazuje, grozi, pisze. (Tak był utrwalany na dziesiątkach obrazów). A druga? Tkwi beczynn timerzatknięta za płaszcz. Zbyt często interfejs programów komputerowych jest projektowany, jak gdyby użytkownik miał tylko jedną rękę – tę, w której trzyma myszkę. Druga leży beczynn timerz gdzieś z boku. Programiści bardzo często zapominają, że człowiek ma dwie ręce. Jakby tę drugą jakoś „zatrudnić”, to robota poszłaby o wiele sprawniej. Na przykład – czy wiecie, jaką wydajność w edycji tekstów ma człowiek, który jednocześnie pisze jedną ręką na klawiaturze, a drugą – zaznacza tekst myszką? Skróty klawiatury Blendera pozwalają osiągnąć podobny efekt w modelowaniu. Warto je stosować, aby „grać na obie ręce” z komputerem. Co najmniej warto mieć opanowane skróty stosowane do zmiany bieżącego widoku oraz przy edycji siatek (ta operacja pochłania najwięcej czasu).

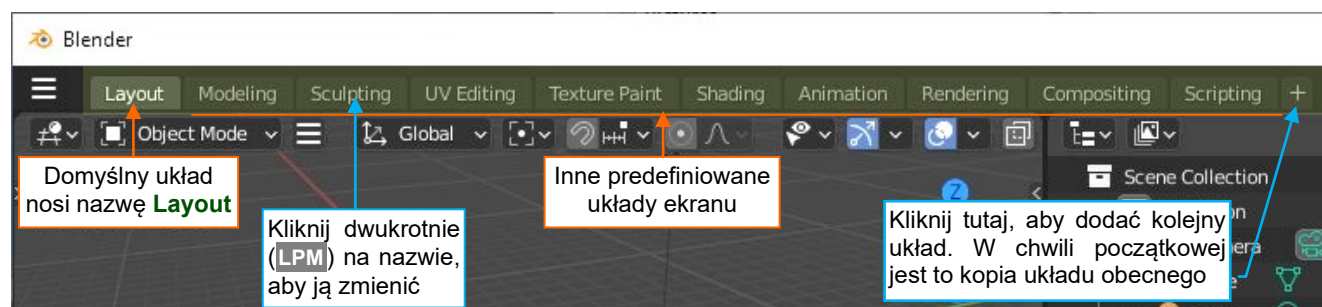
W Blenderze kilka powiązanych opcji może być pod pojedynczym skrótem klawiatury. Na przykład, gdy kursor myszy jest w gdzieś w oknie **3D Viewport** naciśnij **]** (przecinek). To otworzy tzw. menu myszki (**pie menu**):



Rysunek 3.1.17 Przykład menu myszki

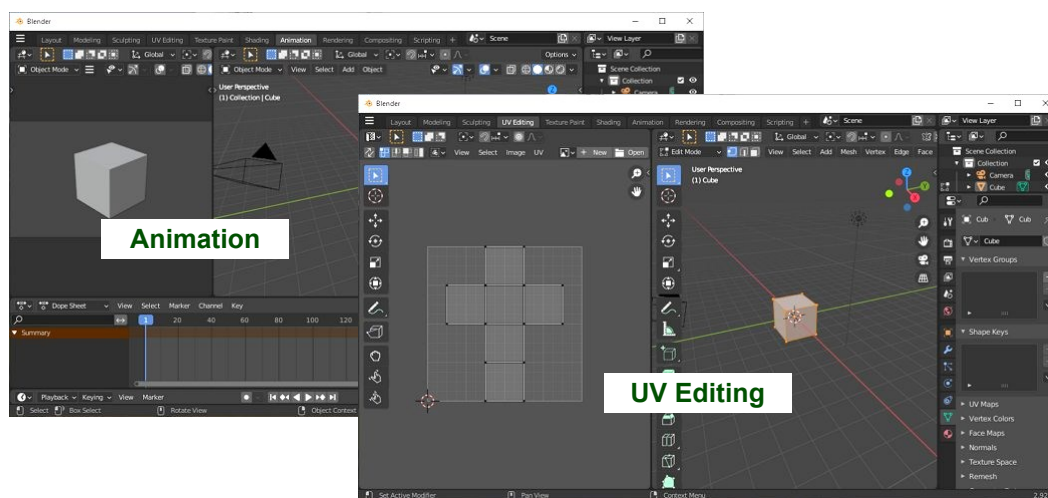
Wybieranie z tego menu myszki może być mniej rozpraszające niż z listy **Orientation**, umieszczonej w nagłówku okna. Menu myszki są bardzo użyteczne dla dostępu do opcji „schowanych” głęboko w menu rozwijalnych.

W Blenderze masz dostępnych wiele różnych układów ekranu, abyś nie musiał za każdym razem mozolnie przestawiać granic okien. Służą do tego zakładki przestrzeni roboczych (**workspaces**) (Rysunek 3.1.18):



Rysunek 3.1.18 Wybór jednego z zapamiętanych układów ekranu

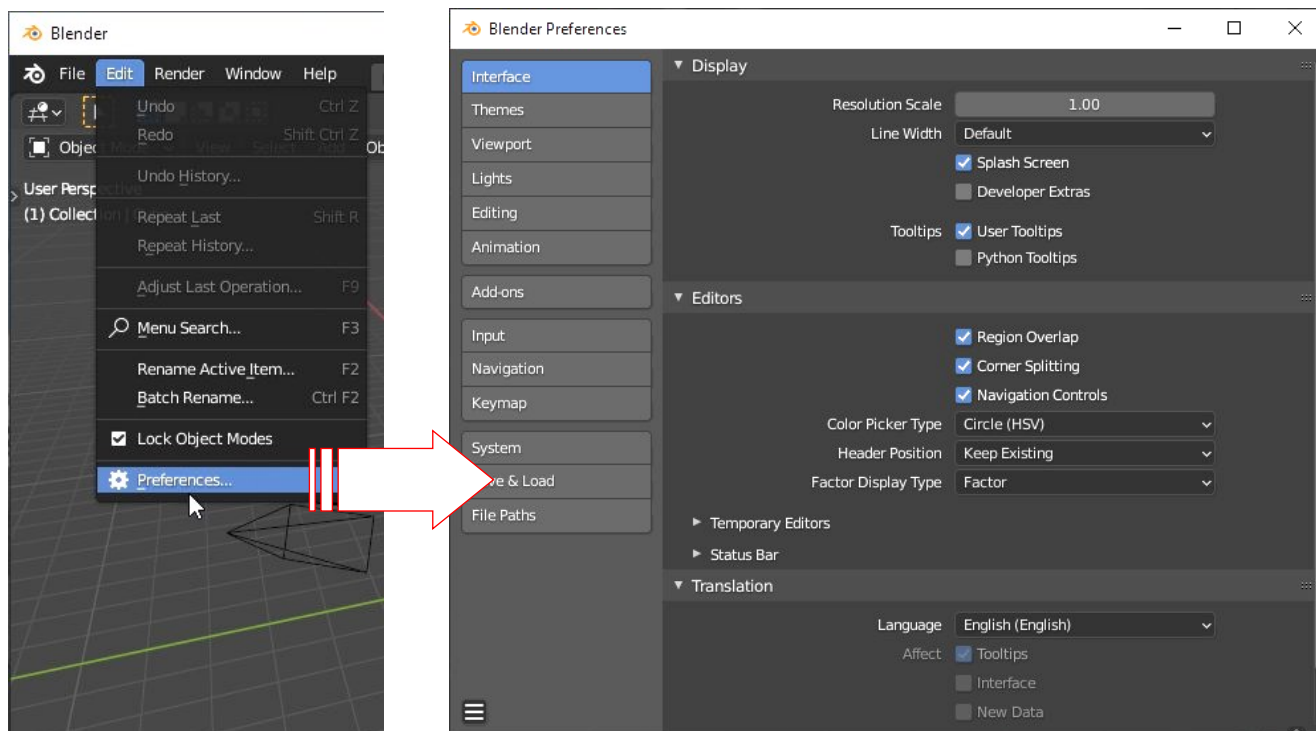
To, co zmienialiśmy do tej pory, to układ zapamiętywany pod nazwą **Layout**. Będziesz go używał przez większość czasu pracy, choć jest tu także podobny układ o nazwie **Modeling**. Układy **UV Editing** i **Animation** przydadzą się później. Na razie przyjrzyj się oknom każdego z tych zestawów (Rysunek 3.1.19):



Rysunek 3.1.19 Inne, predefiniowane układy ekranów: **UV Editing** i **Animation**

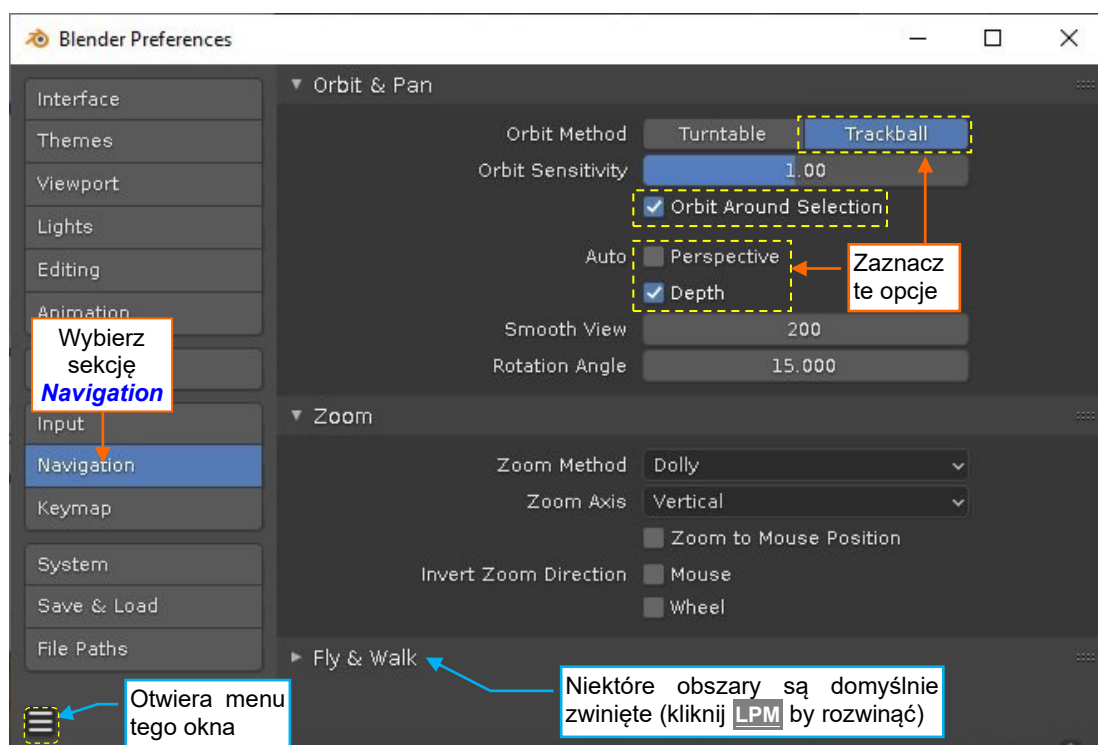
Oczywiście, to tylko propozycja autorów programu. Możesz je kompletnie pozmieniać. Ich menu kontekstowe (**PPM**) pozwala na zmianę kolejności, usunięcie, lub powielenie zakładek **Workspaces**. Więcej na temat tej kontrolki i zarządzania układami ekranów znajdziesz na str. 441.

Edytor konfiguracji programu – **Preferences** – możesz otworzyć w każdym z jego okien, bo jest dostępny na liście, tuż powyżej edytora **Outliner** (por. str. 31, Rysunek 3.1.10). Ja jednak wolę je wywoływać z poleceniem z głównego menu Blendera (**Edit→Preferences...** – Rysunek 3.1.20):



Rysunek 3.1.20 Wywołanie okna konfiguracji programu

Po lewej stronie okna **Preferences** widoczne są sekcje (**Interface**, **Themes**, **Viewport**...). Wybierz z nich jedną, tak jak to pokazuje Rysunek 3.1.21:



Rysunek 3.1.21 Okno konfiguracji (**Preferences**)

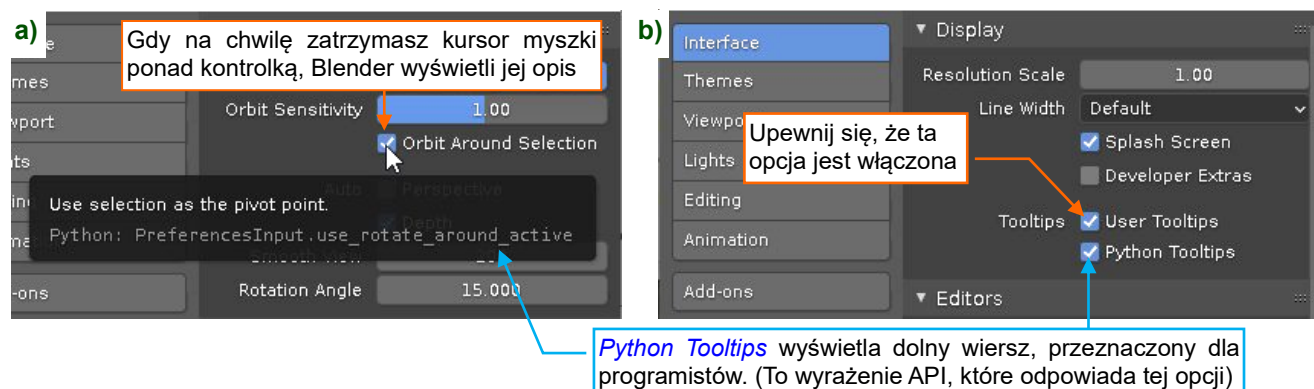
Rysunek 3.1.21 pokazuje zmianę opcji, która będzie potrzebna już w następnej sekcji tego poradnika. Jeżeli używasz laptopa, który nie ma klawiatury numerycznej – dodatkowo w sekcji **Input** zaznacz opcję **Emulate Numpad**. Szczegółowe omówienie, co jeszcze warto przestawić w tej konfiguracji znajdziesz na str. 428.

W oknie **Preferences** nie musisz klikać w żaden przycisk „OK” czy „Accept”. Każda zmiana jest natychmiast zastosowana i zapisana. Blender przechowuje konfigurację w specjalnym pliku o nazwie **userpref.blend**. Ten plik znajduje się w specjalnym folderze z konfiguracją Blendera, w katalogu użytkownika.



Więcej informacji na temat tego, jakie ustawienia Blender przechowuje w każdym rysunku, a co tylko w pliku konfiguracji, oraz gdzie dokładnie ten plik jest przechowywany, znajdziesz na str. 435.

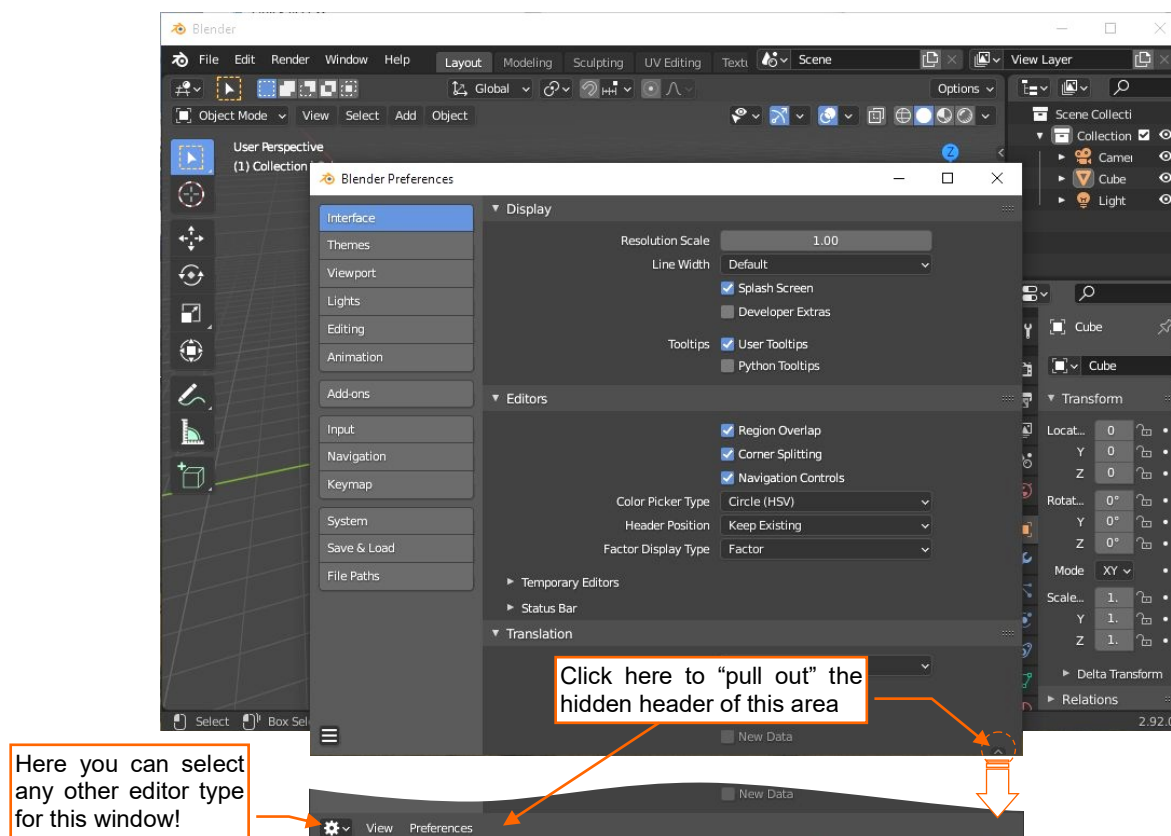
Gdy zatrzymasz kursor myszki nieco dłużej ponad kontrolką, Blender wyświetla „dymek” z jej opisem (Rysunek 3.1.22a). Aby się tak się działo, w sekcji **Interface** musi być włączona opcja **Tooltips** (Rysunek 3.1.22b):



Rysunek 3.1.22 Podpowiedzi do każdej kontrolki, widocznej na ekranie

Najniższa linia podpowiedzi jest zapisana czymś, co nie jest zrozumiałe dla zwykłego użytkownika: to nazwy tzw. właściwości klas – rzecz tylko dla programistów! Jeżeli ta informacja nie jest Ci potrzebna, możesz wyłączyć opcję **Python Tooltips** (Rysunek 3.1.22b), a wtedy dolne linie znikną.

A swoją drogą – zwróciłeś uwagę, że teraz na monitorze masz dwa ekrany Blendera (Rysunek 3.1.23)?:



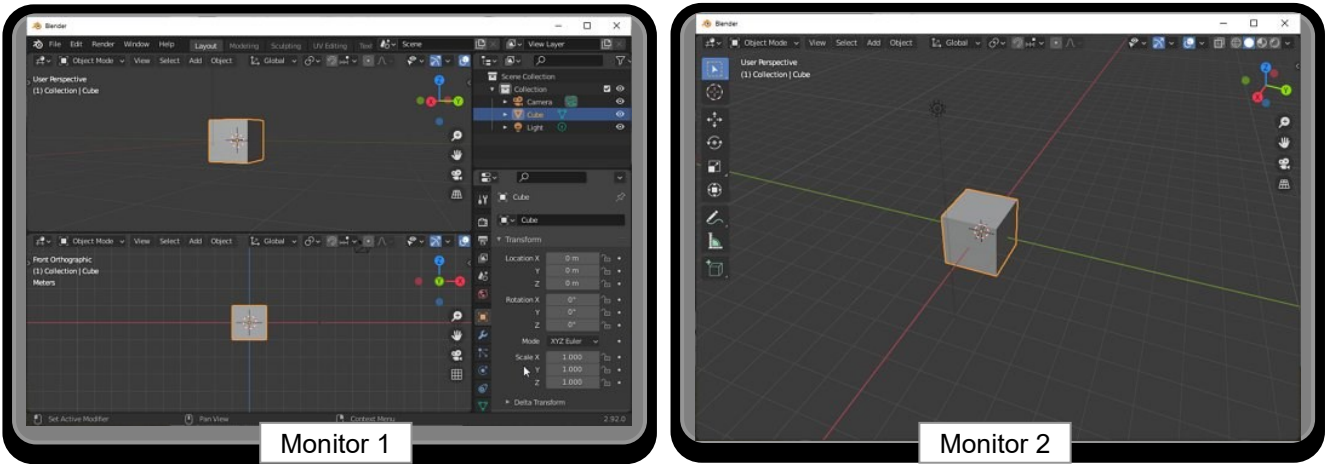
Rysunek 3.1.23 Dwa ekrany Blendera

Ten drugi ekran (okno w nomenklaturze Windows) ma takie same właściwości jak pierwszy – możesz zmienić w nim typ edytora (np. na **3D Viewport**). Możesz go także podzielić na kilka mniejszych obszarów.




Możesz także otworzyć drugi ekran Blendera w inny sposób: w oknie **3D Viewport** otwórz menu **View → Area** i wywołaj polecenie **Duplicate Area into New Window**.

Jeżeli Twój komputer ma dwa monitory, pracujące w trybie tzw. „rozszerzonego pulpitu”¹ – możesz na nich rozmieścić ekrany Blendera. Każdy z tych ekranów będzie na bieżąco pokazywał ten sam model (Rysunek 3.1.24):



Rysunek 3.1.24 Jeden z możliwych układów ekranów przy pracy na dwóch monitorach

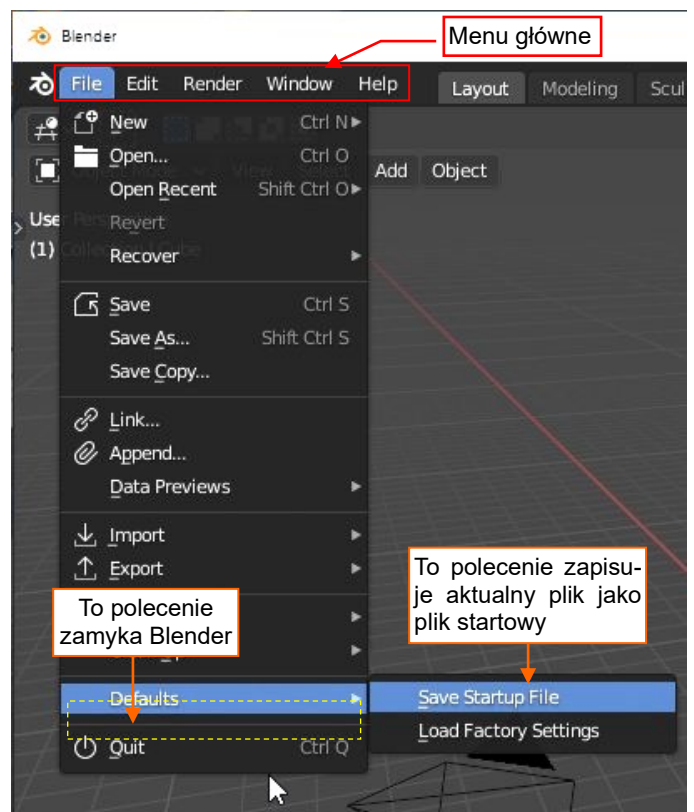
W praktyce zwiększa to co najmniej dwukrotnie dostępną przestrzeń ekranu.

Na koniec tego wprowadzenia wspomnijmy o poprawnym zamykaniu programu. Jak każdą aplikację Windows, Blender można zakończyć klikając przycisk  w prawym górnym narożniku jego okna. Można to także zrobić inaczej: wybierając z menu polecenie **File → Quit** (Rysunek 3.1.25), lub naciskając na klawiaturze skrót **Ctrl-Q**.

W menu **File** znajduje się także submenu **Startup**. Polecenie **Save Startup File** z tej sekcji (Rysunek 3.1.25) zapisuje aktualną scenę jako szablon dla nowych plików (tzn. plików tworzonych poleceniem **File → New**).

A gdybyś już sam nie wiedział, co pozmieniałeś w konfiguracji, zawsze możesz skorzystać z polecenia „ostatniej szansy”: **Load Factory Settings**. Przywraca ono domyślne ustawienia programu.

Zwróć uwagę, że **File** jest jednym z pięciu głównych menu rozwijalnych (Rysunek 3.1.25). Pozostałe to: **Edit**, **Render**, **Window** i **Help**. Są one dostępne przez cały czas, niezależnie od tego, jaki edytor jest otwarty w obszarze roboczym. Jest to główne menu Blendera. Żadna z tych pięciu etykiet nie pojawia się w menu edytorów. Dlatego będę się odwoływał do ich poleceń pisząc po prostu o „poleceniu **File → Save**” lub „poleceniu **Edit → Preferences**”. Pierwszy segment ich nazw jest wskazówką, że znajdziesz je w menu głównym.



Rysunek 3.1.25 Polecenia z menu **File**

¹ Większość laptopów ma ten tryb – można do nich podłączyć dodatkowo monitor zewnętrzny

Podsumowanie

- Interfejs użytkownika Blendera różni się od typowej aplikacji Windows. Jednak „różny” nie znaczy „gorszy”. W wielu przypadkach pozwala na bardziej efektywną pracę, z użyciem obydwu rąk.
- Ekran Blendera jest podzielony na kilka **obszarów** (*area*), nazywanych także **oknami**. Te obszary nigdy się na siebie nie nakładają. Możesz przesuwać ich wspólne granice (por. str. 27). Każdy z nich jest zawsze wypełniony przez jakiś **edytor**.
- Obszar ekranu Blendera znajdujący się w aktualnej chwili pod kursorem myszki jest nazywany **aktywnym oknem** (por. str. 28).
- Możesz „rozciągnąć” aktywne okno na cały ekran skrótem **Ctrl-Spacja**. Użyj tego samego skrótu ponownie, aby przywrócić oryginalny układ ekranu (str. 33).
- Możesz dzielić lub łączyć okna Blendera (w rezultacie łączenia jedno z nich ulega usunięciu). Możesz wywołać te polecenia z menu kontekstowego *Area Options* (str. 28). Ten sam efekt można uzyskać poprzez przeciąganie narożników tych okien (str. 29).
- Blender oferuje kilka gotowych układów ekranu, przeznaczonych dla kolejnych faz prac projektowych: modelowania, tekstuowania i animacji (str. 34). Każdy z nich można zmienić. Możesz także stworzyć swoje własne układy ekranów (*workspaces*).
- Każdy edytor Blendera ma nagłówek i obszar roboczy. Niektóre z nich mają dodatkowo pasek narzędzi i/lub przybornik (str. 30, 31).
- Pasek narzędzi można „wyciągnąć” i „schować” klawiszem **T**. W przypadku przybornika służy do tego klawisz **N**. Gdy nie pamiętasz tych skrótów, użyj przełączników z menu *View* (str. 31).
- Możesz dowolnie zmieniać typ edytora (zawartość okna). Użyj do tego celu listy rozwijalnej umieszczonej w nagłówku okna (pierwsza od lewej – por str. 31).
- Możesz otworzyć wiele ekranów Blendera (system operacyjny Twojego komputera traktuje je jako osobne okna). Gdy używasz dwóch monitorów w trybie rozszerzonego pulpitu, możesz na każdym z nich umieścić jedno takie okno (str. 37). To się czasami bardzo przydaje.
- Użyj polecenia *Edit → Preferences* aby otworzyć okno zmiany konfiguracji Blendera (str. 35).
- Blender automatycznie stosuje i zachowuje zmiany, których dokonasz w oknie *Preferences* (str. 36). Są zapisywane w pliku *userpref.blend*, w Twoim profilu użytkownika. (Więcej na ten temat – por. str. 428).
- W Blenderze są zawsze dwa rodzaje menu rozwijalnych: menu główne, umieszczone ponad obszarem roboczym i menu edytorów, umieszczone w nagłówkach ich okien. Menu główne zawiera ogólne polecenia, niezależne od edytora (str. 37). Nazwy jego pięciu rozwijalnych menu (*File*, *Edit*, *Render*, *Window* i *Help*) są unikalne, więc łatwo zorientujesz się, że to o nie chodzi, gdy będę o nich pisał w dalszym tekście (jak *File → Quit* czy *Edit → Undo*).



Kompletny opis interfejsu użytkownika (w języku angielskim) znajduje się w [sekcji „Window System” podręcznika online Blendera](#).

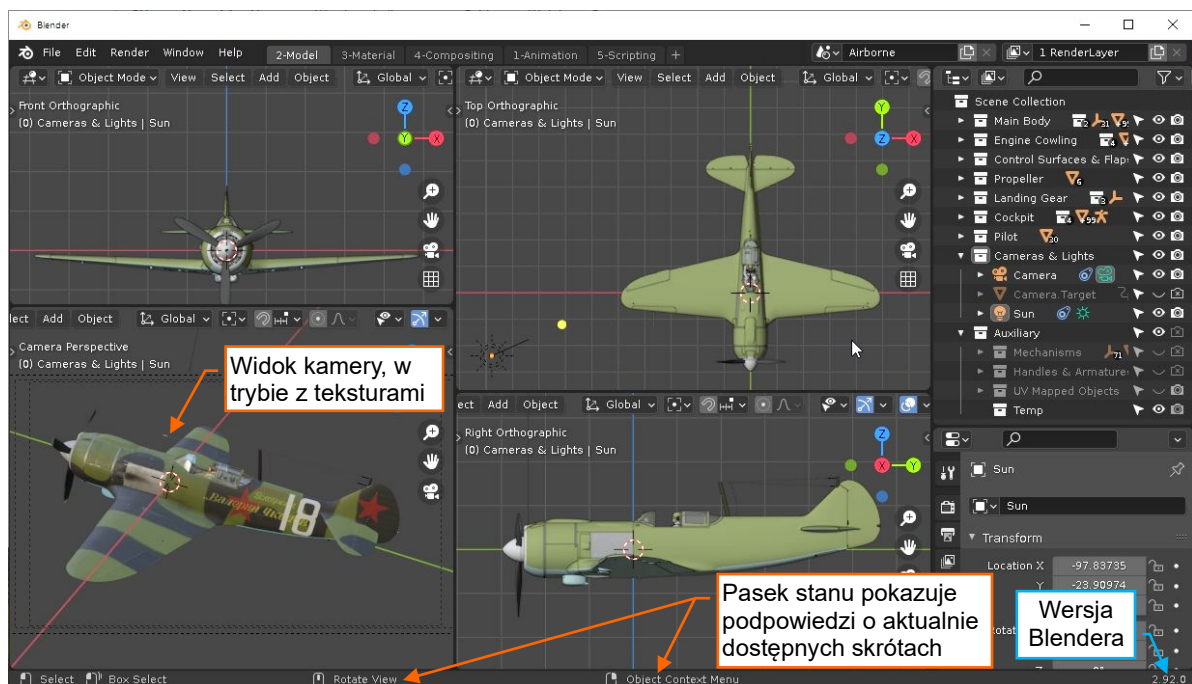
3.2 Zmiana projekcji w oknie 3D

Nie sądzisz, że domyślne „pudełko” Blendera jest trochę nudne? Wczytajmy jakiś bardziej interesujący model!



Zanim rozpoczniesz tę sekcję, upewnij się, że ustawienia z sekcji [Navigation](#) (w oknie [Edit→Preferences](#)) są takie, jakie pokazuje Rysunek 3.1.21 na str. 35.

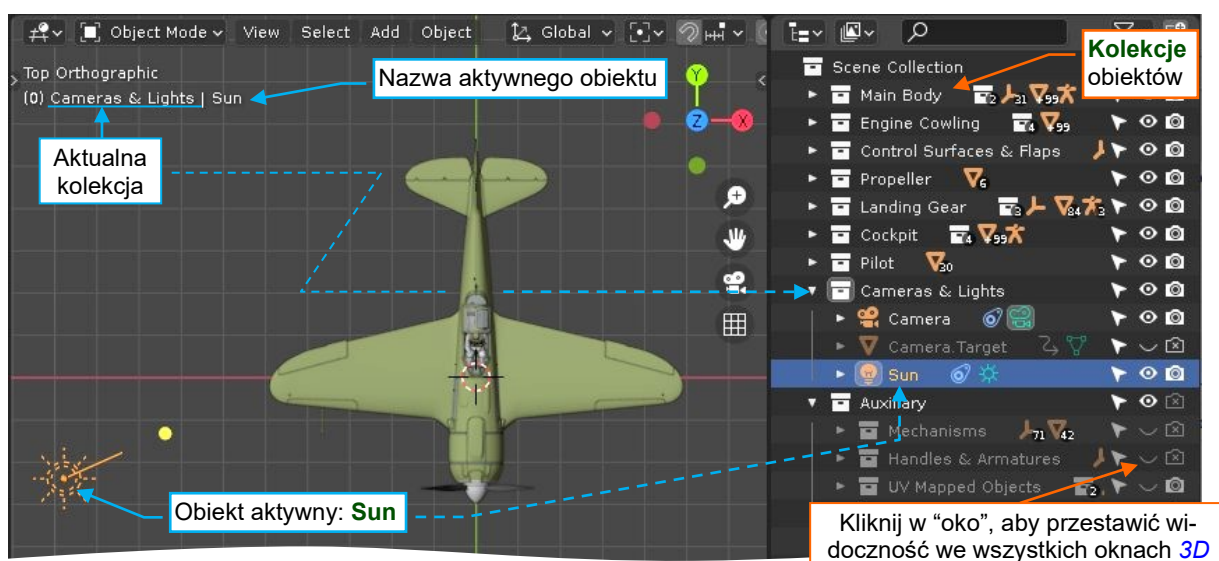
Rozpakuj z towarzyszącego tej książki archiwum [la5.zip](#) (por. str. 19) plik [model\la5\la5.blend](#). Otwórz go poleceniem [File→Open](#) (por. str. 423). Rysunek 3.2.1 pokazuje, jak powinien wyglądać rezultat:



Rysunek 3.2.1 Załadowany plik z modelem myśliwca Ła-5F

Stworzyłem ten model Ła-5F w 2007 r. Pozwoli nam posłużyć się we wprowadzeniu prawdziwą, złożoną sceną. Tekstury, widoczne w widoku [Camera Perspective](#), mogą się ładować z kilkominutowym opóźnieniem.

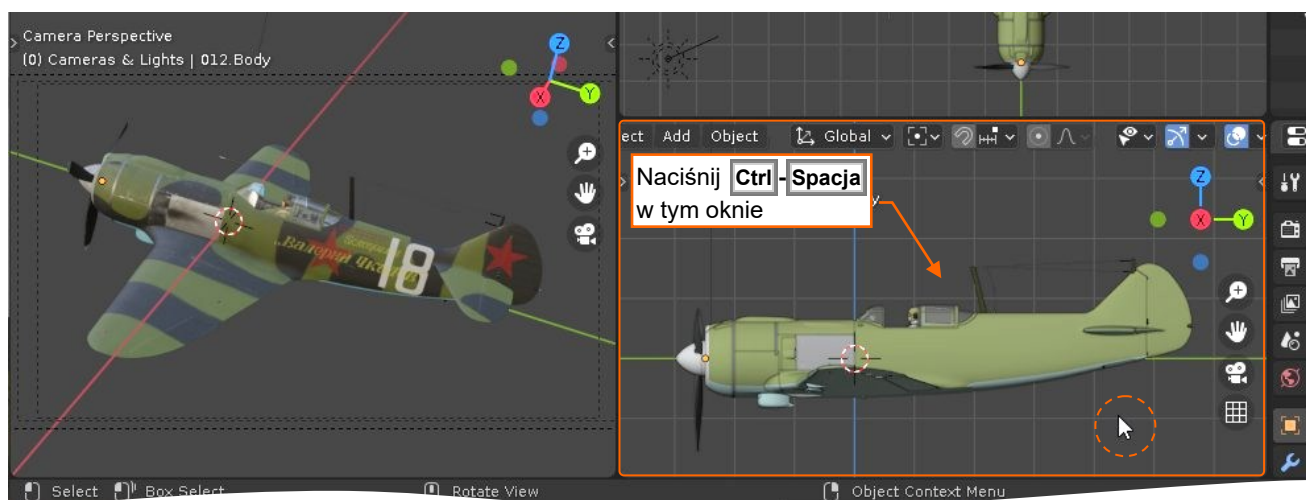
Zwróć uwagę, że ten model składa się z wielu części (obiektów), pogrupowanych w **kolekcje** (Rysunek 3.2.2):



Rysunek 3.2.2 Ta sama scena w oknie [Outliner](#) i w oknie [3D Viewport](#)

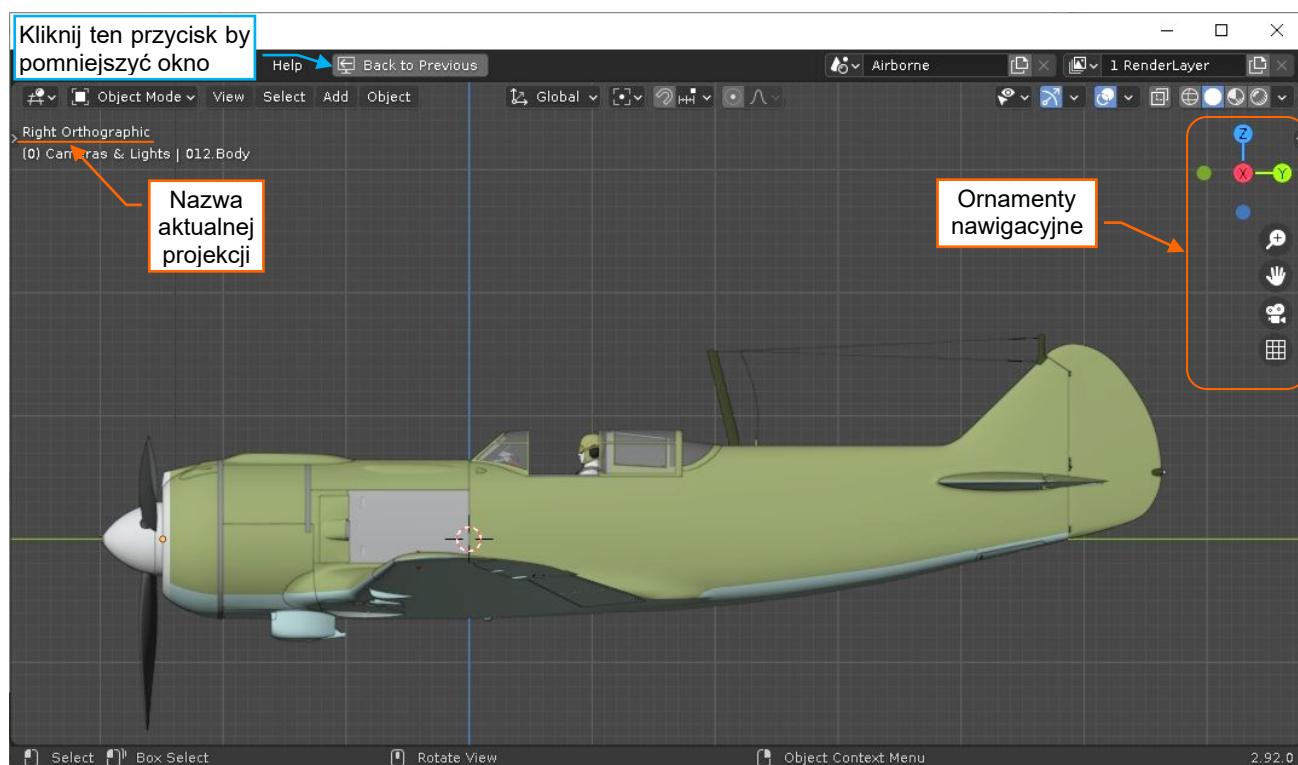
Kolekcje Blendera to coś w rodzaju warstw z programów rysunkowych 2D. Możesz przełączać ich widoczność w oknach 3D klikając w ikonkę „oka”, umieszczoną po prawej stronie nazwy. (Pozostałe ikony omówię później).

Mamy wczytany model, czas pomówić o tym, jak obejrzeć go dokładnie. Zaczniemy od szybkiego powiększenia jednego z okien (Rysunek 3.2.3):



Rysunek 3.2.3 Wywołanie powiększenia aktywnego okna

Pamiętasz z poprzedniej sekcji? Ustaw kursor myszy wewnątrz jednego z okien 3D (Rysunek 3.2.3). Potem naciśnij kombinację klawiszy **Ctrl-Spacja**. Spowoduje to rozciągnięcie aktywnego okna na cały ekran Blendera. Teraz zobaczysz model o wiele dokładnie (Rysunek 3.2.4):



Rysunek 3.2.4 Powiększone okno aktywne i jego ornamenty (*gizmos*) nawigacyjne

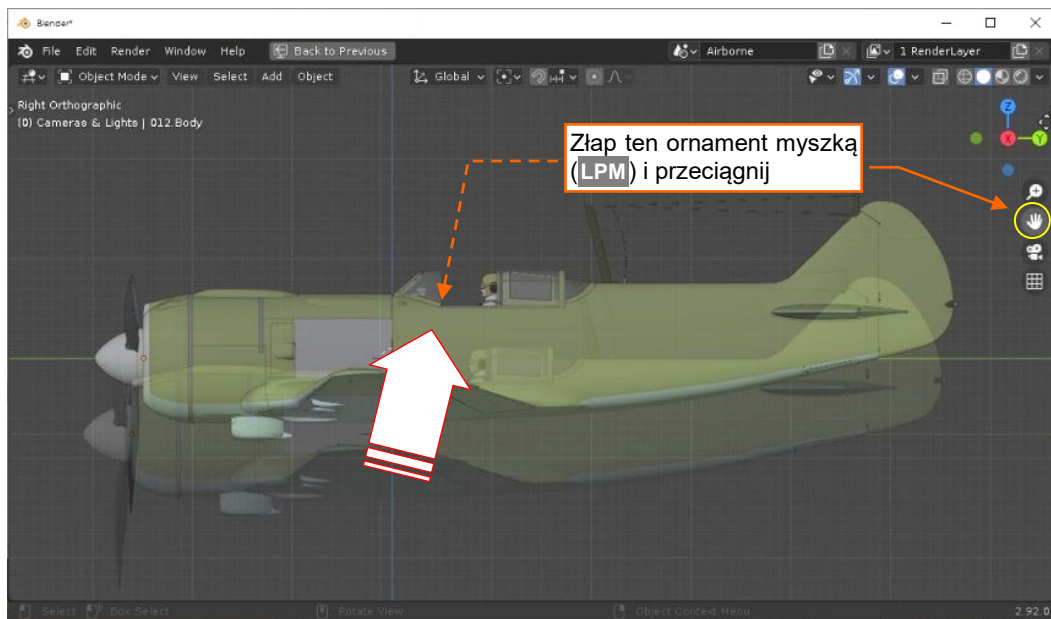


Powtórne naciśnięcie **Ctrl-Spacja** (lub kliknięcie przycisku **Back to Previous** z nagłówka) przywraca oryginalny rozmiar i pozycję okna, tzn. przywraca układ ekranu jaki pokazuje Rysunek 3.2.1.

Opis w lewym górnym narożniku okna pokazuje nazwę aktualnej projekcji. W tym przypadku nazywa się ona *Right Orthographic*¹. Przy prawej krawędzi okna widać ornamenty (*gizmos*) do nawigacji w przestrzeni 3D.

¹ W tym modelu globalna oś **Y** jest skierowana do ogona, przez co widok „z prawej” Blendera pokazuje lewą stronę samolotu.

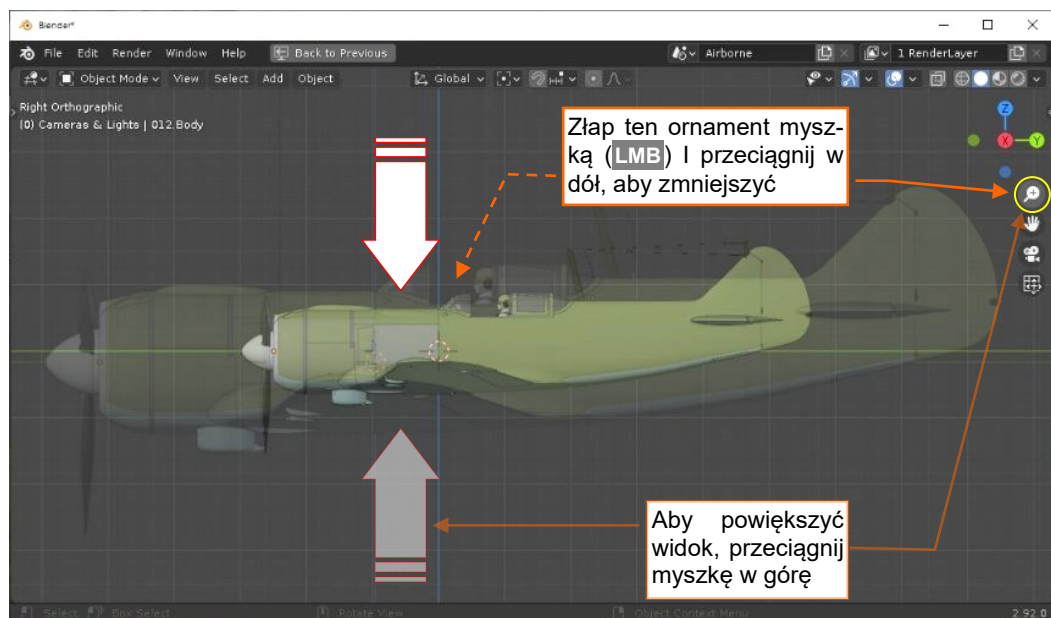
Na początku, przesuniemy ten ekran. Aby to zrobić, „złap” (**LPM**) ornament „dłoni” i przeciągnij mysz trzymając wciśnięty jej przycisk. To przesuwa ekran po płaszczyźnie prostopadłej do aktualnej projekcji (Rysunek 3.2.5):



Rysunek 3.2.5 Przesuwanie ekranu

Aby zakończyć tę operację, zwolnij przycisk myszy. Możesz to samo zrobić także w inny sposób: trzymając wciśnięty **Shift**, przeciągnij myszkę z wciśniętym **SPM (KM)**. Ponieważ ornamenty nawigacyjne pojawiły się zaledwie kilka lat temu, wielu „starych wyjadaczy” nadal używa **Shift-SPM** do przesuwania okna 3D¹.

Podobnie, aby zmniejszyć/powiększyć widok, „złap” **LPM** ornament „szkła powiększającego” (Rysunek 3.2.6):



Rysunek 3.2.6 Powiększanie/pomniejszanie

Widok w ekranie ulega pomniejszeniu, gdy przesuwasz myszkę w dół, a powiększeniu, gdy przesuwasz ją w górę. Gdybyś zagubił się w zbyt dużym powiększeniu, naciśnij klawisz **Home** (lub polecenie **View → Frame All** z menu). To przestawia aktualne powiększenie tak, aby okno obejmowało wszystkie obiekty sceny.

¹ Można jeszcze przenieść ekran do określonego punktu sceny. Służy to tego tzw. kursor 3D (por. str. 154) i polecenie **View → Align View → Center View to Cursor**.

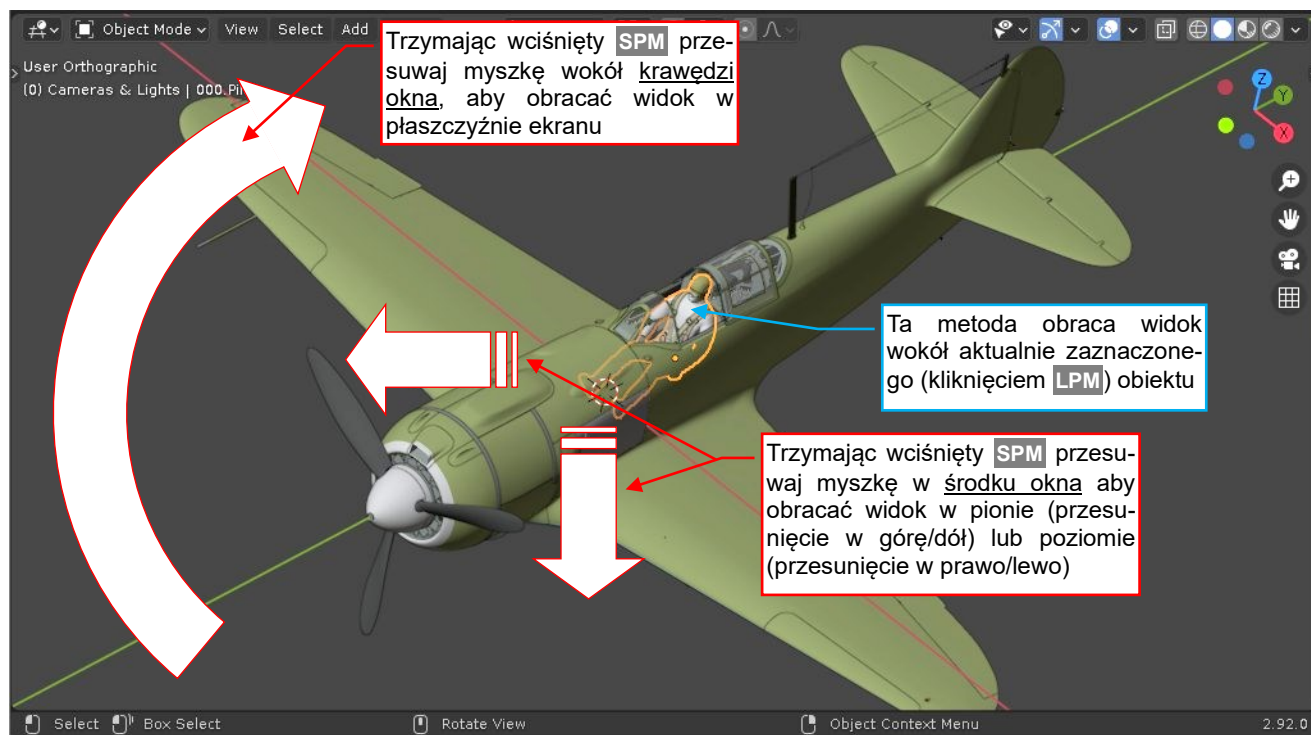
Możesz także zmieniać powiększenie w inny sposób. Zgrubnie – poprzez obrót **KM**, dokładnie – trzymając wciśnięty **Ctrl**, przesuwaj myszkę z wciśniętym **PPM**.

Na koniec – obróćmy ten widok. Możesz to zrobić posługując się miniaturowym układem współrzędnych, wyświetlonym w prawym górnym narożniku okna 3D. To jest duża kontrolka do „orbitowania” wokół sceny. Gdy „złapiesz” (**LPM**) jedną z jej osi i przeciągniesz, obraz w oknie się obróci (Rysunek 3.2.7):



Rysunek 3.2.7 Obracanie za pomocą ornamentu układu współrzędnych

Alternatywna metoda oferuje dodatkową oś obrotu. Aby „orbitować” wokół sceny bez użycia ornamentu, naciśnij **SPM** i przeciągnij myszkę. W ten sposób możesz także obrócić widok wokół środka okna (Rysunek 3.2.8):



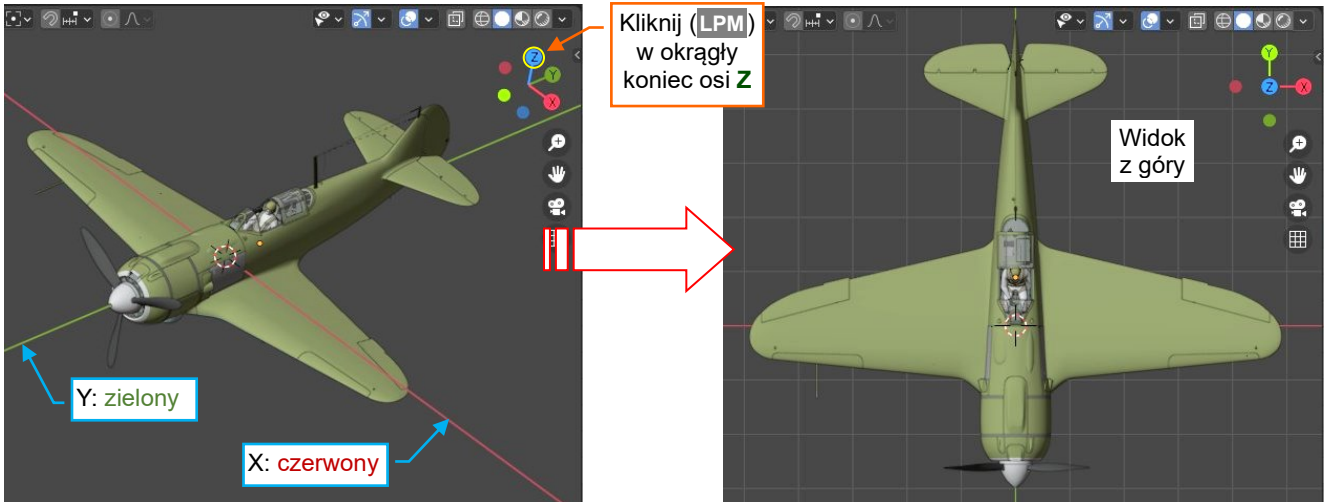
Rysunek 3.2.8 Obracanie wokół wybranego obiektu (użycie **SPM**)

Ta metoda obraca obserwatora wokół aktualnie zaznaczonego obiektu (zaznaczasz obiekty kliknięciem **LPM**). Aktualna oś obrotu zależy od położenia kursora myszki. Gdy przeciągasz go w pobliżu krawędzi okna – obracasz widok wokół osi prostopadłej do ekranu. Gdy przesuwasz kursor myszki w pobliżu środka okna – obracasz widok w ten sam sposób jak robi to ornament „układ współrzędnych”.



Zdolność do orbitowania wokół zaznaczonych obiektów czyni metodę opartą o **SPM** bardziej użyteczną od obracania za pomocą ornamentu układu współrzędnych. Szczególnie w złożonych scenach.

Z drugiej strony, ornament w narożniku okna jest wygodny przy wybieraniu widoków ortogonalnych. Gdy klikniesz LPM w okrągłą końcówkę jednej z jego osi, przełącza się w odpowiednią projekcję (Rysunek 3.2.9):

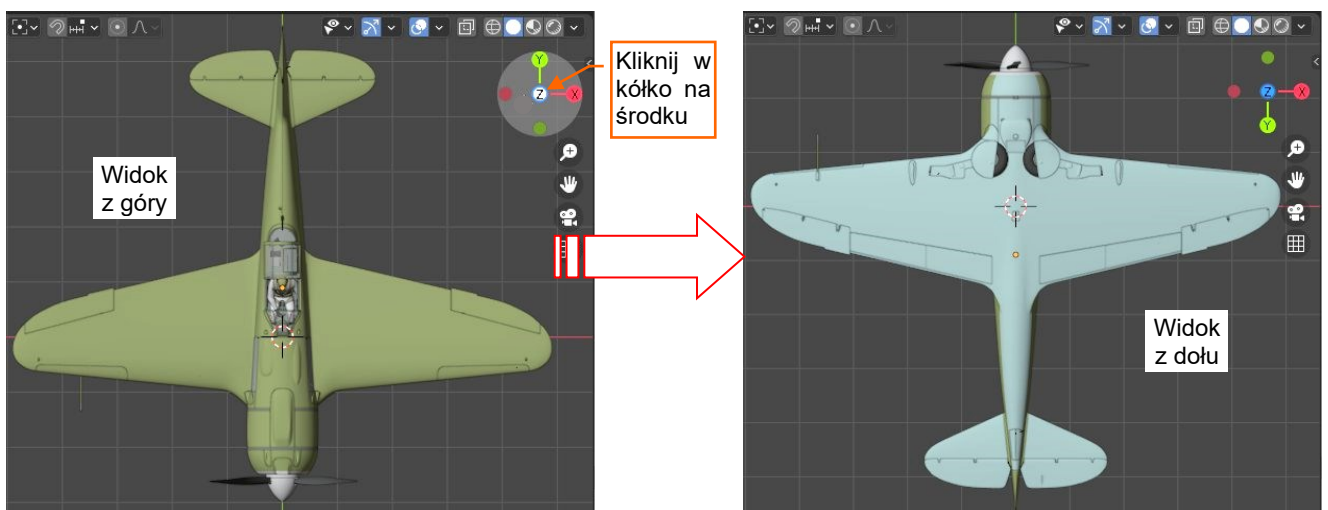


Rysunek 3.2.9 Przełączanie na jeden z widoków ortogonalnych



Czasami przydaje się rozpoznawać kierunek zamierzonej projekcji po kolorze odpowiedniej osi. W domyślnych barwach Blendera **Z** jest niebieskie, **Y** jest zielone, a **X** jest czerwone (Rysunek 3.2.9).

Aby odwrócić widok ortogonalny, kliknij kółko w środku ornamentu układu współrzędnych (Rysunek 3.2.10):



Rysunek 3.2.10 Przełączanie widoku ortogonalnego na przeciwny

Oczywiście, dla pokazanych powyżej operacji istnieją także polecenia w menu i skróty:

- Widoki z przodu/tyłu: **View** → **Viewpoint** → **Front** lub **1**, **View** → **Viewpoint** → **Rear** lub **Ctrl-1**;
- Widoki z boku: **View** → **Viewpoint** → **Left** lub **3**, **View** → **Viewpoint** → **Right** lub **Ctrl-3**;
- Projekcje pionowe: **Widok View** → **Viewpoint** → **Top** lub **7**, **View** → **Viewpoint** → **Bottom** lub **Ctrl-7**;

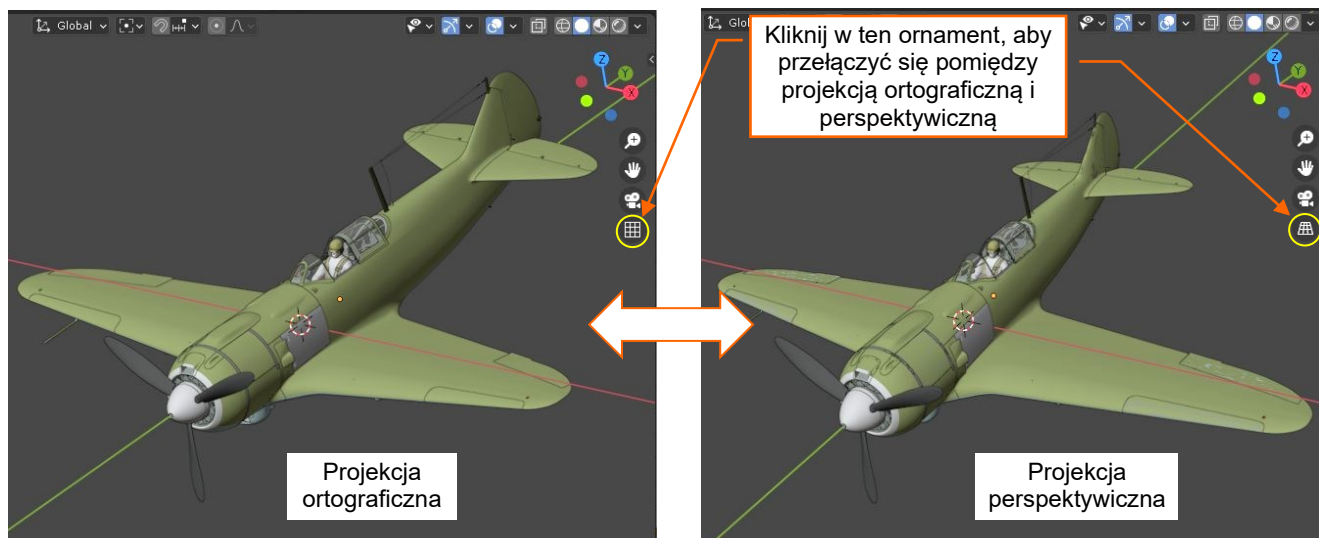
Jako jeden ze "weteranów" Blendera, używam tych skrótów klawiatury. W zasadzie są na polu numerycznym, ale ja włączam sobie opcję **Input:Emulate Numpad** (w oknie **Edit** → **Preferences**). W ten sposób mam te klawisze **1**, **3** i **7** bezpośrednio pod lewą ręką. (Używam klasycznej, pełnowymiarowej klawiatury).



Spróbuj przez chwilę pokrężyć w ten sposób dookoła sceny, aby poznać, jak to wygląda w praktyce. Czasami część sceny może się znaleźć poza obszarem widocznym w oknie. W takim przypadku skoryguj to poprzez przesunięcie ekranu (por. Rysunek 3.2.5) i/lub zmianę powiększenia.

Osobiście, zawsze okrążam model poprzez przesunięcie myszki z wciśniętym **SPM**, a ewentualne korekty wprowadzam naciskając dodatkowo klawisze **Ctrl** lub **Shift**.

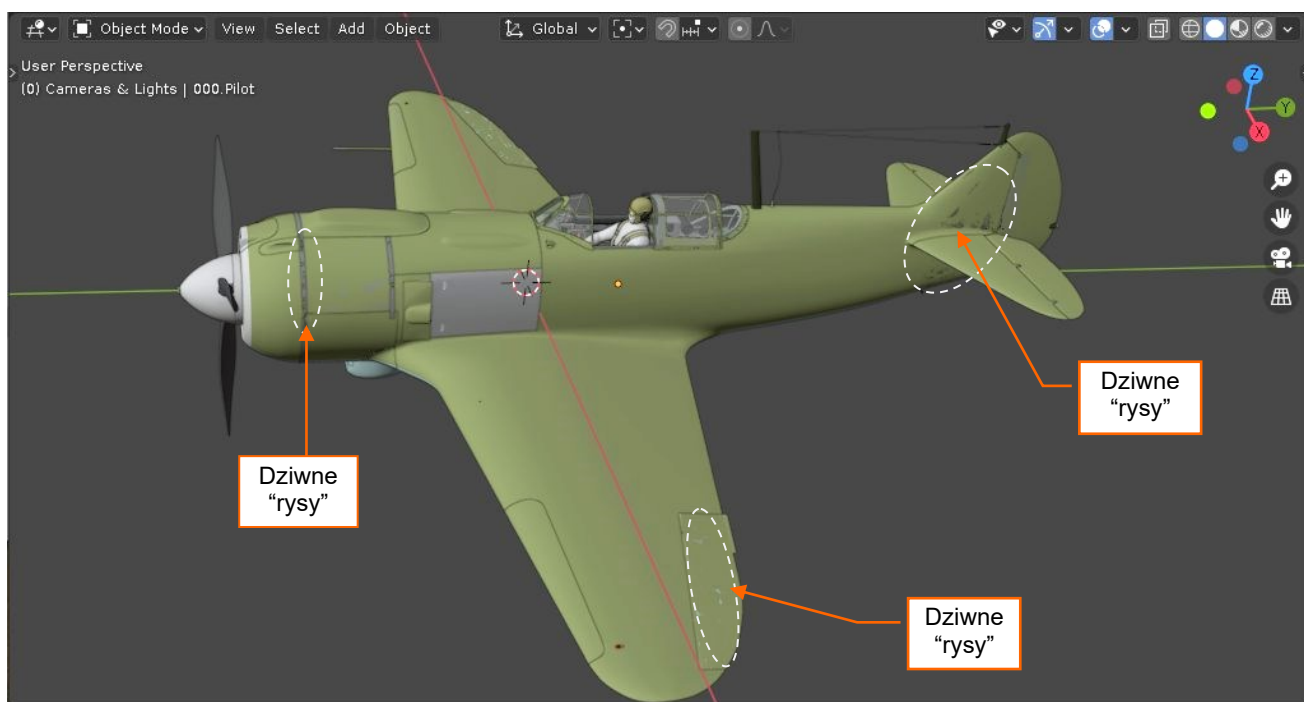
Kolejny ornament służy do przełączania się pomiędzy widokiem ortograficznym i perspektywą (Rysunek 3.2.11):



Rysunek 3.2.11 Przełączanie pomiędzy projekcją ortograficzną i perspektywiczną

Możesz zrobić to samo za pomocą poleceń menu: **View→Perspective** / **View→Orthographic** (pojawiają się w tym samym miejscu, zależnie od aktualnej projekcji) lub klawisza **5**.

Przyglądając się powierzchniom modelu w widoku perspektywnym, możesz zauważyć dziwne „rysy” (Rysunek 3.2.12). Te „rysy” znikają, gdy przełączysz się na widok ortograficzny.

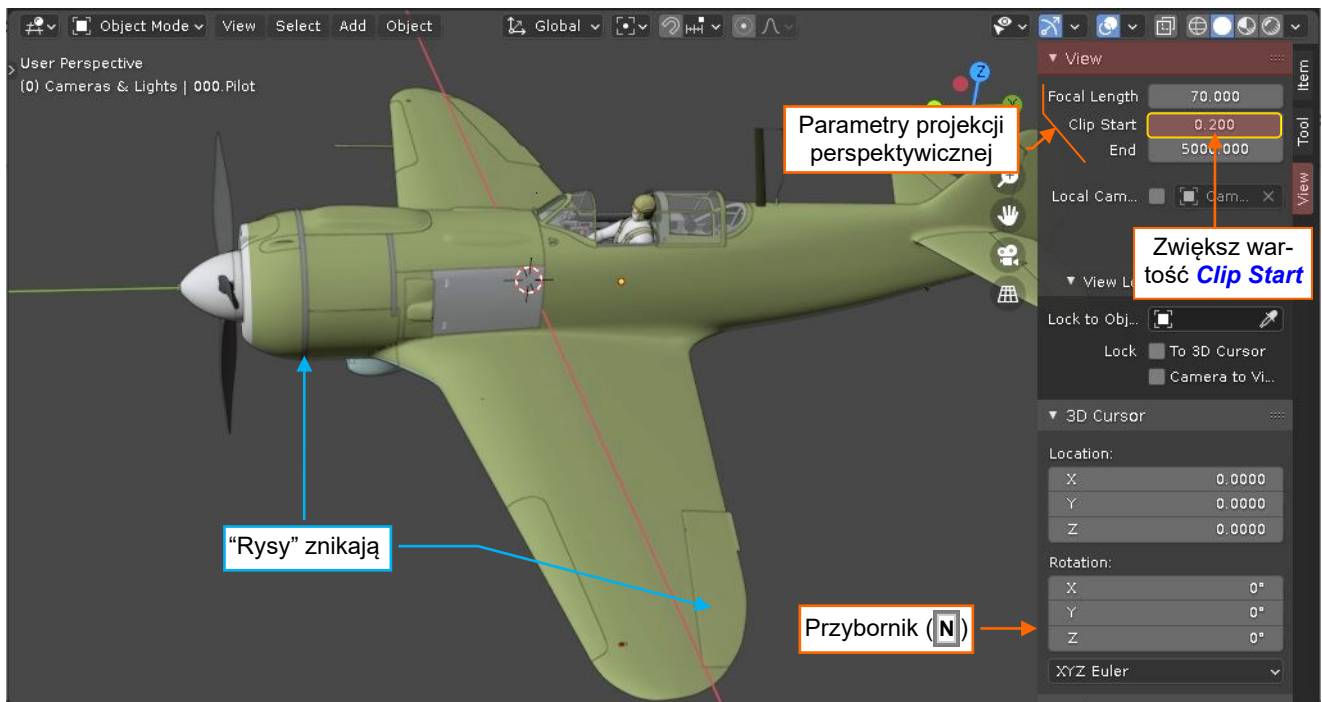


Rysunek 3.2.12 Dziwne „rysy”, pojawiające się tylko w projekcji perspektywicznej

Co to jest?

Są to wewnętrzne ściany obiektów modelu. Nie wiem dlaczego, ale możesz się natknąć na ten efekt także w kamerach przeznaczonych do tworzenia finalnych obrazów modelu. Na szczęście istnieje proste remedium.

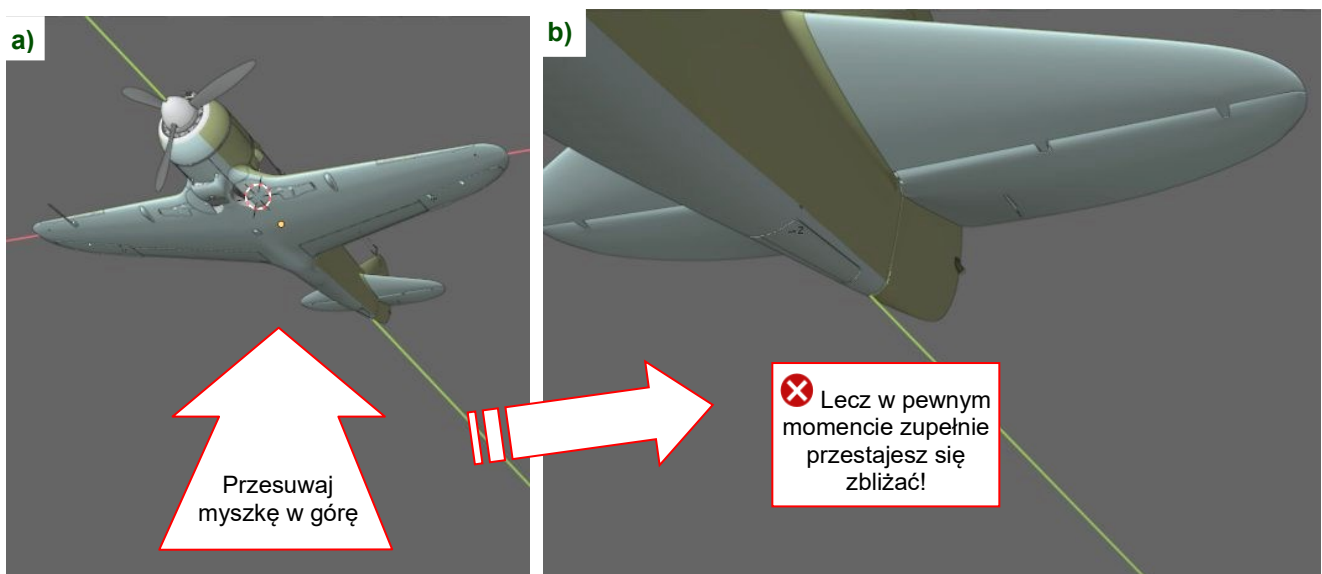
Naciśnij klawisz **N** (lub wybierz **View→Sidebar**) aby otworzyć w tym oknie przybornik (Rysunek 3.2.13). Przejdź do jego zakładki **View**. Tam, w panelu **View**, znajdują się ustawienia projekcji dla tego okna:



Rysunek 3.2.13 Zmiana parametrów projekcji okna w przyborniku

Zwiększaj tam wartość **Clip Start** dopóki „rysy” na modelu nie znikną. Dla tego okna modelu Ła-5F nastąpi to dla **Clip Start** = **0.1** lub nawet **0.2**. W tym samym panelu możesz także przestawić inne parametry perspektywy. Na przykład, gdy zmniejszysz **Focal Length** z 70 do 35(mm), uzyskasz efekt zbliżony do „rybiego oka”. (**Focal Length** jest polem numerycznym. W przypadku wątpliwości jak je używać, patrz str. 78).

Gdy dokonujesz powiększenia w widoku perspektywicznym, możesz się natknąć na efekt, który nazywam „niewidzialną ścianą”. Rysunek 3.2.14a) pokazuje, co mam na myśli, gdy dokonuję zbliżenia za pomocą ornamentu:



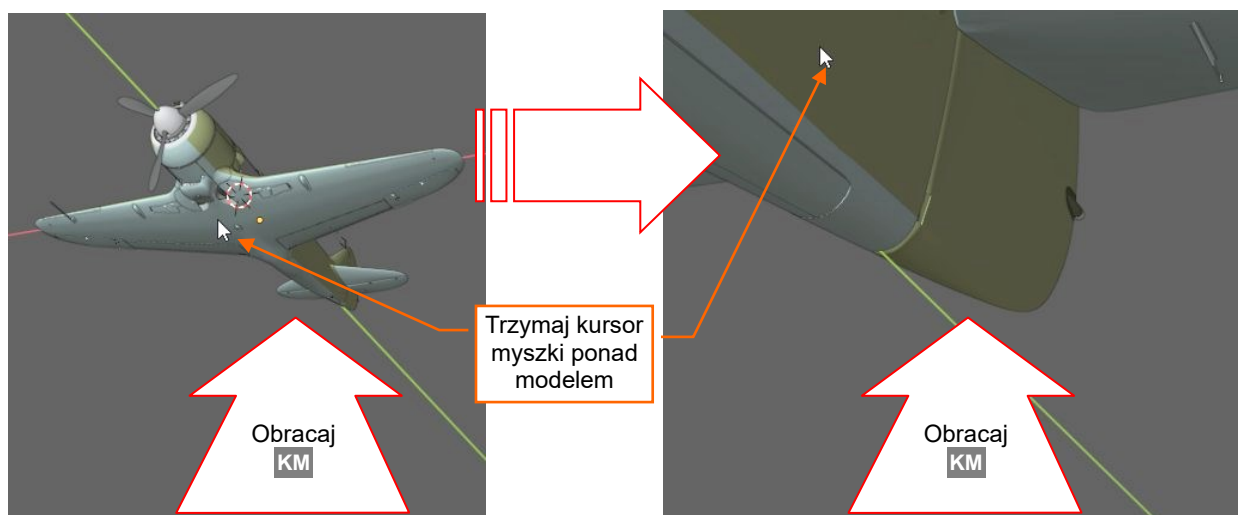
Rysunek 3.2.14 Efekt „niewidzialnej ściany” podczas zbliżeń w widoku perspektywicznym (za pomocą ornamentu „lupy”)

Początkowo masz wrażenie szybkiego zbliżania się do modelu. Jednak później ten ruch staje się coraz wolniejszy. W końcu masz wrażenie, że stoisz w miejscu (Rysunek 3.2.14b).

Co więcej, w sytuacji pokazywanej przez Rysunek 3.2.14b) nie można przesuwania tego ekranu na boki (ornament „dłoni” także nie działa)! Można tylko zacząć się oddalać. Z początku powoli, ale wtedy wszystko powraca.

Jaka jest przyczyna tego dziwnego efektu? W projekcji perspektywicznej potrzebny jest „punkt zbiegu”, umieszczony w pewnej odległości od płaszczyzny ekranu. Zbliżenia w tej projekcji polegają na zmniejszaniu tego dystansu. Wszystko się zatrzymuje, gdy jesteś bardzo blisko: „utykasz” w tym widoku!

Na szczęście, gdy dokonujesz zbliżenia obracając **KM** (alternatywna metoda), możesz zasugerować Blenderowi odsunięcie punktu zbiegu od płaszczyzny ekranu. W tym celu podczas obrotu **KM** trzymaj kursor myszki ponad powierzchnią modelu w pobliżu środka widoku. Rysunek 3.2.15 pokazuje, jak to działa:



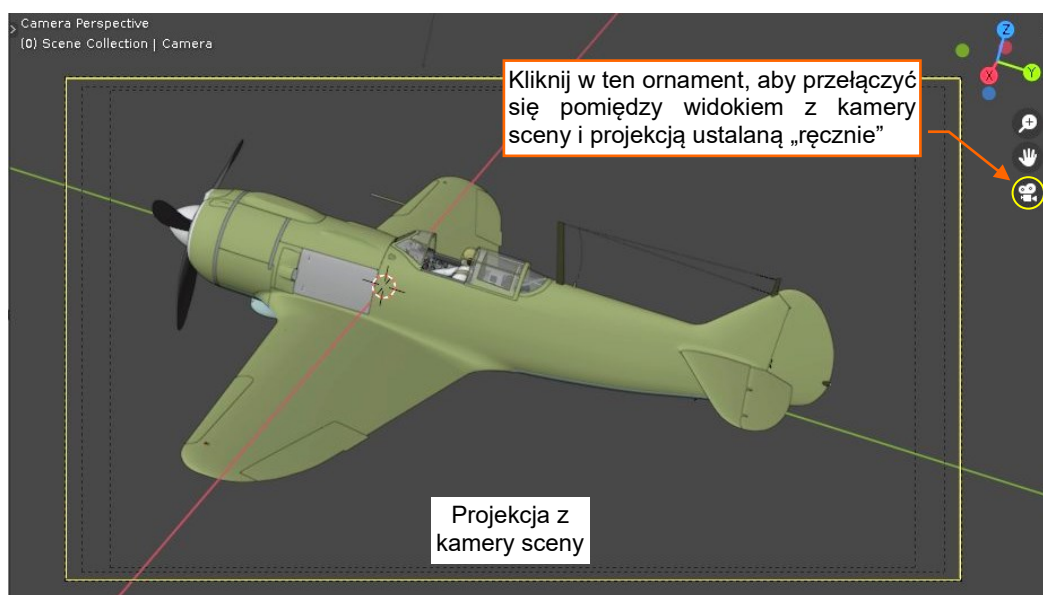
Rysunek 3.2.15 Zbliżanie w widoku perspektywicznym za pomocą obrotu **KM**

Gdy zrobisz to w ten sposób, zbliżanie nie ulegnie blokadzie, gdyż Blender będzie dynamicznie odsuwać punkt zbiegu. Upewnij się tylko, że w konfiguracji masz włączoną opcję *Navigation:Auto Depth* (por. str. 430).



Możesz nadal używać ornament „lupy” w widoku perspektywicznym dla drobnych zmian zbliżenia.

Wreszcie ornament „kamery” przełącza widok z aktualnego okna w projekcję z kamery sceny (Rysunek 3.2.16).



Rysunek 3.2.16 Widok z aktualnej kamery sceny

Taki sam efekt uzyskasz poleceniami [View→Cameras→Active Camera](#) lub [View→Viewpoint→Camera](#), klawisz skrótów: **0**. Więcej na temat kamer Blendera dowiesz się w sekcji 3.4.

Podsumowanie

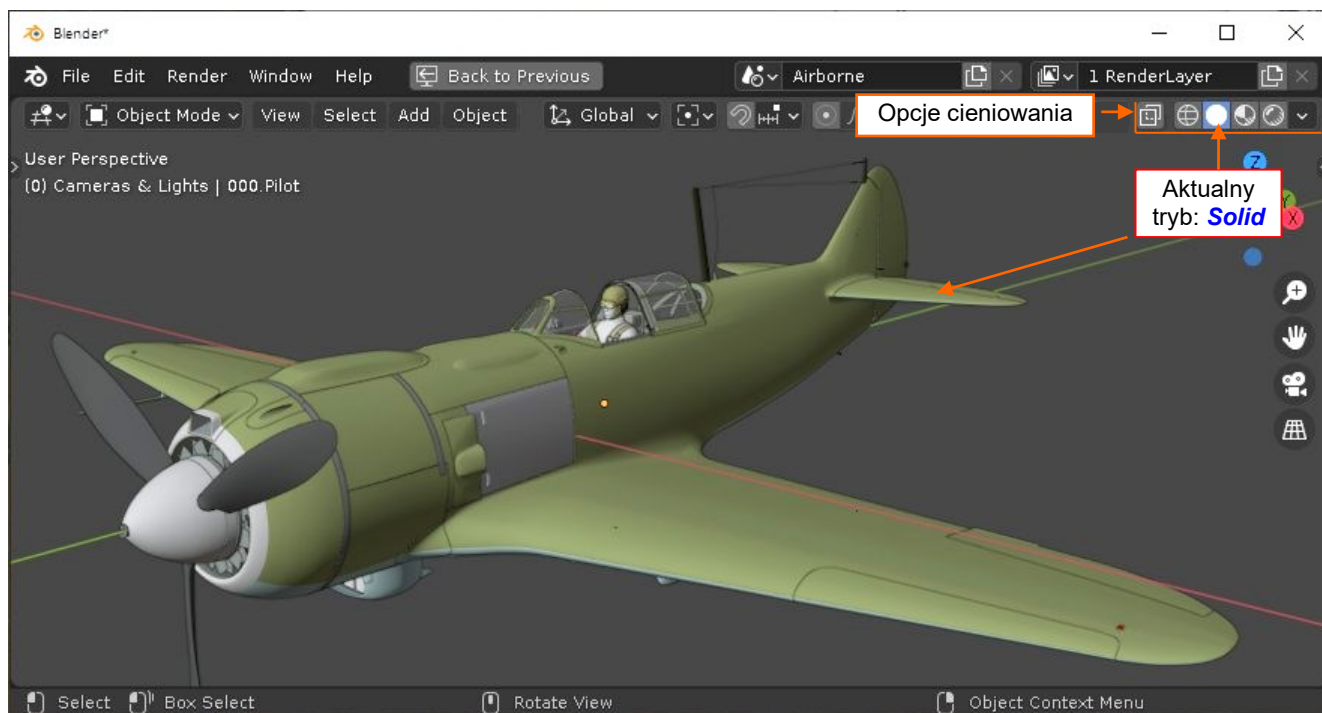
- Części złożonych modeli 3D są grupowane w hierarchiczne **kolekcje**. Możesz je traktować jako odpowiednik warstw z programów rysunkowych 2D. W szczególności, możesz przełączać ich widoczność (str. 39).
- Możesz tymczasowo zmaksymalizować aktywne okno na cały ekran Blendera poleceniem [View→Area→Toggle Maximize Area](#), lub jego skrótem: **Ctrl-Space** (str. 40).
- Aby **przesunąć** widok: przeciągnij (**LPM**) ornament “dłoni” lub przeciągnij myszkę z wciśniętym **SPM** i wciśniętym **Shift** na klawiaturze (str. 41).
- Aby zmienić **powiększenie** widoku: przeciągnij (**LPM**) ornament “lupy” lub przesun do góry/dołu myszkę z wciśniętym **SPM**, i wciśniętym **Ctrl** na klawiaturze, lub obracaj **KM** (str. 41).
- Aby **obrócić** widok: przeciągnij (**LPM**) wybraną oś z ornament układu współrzędnych, lub przeciągnij myszkę z wciśniętym **SPM** (str. 42).
- Do przełączania pomiędzy projekcją ortograficzną i perspektywiczną: kliknij (**LPM**) w ornament „siatki” lub naciśnij klawisz **5** (str. 44).
- Aby szybko ustawić jeden z widoków ortogonalnych, kliknij (**LPM**) okrągłą końcówkę jednej z osi ornamentu układu współrzędnych. Alternatywnie możesz użyć następujących skrótów: **1** (przód), **3** (strona lewa), **7** (góra). Aby ujrzeć te widok z przeciwnej strony – wciśnij dodatkowo klawisz **Ctrl**: **Ctrl-1** (tył), **Ctrl-3** (strona prawa), **Ctrl-7** (dół) (str. 43).
- Możesz zmienić parametry projekcji (na przykład – długość ogniskowej) w **przyborniku** (**N**), zakładce [View](#) (str. 45).
- Podczas zbliżeń w projekcji perspektywicznej możesz napotkać efekt “niewidzialnej ściany” (str. 45). Aby uniknąć takiej blokady, zmieniaj zbliżenie poprzez obrót **KM** (str. 46). Pozostałe metody możesz wykorzystać do końcowych, drobnych korekt.



Kompletny opis nawigacji w przestrzeni okna 3D znajdziesz w sekcji [“Editors: 3D Viewport: Navigating” z instrukcji online Blendera](#).

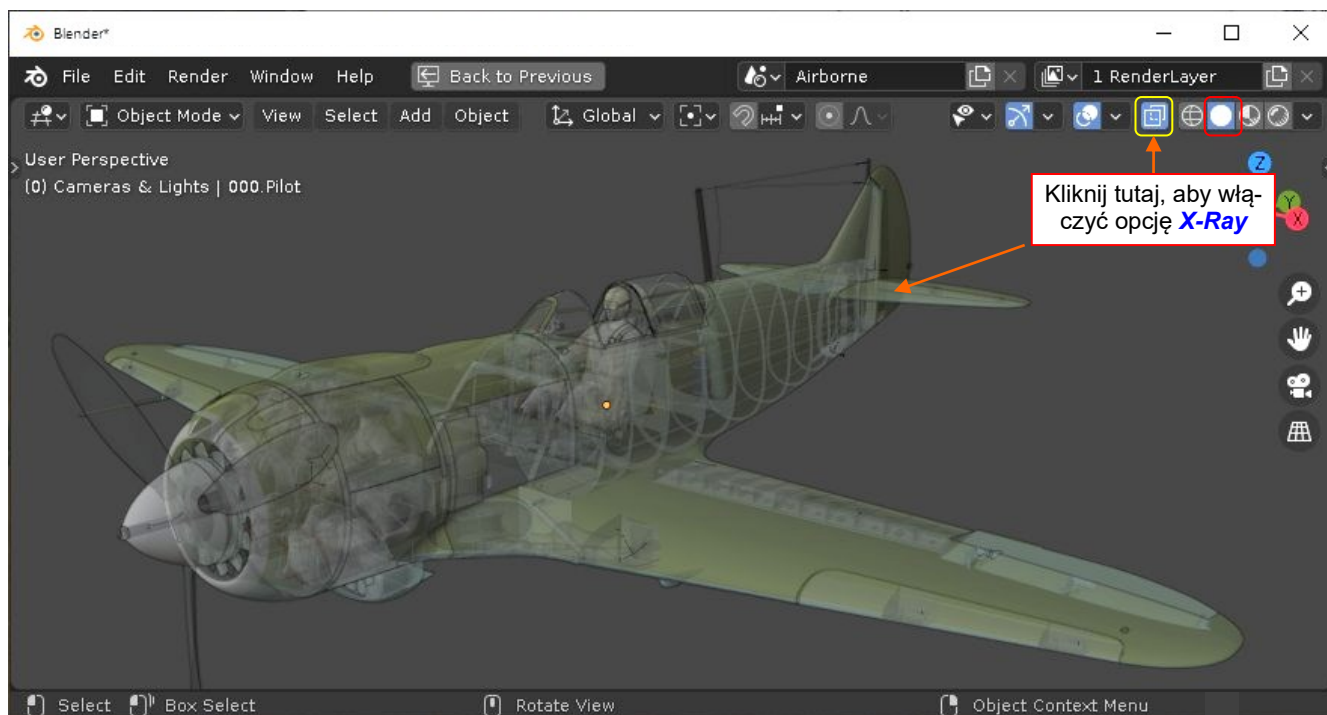
3.3 Cieniowania sceny w oknie 3D i inne opcje

W tej sekcji omówię inne możliwości okna 3D, które mogą się przydać w dalszej pracy. Jedną z nich są przyciski cieniowania, umieszczone po prawej stronie nagłówka okna (Rysunek 3.3.1):



Rysunek 3.3.1 Przyciski z opcjami cieniowania

Domyślnie, Blender pokazuje model w trybie cieniowania **Solid**. Można w nim włączyć dodatkową opcję „rentgenowską” (**X-Ray**). Pozwala ona „widzieć na wskroś”, poprzez powierzchnie obiektów (Rysunek 3.3.2):

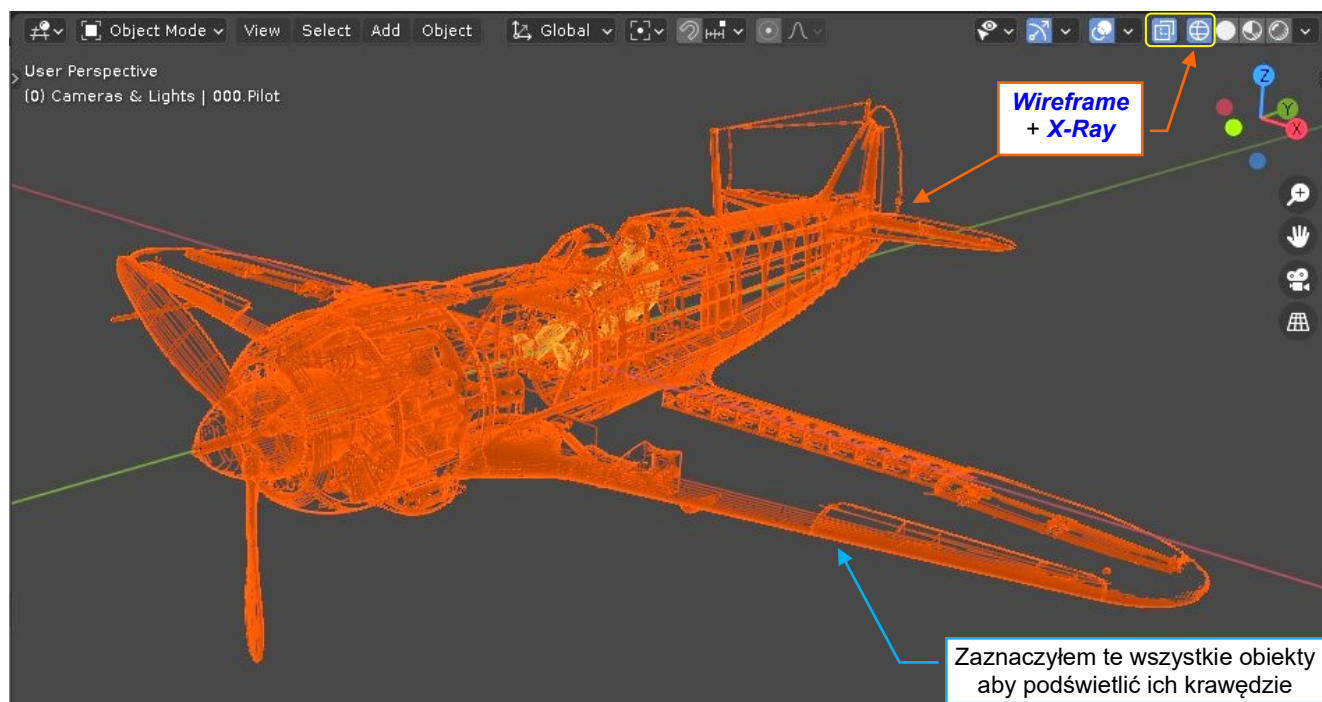


Rysunek 3.3.2 Włączenie trybu **X-Ray**



Tryb **X-Ray** bywa bardzo przydatny w przypadku złożonych modeli. Gdy edytujesz siatki obiektów, pozwala na zaznaczanie wierzchołków zasłoniętych przez ściany (por. str. 501).

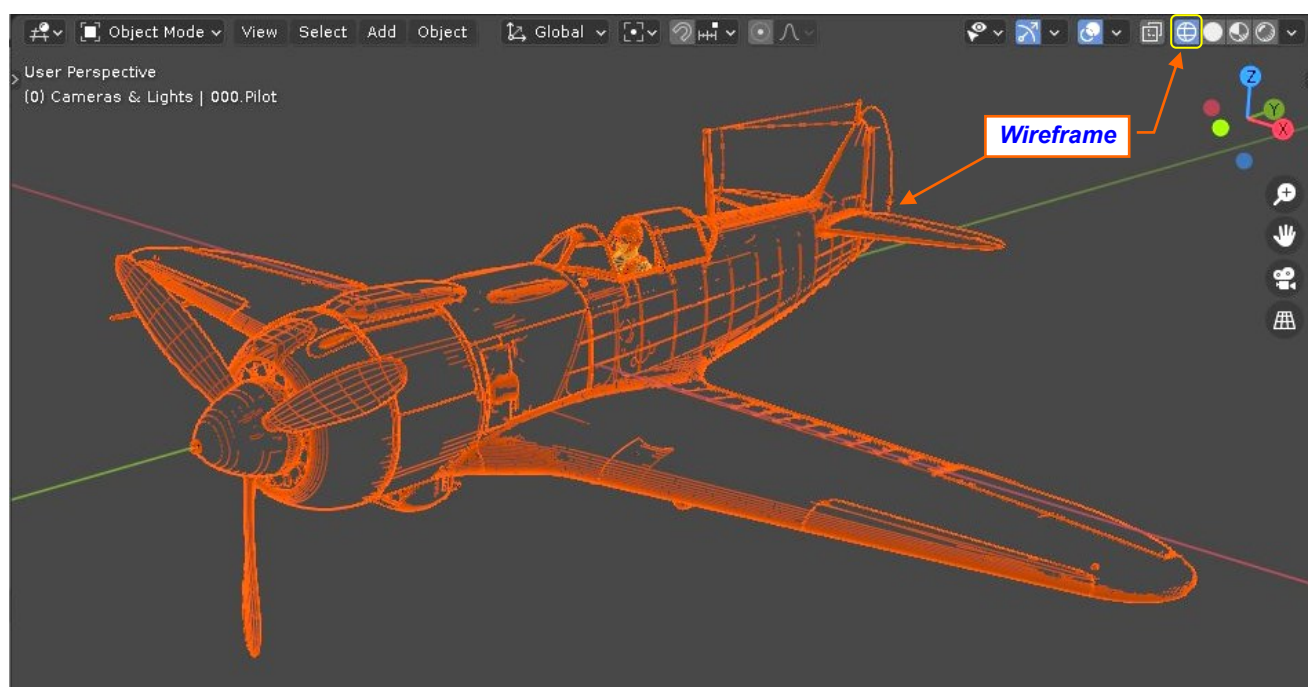
Gdy przełączysz cieniowanie modelu w tryb **Wireframe**, Blender automatycznie włącza także opcję **X-Ray** (Rysunek 3.3.3):



Rysunek 3.3.3 Tryb **Wireframe** (+ **X-Ray**)

W trybie **Wireframe** widać każdą krawędź, która łączy nieplanarne ściany siatki. To tworzy na ekranie złożony obraz, ale przydaje się przy pracy z detalami. Często używam go do precyzyjnego dopasowania dwóch konturów. W domyślnych barwach Blendera te krawędzie są czarne, więc nie wyróżniają się specjalnie z ciemnego tła sceny. Taki słabszy kontrast jest dostateczny do pracy, ale nie wygląda dobrze na ilustracjach. Rysunek 3.3.3 pokazuje wszystkie elementy modelu jako „zaznaczone”, co zmieniło kolor krawędzi na pomarańczowy.

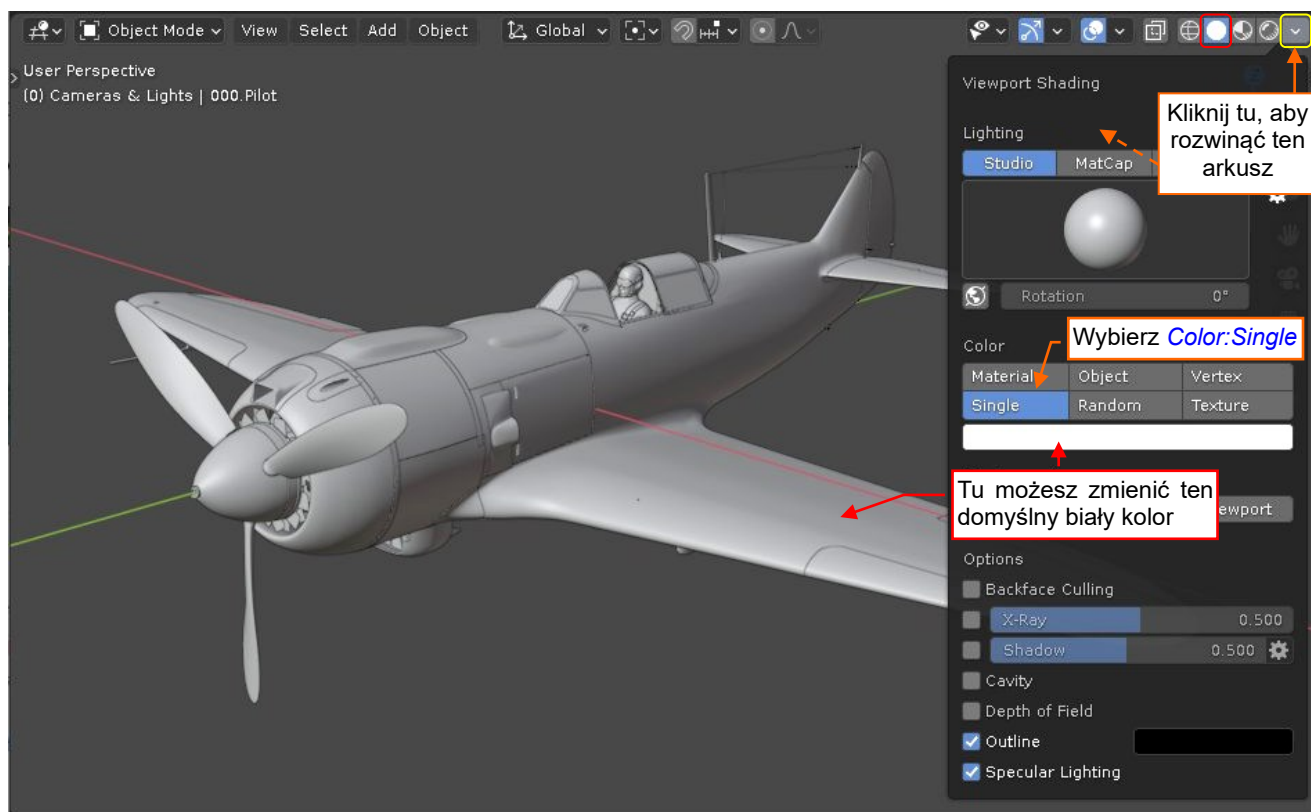
Opcja **Wireframe** z wyłączonym **X-Ray** tworzy coś w rodzaju rysunku konturowego (Rysunek 3.3.4):



Rysunek 3.3.4 Tryb **Wireframe** (bez opcji **X-Ray**)

Ten rodzaj cieniowania jest mniej użyteczny do modelowania. Na „tryb siatki” zazwyczaj przełączasz się po to, aby widzieć ukryte kontury, na przykład – kształty wręg kadłuba lub żeber skrzydeł.

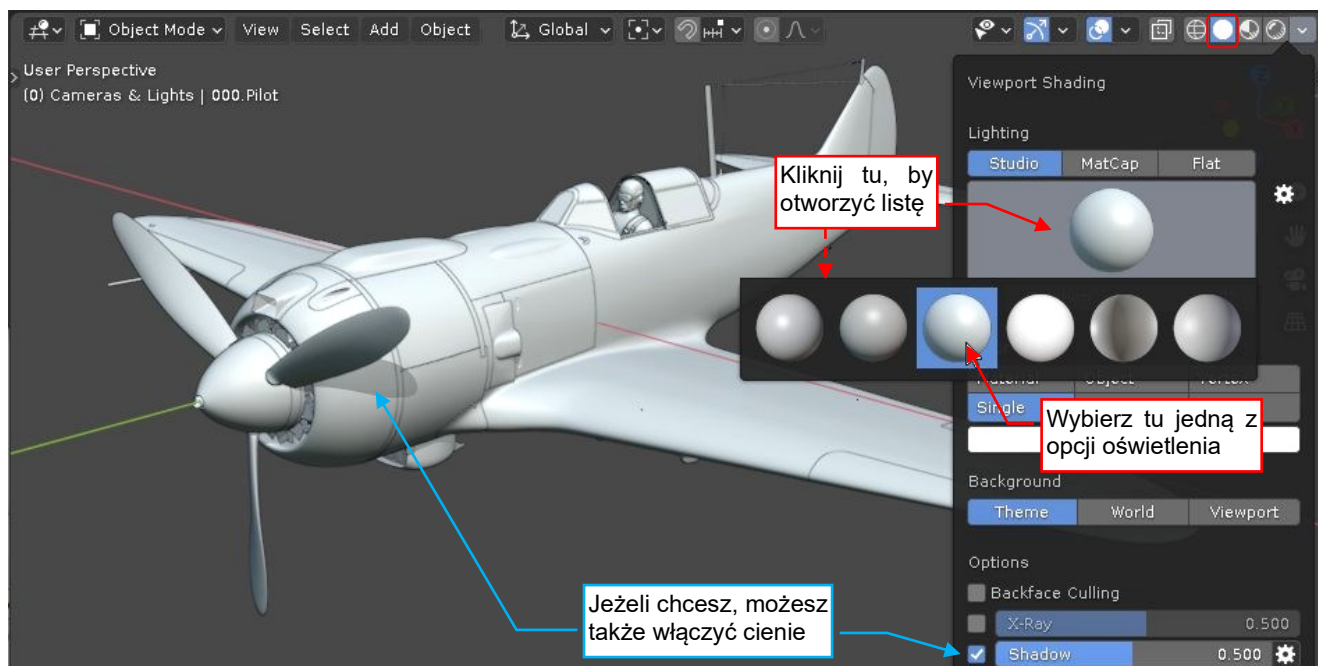
Kiedy klikniesz w niepozorną strzałkę z prawej strony opcji cieniowania, Blender rozwija arkusz z ustawieniami aktualnego trybu cieniowania (Rysunek 3.3.5):



Rysunek 3.3.5 Rozwijalny arkusz opcji cieniowania (wariant dla trybu **Solid**)

Zawartość tego arkusza jest różna dla każdego z trybów cieniowania. Rysunek 3.3.5 pokazuje przypadek dla trybu **Solid**. Można tu uzyskać interesujące efekty. Na przykład – możesz zmienić właściwości materiału, przypisanego do modelu. Wystarczy w sekcji **Color** wybrać opcję **Single** (Rysunek 3.3.5).

W sekcji **Lighting** możesz wybrać jeden z kilku wariantów oświetlenia sceny (Rysunek 3.3.6):



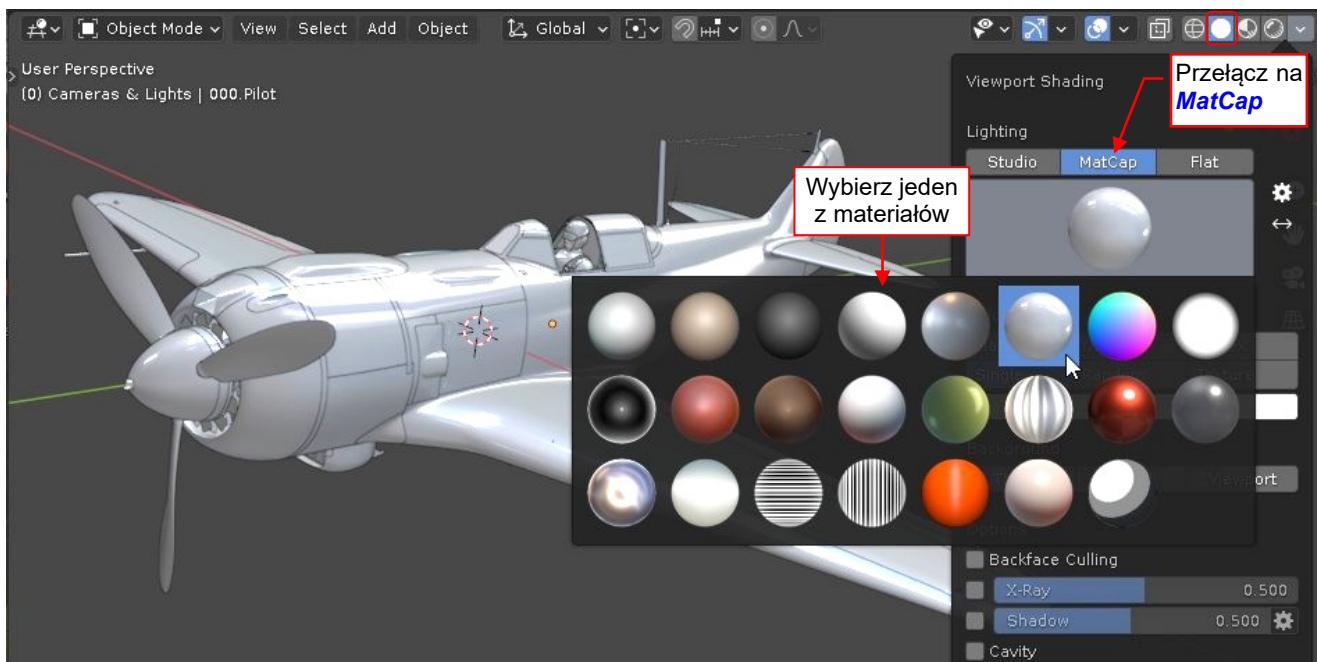
Rysunek 3.3.6 Wybieranie różnych opcji oświetlenia dla trybu **Solid**

Blender pokazuje te opcje jako rozwijalną listę pocieniowanych kul (nazywanych także „próbkami”). Wypróbuj każdą z nich, aby przekonać się, która najlepiej pasuje do Twoich upodobań.



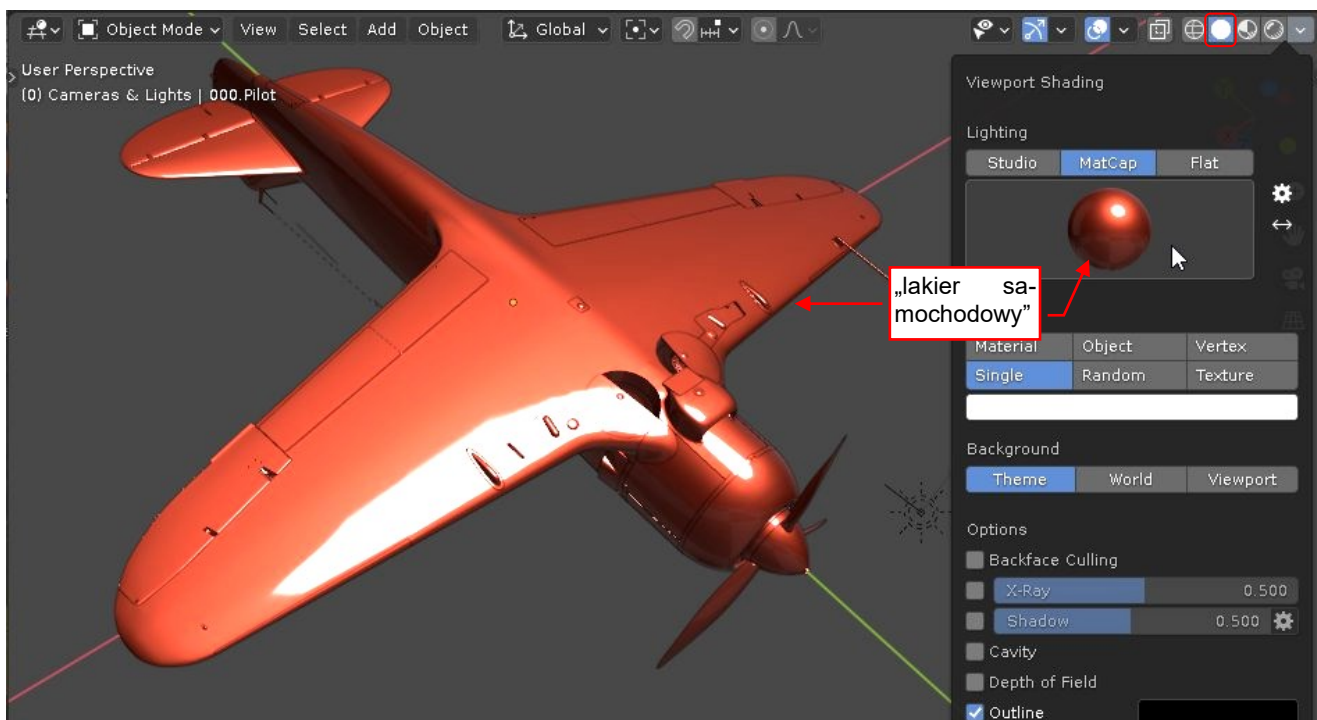
Dlaczego jest tu tyle różnych opcji oświetlenia? Ponieważ nie możesz dotknąć tego modelu swoimi palcami. Klasyczni modelarze sprawdzają kształt każdego nowego elementu swojego plastikowego lub drewnianego modelu poprzez dotyk i oglądanie pod różnymi kątami. W modelowaniu komputerowym dostępna jest tylko ta druga metoda. Dlatego Blender oferuje wiele wariantów oświetlenia. Cienie i odbłaski każdego z nich mogą ujawnić inne klasy ewentualnych nierówności powierzchni.

Co więcej, oprócz różnych rodzajów oświetlenia możesz także sprawdzić, jak wyglądałby Twój model wykonany z różnych materiałów. Wystarczy przełączyć **Lighting** na **MatCap** i wybrać jeden z nich (Rysunek 3.3.7):



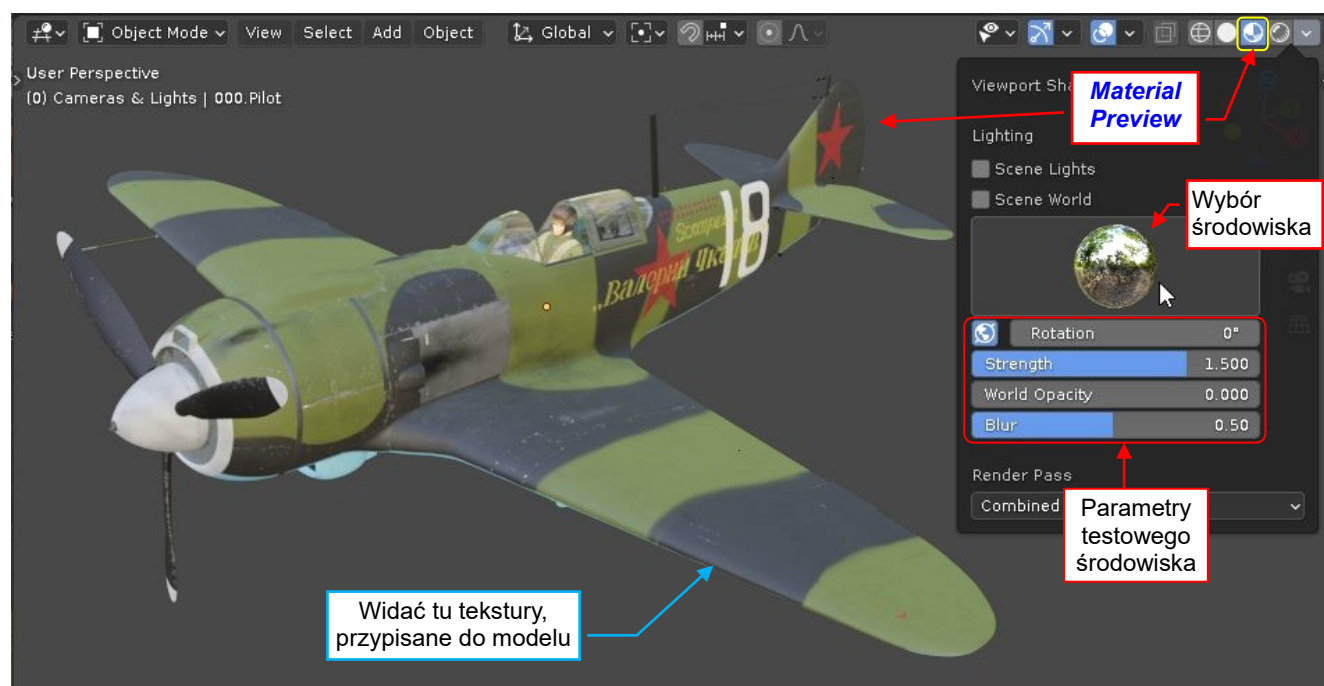
Rysunek 3.3.7 Wybieranie materiału testowego

Na przykład, zawsze warto sprawdzić, jak wyglądałyby powierzchnie modelu wypolerowanego na „wysoki połysk” – na przykład pokryte czerwonym lakierem samochodowym (Rysunek 3.3.8):



Rysunek 3.3.8 Poszukiwanie ewentualnych nierówności na połyskliwej powierzchni

Pozostałe dwa tryby cieniowania będziemy używać w dalszych częściach tej książki, gdyż wymagają przygotowanych materiałów i tekstur. Pierwszym z nich jest **Material Preview** (Rysunek 3.3.9):



Rysunek 3.3.9 Tryb cieniowania **Material Preview**

Można go używać do sprawdzania materiałów i tekstur w różnych środowiskach. Każde z nich tworzy inne cienie i odbicia, co jest szczególnie istotne dla bardzo połyskliwych powierzchni, jak oszklenie kabiny. Rozwijalny arkusz opcji dla tego trybu oferuje kilka parametrów, jak intensywność oświetlenia (**Strength**), lub ostrość szczegółów (**Blur**). Możesz także obracać sferę otoczenia wokół modelu.

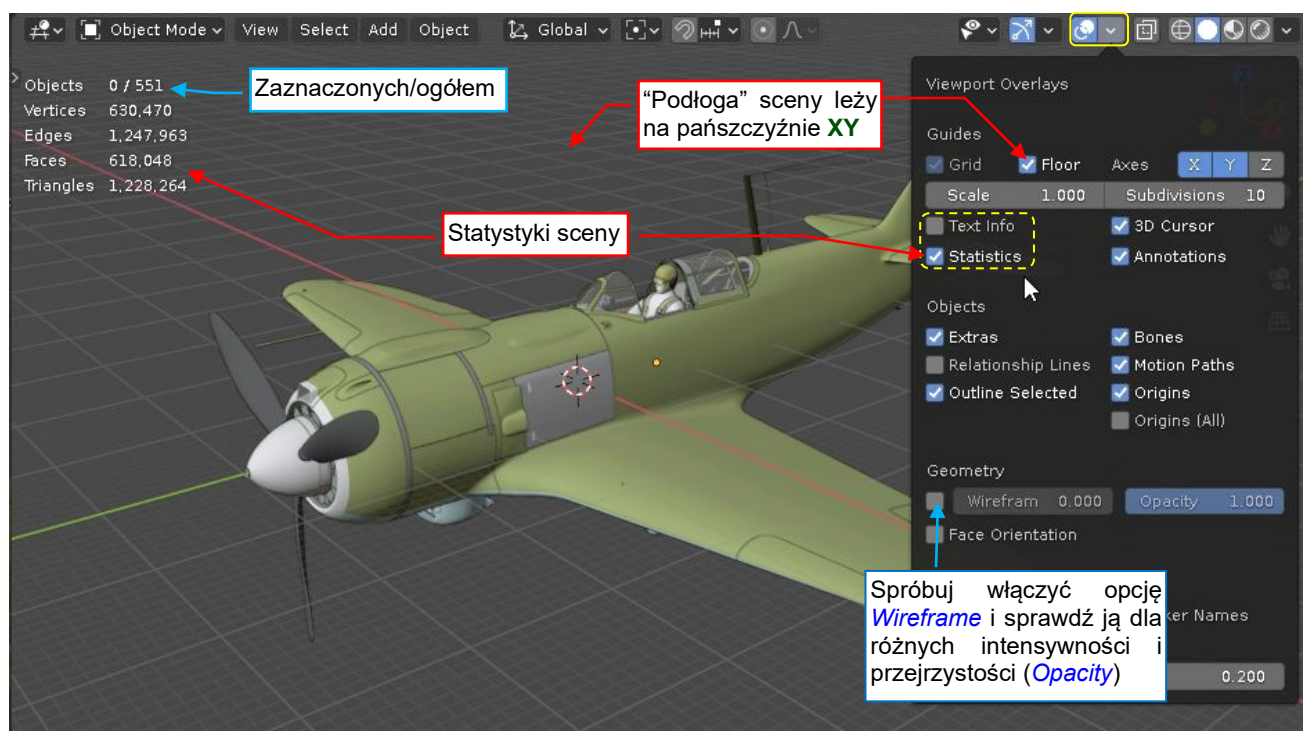
Ostatnim trybem cieniowania jest **Rendered** (Rysunek 3.3.10):



Rysunek 3.3.10 Tryb cieniowania **Rendered**

To jest podgląd końcowej sceny. W odróżnieniu od okna z ostatecznym obrazem, nadal możesz tu edytować obiekty. Ten tryb pomija niektóre zaawansowane efekty, jak rozmycie ruchu (dlatego widzisz łopaty śmigła).

W nagłówku okna 3D znajdują się także inne arkusze rozwijalne, sterujące widocznością jego pomocniczych elementów. Jeden z nich to parametry tzw. „nakładek” (*overlays*) okna (Rysunek 3.3.11):



Rysunek 3.3.11 Opcje *Viewport Overlays*

Możesz tu np. ukryć domyślne informacje (*Text Info*) wyświetlane w lewym górnym narożniku okna, i np. włączyć w tym miejscu informacje o scenie (*Statistics*). Poeksperymentuj trochę z tymi ustawieniami.

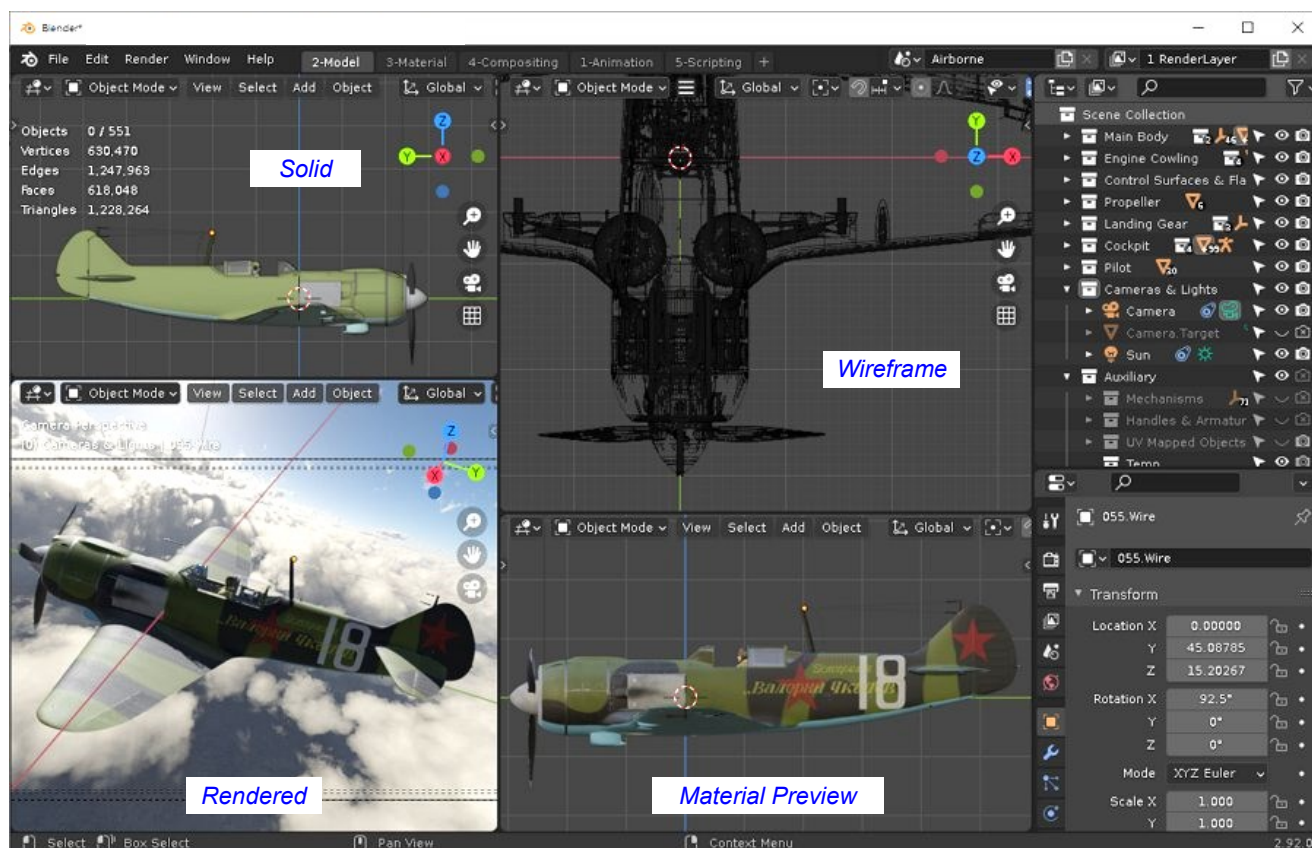
Innym arkusz rozwijalny steruje widocznością różnych ornamentów okna (*gizmos*). Na przykład, możesz ukryć ornamenty nawigacyjne, omówione w poprzedniej sekcji (Rysunek 3.3.12):



Rysunek 3.3.12 Opcje *Viewport Gizmos*

Niektóre z ornamentów figurujących na tym arkuszu pojawiają się tylko w pewnych trybach. Na przykład, *Object Gizmos* pojawiają się tylko podczas wykonywania poleceń *Move*, *Rotate* lub *Scale*. (Więcej – w sekcji 3.5).

Kliknij w przycisk **Back to Previous** (u góry ekranu) aby powrócić do poprzedniego układu wielu okien, Teraz możesz zmienić omawiane w tej sekcji ustawienia indywidualnie, dla każdego okna 3D (Rysunek 3.3.13):

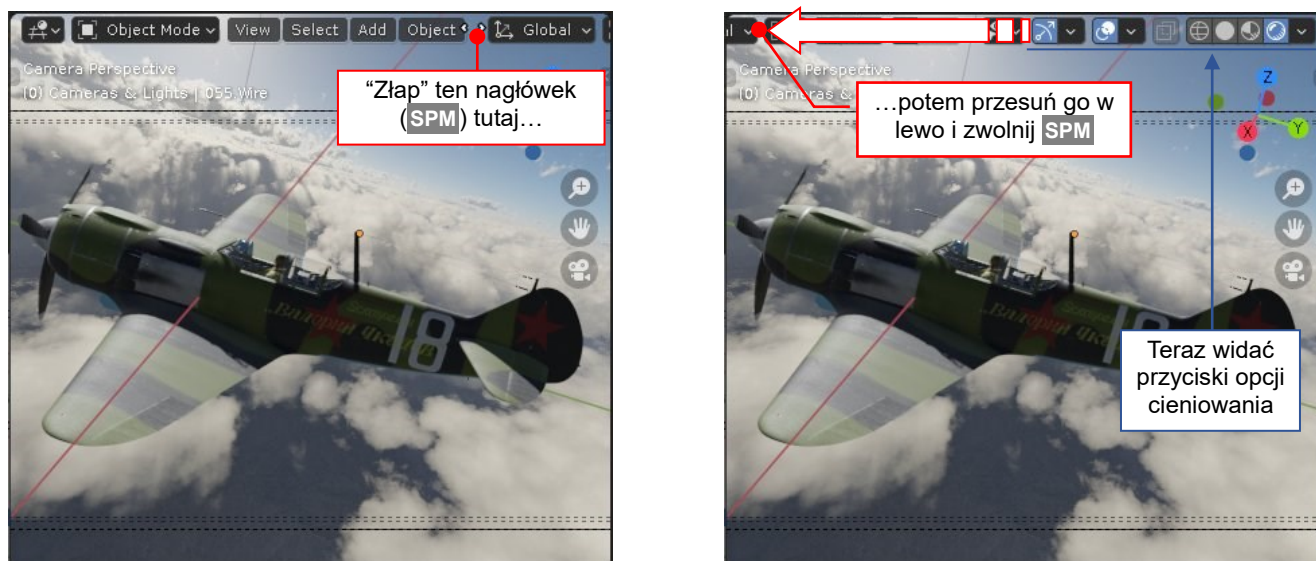


Rysunek 3.3.13 Zróżnicowane ustawienia cieniowania okien 3D



Gdy dzielisz obszary ekranu Blendera, jak te okna 3D (por. str. 29), nowoutworzone okno kopiuje wszystkie ustawienia oryginału. Dlatego najlepszą metodą zarządzania wieloma oknami Blendera jest ustawić wszystko w jednym oknie 3D, a potem je podzielić na dwa, trzy, lub cztery mniejsze.

Kiedy pracujesz z wieloma oknami, ich nagłówki mogą być dłuższe od szerokości tych obszarów na ekranie. W rezultacie, kontrolki z prawej są „obcinane” przez ich brzegi, tak jak pokazuje to Rysunek 3.3.13. Na szczęście, w Blenderze możesz przesunąć nagłówek edytora w prawo i w lewo (Rysunek 3.3.14):



Rysunek 3.3.14 Przesuwanie nagłówka okna



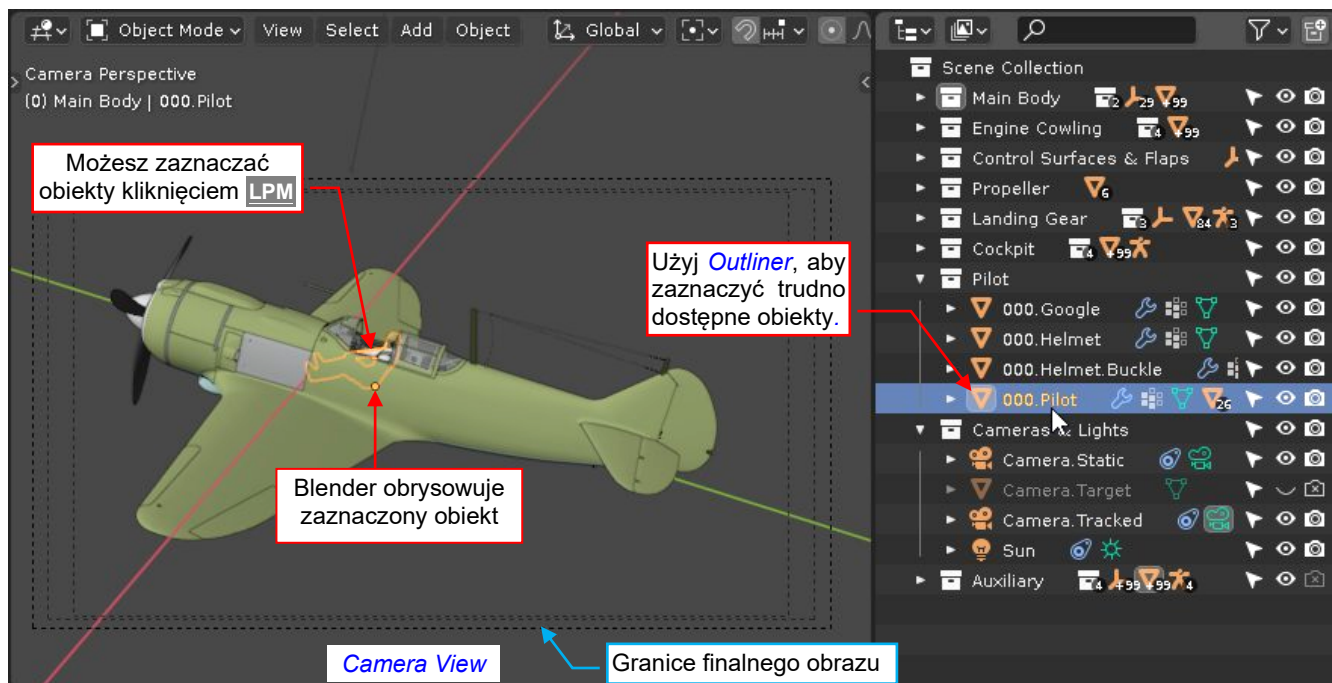
Opcje cieniowania są także dostępne w menu myszki **Shading** (wyświetlane skrótem: **Z**).

Podsumowanie

- Istnieją dwa podstawowe tryby wyświetlania modelu: **Solid** (str. 48) and **Wireframe** (str. 49).
- Można je połączyć z opcją **X-Ray** aby “widzieć poprzez” powierzchnie obiektu (str. 48).
- W trybie **Solid** możesz przełączyć się w tryb pojedynczego koloru (**Single** – por. str. 50). Ten tryb jest przydatny do poszukiwania ewentualnych zaburzeń powierzchni w kilku różnych trybach oświetlenia (z **Lighting:Studio**).
- Można także sprawdzać wygląd powierzchni modelu przypisując mu różne predefiniowane materiały. Znajdziesz je na liście **Lighting:MatCap**. Różnią się m.in. barwą i połyskliwością (str. 51).
- Dwa inne tryby wyświetlania: **Material Preview** (str. 52) i **Rendered** (str. 52) są stworzone z myślą o późniejszych fazach projektu, w którym definiujesz materiały i tekstury modelu, oraz otoczenie sceny.
- Używaj arkuszy rozwijalnych **Viewport Overlays** i **Viewport Gizmos** (str. 53) do sterowania widocznością różnych elementów dodatkowych okna 3D.
- Każde okno 3D może mieć różne ustawienia wyświetlania (str. 54).
- W wąskich obszarach na podzielonym ekranie Blendera możesz „złapać” (**SPM**) nagłówek okna i przesunąć je w poziomie, aby „sięgnąć” do kontrolki znajdującej się za ramką widocznego obszaru (str. 54).

3.4 Kamery i zaznaczenie obiektów

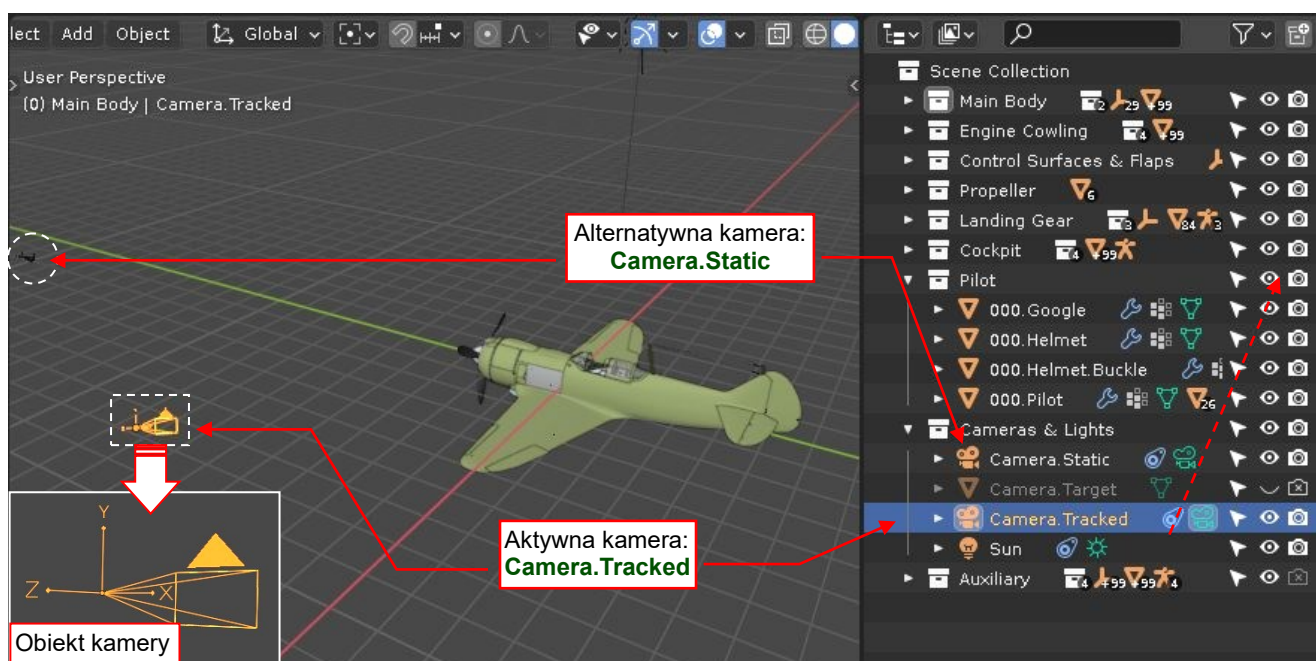
W Blenderze zaznaczasz (wybierasz) obiekt kliknięciem **LPM**. Wspomniałem już o tym w sekcji 3.2. To normalna metoda zaznaczania w aplikacjach Windows. W przypadku gdy obiekt jest zasłonięty, jak figura pilota w kabinie, można także „kliknąć” go w oknie **Outliner**, jak pokazuje to Rysunek 3.4.1. (Oczywiście, jeżeli wiesz w której kolekcji się znajduje):



Rysunek 3.4.1 Zaznaczanie obiektu

Okno 3D powyżej (Rysunek 3.4.1) to widok z kamery (polecenie **View→Viewpoint→Camera**, skrót: **0**). Jest to projekcja, jaką Blender użyje dla tej sceny do stworzenia ostatecznego obrazka lub animacji.

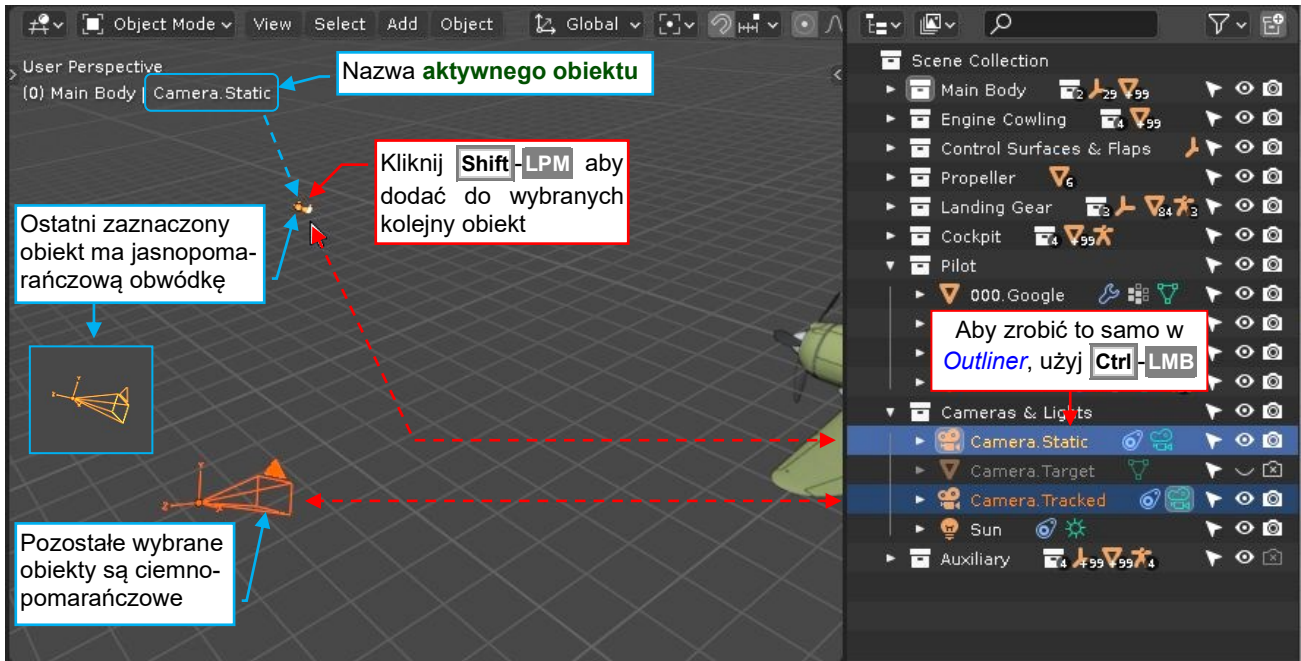
A co to są same kamery? To pewien rodzaj obiektu, który możesz wstawić w scenę. Wokół tego Ła-5F umieściłem dwie kamery. Zazwyczaj są daleko od modelu, więc możesz je zobaczyć w oknie 3D tylko w dużym zmniejszeniu. Oczywiście, są także dostępne w oknie **Outliner** (Rysunek 3.4.2):



Rysunek 3.4.2 Dwie kamery w scenie z Ła-5

Początkowo **Camera.Tracked** jest aktywną kamerą dla tej sceny. Jeżeli chcesz się przełączyć na alternatywną projekcję z **Camera.Static**, zaznacz ją i wywołaj polecenie **View→Cameras→Set Active Object As Camera**. Możesz także przesuwać kamery – tak jak w prawdziwym studio. Nim jednak tym się zajmiemy (na str. 62), powiem nieco więcej o zaznaczaniu obiektów. To jest zawsze pierwszy krok każdej operacji w Blenderze.

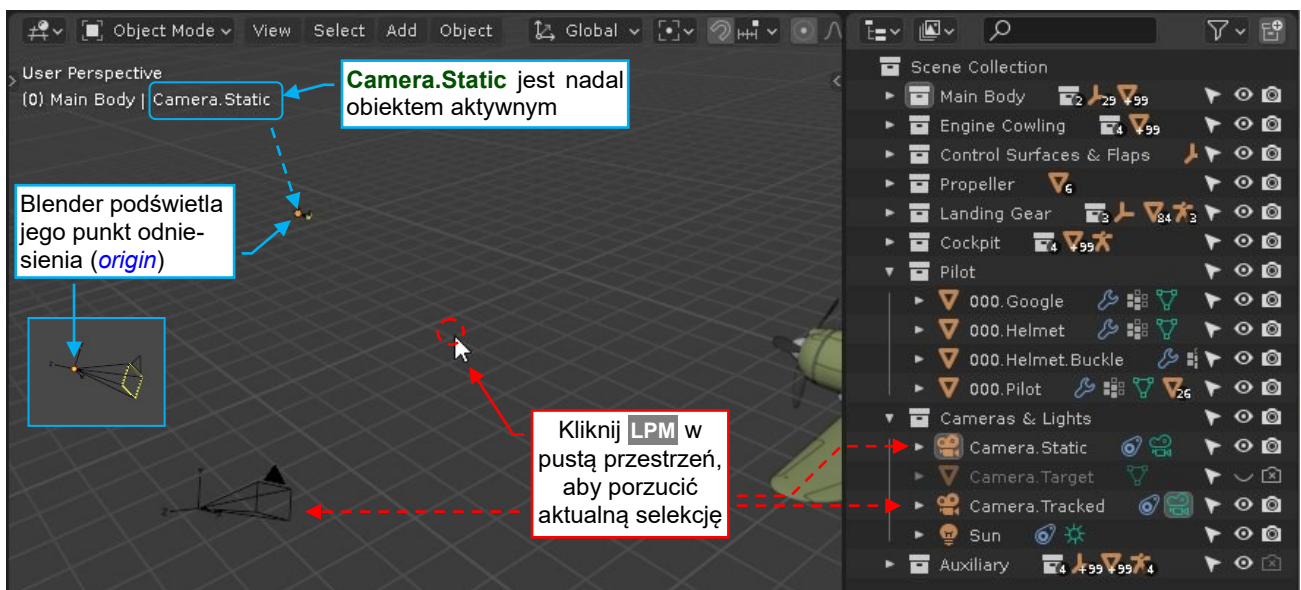
Aby dodać do zaznaczenia kolejny obiekt, kliknij go (**LPM**) w oknie 3D z wciśniętym **Shift** (Rysunek 3.4.3):



Rysunek 3.4.3 Zaznaczanie wielu obiektów

Zaznaczony obiekt zmienił kolor na jasnopomarańczowy. Tak właśnie zaznacza się ostatni wybrany element. Jednocześnie w lewym dolnym narożniku okna została wyświetlona jego nazwa. To aktualny **obiekt aktywny**. Pozostałe zaznaczone elementy mają ciemniejsze obwódki.

Aby usunąć wszystkie zaznaczenia, kliknij **LPM** w pustą przestrzeń sceny albo użyj polecenia z menu: **Select→None**. Zwróć uwagę, że nazwa obiektu aktywnego pozostanie na ekranie (Rysunek 3.4.4):



Rysunek 3.4.4 Obiekt aktywny

Obiekt aktywny odgrywa ważną rolę w wielu operacjach Blendera – na przykład w poleceniu **Parent**, które buduje hierarchię modelu (por. str. 479).

Aby lepiej „wyczuć”, jak to działa, proponuję, abyś wykonał kilka szybkich doświadczeń. Zaczynij od sytuacji, gdy nic nie jest zaznaczone. Trzymaj wciśnięty klawisz **Shift** i wykonuj po kolei operacje, które wylicza Tabela 3.4.1:

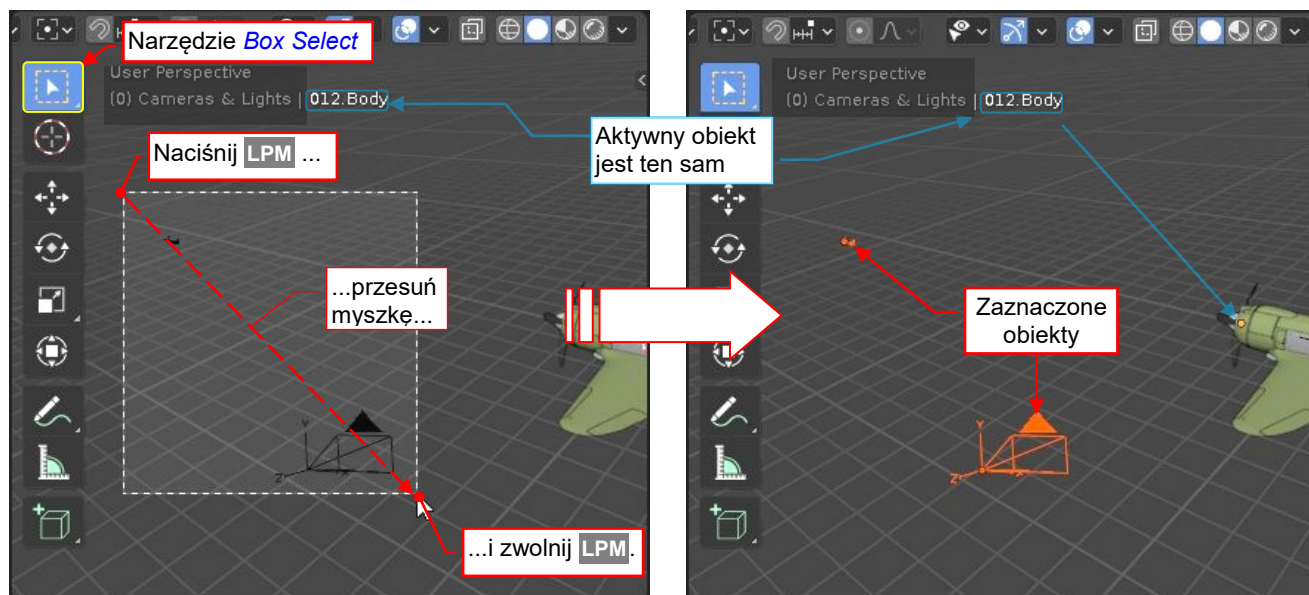
Trzymając wciśnięty Shift :	Rezultat	
	Obiekty wybrane i ich kolory	Obiekt aktywny
Kliknij LPM w obiekt Camera.Static	Camera.Static (jasny pomarańczowy)	Camera.Static
Kliknij LPM w obiekt Camera.Tracked	Camera.Static (ciemny pomarańczowy) Camera.Tracked (jasny pomarańcz.)	Camera.Tracked
Kliknij LPM w obiekt Camera.Static	Camera.Static (jasny pomarańcz.) Camera.Tracked (ciemny pomarańcz.)	Camera.Static
Kliknij LPM w obiekt Camera.Static	Camera.Tracked (ciemny pomarańcz.)	Camera.Static

Tabela 3.4.1 Obiekty wybrane a obiekt aktywny – kilka doświadczeń z operacjami grupowymi

Aby skojarzyć, gdzie jest **Camera.Static** a gdzie **Camera.Tracked** – patrz na Rysunek 3.4.2. Nie pokazuję rezultatów operacji z powyższej tabeli na ilustracjach, bo zajęłoby to kilka dodatkowych stron. Wnioski z wykonanego doświadczenia:

- Modyfikator w postaci klawisza **Shift** służy nie tylko do włączania, ale i wyłączania obiektu spośród wyboru. (Gdy klikniesz w obiekt powtórnie, stanie się obiektem aktywnym, a gdy klikniesz jeszcze raz – przestanie być wybranym);
- Obiekt aktywny nie musi być w ogóle obiektem wybranym (patrz Tabela 3.4.1, ostatni wiersz);

Możliwe jest także zaznaczanie grupy obiektów obszarem prostokątnym. To polecenie **Box Select**, ustawione jako domyślne w pasku narzędzi. Naciśnij **LPM** i przesuń myszkę z tym wciśniętym klawiszem. Na ekranie pojawi się prostokątny obszar (por. Rysunek 3.4.5). Rozciągnij ten prostokąt i zwolnij **LPM**. Zaznaczeniu ulegają wszystkie obiekty, które znalazły się wewnątrz obszaru, lub przecięły jego krawędź:



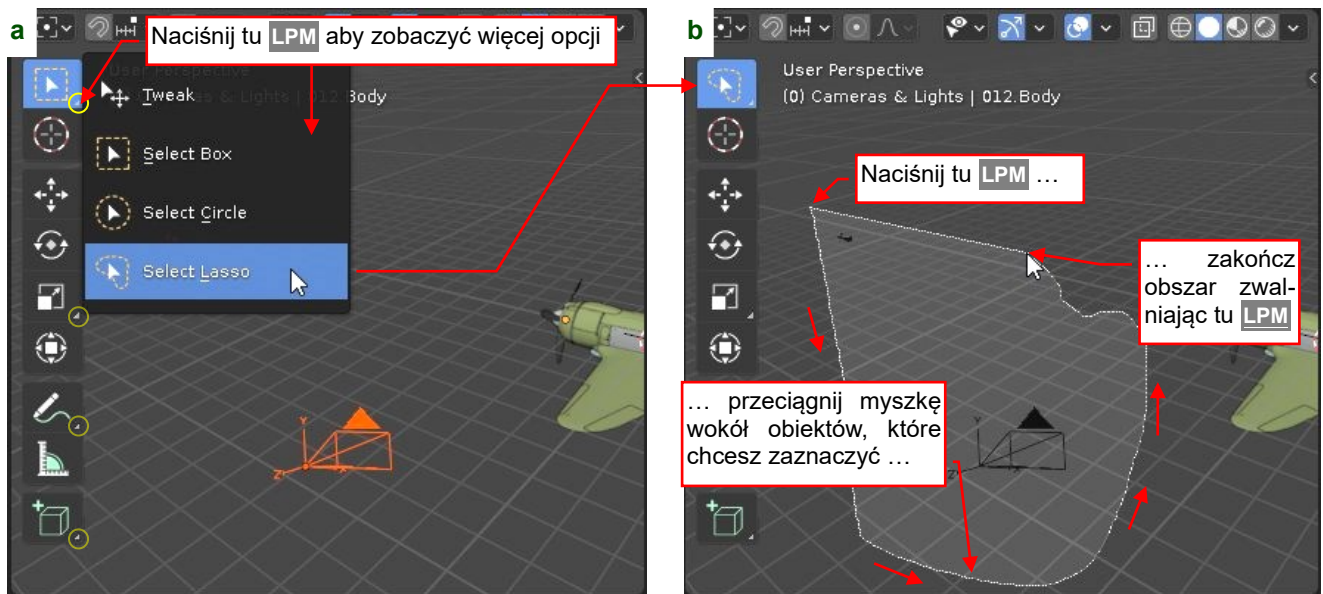
Rysunek 3.4.5 Zaznaczenie obszarem prostokątnym (**Box Select**)

Zwróć uwagę, że zaznaczanie metodą **Box Select** nie zmienia aktualnego obiektu aktywnego.



Można tej metody używać także do wykluczania z zaznaczenia obiektów objętych prostokątnym obszarem. W tym celu musisz użyć polecenia: **Select→Box Select** (skrót: **B**). W tym trybie na kursorze myszki przecinają się dwie kreskowane linie. Przesuń kursor w miejsce, gdzie ma być pierwszy narożnik obszaru. Potem zaznacz go jak to pokazuje Rysunek 3.4.5, ale używając **SPM** zamiast **LPM**.

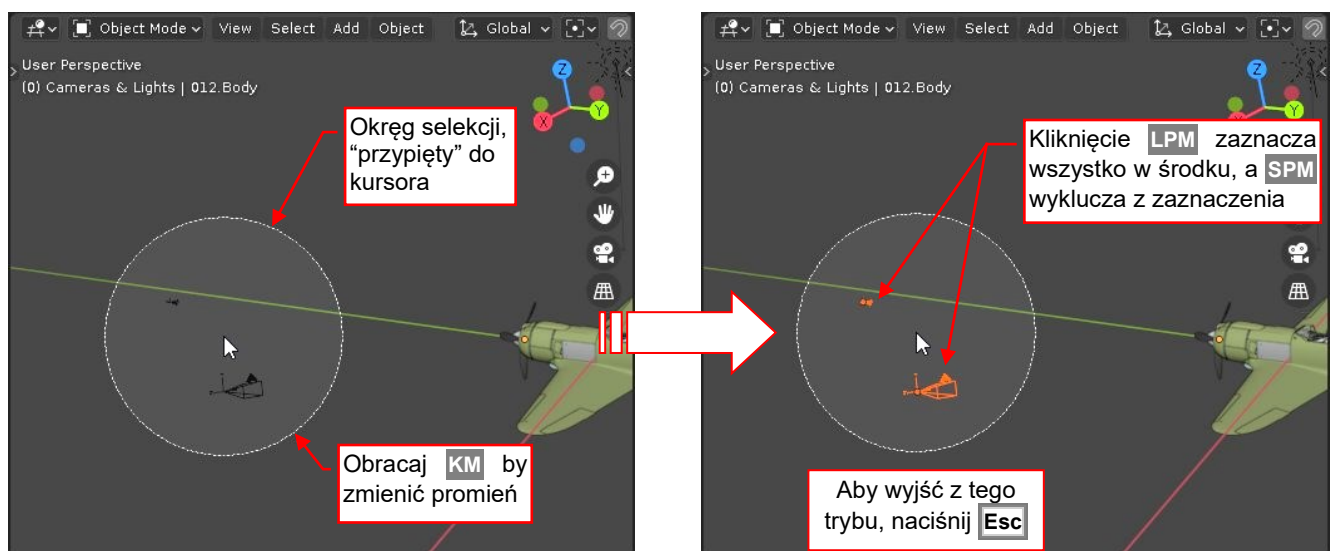
W dolnych prawych narożnikach narzędzi w pasku można dostrzec małe trójkąty. Jeden z nich widać w kwadracie narzędzia wyboru. Gdy naciśniesz LPM na tym trójkącie, Blender wyświetla listę alternatywnych narzędzi tej samej klasy. Znajdziesz w niej cztery tryby wyboru (Rysunek 3.4.6a):



Rysunek 3.4.6 Inne tryby wyboru

Trzymając wciśnięty LPM przesunij kursor ponad jednym z tych narzędzi, a następnie zwolnij przycisk. W przykładzie powyżej wybrałem w ten sposób tryb **Lasso Select**. Rysunek 3.4.6b) pokazuje, jak ten tryb działa.

Ja jednak wolę inne polecenie: **Select → Circle Select**. Wywołuję je zawsze korzystając ze skrótu klawiaturowego (C), gdyż jego wariant z paska narzędzi działa inaczej (jest mniej użyteczny). Gdy naciśnę C, Blender rysuje okrąg wokół kursora myszki (Rysunek 3.4.7):



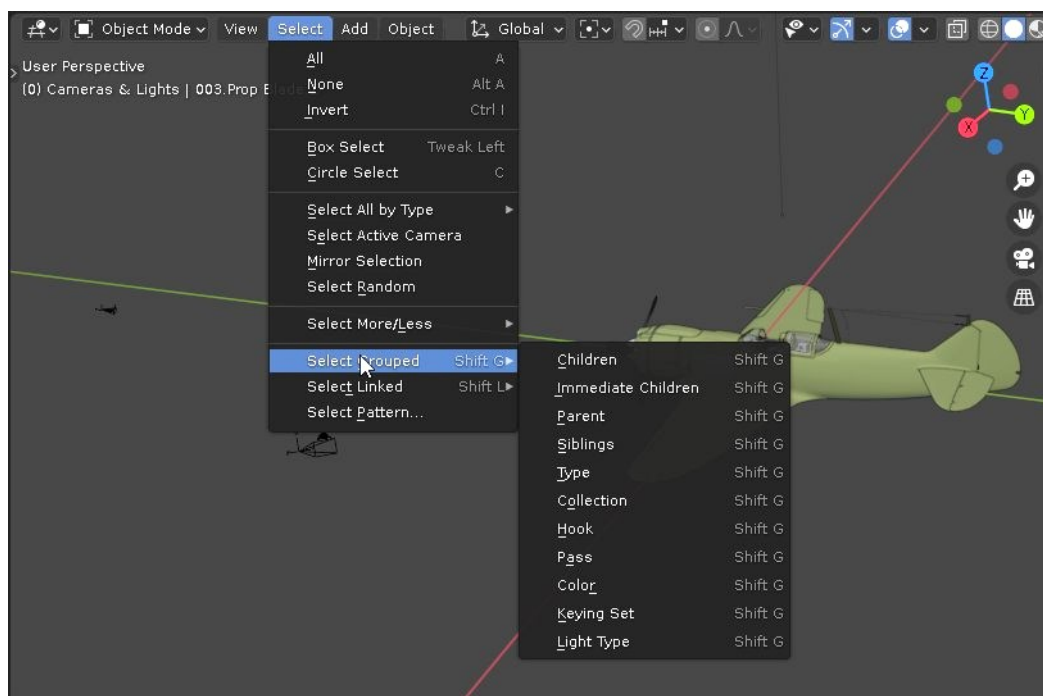
Rysunek 3.4.7 Zaznaczanie okręgiem (**Circle Select**)

Ten okrąg jest „przyczepiony” do kursora. Można zmienić jego promień obracając KM. Gdy klikniesz LPM, wszystkie obiekty w kole stają się zaznaczone. Gdy klikniesz SPM, wszystkie obiekty w tym obszarze przestają być zaznaczone. Aby wyjść z tego trybu naciśnij Esc.



Zawsze zaznaczam/wykluczam obiekty klikając Shift-LPM, lub używając trybu **Circle Select** w wariantcie pokazanym powyżej (wywoływanym klawiszem C). Ale to tylko moje osobiste preferencje.

Menu **Select** okna 3D zawiera jeszcze wiele innych możliwości wyboru. Czasami wykorzystuję te z submenu **Select Grouped** (Rysunek 3.4.8):



Rysunek 3.4.8 Przykład innych możliwości wyboru, dostępnych z menu **Select**.



W dalszych rozdziałach użyję kilku metod z menu **Select Grouped** (por. str. 228). Kompletny opis wszystkich poleceń z menu **Select** znajdziesz w dokumentacji online Blendera: [User Interface:Selecting](#) oraz w [Scenes & Objects:Objects:Selecting](#).

Podsumowanie

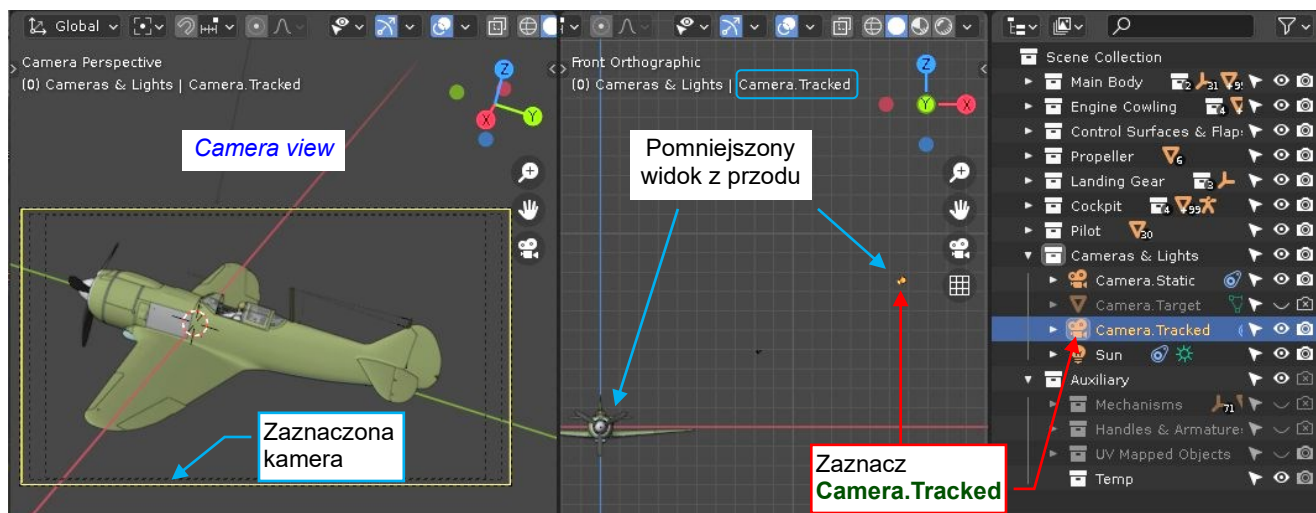
- **Kamery** są specjalnymi obiektami Blendera które przechowują ustawione projekcje dla późniejszego renderowania sceny (str. 56).
- Aby zaznaczyć obiekt, kliknij go **LPM** (str. 56). Możesz to zrobić z dodatkowo wciśniętym **Shift**, jeżeli chcesz dołączyć kliknięty element do wcześniej zaznaczonych obiektów (str. 57);
- Obiekty możesz zaznaczać w oknach: 3D i **Outliner** (str. 57).
- W oknie **Outliner** użyj modyfikatora **Ctrl** aby dołączyć kolejny obiekt do wcześniej zaznaczonych (str. 57). W tym oknie obowiązują te same klawisze modyfikatorów co w Windows Explorer: **Shift** zaznacza cały zakres elementów z bieżącej listy, podczas gdy **Ctrl** pozwala je „dobierać” jeden po drugim.
- Aby zrezygnować z dokonanej selekcji, kliknij **LPM** gdzieś w pustej przestrzeni lub wywołaj polecenie **Select → None** (str. 57). Istnieje także polecenie **Select → All** (skrót: **A**), które czasami się przydaje.
- **Obiekt aktywny** sceny jest ostatnim obiektem, który kliknąłeś **LPM**. W pewnych sytuacjach może nie być zaznaczony. Nazwa tego obiektu jest wyświetlana w lewym górnym narożniku okna 3D (str. 57).
- Aby zaznaczać za pomocą prostokątnego obszaru, użyj polecenia **Box Select** z paska narzędzi. Następnie naciśnij **LPM** i przeciągnij myszkę (str. 58). Możesz także uruchomić ten tryb skrótem **B** (lub wywołując polecenie z menu: **Select → Box Select**). W wariantie wywołanym z menu lub klawiszem skrótu, możesz także wykluczać z selekcji. W tym celu użyj **SPM** zamiast **LPM**.
- Aby zaznaczać obiekty okręgiem, użyj skrótu **C** (lub wywołaj polecenie **Select → Circle Select**). W tym trybie użyj **LPM** do zaznaczania i **SPM** do „odznaczenia” obiektów (str.59).

3.5 Podstawowe transformacje

W tej sekcji pokażę, jak zmienić położenie, orientację i rozmiar aktywnej kamery (to też obiekt). Wcześniej jednak:

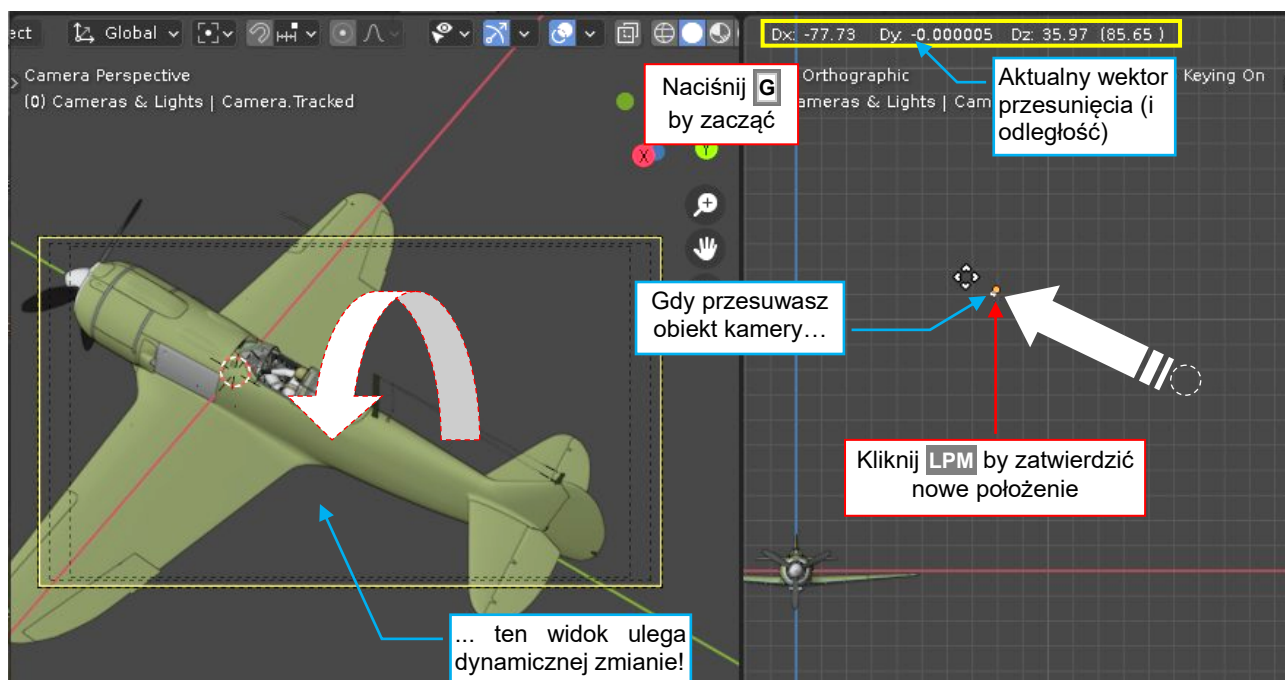
1. Ustaw obok siebie dwa okna 3D jak pokazuje to Rysunek 3.5.1. W lewym ustaw widok z kamery (0), w prawym – widok z przodu (1). Pomniejsz widok z przodu aby widzieć i model, i kamery.
2. Zaznacz obiekt **Camera.Tracked**. To aktywna kamera tej sceny z Ła-5. Upewnij się, że widzisz tę nazwę w lewym górnym narożniku okna 3D.

Będziemy pracować w prawym oknie, jednocześnie obserwując zmiany w lewym:



Rysunek 3.5.1 Proponowany układ ekranu

Naciśnij klawisz **G** (*Object* → *Transform* → *Grab/Move*). Od tej chwili każdy ruch myszką powoduje przemieszczenie kamery. Zwróć uwagę, że zmienia się także projekcja w oknie kamery (Rysunek 3.5.2):

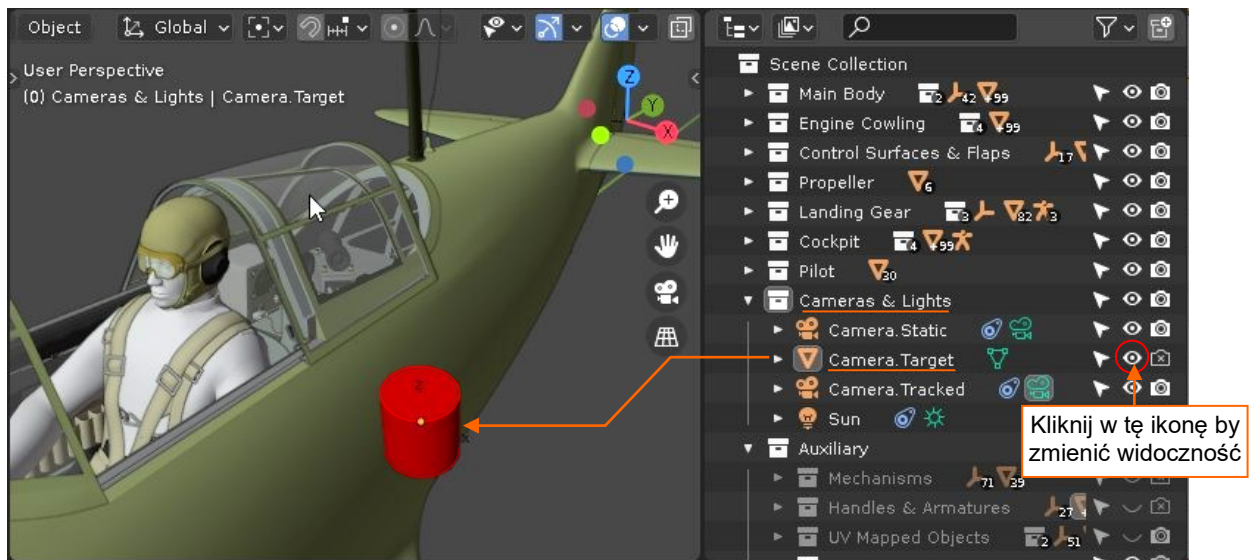


Rysunek 3.5.2 Przeszczanie obiektu

Podczas przesuwania Blender pokazuje w nagłówku aktywnego okna zmianę współrzędnych **X,Y,Z**, oraz zmianę odległości (w nawiasie) od oryginalnego położenia obiektu. Kliknięciem **LPM** kończysz tę operację, zatwierdzając nowe położenie. (W razie czego: naciśnięcie **Esc** także ją kończy, anulując przesunięcie).

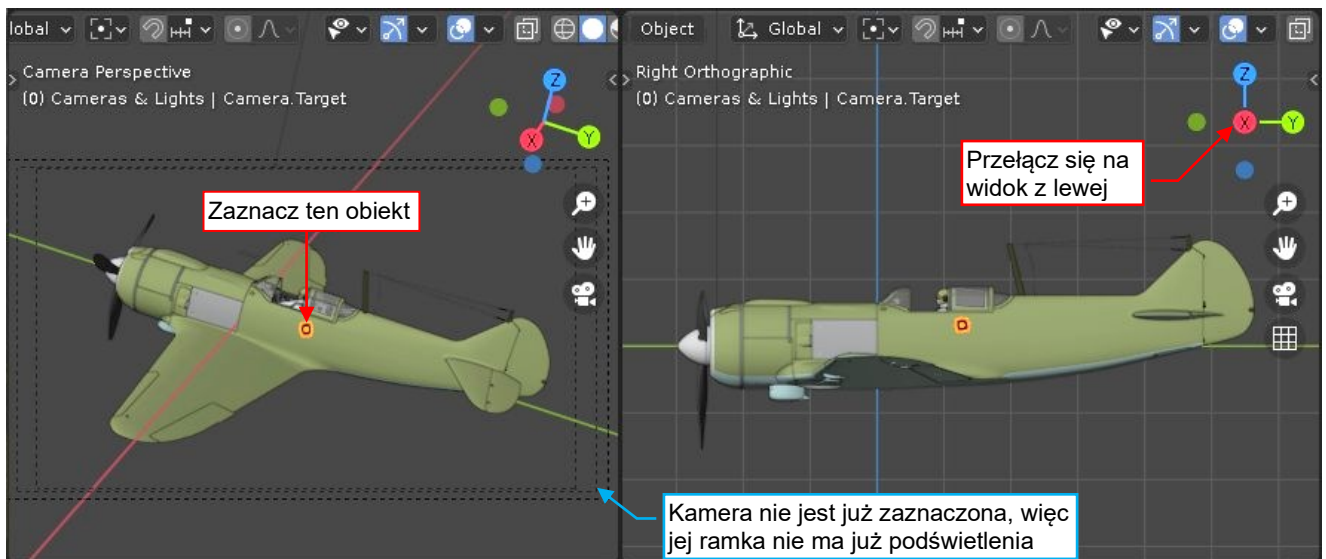
Jak to się stało, że podczas przesuwania kamera nie straciła samolotu z centrum widzenia? Otóż ten obiekt ma włączony tryb „śledzenia” (ang. *track*). W dalszej części tej książki opiszę, jak tworzyć takie powiązanie. Teraz chciałbym zademonstrować, co właściwie śledzi kamera.

Jet to pomocniczy obiekt o nazwie **Camera.Target**. Znajdziesz go w oknie **Outliner**, w kolekcji **Cameras & Lights**. Obiekt został ukryty zapisaniem tego pliku *la5.blend*, więc musisz teraz go odsłonić poprzez kliknięcie w małą ikonkę „oka” po prawej stronie (Rysunek 3.5.3):



Rysunek 3.5.3 Odsłonięcie pomocniczego obiektu **Camera.Target**

W okolicy kabiny pilota pojawi wówczas się stosunkowo duży, czerwony walec¹. Teraz zaznacz ten obiekt (Rysunek 3.5.4):



Rysunek 3.5.4 Obiekt **Camera.Target** – „fokas” naszej kamery

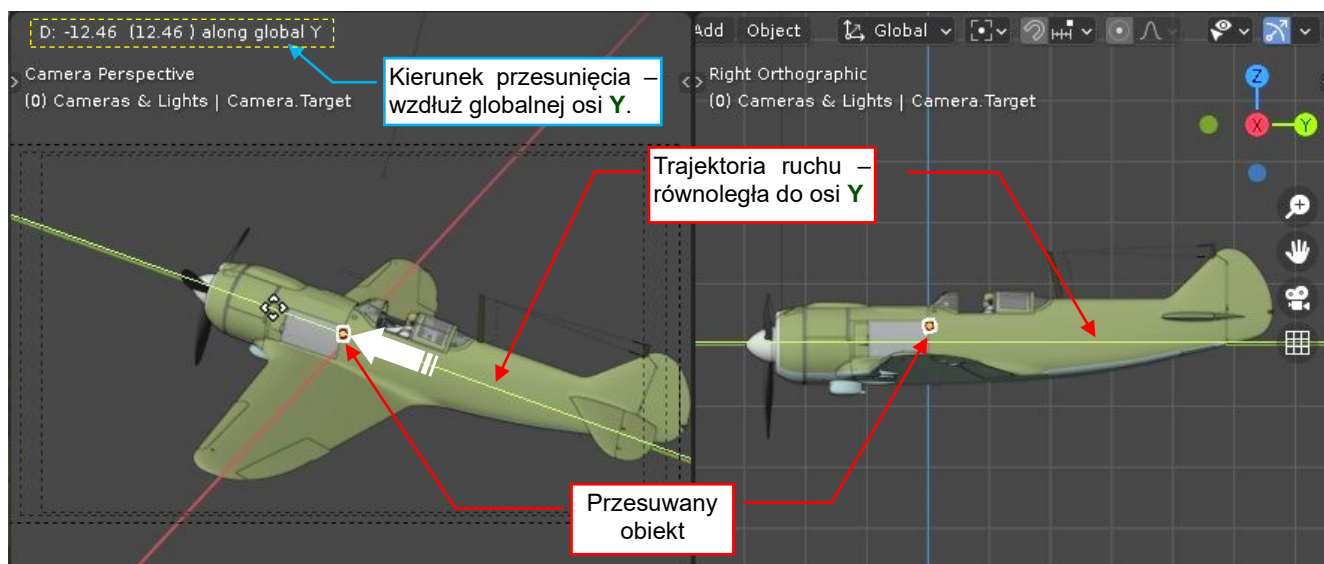
Gdy kliknąłeś obiekt **Camera.Target**, zniknęła pomarańczowa ramka wokół widoku z kamery. To dlatego, że ta kamera przestała być zaznaczona. Zwróć także uwagę, że zaznaczony obecnie „cel” kamery leży w środku jej ramki. W istocie, ten pomocniczy cylinder pełni rolę „fokusa” kamery.

Przełącz także na swoim ekranie prawe okno na widok z lewej (3), jak to pokazuje Rysunek 3.5.4.

¹ Mógłby to być jakikolwiek obiekt, o dowolnym kształcie. Ten cylinder to mój arbitralny wybór. Jest dostatecznie duży, aby można go było łatwo zaznaczyć nawet z większej odległości. Kolor czerwony wyróżnia go spośród innych obiektów sceny.

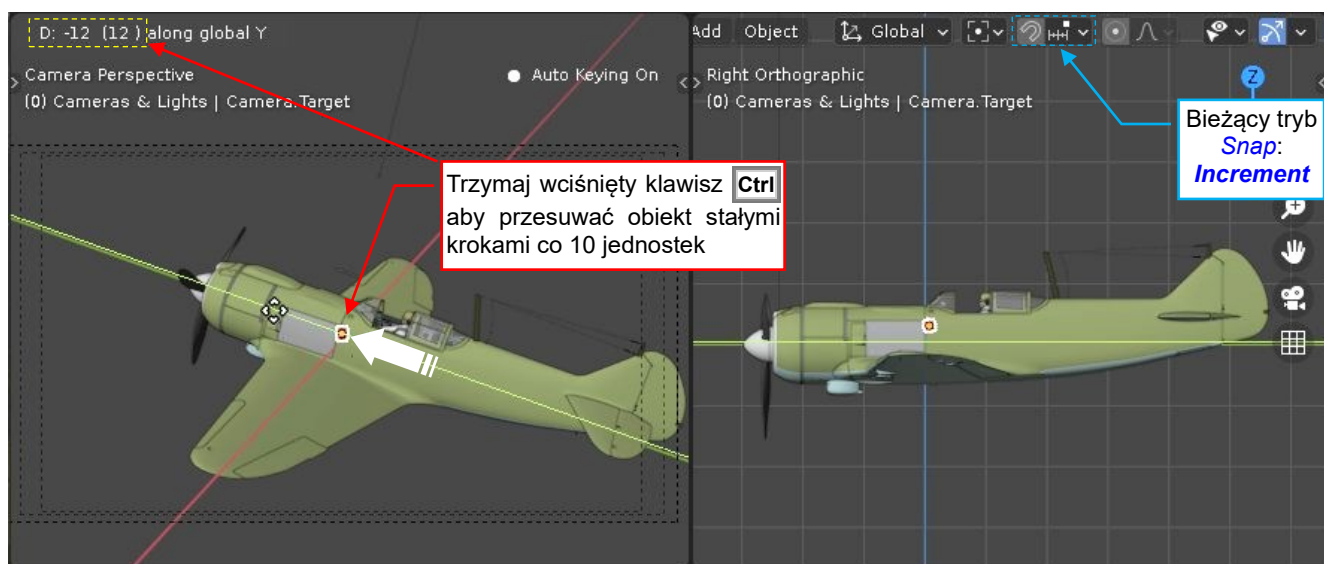
Powiedzmy, że chcielibyśmy, aby punkt, na który „patrzy” kamera znajdował się w okolicy silnika, a nie kabiny pilota. W tym celu należy przesunąć obiekt **Camera.Target** wzdłuż osi **Y**. Jest to możliwe w każdym widoku, nawet perspektywowym (jak widok z kamery).

Naciśnij znów klawisz **G**, aby rozpocząć przesuwanie. Zaraz potem naciśnij **Y** – oznacza to, że ograniczamy przesunięcie tylko do tej osi. Oś **Y** stała się białą, i zmienił się tekst u dołu okna – pokazuje wyłącznie zmianę odległości wzdłuż tej osi. Teraz, wraz z każdym przesunięciem myszki, obiekt „jeździ” po osi **Y** jak po drucie (Rysunek 3.5.5).



Rysunek 3.5.5 Przesuwanie obiektu wzdłuż osi **Y**

Jak widać, kamera przez cały czas „trzyma” **Camera.Target** w centrum obrazu. Nie kończ jeszcze przesunięcia. Pokażę teraz inny efekt: w czasie ruchu myszki naciśnij i trzymaj wciśnięty, klawisz **Ctrl**. Wykonaj stosunkowo daleki ruch. Zobaczysz, że przesunięcie następuje teraz skokowo, co 1 jednostkę (Rysunek 3.5.6):



Rysunek 3.5.6 Przesunięcie skokowe (wciśnięty klawisz **Ctrl**)



Klawisz **Ctrl** podczas każdej transformacji (przesunięcia, obrotu, zmiany skali) wymusza skokowe zmiany, o jakieś „zaokrąglone” wartości. (Klawisz **Ctrl** włącza „skok” (*Snap*), a domyślnym trybem skoku w Blenderze jest *Increment* – por. Rysunek 3.5.6.)

A teraz inny efekt: podczas przesuwania obiektu trzymaj wciśnięty klawisz **Shift**. Co się dzieje? Ten sam ruch myszki wywołuje mniejsze przesunięcia!



Warto zapamiętać: klawisz **Shift** podczas każdej transformacji (przesunięcia, obrotu, zmiany skali) zwiększa „przełożenie” ruchu myszki. (Większe ruchy myszką odpowiadają mniejszym przesunięciom na ekranie). Ułatwia to dokładniejsze ustalanie końcowej pozycji.

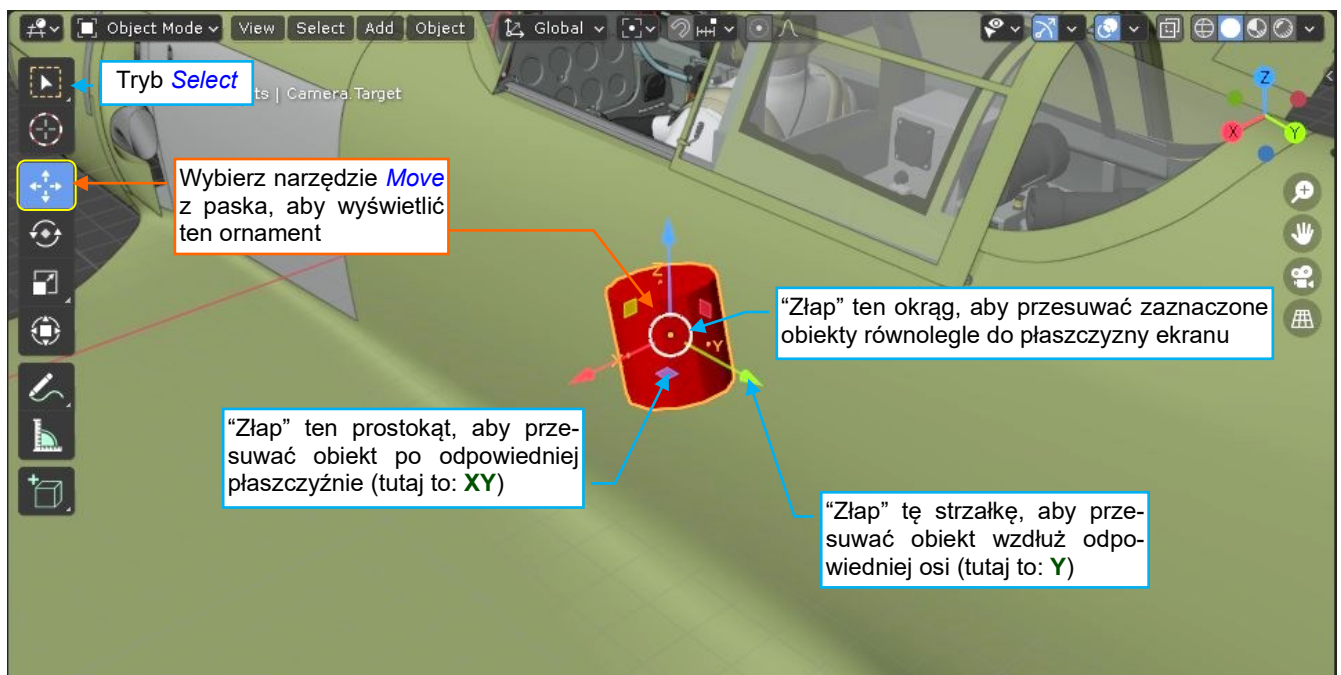
A gdy wciśniesz jednocześnie **Ctrl** i **Shift**? Uzyskujemy nadal skokowe przesunięcia, ale mniejsze o rząd wielkości. W widoku perspektywnym kamery przesunięcie z samym **Ctrl** zmieniało położenie obiektu co 1 jednostkę, a z wciśniętym **Shift-Ctrl** – co 0.1 jednostki.

Istnieje więcej użytecznych skrótów: można ograniczyć transformację do pojedynczej płaszczyzny poprzez zablokowanie ruchu wzdłuż określonej osi. Na przykład skrót **Shift-X** blokuje oś **X**, ograniczając aktualną transformację do płaszczyzny **ZY**. Używając tych ograniczeń, możesz dokładnie ustawić obiekt w każdej projekcji (na przykład – w widoku perspektywnym, pod kątem, z górnej półsfery).



W pasku stanu, u dołu ekranu, Blender wyświetla wszystkie skróty dostępne dla aktualnej komendy.

Począwszy od Blendera 2.8 możesz także przesuwać obiekty poleceniem **Move** z paska narzędzi. W tym trybie Blender rysuje w środku aktualnej selekcji „ornament transformacji”: układ współrzędnych (Rysunek 3.5.7):



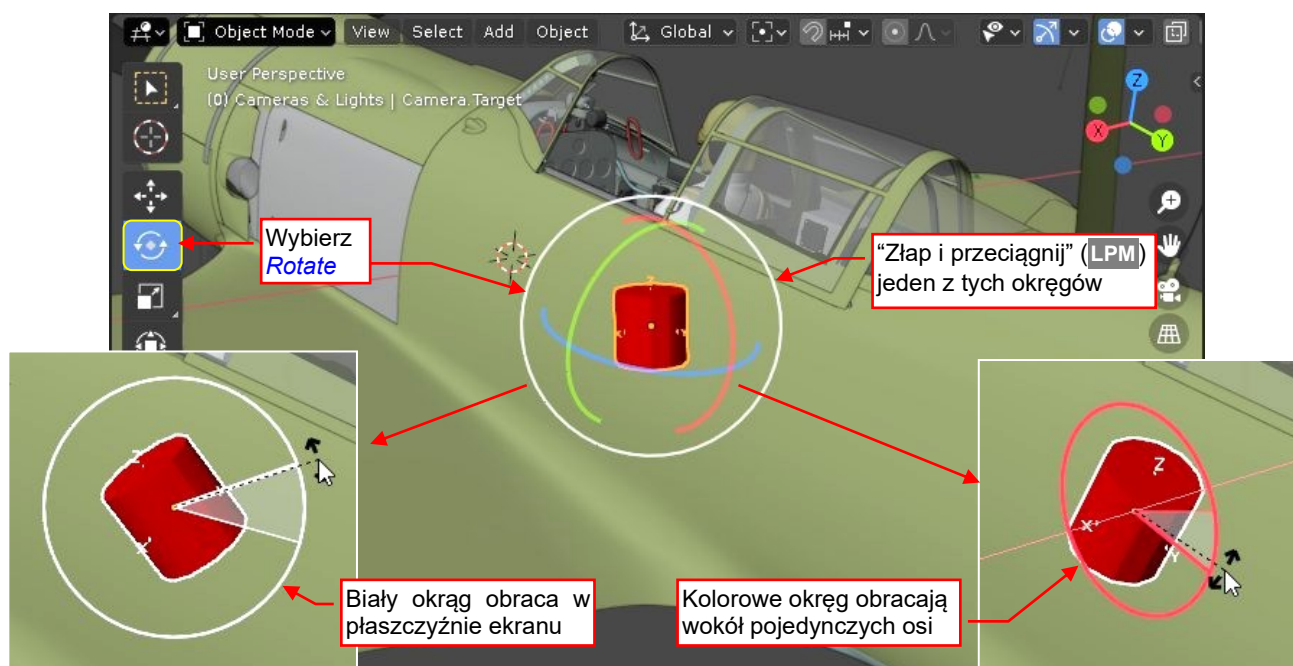
Rysunek 3.5.7 Alternatywne narzędzie do przesuwania obiektów

To jest trójwymiarowy odpowiednik „ramek z uchwytami”, występujących w programach rysunkowych 2D. Możesz „złapać” i „przeciągnąć” ten ornament (trzymając wciśnięty **LPM**) do nowego położenia obiektu. Gdy złapiesz biały okrąg w środku – będziesz przesuwał zaznaczone obiekty po płaszczyźnie ekranu. Uchwyty w kształcie strzałek pozwalają na przesunięcie wzdłuż pojedynczej osi. Kolorowe kwadraty pozwalają na przesuwanie po wybranej płaszczyźnie. Gdy skończyłeś operację, wybierz z paska narzędzi (tryb) **Select**.



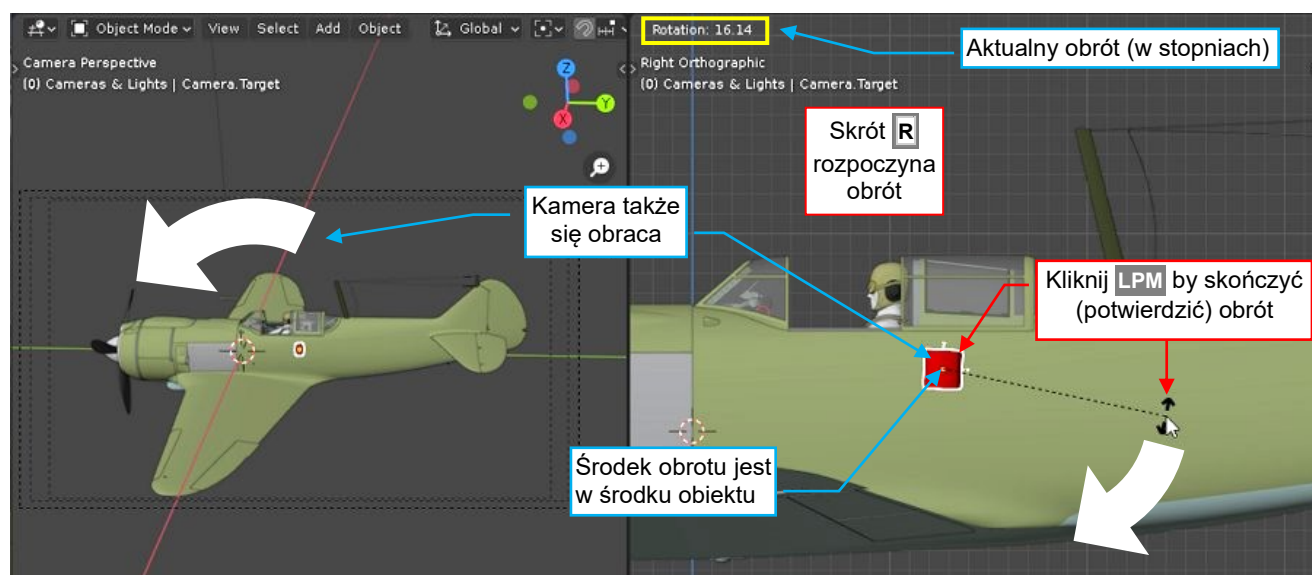
Myślę, że polecenia z paska narzędzi są dużą pomocą dla początkujących. Jednak, gdy używasz tego ornamentu, kliknięcie **LPM** nadal może zaznaczyć obiekt, więc celny wybór jego uchwytów wymaga precyzji i zajmuje więcej czasu. Dlatego, gdy tylko nabierzesz trochę doświadczenia, Sugeruję używać skrótu **G**, ewentualnie połączonego z dodatkowymi klawiszami modyfikującymi: **Shift**, **X**, **Y**, **Z**.

Jak się obraca obiekt? Najpierw pokażę to na przykładzie ornamentu **Rotate** z paska narzędzi, ponieważ dobrze obrazuje tę transformację (Rysunek 3.5.8):



Rysunek 3.5.8 Ornament do obrotu

Oczywiście, możesz wywołać polecenie obrotu za pomocą skrótu klawiaturowego **R** (**Object** → **Transform** → **Rotate**). Podobnie jak **G**, ten klawisz od razu rozpoczyna obrót (Rysunek 3.5.9):



Rysunek 3.5.9 Obrót obiektu za pomocą polecenia **Rotate** (**R**)

Domyślną płaszczyzną obrotu jest aktualna płaszczyzna ekranu. Podobnie jak w przypadku przesunięcia, na gółówce okna pokazuje aktualny kąt obrotu. Można ograniczyć obrót do pojedynczych wybranych osi: **X**, **Y**, **Z**, naciskając jedną z tych klawiszy na klawiaturze (**X**, **Y**, **Z**).

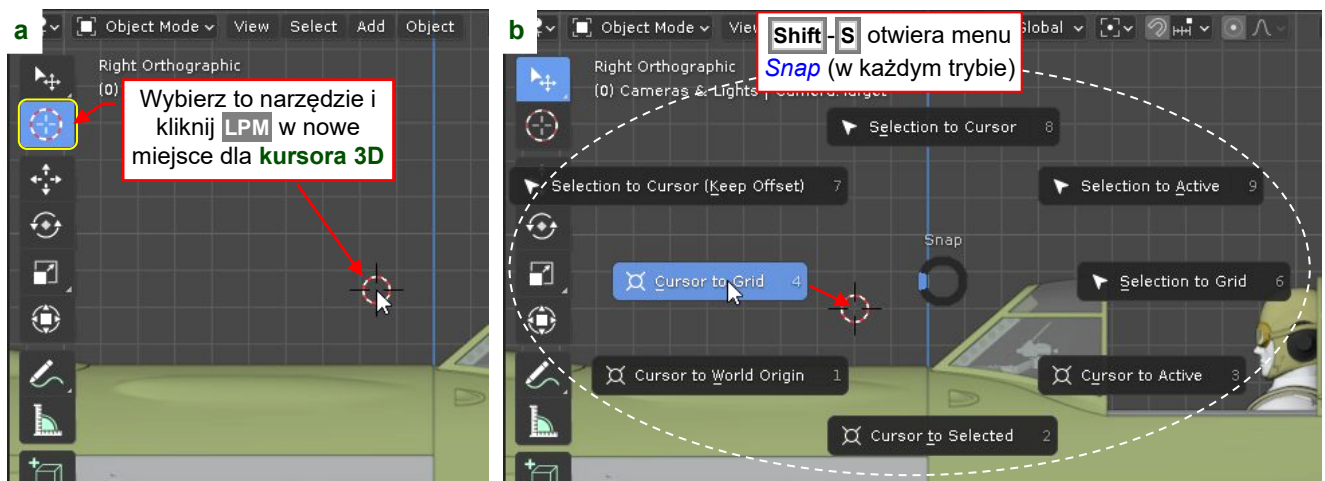
Wraz z obrotem **Camera.Target**, obraca się kamera (patrz okno po prawej). Wynika to z faktu, że kamera ma włączone "śledzenie" tego obiektu, więc orientacja osi **Z** kamery także podąża za orientacją **Camera.Target**.

Podczas obrotu można także stosować klawisze modyfikujące **Shift** (dokładny obrót, o ułamki stopnia), **Ctrl** (obróć co 5°), **Shift-Ctrl** (obróć co 1°).

Dotąd obracaliśmy zaznaczony obiekt wokół jego punktu odniesienia (ang. *origin*, będę go także czasami nazywał „środkiem”). Zazwyczaj znajduje się w geometrycznym środku obiektu, ale może się także znajdować gdzie indziej. Jeżeli chcesz użyć innego środka transformacji niż punkt odniesienia, musisz się posłużyć tzw. „kursorem 3D” (*3D cursor*).

Co to jest? Znasz zapewne rolę mrugającego znaku „karetki” (*caret*) w edytorze tekstu. Pokazuje, w którym miejscu będzie wstawiony tekst, gdy zaczniesz pisać. Tę koncepcję przeniesiono w trzy wymiary. W Blenderze istnieje taki specjalny punkt, który możesz umieścić w dowolnym miejscu w przestrzeni. Nazywa się także kursorem (ale, dla odróżnienia, „3D”). Pokazuje, gdzie zostanie umieszczony nowy obiekt, gdybyś go chciał w tym momencie stworzyć. Może także służyć jako punkt odniesienia w takich operacjach jak obrót czy skalowanie.

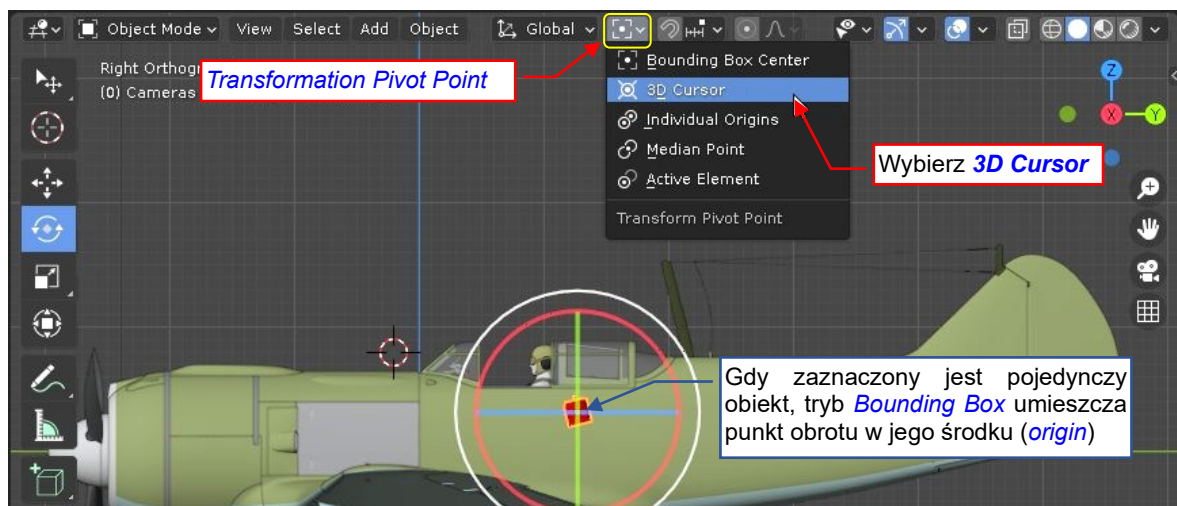
Kursor 3D jest rysowany jako niewielki krzyż, otoczony czerwono-białym okręgiem. Możesz go umieścić w dowolnym miejscu wybierając odpowiednie narzędzie z paska (Rysunek 3.5.10a) i klikając w tym punkcie **LPM**. Aby precyzyjnie ustawić go w przestrzeni będziesz często potrzebował dwóch okien 3D. Czasami możesz się wspomóc niektórymi z funkcji *Snap*, na przykład– aby przenieść kursor do najbliższego węzła siatki. W tym celu wybierz z menu myszki *Snap* (skrót **Shift-S**) opcję *Cursor to Grid* (Rysunek 3.5.10b):



Rysunek 3.5.10 *Kursor 3D* i menu kontekstowe *Snap*

Zauważyłem także, że często używam menu *Snap* do wywołania polecenia *Cursor to World Origin*. W innych przypadkach, przed rozpoczęciem obrotu ustawiam kursor 3D w środku innego obiektu (*Cursor to Selected*).

Aby wykonać obrót **Camera.Target** wokół kursora 3D, musisz zmienić bieżący tryb *Pivot Point*. Do tej pory był to *Bounding Box Center*, który umieszcza środek transformacji w środku zaznaczonych obiektów. Rozwiń z nagłówka okna 3D listę *Pivot* (Rysunek 3.5.11) i wybierz stamtąd opcję *3D Cursor*.

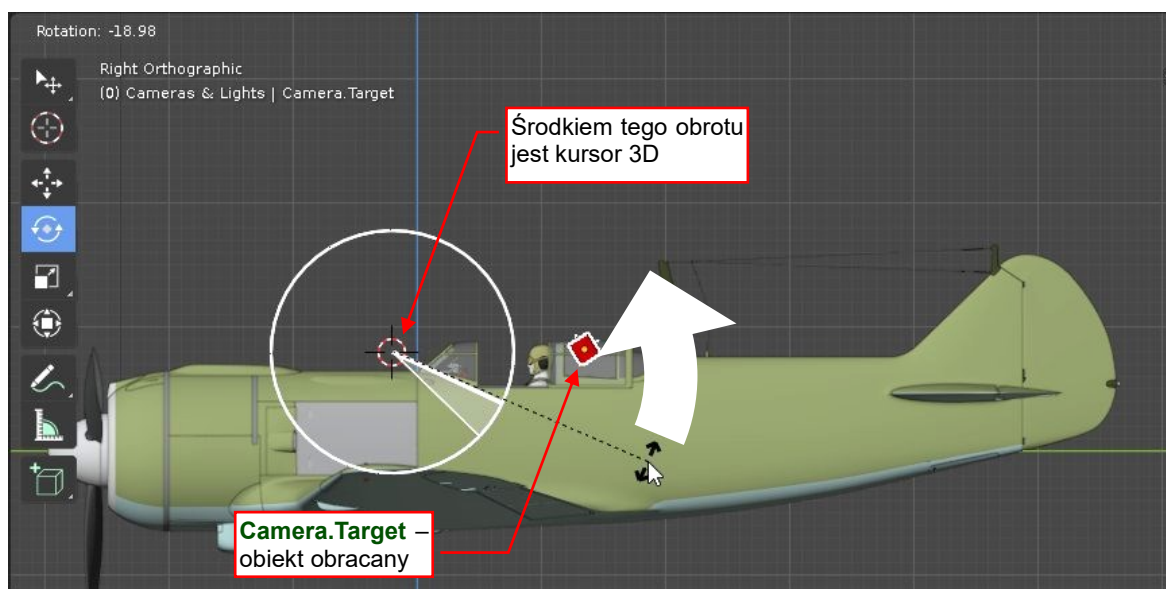


Rysunek 3.5.11 Zmiana *Transformation Pivot Point* na *3D Cursor*



Ustawienia okna 3D, omawiane do tej pory w tym rozdziale, dotyczyły pojedynczego okna. Tryb *Transformation Pivot Point* dotyczy całej sceny (wszystkich okien).

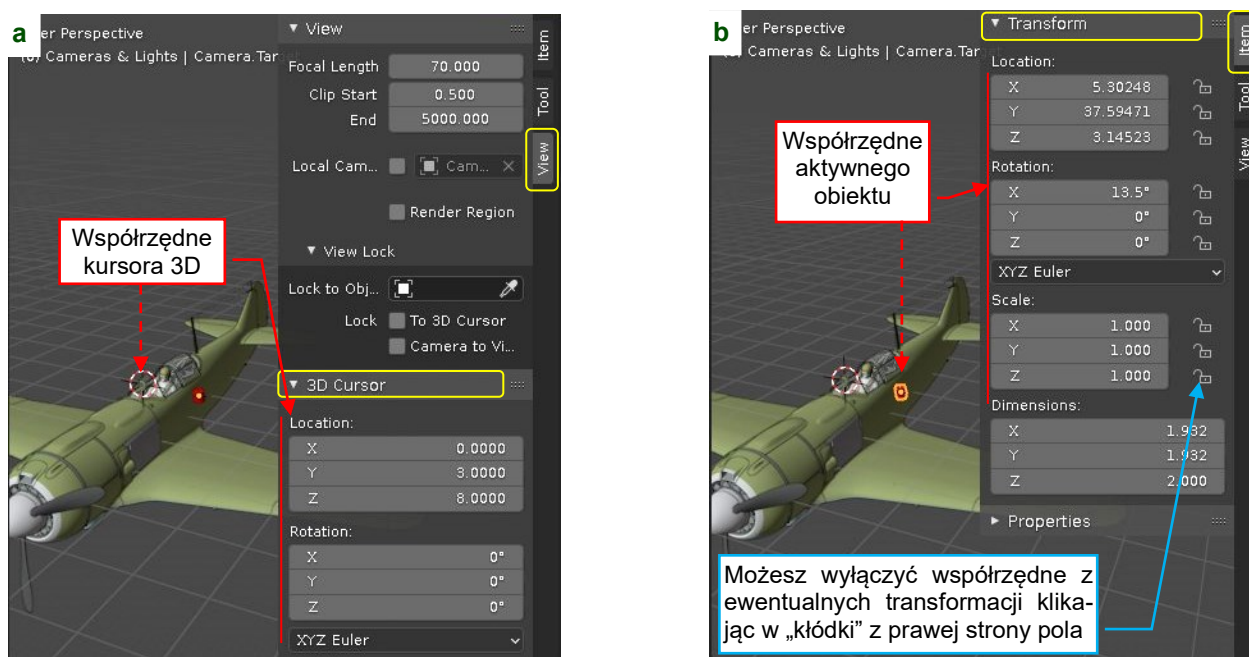
Zwróć uwagę, że gdy przełączysz *Pivot Point* na *3D Cursor*, Blender przesuną ornament polecenia *Rotate* na kursor 3D (Rysunek 3.5.12). Reszta przebiega tak samo, jak poprzednio – złap za kontrolki ornamentu lub naciśnij **R** i zacznij obracać obiekt:



Rysunek 3.5.12 Obrót obiektu dookoła kursora 3D

Po zakończeniu operacji przestaw menu *Pivot Point* z powrotem na opcję *Bounding Box Center* (aby podążać za dalszymi krokami tej sekcji). Alternatywnie możesz się przełączyć na tryb *Individual Centers*.

W zakładce *View* przybornika (**N**) możesz także znaleźć aktualne współrzędne kursora 3D (Rysunek 3.5.13a). Możesz także zmieniać wartości w tych polach (czasami to najszybsza metoda ustalenia nowego położenia):



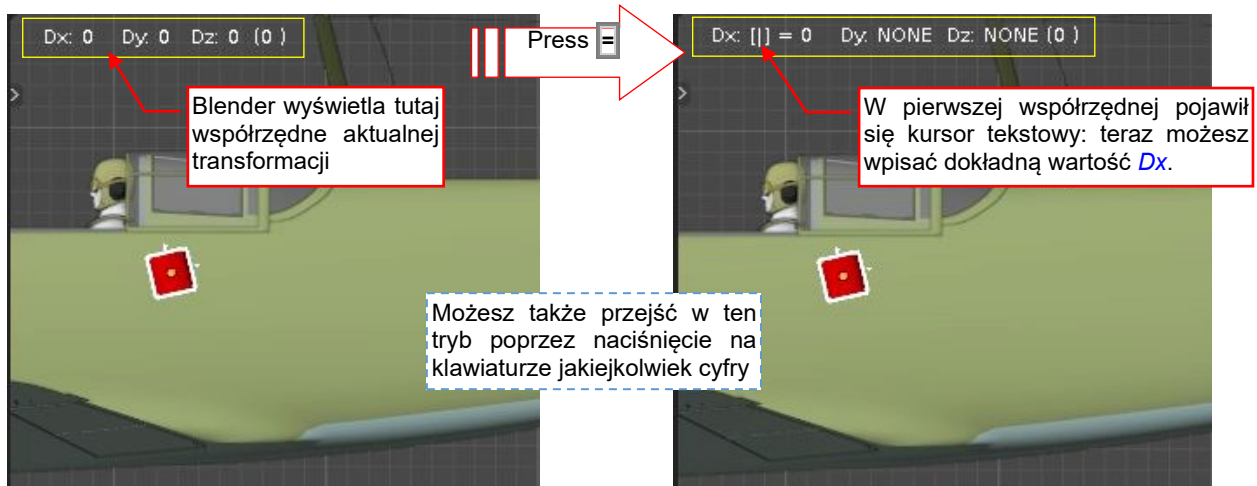
Rysunek 3.5.13 Przybornik: informacja o kursorze 3D i wybranych obiektach

W zakładce *Item* przybornika znajduje się panel *Transform* z położeniem, obrotem i skalami aktywnego obiektu (Rysunek 3.5.13b). W tych polach możesz zmieniać ich wartości, jeżeli chcesz je ustalić bardzo dokładnie.



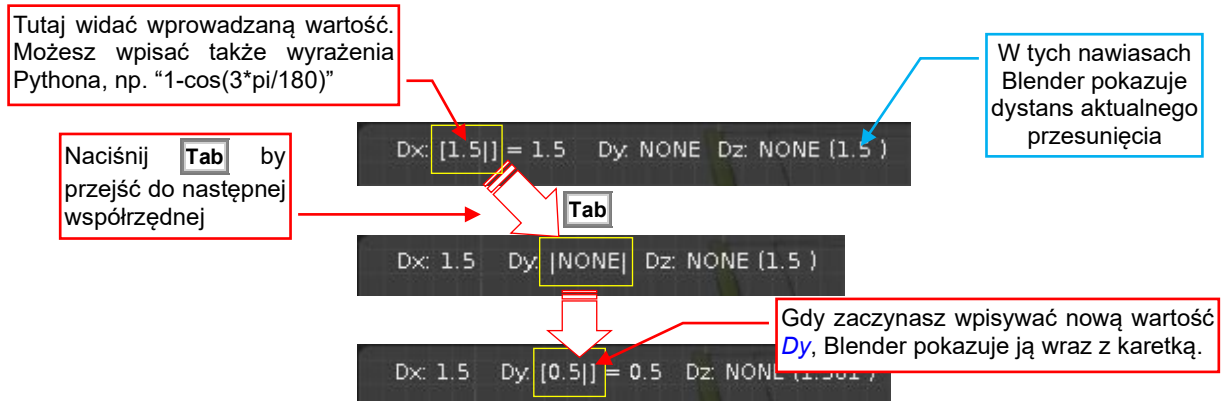
Jeżeli zaznaczyłeś wiele obiektów i wpisujesz nową współrzędną **X** w pole **Item:Location** przybornika (por. Rysunek 3.5.13b), przesunięciu ulegnie tylko aktywny obiekt.

W trakcie transformacji (obrotu, przesunięcia, zmiany skali...) można także wprowadzić dokładne wartości przesunięć za pomocą klawiatury. Wystarczy po wywołaniu transformacji nacisnąć klawisz **=** (Rysunek 3.5.14):



Rysunek 3.5.14 Przelączenie w tryb ręcznego wpisywania wartości transformacji

Przelącza to Blendera w tryb, w którym w miejscu pierwszej współrzędnej pojawia się linia karetki – i możesz wpisać nową wartość z klawiatury). Aby przejść do następnego pola, naciśnij **Tab** (Rysunek 3.5.15b):



Rysunek 3.5.15 Wpisywanie dokładnych wartości przesunięć

Aby zaakceptować wprowadzone zmiany naciśnij **Enter**, a aby z nich zrezygnować – **Esc**.

Teraz powiedzmy co zrobić, gdy się pomyliliśmy i chcemy wycofać dokonane zmiany. Jak większość edytorów, Blender umożliwia wielokrotne wycofanie (**Undo**) i powtórzenia (**Redo**) ostatnio wykonanych poleceń. Są to operacje na tyle ważne, że ich skróty od razu umieszczę w ramkach:



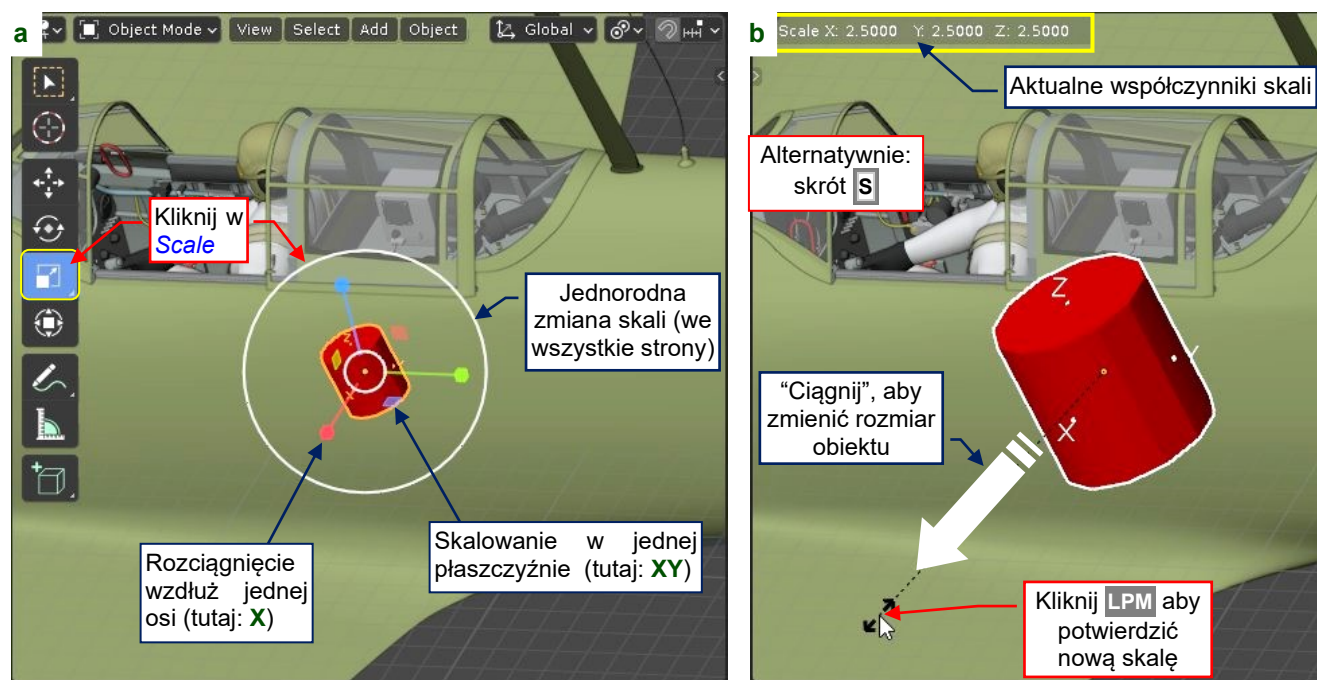
Undo – wycofanie ostatniego polecenia: naciśnij **Ctrl-Z** (albo wybierz z menu **Edit→Undo**).



Redo – odwrócenie ostatniego **Undo**: naciśnij **Ctrl-Shift-Z** (albo wybierz z menu **Edit→Redo**).

Menu **Edit** jest jednym z głównych menu rozwijalnych Blendera, umieszczonych w pasku u góry ekranu (**topbar**). Mam nadzieję, że szybko odnajdziesz tam te polecenia (człowiek zawsze szuka ich w stresie).

Na koniec krótko omówimy skalowanie (**Scale**). Podobnie jak w przypadku **Move**, możesz uruchomić ten tryb wybierając polecenie z paska narzędzi (Rysunek 3.5.16a) lub klawiszem **S** (Rysunek 3.5.16b):



Rysunek 3.5.16 Skalowanie: wywołane z paska narzędzi lub skrótem klawiatury

Kliknięte narzędzie z paska wyświetla ornament opisany przez Rysunek 3.5.16a). Gdy wywołasz to polecenie skrótem **S** (polecenie **Object→Transform→Scale**), każdy ruch myszki zmienia rozmiar zaznaczonych obiektów. Podobnie jak w poprzednich przypadkach, możesz tu używać klawiszy **Shift**, **X**, **Y**, **Z**, aby ograniczyć tę transformację do pojedynczej płaszczyzny lub osi. Wciśnięcie kombinacji **Ctrl-Shift** zaokrągla aktualny współczynnik skali do drugiego miejsca po przecinku.

Oczywiście, w menu **Object→Transform** możesz znaleźć więcej poleceń. Nie przejmuj się tym, że ich nazwy wyglądają nieznanie. Niektóre z nich są tak specyficzne (jak **To Sphere**), że nigdy nie użyłem ich w praktyce. Te, które są nam potrzebne, omówię powoli w dalszych rozdziałach tej książki.



W dalszym tekście będę sygnalizować ograniczenie obrotu do jednej osi pisząc np. „obróć teraz obiekt wokół globalnej osi **Z**”. Oznacza to tyle, że po wywołaniu obrotu (np. naciśnięciem **R**) masz jeszcze nacisnąć klawisz **Z**. W ten sposób wskazuję tylko kierunek osi obrotu. Środek tej transformacji może być w różnych miejscach (kursorze 3D, środku aktywnego obiektu, itp.) który będę wskazywać oddzielnie.



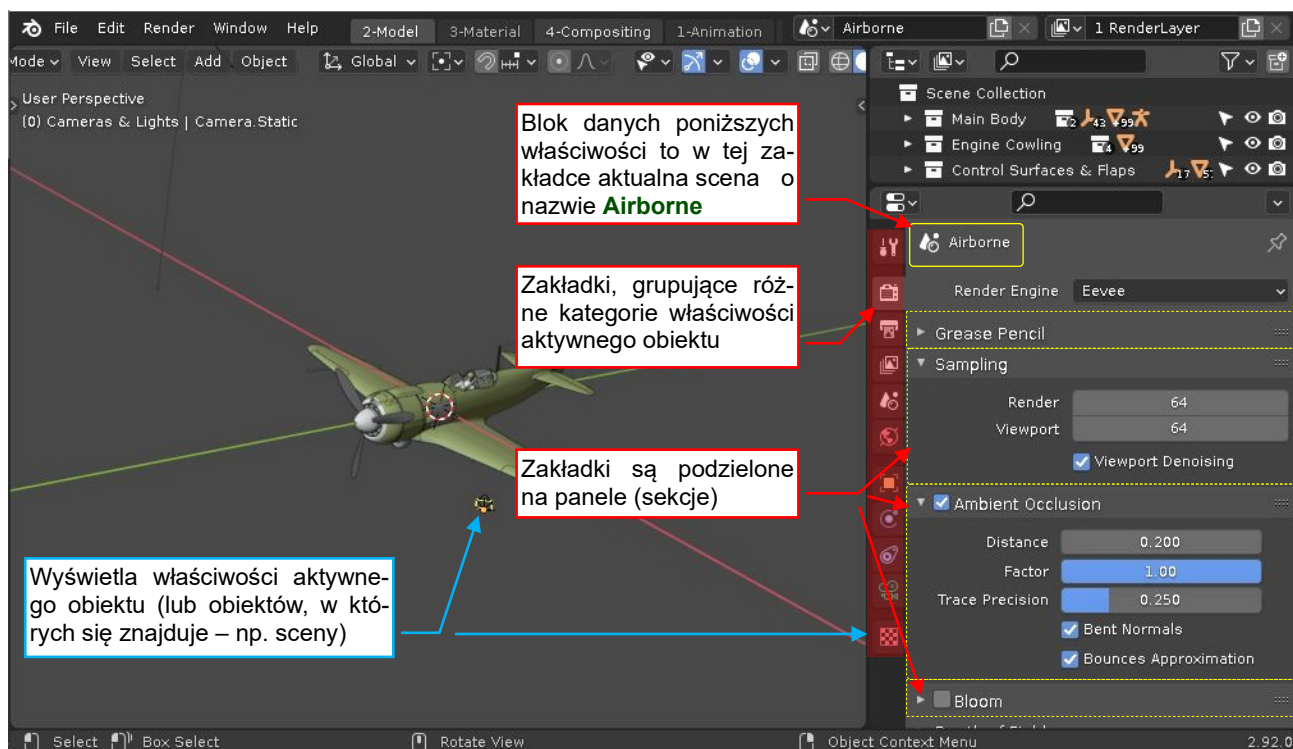
Kompletny opis wszystkich dostępnych transformacji znajdziesz w dokumentacji online Blendera: [Scenes & Objects:Objects:Editing:Transform](#). Inna jej sekcja krótko opisuje ornamenty wyświetlane przez pasek narzędzi: [Editors:3D Viewport:Display:Viewport Gizmos](#).

Podsumowanie

- Przesunięcie – klawisz skrótu **G** (jak ang. *grab* lub *Move* – str. 62).
- Obrót – klawisz skrótu **R** (*Rotate* – str. 66, 68).
- Skalowanie – klawisz skrótu **S** (*Scale* – str. 70).
- Klawisz **Ctrl** wciśnięty podczas transformacji zmienia współrzędne w sposób krokowy (str. 64).
- Klawisz **Shift** wciśnięty podczas transformacji zwiększa precyzję myszki (str. 65).
- Możesz ograniczyć transformację do pojedynczej osi za pomocą skrótów **X**, **Y**, lub **Z** (str. 64). To pozwala przesuwając, obracać i skalować nawet w widoku perspektywnym! Uwaga: gdy naciśniesz klawisz skrótu dwa razy, transformacja będzie ograniczona do tzw. lokalnej osi obiektu. (Gdy obiekt się obraca, jego układ lokalny obraca się wraz z nim). Naciśnięcie tego samego klawisza po raz trzeci przełącza Blender z powrotem do swobodnej transformacji w płaszczyźnie ekranu.
- Skróty **Shift** – **<oś>** wyłącza (blokuje) odpowiednią oś z transformacji: **Shift-X**, **Shift-Y**, **Shift-Z**.
- Możesz ustawić środek obrotu lub skalowania w tryb *3D Cursor* lub *Bounding Box Center* (str. 67). Możesz także zmieniać ten tryb w menu myszki, wywoływanym klawiszem **.**
- Aby zrezygnować z aktualnej operacji – naciśnij **Esc** (str. 62, 69).
- Aby cofnąć (*Undo*) ostatnią operację – **Ctrl-Z** (str. 69).
- Aby powtórzyć (*Redo*) operację wycofaną ostatnim *Undo* – **Shift-Ctrl-Z** (str. 69).

3.6 Okno właściwości (*Properties*)

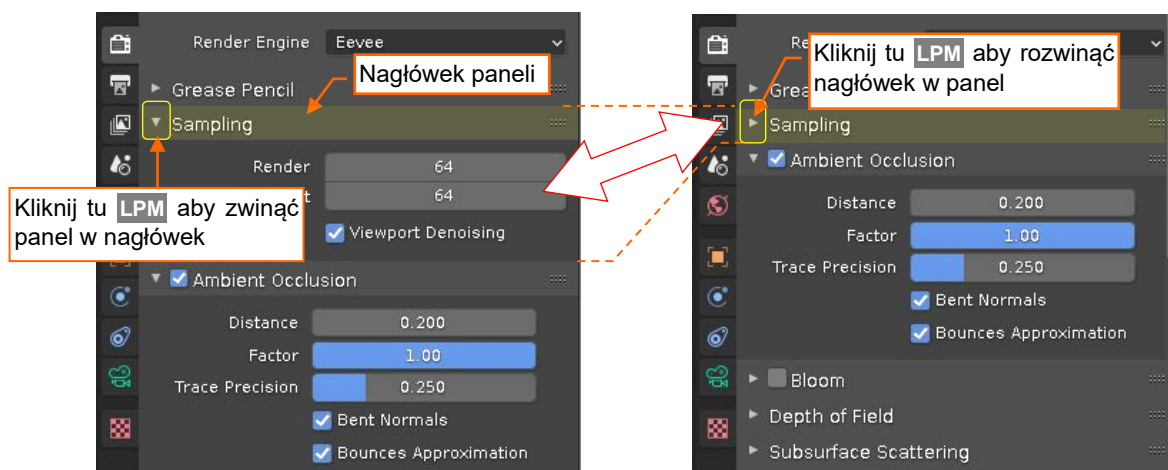
Na koniec tego rozdziału chciałbym pokazać, jak otrzymać efekt końcowy projektu – wyrenderowany obraz modelu. W tym celu trzeba będzie coś kliknąć i coś przestawić w oknie właściwości (*Properties*). To okno jest domyślnie umieszczone z prawej strony ekranu Blendera (Rysunek 3.6.1):



Rysunek 3.6.1 Elementy okna właściwości (*Properties*)

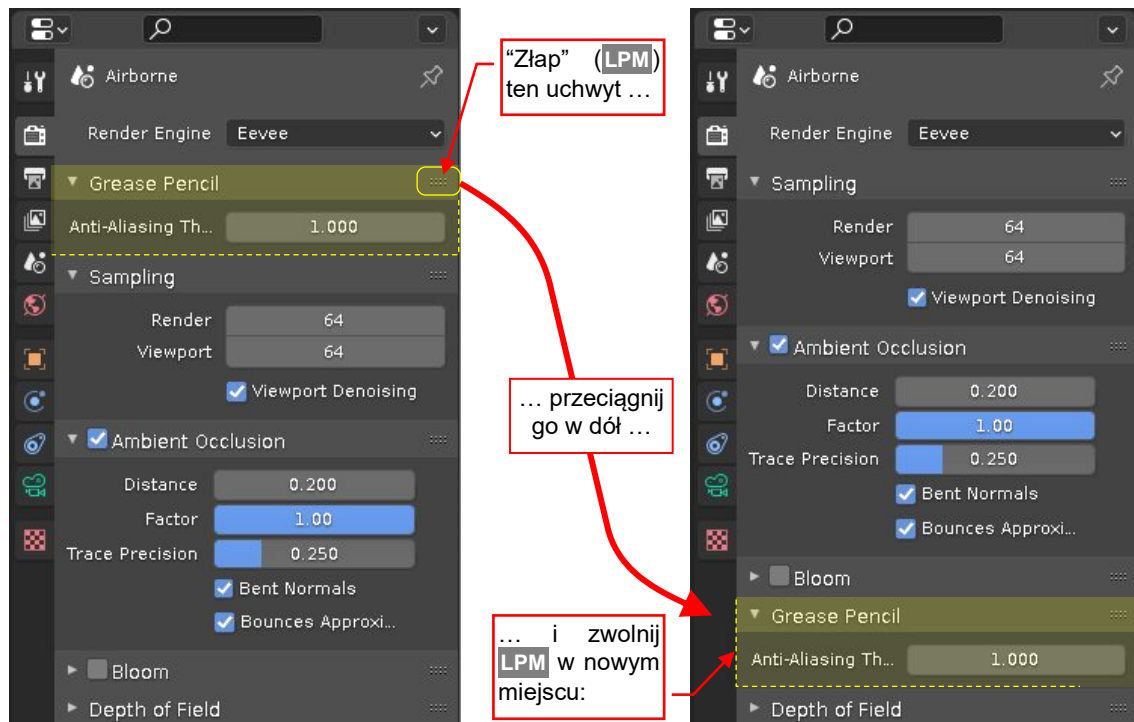
W tym oknie są wyeksponowane wewnętrzne właściwości sceny, modelu, pojedynczej części, materiału, tekstu... Na pierwszy rzut oka roi się w niej od kontrolerek. Zacznę więc od wyjaśnienia jego wewnętrznej struktury. Wzdłuż lewej krawędzi jest lista zakładek, grupujących różne kategorie właściwości aktywnego obiektu. Właściwości w zakładce są grupowe w **panelu** (sekcje) związane z jakimś szczegółowym zagadnieniem (*Sampling*, *Ambient Occlusion*, ... – Rysunek 3.6.1). Poniżej nagłówka okna jest podana nazwa **bloku danych**, którego dotyczą wyświetlane właściwości (to pojęcie dokładniej wyjaśniam na str. 626). Zakładka otwarta na ilustracji powyżej nazywa się *Render* i pokazuje właściwości bloku danych aktualnej sceny, o nazwie **Airborne**.

Każda panel ma nagłówek. Jest w nim wyświetlana nazwa panelu. Z lewej strony nazwy umieszczono przycisk umożliwiający zwijanie i rozwijanie (Rysunek 3.6.2):



Rysunek 3.6.2 Obsługa panelu – zwijanie i rozwijanie

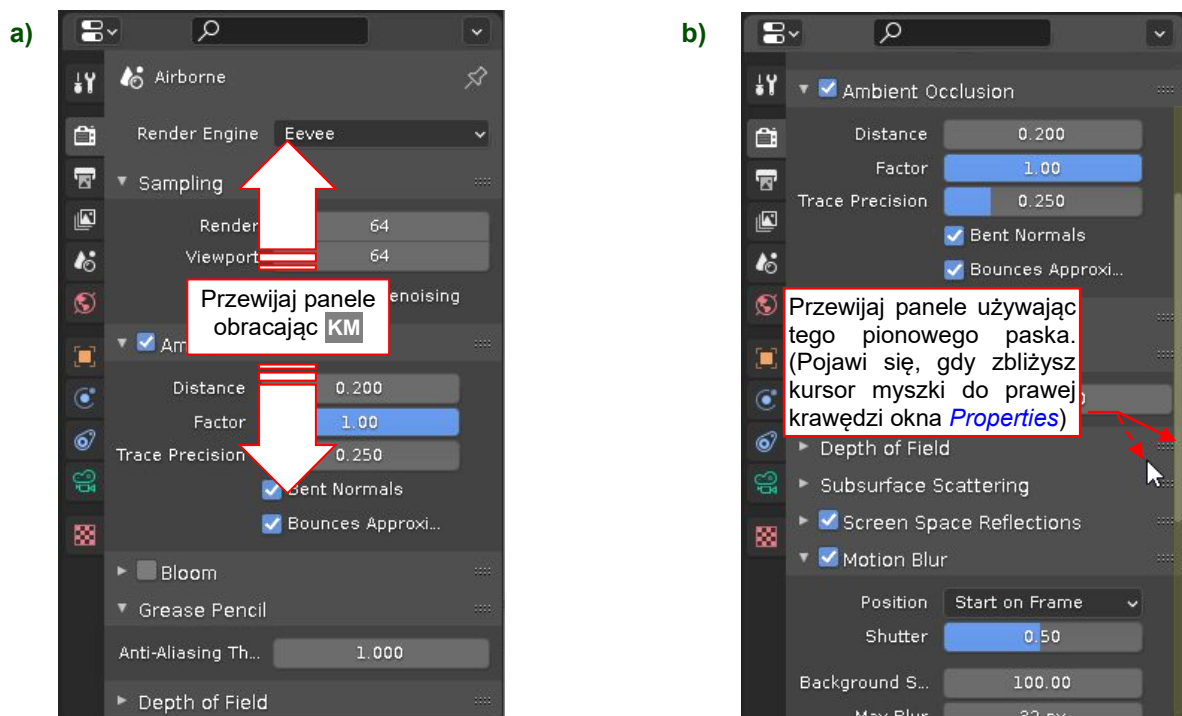
Po prawej stronie nagłówek panelu znajduje się „uchwyt”. Możesz go „złapać” **LPM** i przesunąć panel w nowe miejsce (Rysunek 3.6.5):



Rysunek 3.6.3 Obsługa panelu – przesuwanie

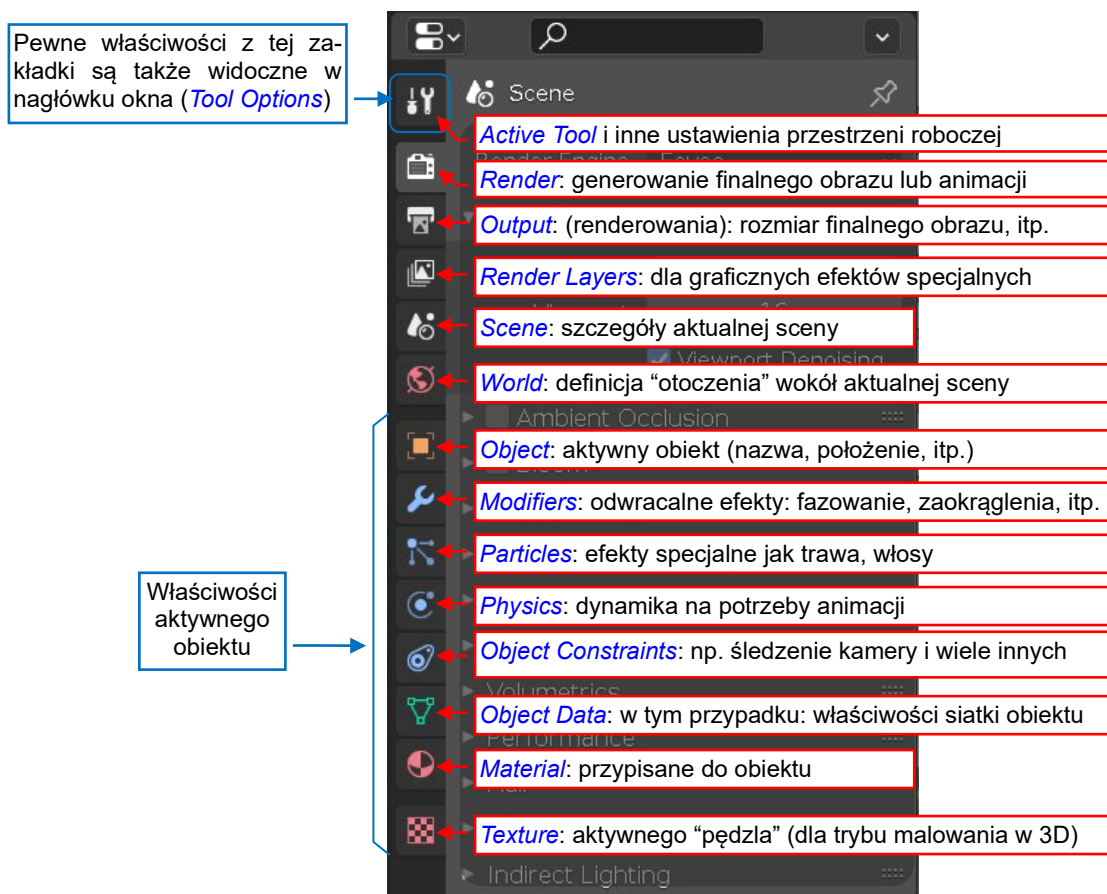
Pozycje wszystkich paneli (i w ogóle – cały stan interfejsu użytkownika) jest zachowywany w pliku Blendera. (Gdy otworzysz plik, wszystko na ekranie Blendera będzie wyglądać dokładnie tak, jak w momencie wywołania polecenia [File → Save](#). To bardzo wygodne)

Często panele wybranej sekcji nie mieszczą się na ekranie. Wtedy musisz przesuwać zawartość okna [Properties](#). Możesz to zrobić używając suwaka (Rysunek 3.6.4a), umieszczonego przy krawędzi okna, lub po prostu przesuając myszką z wciśniętym **SPM** (Rysunek 3.6.4b):



Rysunek 3.6.4 Okno [Properties](#) – dwie metody przesuwania zawartości

Zakładki okna **Properties** odpowiadają typowym czynnościom wykonywanym podczas pracy nad sceną. Jedne są modelowania, inne dla materiałów i tekstur, a jeszcze inne – do parametrów renderowania (Rysunek 3.6.5):



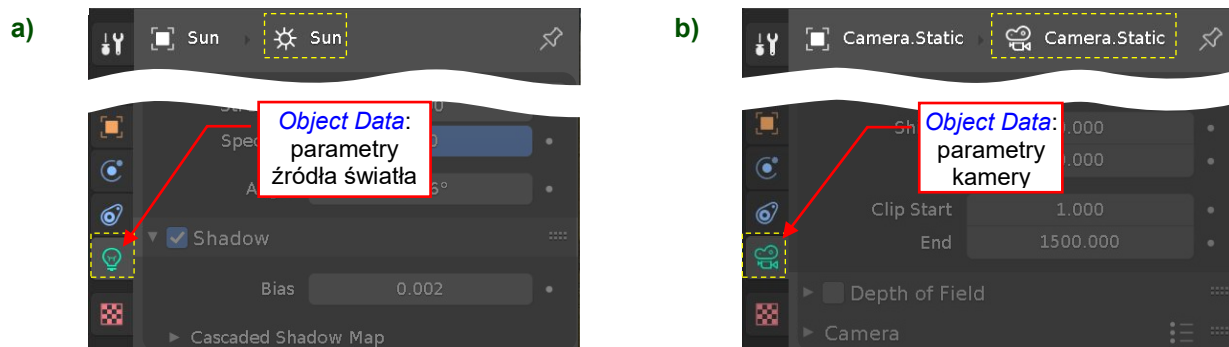
Rysunek 3.6.5 Typowe zestawy paneli okna **Properties**

Ilustracja powyżej przedstawia zakładki typowego obiektu „geometrycznego”. Zakładka **Object Data** wyświetla właściwości jego **siatki** (ang. **mesh**). Jest to powierzchnia 3D zbudowana ze ścian, ich krawędzi i wierzchołków. Zakładka **Material** pojawia się tylko dla takich elementów „z siatką”.



Jeżeli w tym momencie takie określenia jak „materiał”, „tekstura”, czy „siatka” brzmią abstrakcyjnie – nie przejmuj się, wyjaśnię je w dalszych częściach książki.

W Blenderze istnieją także obiekty bez siatek, np. źródła światła (**Lamp**), albo kamery. Rysunek 3.6.6a) przedstawia sekcje, które są wyświetlane dla obiektów typu **Lamp**, a Rysunek 3.6.6b) – dla obiektów typu **Camera**:



Rysunek 3.6.6 Warianty zestawów dla różnych typów **Object Data**

W sekcji **Object Data**, która dla siatek miała ikonę „trójkąta” (por. Rysunek 3.6.5b), dla obiektu **Lamp** jest „żarówka” (Rysunek 3.6.6a). Ikona kamery mówi sama za siebie Rysunek 3.6.6b). Zauważ, że Blender nie wyświetla dla świateł i kamer zakładek **Particles** i **Material**.

Tabela 3.6.1 podaje zestawienie zestawów jakich przyjdzie nam używać w dalszych rozdziałach tej książki:

Zestaw	Opis
 Active Tool	Wyświetla opcje aktualnie wybranego narzędzia. Górna część tej zakładki jest także dostępna w nagłówku okna (<i>Tool Options</i>), a dolna – w przyborniku (N)
 Render	Obsługa tworzenia ostatecznego obrazu (renderowania), w szczególności: wybór tzw. silnika renderowania. Na koniec tej sekcji pokażę, o co chodzi.
 Output	Szczegóły wynikowego obrazu (lub animacji): rozdzielczość, format pliku, itp. Będę je ustawiać pod koniec tej sekcji.
 Scene	Właściwości sceny, np. wybór aktywnej kamery, ustawienie jakiejś drugiej sceny w charakterze tła. Jeden z dodatków do „pozowania” samolotu (wysuwanie u chowanie podwozia, ruchy sterów, itp.), który będziemy używać (<i>Handle Panel</i>) umieszcza swoje panele w tej sekcji.
 World	Sterowanie parametrami otoczenia sceny (np. kolor i/lub obraz tła, światło rozproszone, itp.)
 Object	Właściwości obiektu: aktualne położenie, orientacja, nazwa, i inne (np. kolekcje, do których należy).
 Object Constraints	Zarządzanie ewentualnymi ograniczeniami obiektu. Na przykład – kamera Camera.Tracked jest zawsze skierowana na model Ła-5, bo ma przypisane ograniczenie <i>Track To</i> . To ograniczenie zawsze kieruje wybraną oś kamery na obiekt Camera.Target .
 Modifiers	Sekcja wyświetlana tylko dla obiektów „geometrycznych” – czyli zawierających siatki (<i>mesh</i>). Pozwala w sposób „odwracalny” wzbogacić siatkę o dodatkowe efekty, np. wygładzania powierzchni (powierzchniami podziałowymi Catmull-Clarka).
 ,  ,  , ... Object Data	Właściwości „zawartości” obiektu: siatki (obiekt typu <i>Mesh</i>), albo źródła światła (<i>Lamp</i>), albo kamery (<i>Camera</i>), albo jeszcze innych typów obiektów (np. linii krzywej – <i>Curve</i>).
 Material	Ustalanie ogólnych właściwości materiału obiektu (kolor i połyskliwość powierzchni, przejrzystość, rzucanie cieni, i wiele innych aspektów). Jednak w przypadku bardziej złożonych materiałów będziemy to robić w specjalnym oknie <i>Shader Editor</i> .
 Texture	Zarządzanie teksturami. Są to obrazy rastrowe, używane przez niektóre modyfikatory siatki (np. <i>Displacement</i>) jako „mapy wysokości”, albo jako wzory na pędzlu trybu <i>Texture Paint</i> . (W Blenderze można „malować” modele bezpośrednio w oknie 3D)
 Particles	Z tej sekcji skorzystamy pod koniec książki do zamodelowania trawy lotniska, na którym postawimy nasz model.

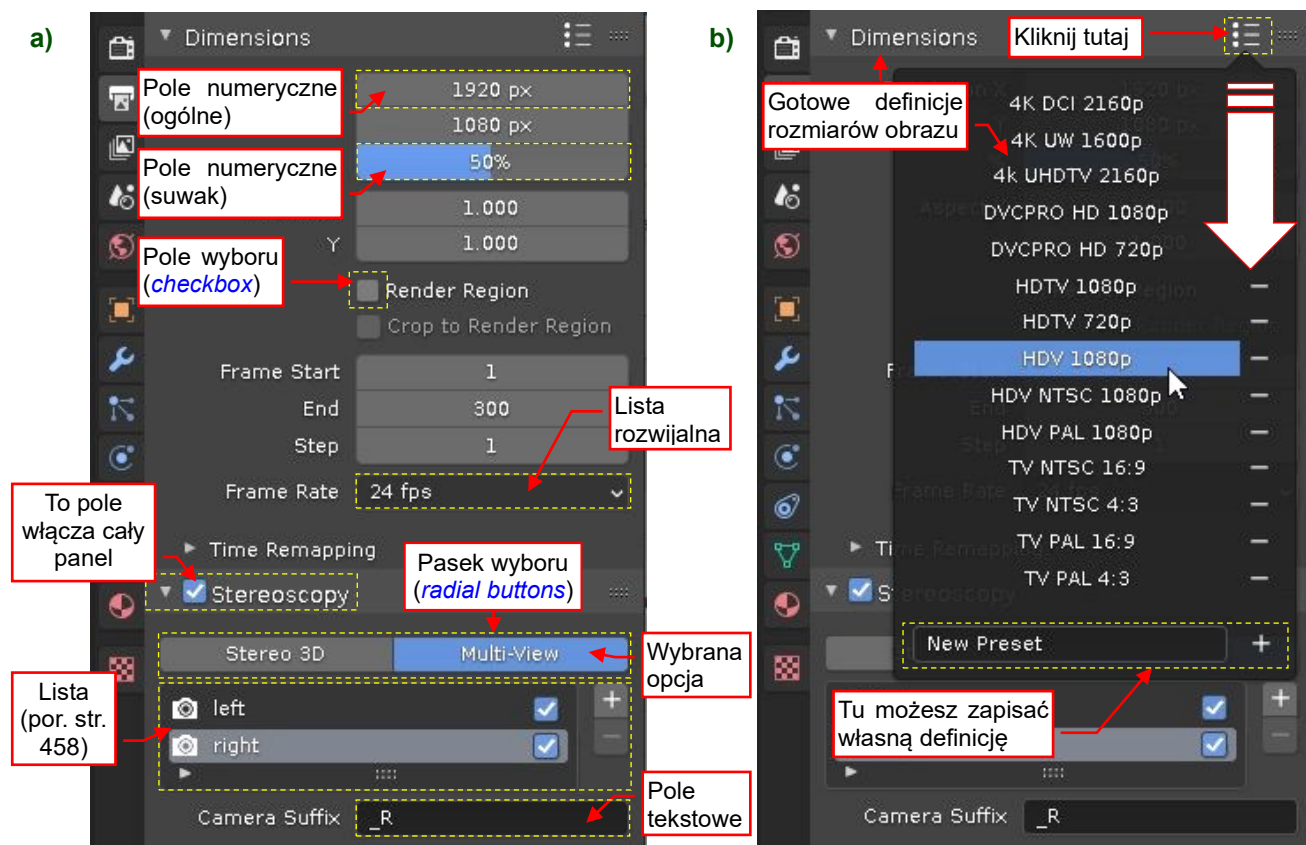
Tabela 3.6.1 Zestawienie wybranych zestawów i podzestawów paneli

Korzystając z tej tabeli, będziesz rozumiał co mam na myśli, gdy napiszę: „w oknie *Properties*, zakładce *Material*”, lub „wybierz zakładkę *Material*”, lub „w zakładce *Properties:Material*”. (Wszystkie oznaczają to samo).

Wybacz, jeżeli dotychczasowe wprowadzenie było trochę przydługie. Chciałem przybliżyć szczegóły posługiwania się systemem zakładek okna *Properties* i ich paneli. Zresztą – panele napotkasz także w innych oknach.

W istocie wygenerowanie ostatecznego obrazu lub animacji w Blender można się sprowadzić do naciśnięcia pojedynczego przycisku. (Za chwilę podam, który to jest). Nim to jednak zrobię, omówię kilka opcji, określających postać obrazu, jaki uzyskamy. Przy tej okazji wyjaśnię pokrótce nietypowe szczegóły kontrolek Blendera.

Przejdź do zakładki **Output**. Rysunek 3.6.7 przedstawia podstawowe rodzaje kontrolek, wykorzystywanych przez GUI Blendera na przykładzie paneli o nazwach *Dimension* i *Stereoscopy*:



Rysunek 3.6.7 Podstawowe rodzaje kontrolek Blendera

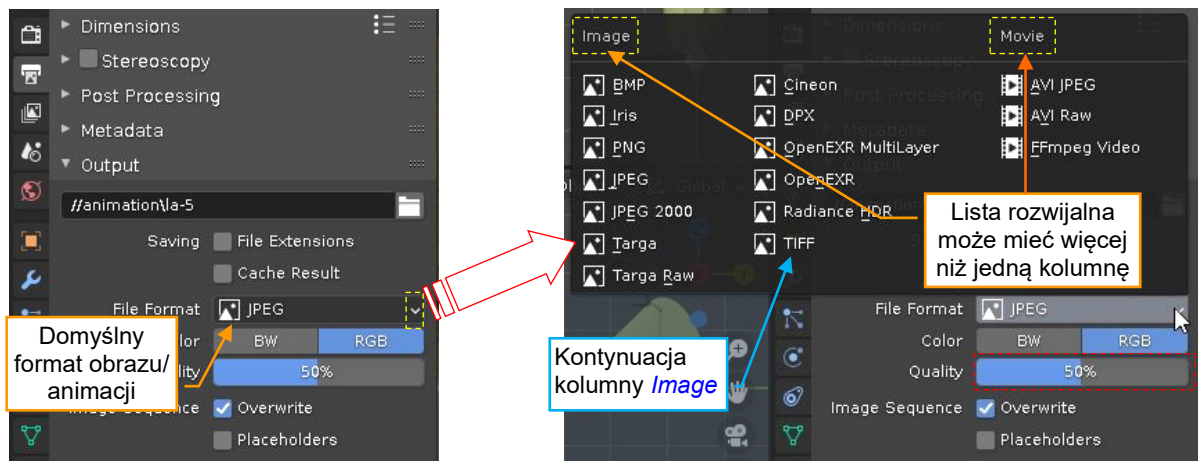
Na szczęście w ostatnich latach projektanci Blendera wykonali znaczący krok naprzód w adaptacji jego interfejsu użytkownika do powszechnych standardów¹. Rysunek 3.6.7a) przedstawia wiele różnych kontrolek. Niektóre z nich to zwykłe pola numeryczne (bez granic). Dla wartości ze znanymi granicami (jak %) stosuje się suwaki. Na ilustracji widać także pola wyboru. Takie pole w nagłówku panelu włącza/wyłącza jego całą zawartość.

Po prawej stronie nagłówka panelu *Dimensions* znajduje się ikona listy. Gdy w nią klikniesz (oczywiście **LPM**) rozwija listę predefiniowanych formatów renderowania (Rysunek 3.6.7b). Gdy wybierzesz jeden z nich, Blender wypełni odpowiednimi parametrami wszystkie pola panelu *Dimensions*. Możesz także użyć pola tekstowego i znaku [+] u dołu tej listy, aby zachować swoje własne ustawienia. To zapisuje aktualną zawartość paneli pod wpisaną w pole tekstowe nazwą. Znak [-] po prawej stronie każdego elementu usuwa go z tej listy.

W panelu *Dimensions* widać także klasyczną, „stałą” listę rozwijalną o nazwie *Frame Rate*. Gdy lista alternatyw jest dostatecznie krótka, projektanci UI używają tzw. paska wyboru (*radial buttons*). Przykład takiego paska znajdziesz w panelu *Stereoscopy* (Rysunek 3.6.7a). W tym panelu znajduje się także przykład złożonej kontroli: klasyczna lista. Użyj przycisków [+] / [-] po jej prawej stronie do dodawania/usuwania pozycji. W większości takich list możesz zmieniać nazwy ich elementów poprzez podwójne kliknięcie (**LPM**) w ich nazwę. To otwiera tymczasowe pole tekstowe, w którym możesz ją zmienić. Więcej na temat obsługi list znajdziesz na str. 458.

¹ To była długa droga – w pierwszej dekadzie tego wieku Blender był znany ze swojego niestandardowego interfejsu użytkownika. W tamtych czasach każdy rodzaj kontrolki wyglądał jak przycisk! Ta konwencja oraz odwrócone domyślnie klawisze myszki (z których zrezygnowano dopiero w Blenderze 2.8) często zniechęcały początkujących.

Czasami lista rozwijalna ma wiele kolumn. Pokażę to na innym przykładzie. W zakładce **Output** znajduje się panel **Output** (jest jedną z ostatnich). Zawiera listę rozwijalną z której możesz wybrać domyślny format zapisu wyrenderowanego obrazu (Rysunek 3.6.8):



Rysunek 3.6.8 Wybór domyślnego formatu pliku obrazu/animacji – inna postać listy rozwijanej



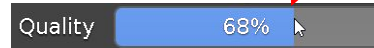
W tym panelu ustalasz wartość domyślną, którą można potem zmienić przy zapisie finalnego obrazu.

Gdy wybierzemy jako format zapisu **Jpeg**, warto sprawdzić wartość w polu numerycznym **Quality** (Rysunek 3.6.8). Format **Jpeg** jest jednym z tzw. formatów degradujących (jakość obrazu) za cenę mniejszego rozmiaru. Za pomocą wartości **Quality** (wyrażonej w procentach) można sterować kompromisem pomiędzy rozmiarem a jakością. Jeżeli **Quality** = 100%, to żadna degradacja nie zachodzi (każdy piksel obrazu jest pamiętany oddzielnie). Takie pliki będą miały oczywiście największy rozmiar. Osobiście radzę ustalić wartość **Quality** dla **Jpeg** na 85% – daje to jeszcze nie za duży plik, i jednocześnie w miarę dobrą jakość rezultatu.

A jak to wpisać? Zapewne dla większości Czytelników jest to oczywiste, ale opiszę tu to w paru słowach. Być może przy okazji dowiesz się jakiegoś przydatnego szczegółu.

Pole **Output:Quality** jest „suwakiem”, więc ma ograniczony zakres dopuszczalnych wartości (od 0% do 100%). Blender wypełnia suwak dwoma barwami, przy czym granica tych kolorów odpowiada aktualnej wartości kontrolki. Wartość suwaka możesz zmienić, przesuwając ponad nim myszką z wciśniętym **LPM** (Rysunek 3.6.9):

Naciśnij **LPM** ponad suwakiem...



... i przeciągnij go w poziomie!

Rysunek 3.6.9 Zmiana wartości pola numerycznego za pomocą myszki

Jeżeli tylko raz klikniesz w pole numeryczne **LPM** (lub naciśniesz na nim **Enter**), przełączysz je w stan edycji, w którym możesz po prostu wpisać dokładną wartość (Rysunek 3.6.10):

Kliknij tutaj **LPM** i wpisz nową wartość...



... **Enter**, gdy skończyłeś ...

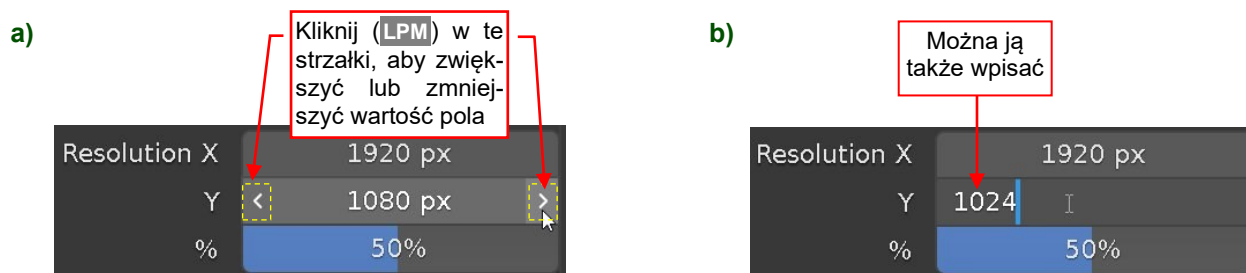


... i pole jest uaktualnione!

Rysunek 3.6.10 Zmiana wartości pola numerycznego poprzez wpisanie

Co ciekawe – można tu także wpisać wyrażenie arytmetyczne: np. „100/3”, a nawet coś z nawiasami! To działa jak kalkulator, podstawiając wynik operacji jako nową wartość pola numerycznego.

Częściej spotykaną postacią pola numerycznego jest wersja „ze strzałkami”. Takie pole może nie mieć ograniczeń na wpisywane wartości. W sekcji **Dimensions:Resolution** możesz znaleźć zespół trzech pól numerycznych, sterujących rozmiarem renderowanego obrazu. Dwa górne – **X** i **Y** – są polami „ze strzałkami”, określającymi szerokość i wysokość rezultatu (w pikselach)¹ (Rysunek 3.6.11):



Rysunek 3.6.11 Dwie metody zmiany wartości zwykłego pola numerycznego

Klikając **LPM** w „strzałki”, umieszczone po lewej i prawej stronie pola, możesz zmniejszać i zwiększać wyświetlaną wartość (Rysunek 3.6.11a). Każde kliknięcie oznacza zmianę o ustaloną „krok” (w tym przypadku – o 1 piksel). To dobre dla jakiś małych poprawek, ale jeżeli to pole ma zawierać zupełnie inną wartość – najlepiej ją bezpośrednio wpisać (jak to pokazuje Rysunek 3.6.11b i Rysunek 3.6.10).

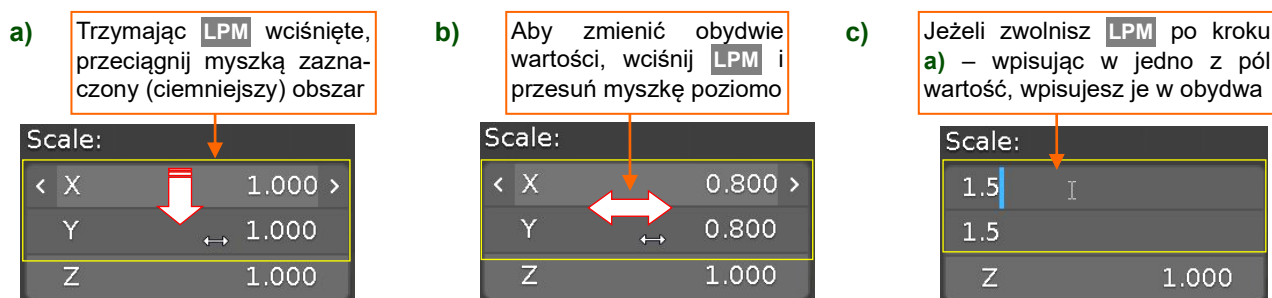


Aby zrezygnować z wpisywanej zmiany (Rysunek 3.6.11b), użyj klawisza **Esc**.

Każdym polem numerycznym możesz się posługiwać jak suwakiem – przeciągając ponad jego obszarem myszką z wciśniętym **LPM** (por. Rysunek 3.6.9). Trzymając wciśnięty klawisz **Ctrl**, zmienisz je o zaokrąglone wartości. To podobna konwencja jak podczas przesuwania obiektów (por. str. 64, Rysunek 3.5.6).

Oczywiście, możesz także kopiować (**Ctrl-C**) lub wklejać (**Ctrl-V**) zawartość pól Blendera do/ze schowka.

Za pomocą myszki możesz także zaznaczyć pola jak obiekty w przestrzeni 3D. To przydaje się przy zmianie wartości powiązanych pól, jak współrzędne. Rysunek 3.6.12 pokazuje to na przykładzie współczynników skali:



Rysunek 3.6.12 Jednoczesna zmiana dwóch powiązanych pól numerycznych

Gdy wpisujesz nową wartość w jedno z tych pól (Rysunek 3.6.12c) Blender wprowadza te same wartości w pozostałych zaznaczonych polach.

Czy zwróciłeś uwagę, że gdy w panelu **Dimensions** zmieniliśmy wysokość renderowanego obrazu (Rysunek 3.6.11), od razu zmieniło to proporcje okna kamery, wyświetlanej w jednym z widoków 3D?

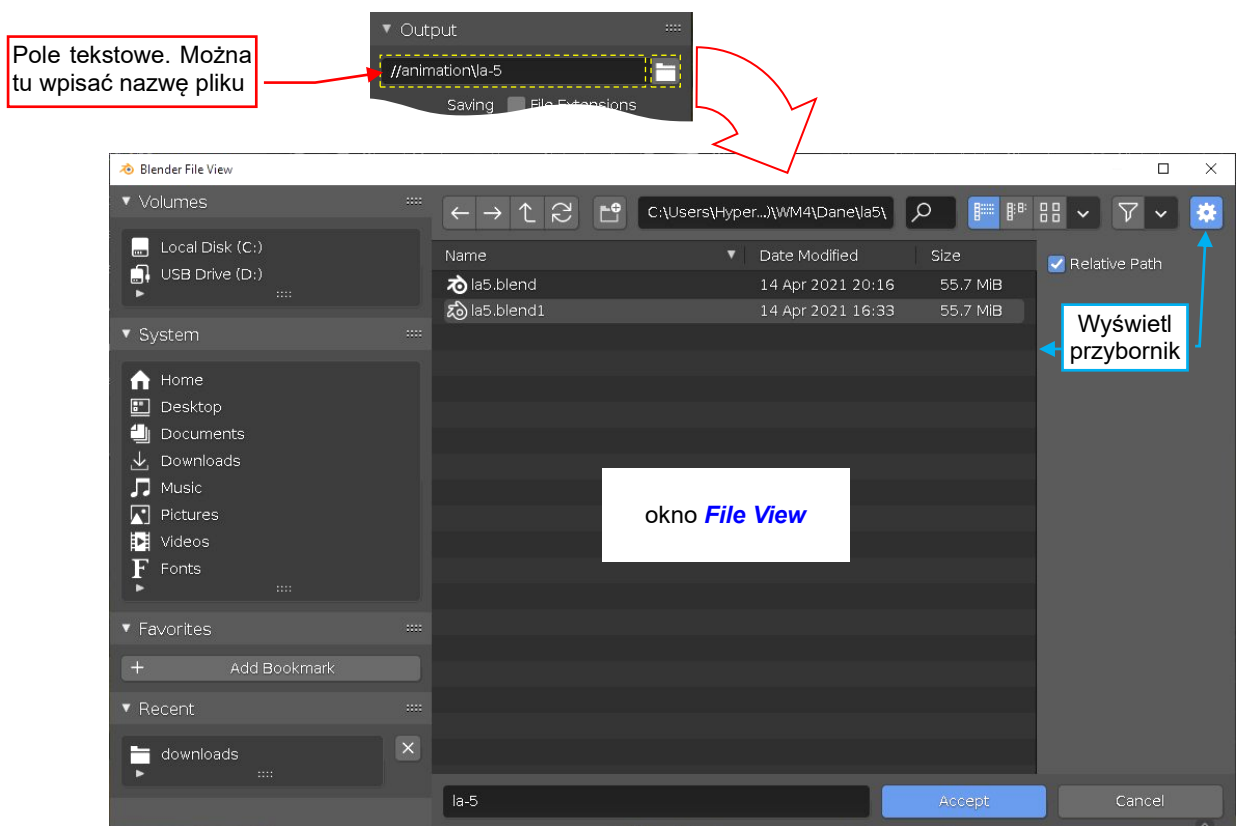


W Blenderze nie ma przycisków „OK.”, czy „Akceptuj”. Wszystko, co ustawisz za pomocą jakiejkolwiek kontrolki w oknie przycisków lub przybornikach, natychmiast jest odwzorowane na scenie.

¹ Umieszczony poniżej suwak pozwala uzyskiwać mniejsze wersje obrazów. To ułatwia testowanie. Im większy rozmiar obrazu wynikowego, tym dłużej się generuje. Szybkie testowe renderowanie wykonuje się do obrazów o rozmiarach 50% lub 75% rozmiarów finalnego obrazu.

Taka „natychmiastowość” efektu jest w zasadzie bardzo wygodna. Gdy zmieniasz jakiś parametr (na przykład obrót lub skalę obiektu) w sposób ciągły, przeciągając myszkę, w oknie 3D możesz na bieżąco obserwować wpływ tych zmian na obiekty sceny. To działa dobrze, gdy czas odświeżenia ekranu wszystkich okien Blendera jest odpowiednio krótki. Gorzej, gdy Twój komputer nie ma żadnego specjalnego akceleratora grafiki. Gdy w trzech różnych oknach 3D masz wyświetlone kilkadziesiąt tysięcy ścian takiego modelu jak ten Ła-5, i zaczynasz przesuwając myszką jakiś suwak, możesz zauważyć jego „opór” – wyświetlane w kontrolce wartości nie będą się zmieniać natychmiast. Dzieje się tak dlatego, że każda zmiana tej kontrolki wymaga ponownego narysowania modelu w każdym z okien programu! To nie jest jakaś wielka niedogodność, ale można zmniejszyć takie opóźnienia pracując tylko na warstwach, które są w danym momencie potrzebne.

Wróćmy jeszcze na chwilę do panelu [Render:Output](#), gdyż zawiera jeszcze jeden rodzaj kontrolki: pole tekstowe na nazwę pliku (Rysunek 3.6.13). W pole tekstowe wpisujesz nową wartość tak samo jak to robisz w polu numerycznym – klikasz **LPM**, wpisujesz, a na koniec naciskasz **Enter**. Podczas wpisywania są dostępne typowe operacje na tekście: możesz zaznaczyć i usunąć fragment:



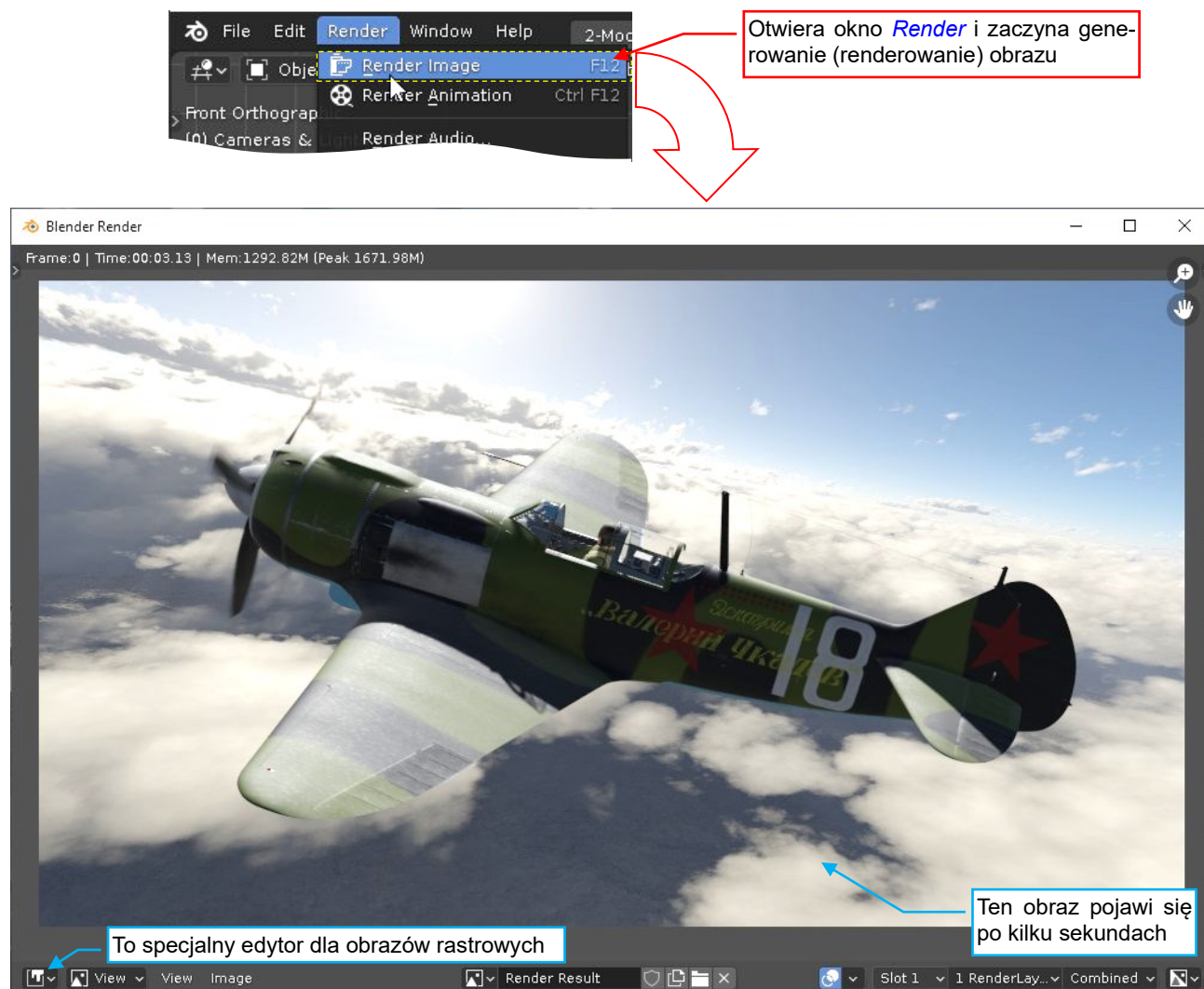
Rysunek 3.6.13 Wyspecjalizowane pole tekstowe: wybór ścieżki i jego okno dialogowe

Zauważ, że pole w tym przykładzie jest przykładem kontrolki „złożonej”. Z prawej strony ma niewielką ikonę otwartego folderu. Gdy klikniesz w nią, na ekranie pojawi się okno wyboru plików ([File View](#), por. str. 423). Przypomina standardowe okno Windows. Można w nim wskazać odpowiednią ścieżkę.

Oczywiście, możesz także wprost wpisać całą ścieżkę w to pole. Zwróć uwagę, że domyślnie zaczyna się ono od podwójnego ukośnika: „//”. To tak zwany „znacznik ścieżki względnej”. Jest on także włączony (przełącznik [Relative path](#) w przybornik) w oknie [File View](#) (Rysunek 3.6.13). Czytając ten wpis, Blender zastępuje „//” odpowiednią ścieżką początkową – zazwyczaj miejscem, gdzie znajduje się aktualny plik z rysunkiem. Dzięki temu można przesuwając folder z rysunkiem i wszystkimi plikami towarzyszącymi z jednego miejsca na dysku na drugie. Przy konsekwentnym stosowaniu znacznika „//” na początku ścieżek nie ma niebezpieczeństwa, że Blender nie będzie mógł czegoś znaleźć po takim przeniesieniu.

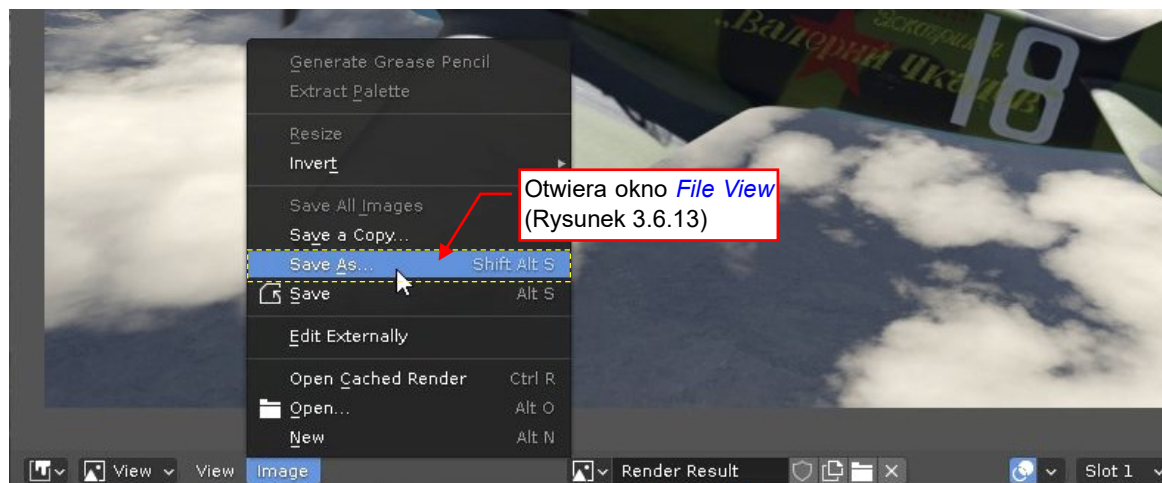
Myślę, że na tym zakończymy nasze wprowadzenie do okna [Properties](#) i kontrolki Blendera.

Wreszcie – wygenerujemy finalny obraz dla tej sceny! Z menu **Render** (u góry ekranu) wybierz polecenie **Render Image** (Rysunek 3.6.14). Możesz także nacisnąć skrót tego polecenia: klawisz **F12**. Blender otworzy wówczas nowe okno, zawierające **Image Editor**:



Rysunek 3.6.14 Renderowanie pojedynczego obrazu

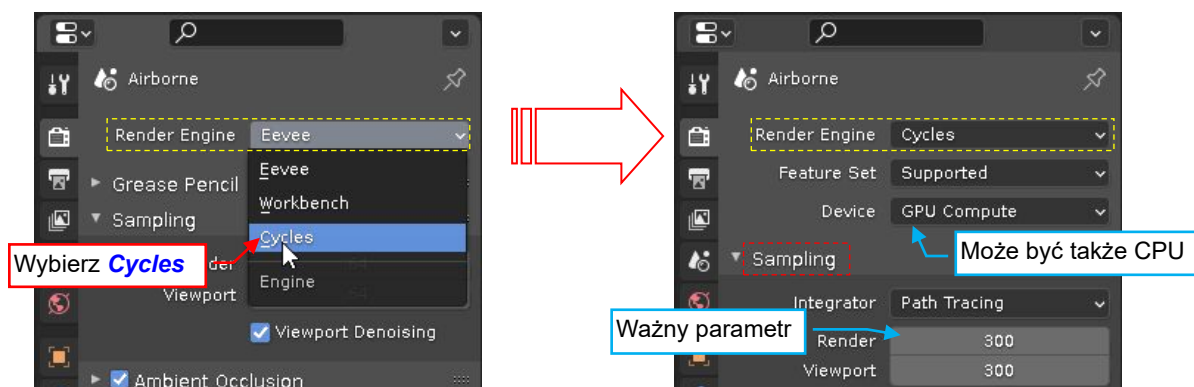
Początkowo okno jest puste, ale po kilku sekundach pojawi się w nim finalny obraz, jak powyżej. Zwróć uwagę, że nagłówek **Image Editor** jest wyświetlany u dołu obszaru. Aby zachować stworzony przez program obraz, użyj polecenia **Image→Save As** (Rysunek 3.6.15):



Rysunek 3.6.15 Zapisywanie finalnego obrazu na dysk

Obraz na poprzedniej stronie został wygenerowany przez renderera o nazwie **Eevee**. Jest szybki, ale jego rezultat przypomina ekrany współczesnych gier komputerowych. Cienie są głębokie, a rozmycie ruchu łopat śmigła jest minimalne. **Eevee** nadaje się do renderów testowych.

Dla bardziej realistycznego rezultatu, w panelu **Render** wybierz renderer o nazwie **Cycles** (Rysunek 3.6.16):



Rysunek 3.6.16 Przełączanie renderowania sceny na **Cycles**

Kluczowym parametrem Cycles jest liczba próbek (**Samples**). Przyczyna stanie się jasna, gdy uruchomisz ponownie renderowanie (Rysunek 3.6.17):



Rysunek 3.6.17 Stopniowa poprawa renderowanego obrazu (**Cycles**)

Początkowo będziesz widział zgrubne przybliżenie ostatecznego obrazu. Jego cienie i szklane powierzchnie zawierają mnóstwo „czarnego szumu”. Następnie, z każdą kolejną próbką, ten obraz zacznie się poprawiać: szkło uzyska połysk, cienie staną się „gładkie”. **Cycles** zatrzymuje się po wykonaniu zadanej liczby próbek.

Wybór optymalnej liczby próbek zależy od Ciebie. Większa ich liczba oznacza dłuższy czas renderowania ale lepszą jakość wyniku. Z drugiej strony, pierwsze 20-30 próbek wprowadza największe zmiany w renderowanym obrazie, potem wpływ kolejnych jest już coraz mniejszy. Zazwyczaj będziesz próbował znaleźć najmniejszą liczbę próbek przy której [Cycles](#) tworzy rezultat o akceptowalnej jakości. Najbardziej czasochłonnymi elementami sceny są duże przejrzyste powierzchnie, jak szkło czy woda. Te elementy w scenie z Ła-5 (Rysunek 3.6.17) są relatywnie małe. Wydaje mi się, że w tym przypadku wystarczyłoby i 100 próbek.



W każdej chwili możesz przerwać proces renderowania poprzez zamknięcie jego okna. To dzięki temu, że GUI Blendera nadal reaguje na wszystkie polecenia (renderowania jest wydzielonym procesem). W tym czasie możesz nawet zmieniać tę scenę w innym oknie 3D.



Dokładny opis wszystkich kontrolki Blendera znajdziesz w jego dokumentacji online: [User Interface:Interface Controls](#). Jest tam także opis okna [Properties](#), w [Editors:Properties](#).

Podsumowanie

- Okno [Properties](#) udostępnia właściwości aktywnego obiektu lub jego sceny. Blender wyświetla je u góry okna (str. 72) jako “kontekst” ([data context](#)).
- Właściwości obiektu są pogrupowane w kilkunastu zakładkach (str. 72, 74). Niektóre z tych zakładek są zależne od kontekstu (str. 74).
- W obrębie zakładek, kontrolki są grupowane w panele (str. 72).
- Panele można zwiijać i rozwijać (str. 72) lub zmieniać ich kolejność w obrębie zakładki (str. 73). Rozwinięte panele mogą zajmować obszar dłuższy od okna [Properties](#), więc można je także przewijać w górę i w dół (str. 73).
- Blender zapamiętuje stan okien projektu w jego pliku ([*.blend](#)). Dzięki temu zawsze otwiera projekt dokładnie w takim stanie, w jakim go zapisałeś. Dzięki temu, gdy rozpoczynasz pracę w kolejnym dniu, nie tracisz czasu na dostosowanie środowiska.
- Podstawowymi kontrolkami w Blenderze są pola numeryczne (str. 77, 78), pole wyboru i pasek opcji (str. 76), lista rozwijalna (str. 76, 77), i pole tekstowe (str. 79).
- Każda zmiana w oknie [Properties](#) jest natychmiast wprowadzana do sceny. Pola numeryczne możesz zmieniać w sposób ciągły poprzez przeciągnięcie myszki (jak na str. 77, 78) i obserwować w oknie 3D ich wpływ na model. Takie “animowane” aktualizacje pozwalają szybciej zrozumieć, jak zmieniany parametr działa na scenę.
- Aby zrenderować scenę, użyj polecenia [Render→Render Image](#) (str. 80).
- Możesz zachować wyrenderowany obraz poleceniem [Image→Save](#) (str. 80).
- Blender oferuje dwa alternatywne renderery: [Eevee](#) (szybszy, ale mniej “fizyczny” – str. 80) i wolniejszy, ale bardziej realistyczny [Cycles](#) (str. 81).

Rozdział 4. Wprowadzenie do modelowania

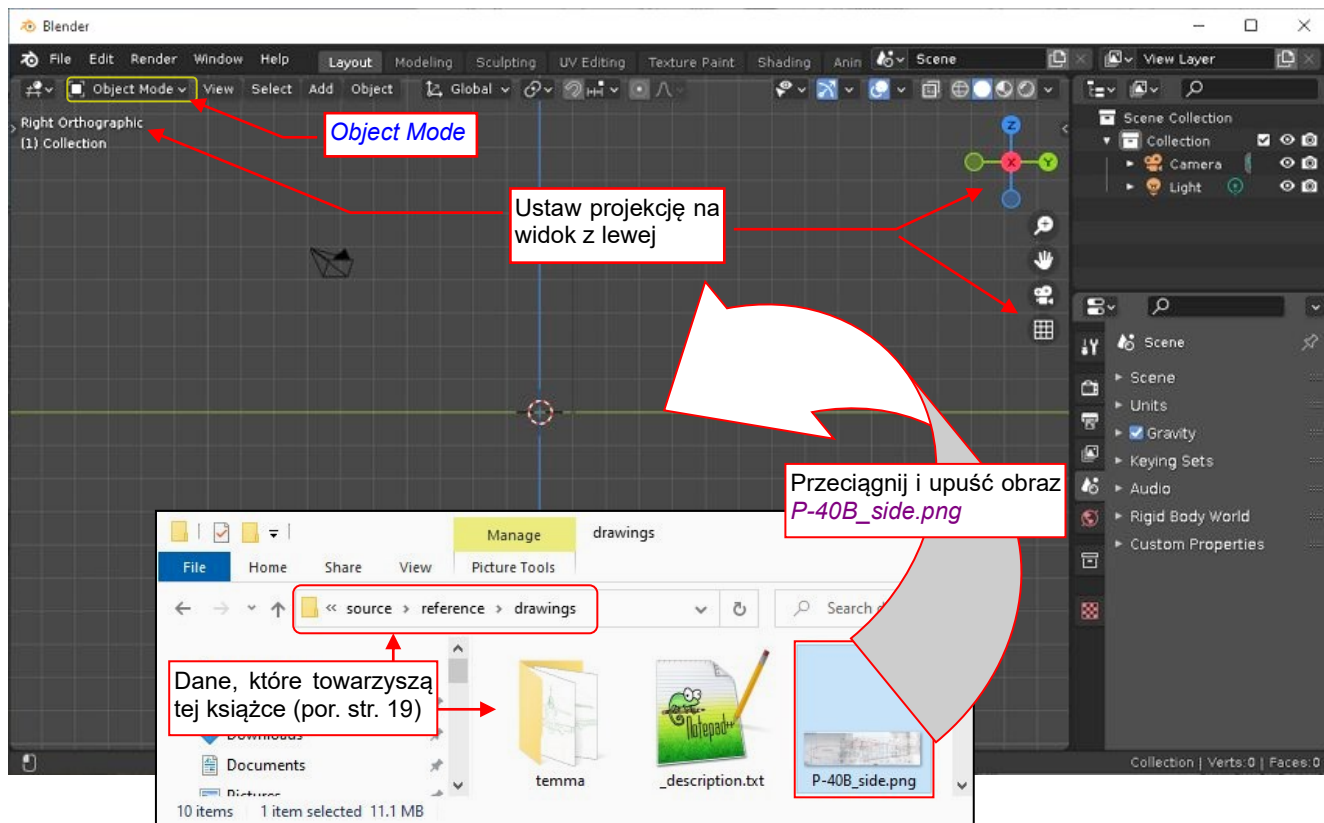
W tym rozdziale zaczniemy budować nasz wirtualny model. Na początek zaczniemy od prostej bryły obrotowej: kołpaka śmigła. Potem stworzymy coś bardziej złożonego: łopaty śmigła. W ten sposób wprowadzę Cię, Czytelniku, w podstawowy proces budowy modelu w Blenderze.

Z własnego doświadczenia radziłbym zapisywać stan pracy, osiągnięty na koniec każdego dnia, do oddzielnego pliku (por. str. 426). Aby było jasne: na tym etapie nie spodziewam się żadnych kłopotów z Blenderem – to naprawdę stabilny program. Jednak, na wszelki wypadek zapoznaj się także ze sposobem odzyskiwania danych na str. 439.

4.1 Przygotowanie pliku Blendera

Skonfiguruj środowisko Blendera tak, jak jest to podane w sekcji 10.5. Możesz to zrobić poprzez skopiowanie plików konfiguracyjnych towarzyszących tej książce. Znajdziesz je w katalogu [source/Blender cfg](#) (por. str. 435).

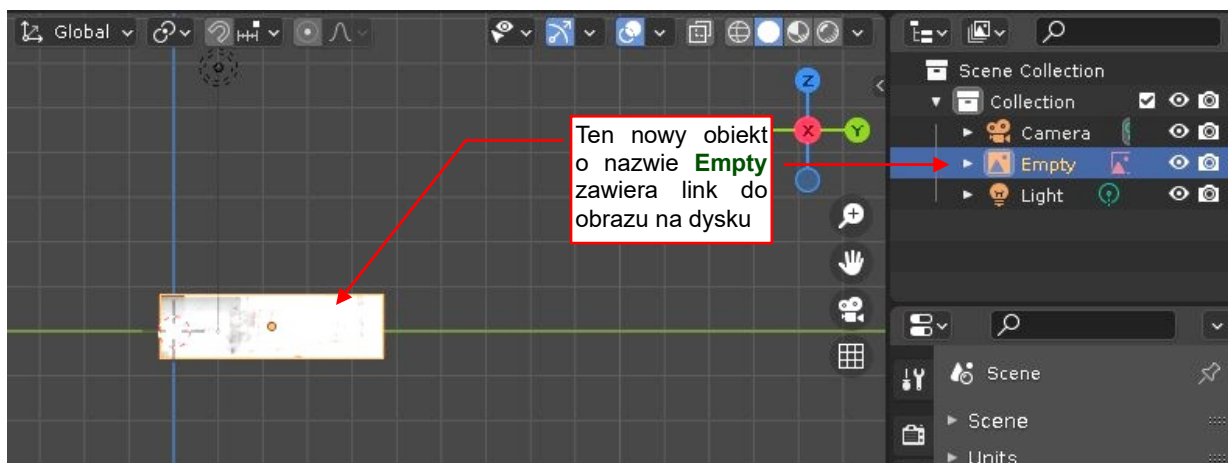
W tej sekcji ustawimy w scenie Blendera rysunki referencyjne, przygotowane we wcześniejszych rozdziałach tego poradnika. Poszukaj w towarzyszących danych katalogu [source/reference/drawings](#) (por. str. 19). Otwórz go w Eksploratorze Plików Windows. Ustaw w oknie 3D Blendera aktualną projekcję na rzut z lewej (**3** lub [View→Viewpoint→Right](#)) i upewnij się, że jesteś w [Object Mode](#) (Rysunek 4.1.1):



Rysunek 4.1.1 Wstawianie obrazu referencyjnego w okno 3D

Przeciągnij plik o nazwie [P-40B_side.png](#) z okna Eksploratora Plików (wyświetlającego zawartość folderu [source\reference\drawings](#)) do okna 3D Blendera, jak pokazuje to Rysunek 4.1.1. „Upuść” tam ten plik.

Gdy to zrobisz, w scenie Blendera pojawi się mały obrazek (Rysunek 4.1.2):



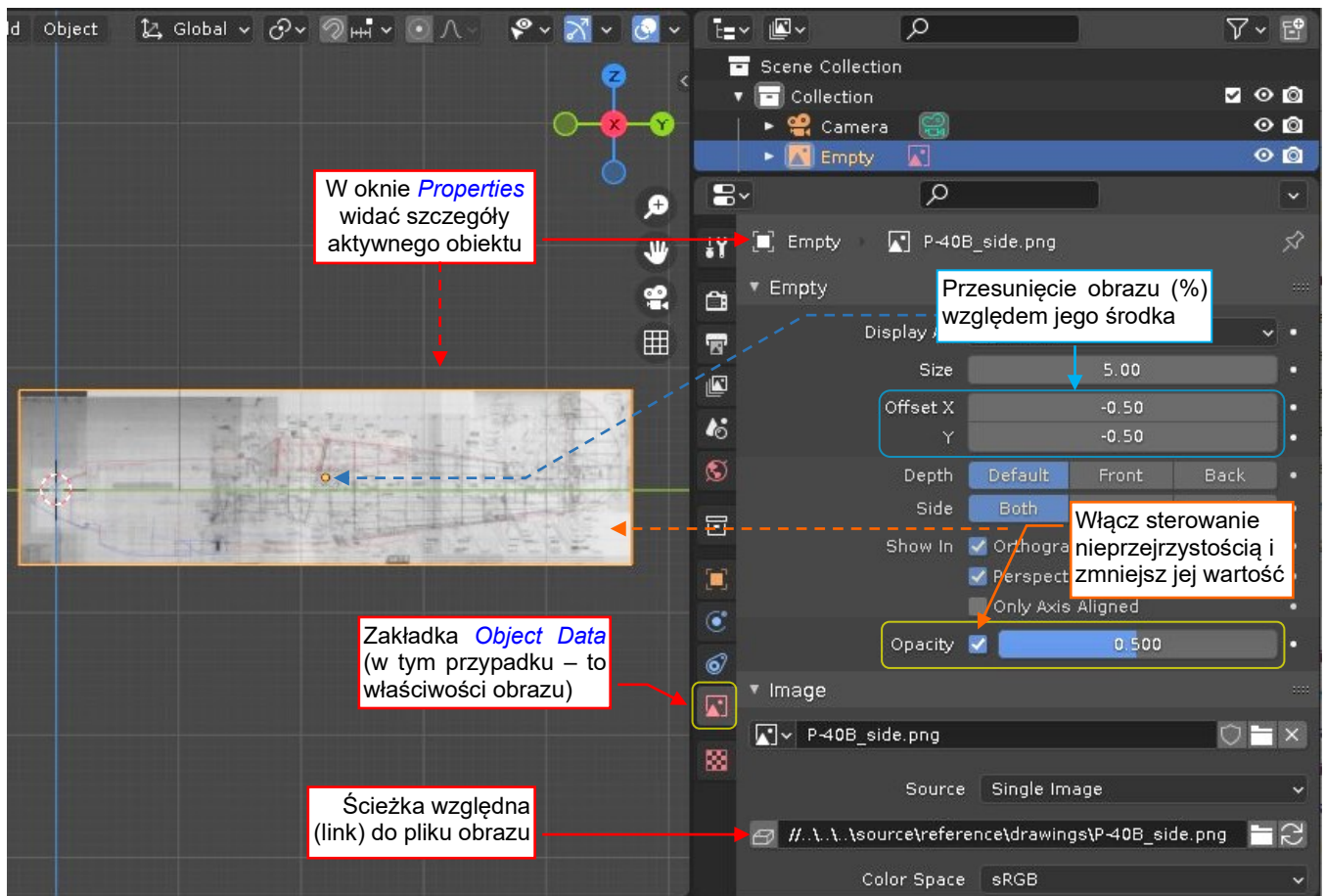
Rysunek 4.1.2 Obraz referencyjny w Blenderze

Jednocześnie w oknie [Outliner](#) pojawi się nowy obiekt, o nazwie **Empty**. To ten nowo dodany obraz.



Obiekt typu *Empty (Image)* zawiera odnośnik (link) do pliku z obrazem rastrowym na dysku. Domyślnie Blender zawsze używa odnośników. To pozwala zachować mały rozmiar pliku projektu (*.blend).

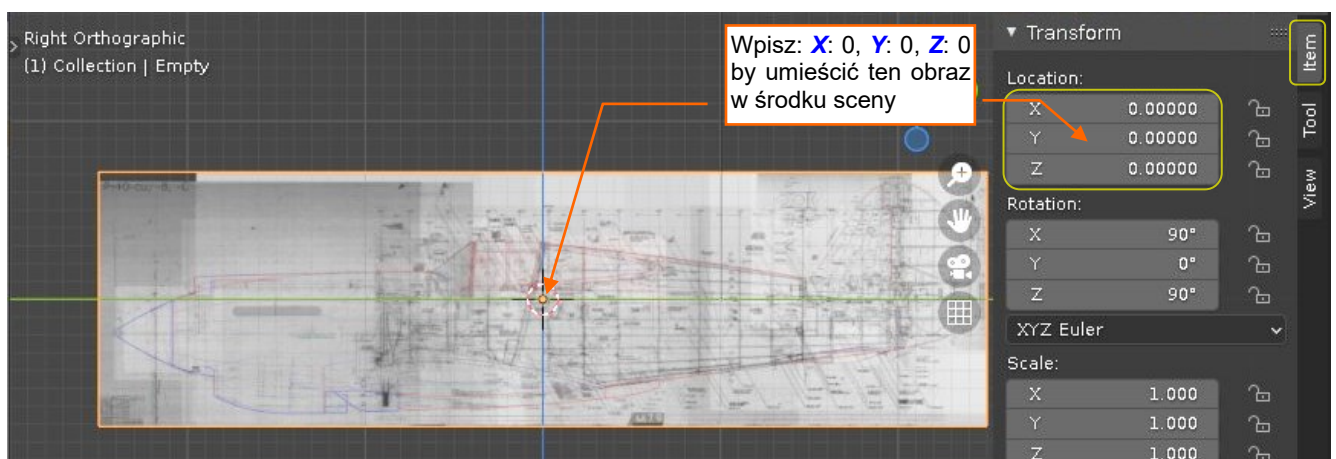
Możesz ten odsyłacz zobaczyć we właściwościach (okno *Properties*), zakładce *Object Data* (Rysunek 4.1.3):



Rysunek 4.1.3 Właściwości obiektu *Empty (Image)*

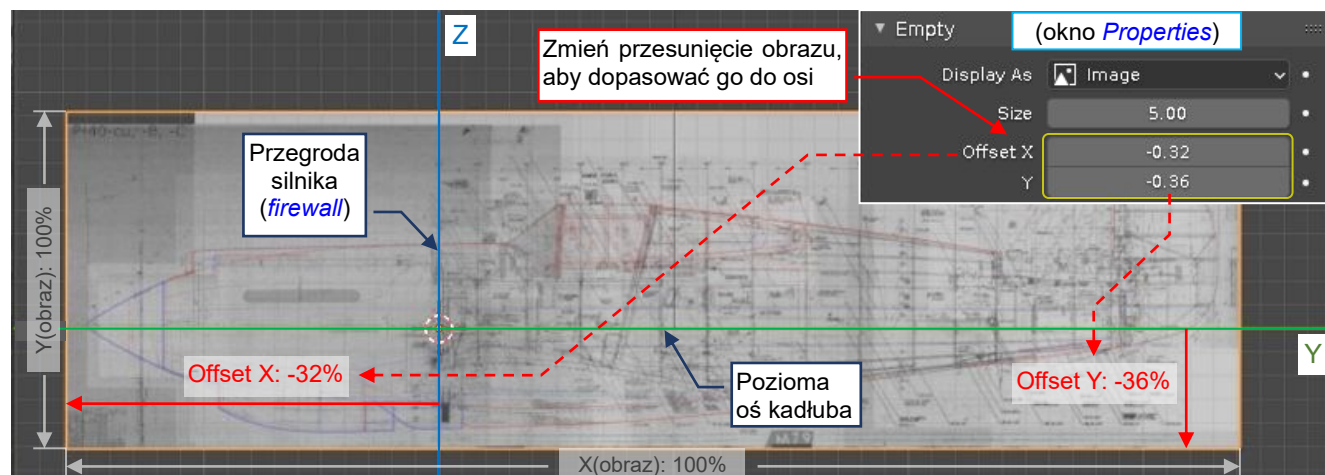
W panelu *Image* znajduje się odnośnik (link) do pliku zawierającego wyświetlany obraz. Blender przechowuje taki odnośnik jako ścieżkę od położenia pliku projektu (oznaczonego jako „/”). Jest to więc rodzaj ścieżki względnej. Więcej szczegółów o właściwościach obrazów referencyjnych znajdziesz w sekcji 11.1, str. 461.

Aby widzieć inne elementy (jak siatka sceny) poprzez ten obraz, włącz jego sterowanie nieprzezroczystością (*Opacity*) i zmniejsz je do 0.5 (Rysunek 4.1.3). Następnie umieść środek tego obiektu w punkcie (0, 0, 0). Dla takich obiektów sugeruję wpisywać te współrzędne w przybornik (*N*), zakładkę *Item* (Rysunek 4.1.4):



Rysunek 4.1.4 Umieszczenie obrazu referencyjnego w środku sceny

Teraz użyj pól **Offset X/Y** z panelu **Empty** zakładki **Properties: Object Data** (Rysunek 4.1.5, por. także Rysunek 4.1.3) aby przesunąć ten obraz względem jego środka. Dopasuj linię przegrody silnika, widoczną na tym rysunku, do osi **Z** (niebieska), i poziomą linię referencyjną kadłuba do osi **Y** (zielona):



Rysunek 4.1.5 Dopasowanie osi obrazu do globalnych osi sceny



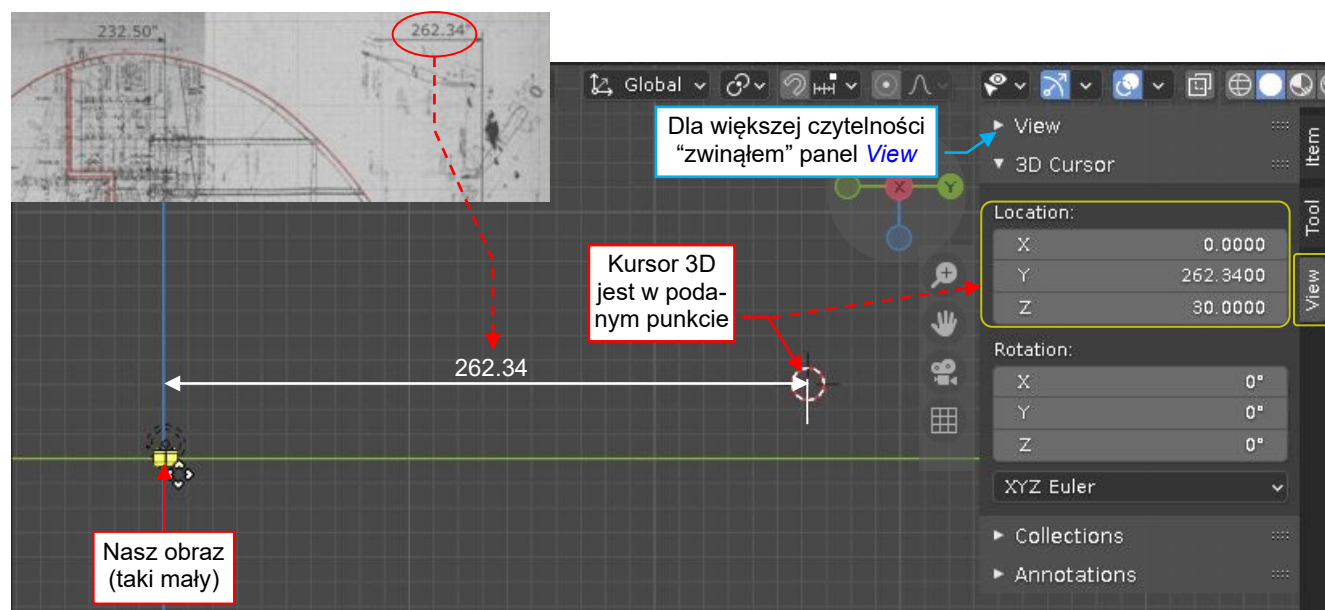
Zmieniaj **Offset X / Y** poprzez przeciąganie myszki ponad tymi suwakami (por. str. 77). Aby zwiększyć dokładność finalnych dopasowań, wykonaj je z wciśniętym klawiszem **Shift**.

W tym momencie musisz zdecydować się na konkretną „skalę” naszego modelu. Sugeruję użyć podobnej reguły jak ta, której użyliśmy przygotowując rysunki referencyjne (por. Tom I, sek. 3.3). Załóżmy, że dla tego P-40:

1 jednostka Blendera = 1 cal na prawdziwym samolocie

Wszystkie obrazy referencyjne będziemy skalować zgodnie z tą formułą. (Cale będę oznaczał symbolem ")

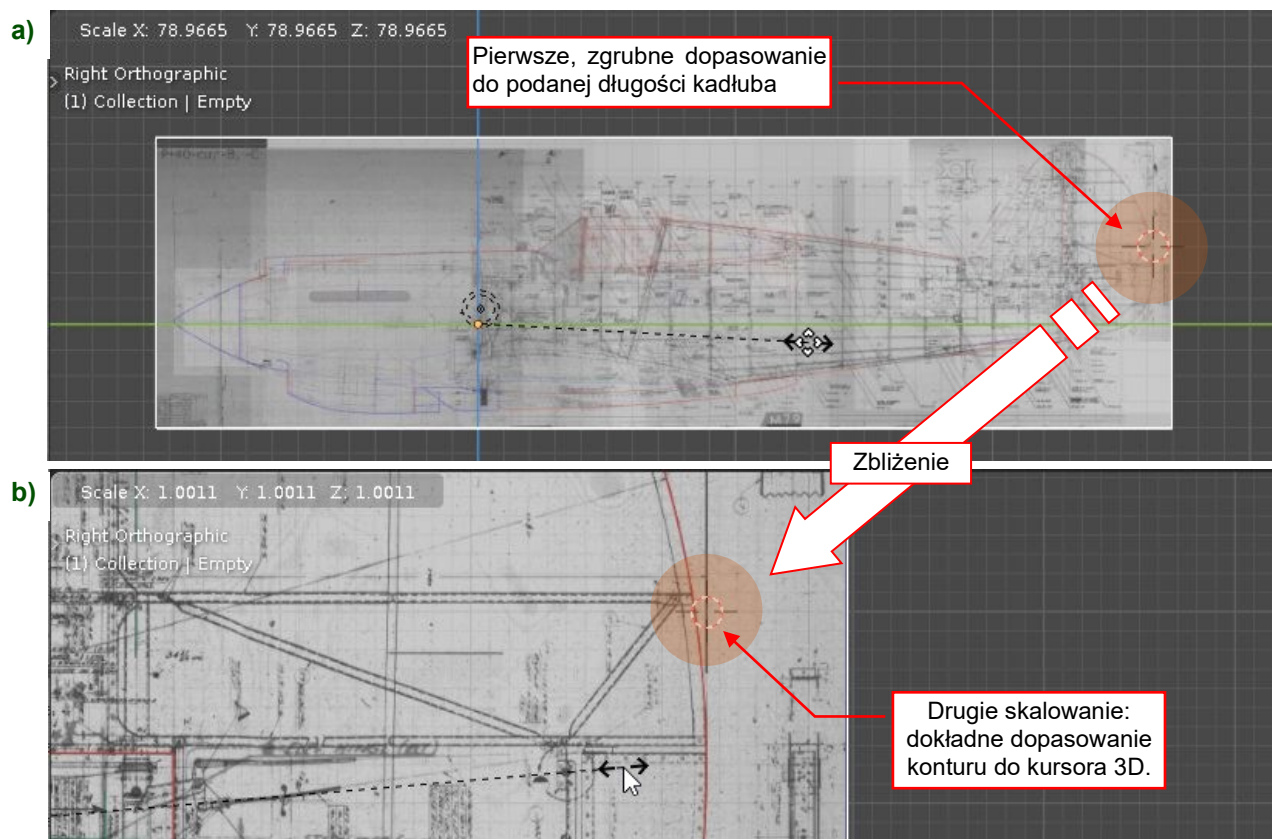
Jednak przed wywołaniem skalowania potrzebujemy punktu odniesienia. Ustal go za pomocą kursora 3D. Na tym planie jest podany wymiar: odległość od przegrody silnika do krawędzi spływu (262.34"). Stąd w panelu **View:3D Cursor** przybornika wpisałem następujące współrzędne: **X**: 0, **Y**: 262.34, **Z**: 30 (Rysunek 4.1.6):



Rysunek 4.1.6 Umieszczanie kursora 3D w zwymiarowanym punkcie

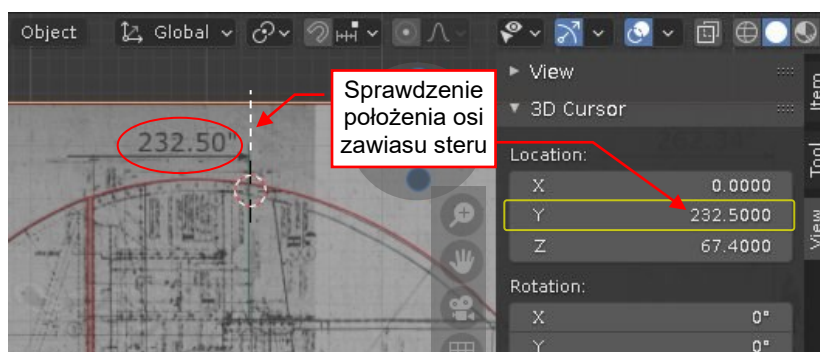
Wartość **Z** (+30) jest tylko szacunkiem odległości od osi **Y** miejsca o najszerzej cięciwie steru kierunku. Chcę tam umieścić kursor 3D, ponieważ w tym punkcie będę widział także linie skalowanego obrazu. Kiedy to zrobisz, pomniejsz aktualny widok, dopóki nie ujrzysz kursora 3D. Zwróć uwagę, jaki mały jest w tej chwili obraz!

Do skalowania obrazu możesz użyć suwak **Size** z panelu **Empty** (por. Rysunek 4.1.5). Jednak ja stosuję ogólne polecenie **Object→Transform→Scale** (**S**, por. str. 70)¹. Ustaw tryb **Pivot Point** (por. str. 67) na **Bounding Box Center**². Następnie skaluj ten obraz we wszystkich kierunkach jednocześnie (jednorodnym współczynnikiem skali). Użyj powiększeń do sprawdzania, kiedy kontur rysunku pasuje do kursora 3D (Rysunek 4.1.7):



Rysunek 4.1.7 Skalowanie obrazu referencyjnego

Zrobiłem to w dwóch krokach (wywołując **Scale** dwa razy). Najpierw zgrubnie powiększyłem ten obraz (Rysunek 4.1.7a), używając dużego współczynnika skali. Potem wykonałem zbliżenie na krawędź spływu steru (Rysunek 4.1.7b) i ponownie wywołałem **Scale**. Tym razem zmieniałem jego rozmiar o małe wartości, z wciśniętym **Shift**. Teraz sprawdźmy rezultat tej transformacji, umieszczając kursor 3D zgodnie z innymi wymiarami podanymi w tym rysunku. Rysunek 4.1.8 pokazuje weryfikację położenia zawiasu steru (232.5" od przegrody silnika):

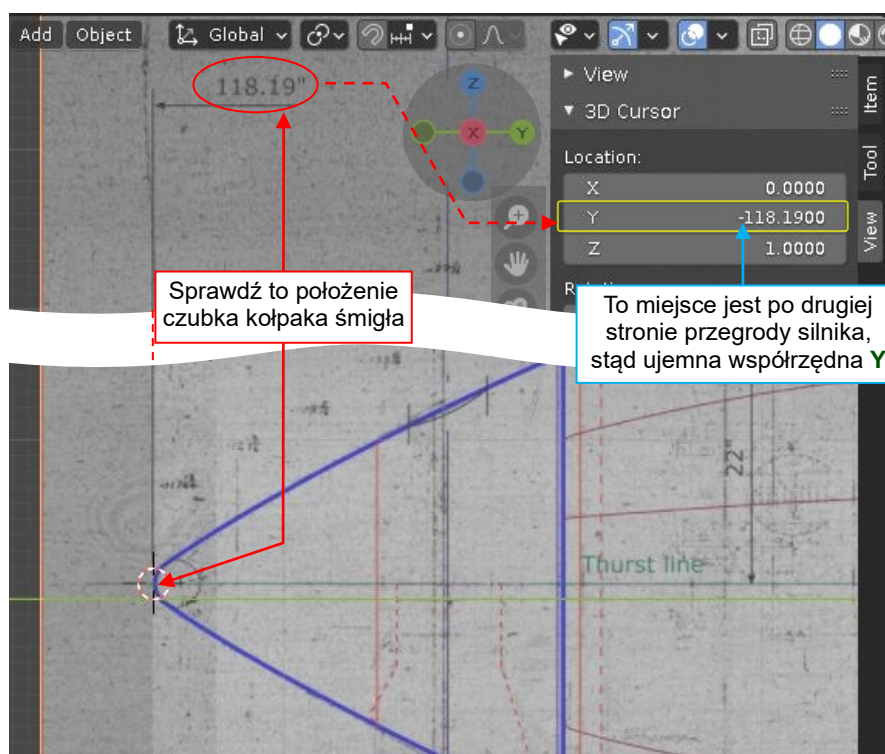


Rysunek 4.1.8 Użycie innych wymiarów do weryfikacji: zawias steru

¹ Te ogólne transformacje obiektu są szczególnie użyteczne w przypadku „surowych” obrazów, które nie były wcześniej przygotowane (skalowane i obracane) w Inkscape. W takich przypadkach dla zgrubnego kompensowania ewentualnych deformacji używam obrotu do wyrównania osi obrazu z globalnymi osiami sceny i dwóch różnych współczynników skali wzdłuż lokalnych (tj. obrazu) osi **X** i **Y**.

² Gdy masz zaznaczony tylko jeden obiekt (jak w tym przypadku), wszystkie opcje **Pivot Point** oprócz **3D Cursor** dają taki sam rezultat.

Rysunek 4.1.9 pokazuje ważniejszy test, dla którego umieściłem kursor 3D na czubku kołpaka śmigła. To przeciwna strona przegrody silnika, więc jej współrzędna **Y** jest ujemna:



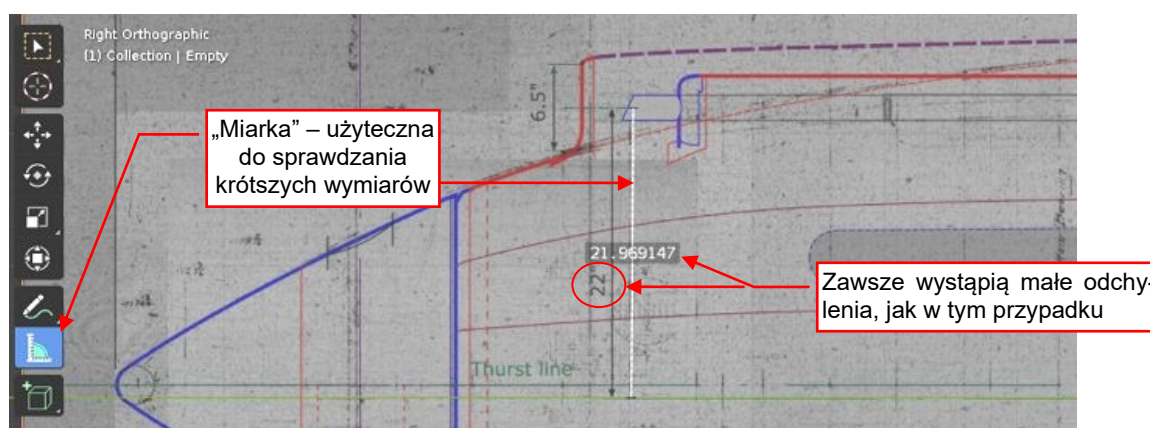
Rysunek 4.1.9 Użycie innych wymiarów do weryfikacji: kołpak śmigła

Suma tej odległości od przegrody (118.19") i odległości od przegrody krawędzi splywu stru (262.34" – por. Rysunek 4.1.6) daje ogólną długość P-40-cu/B/C: 380.53"¹.



W pasku narzędzi Blendera znajdziesz funkcję **Measure**. Ta „miarka” przydaje się do różnych weryfikacji *ad hoc*, ale uważam, że kursor 3D sprawdza się lepiej przy weryfikacji dłuższych dystansów.

Możesz użyć **Measure** do sprawdzania krótszych, pionowych wymiarów (Rysunek 4.1.10):

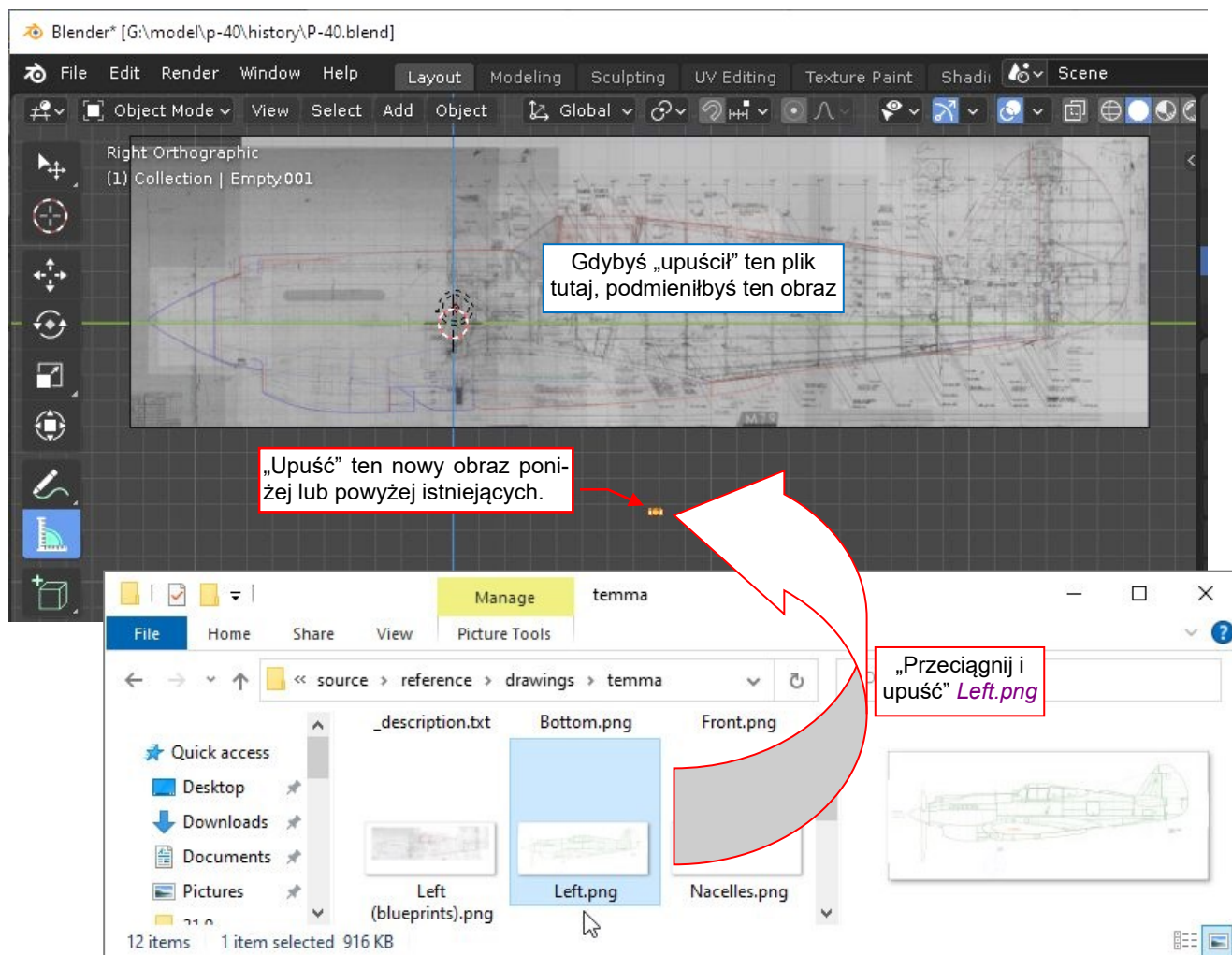


Rysunek 4.1.10 Weryfikacja krótszych wymiarów

Szczegóły „miarki” Blendera znajdziesz na str. 446. Gdybyś znalazł różnicę – skaluj ten obraz wzdłuż osi **Z**.

¹ Wszystkie częściowe wymiary w P-40 są podawane bez uwzględnienia grubości poszycia, które mogło wynosić od 0.02 do 0.05". Zazwyczaj było to 0.03". Stąd, jeżeli dodasz grubość poszycia kołpaka śmigła (0.03") do tej długości (380.53") otrzymasz 380.56", co jest zgodne z wymiarem z rysunku poglądowego (por. Tom I). Krawędź splywu steru była uformowana z wygiętej rury o przekroju trójkątnym. Jej zewnętrzna krawędź była pokryta płótnem, którego grubość nie jest uwzględniona w gabarytach samolotu.

Teraz dodajmy do tej sceny rysunki Jumpei Temmy, które przygotowaliśmy w poprzednich rozdziałach. Umieściłem je w oddzielnym folderze: *source\reference\drawings\temma*. Znajdź w nim plik o nazwie *Left.png* i „wrzuć” go do okna 3D, poniżej lub powyżej pierwszego obrazu (Rysunek 4.1.11):

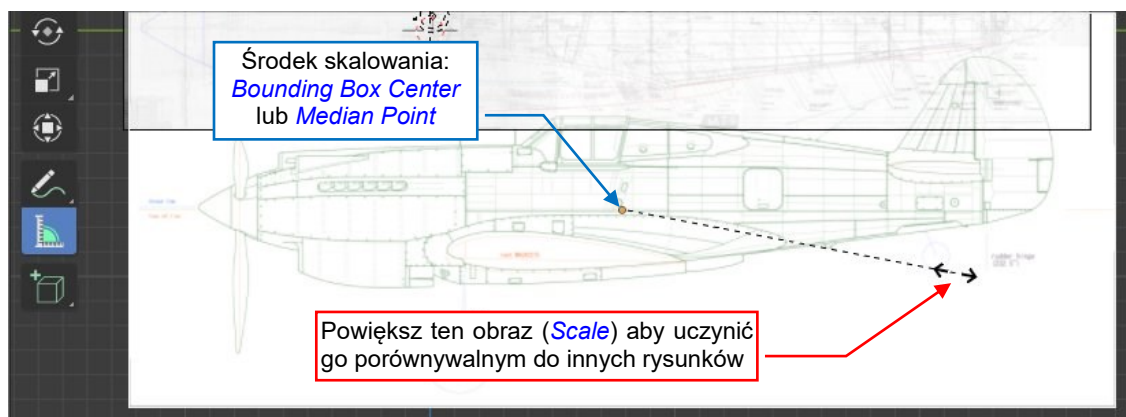


Rysunek 4.1.11 Dodanie nowego widoku z boku



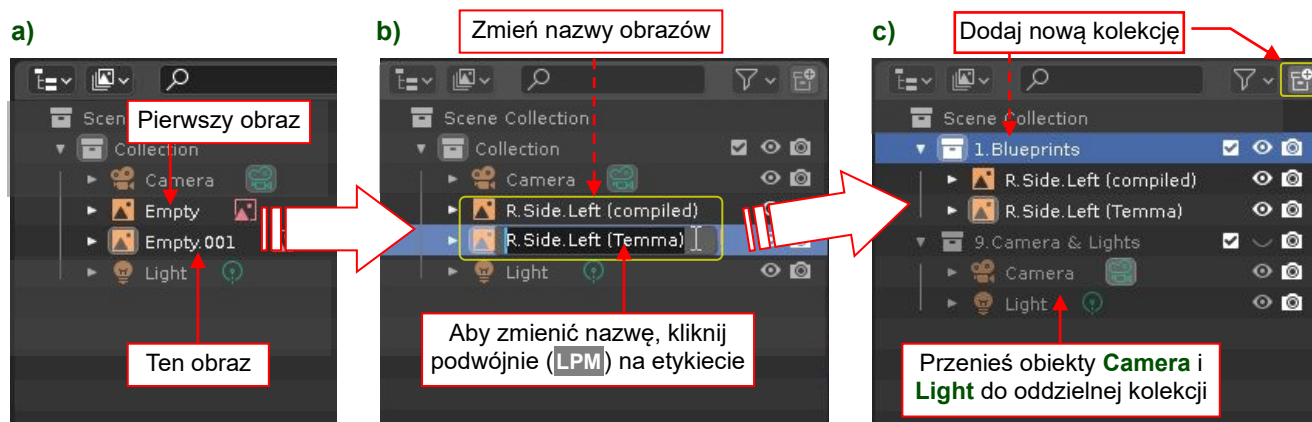
Jeżeli „upuścisz” ten plik na obiekt *Empty (Image)*, Blender użyje go zamiast oryginalnego obrazu. To wygodna metoda na szybką podmianę rysunków referencyjnych o jednakowych wymiarach i środkach. Jeżeli jednak zrobiłeś to przez pomyłkę – użyj polecenia *Edit → Undo*.

Rysunek 4.1.11 pokazuje, że nowo wstawiony do sceny obrazu jest bardzo mały (szerokość: 5 cali). Aby uczynić go porównywalnym z poprzednim obrazem, powiększ go (*Scale*) zgrubnie (jak to pokazuje Rysunek 4.1.7a):



Rysunek 4.1.12 Początkowe, zgrubne skalowanie nowego obrazu referencyjnego

Blender nadał temu nowemu obiektowi nazwę **Empty.001** (Rysunek 4.1.13a). Następny byłby **Empty.002**, i tak dalej. Te nazwy bez znaczenia szybko uczyniłyby Twój projekt niemożliwym do zarządzania. Dlatego zaraz po dodaniu nowego obiektu do sceny, nadaj mu nową nazwę (Rysunek 4.1.13b). Czasami możesz także dodać nową kolekcję (por. str. 448), tak jak zrobiłem to w tym przypadku (Rysunek 4.1.13c):



Rysunek 4.1.13 Organizacja struktury projektu (okno **Outliner**)

W Blenderze te nazwy są także identyfikatorami, więc muszą być unikalne. Z tego powodu, sugeruję dodawać unikalne przedrostki do wszystkich obiektów i kolekcji projektu. Dla nazw rysunków referencyjnych dodaję tylko przedrostek „R” („R” jak „referencyjny”). To z powodu ograniczonej liczby tych obrazów na scenie: jestem pewien, że „ludzka” część ich nazw będzie unikalna. Wszędzie w projekcie używam języka angielskiego.

Zwróć uwagę, że pozostawiam „luki” w numeracji przedrostków kolekcji: **1.Blueprints**, **9.Camera & Lights**. To są miejsca dla innych zespołów („Wing”, „Empennage”, „Fuselage”), które dodamy w kolejnych rozdziałach.

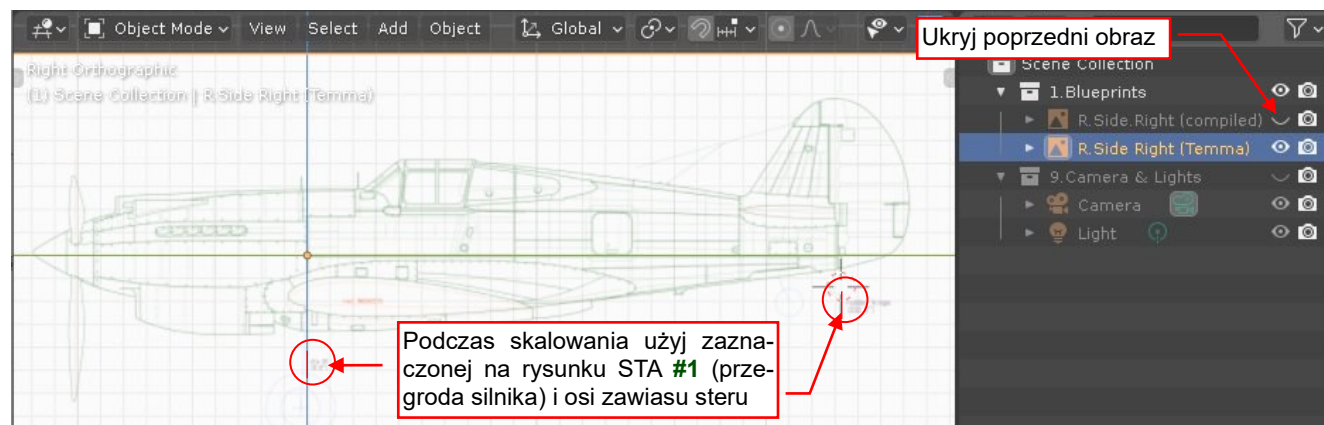
Technicznie rzecz biorąc, zmieniłem nazwę domyślnej kolekcji (Collection) na **9.Camera & Lights**. Zrobiłem to w ten sam sposób, w jaki zmieniam nazwy obiektów (podwójne kliknięcie w etykietę i wpisanie nowej nazwy). Następnie użyłem przycisku z nagłówka okna **Outliner** (por. Rysunek 4.1.13c) aby dodać nową kolekcję. Nazwałem ją **1.Blueprints**. Potem odwróciłem ich kolejność przeciągając kolekcję **1** powyżej kolekcji **9**. Na końcu przesunąłem (także metodą „przeciągnij i upuść”) obydwa obiekty z obrazami do kolekcji **1**.



Jak pokazuje to Rysunek 4.1.13c), Ukryłem także obiekty kamery i światła klikając ikonę „oka” przy kolekcji **9**. Zrobiłem to, gdyż nie będziemy ich potrzebować podczas modelowania.

W podobny sposób możesz ukrywać/odkrywać pojedyncze obiekty. Teraz schowaj pierwszy obraz (**R.Side.Left (compiled)**), jak to pokazuje Rysunek 4.1.14, gdyż zasłaniałby nam rysunek dodany przed chwilą.

Przygotuj ten nowy obraz w ten sam sposób, w jaki przygotowaliśmy poprzedni: zmniejsz jego nieprzejrzystość, umieść środek (**origin**) na przegrodzie silnika, itd. (patrz str. 85-88).



Rysunek 4.1.14 Rysunek J. Temmy, wyrównany i wyskalowany

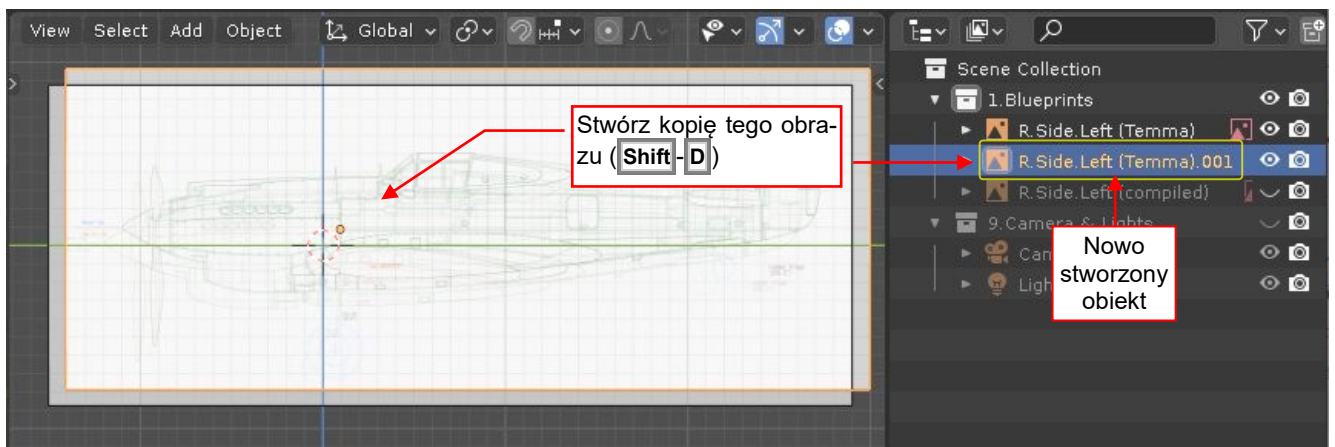


Dlaczego używamy dwa widoki z lewej? Ponieważ występują pomiędzy nimi drobne różnice, szczególnie w okolicach osłony silnika (Tom I, sekcja 6.1, Rysunek 6.1.3 i 6.1.7).

W szczególności, całkowita długość P-40B Jumpei Temmy jest o około 1.2" większa od wymiaru podanego w rysunkach poglądowych Curtiss (por. Tom I, sekcja 3.3). Główną przyczyną tej różnicy jest rozmiar kołpaka śmigła: na rysunkach J. Temmy wydaje się być za długi. Dodałem kilka korygujących konturów do jego rzutu z góry (*Top.png*), który znajduje się w folderze *source\reference\drawings\temma*. W przypadku rzutu z boku zdecydowałem się użyć do kształtowania osłony silnika mojej „kompilacji” dokumentacji źródłowej (*P-40B_side.png* – to pierwszy obraz, który załadowaliśmy w tej sekcji). Te dwa widoki się uzupełniają: rysunek Temmy pokazuje szczegóły połączeń i nitów, podczas gdy na mojej kompilacji znajdziesz szkielet kadłuba.

Wyciąłem te obrazy referencyjne z planów Jumpei Temmy nadając im jednolite rozmiary i położenie osi (por. Tom I, sekcja 3.7, Rysunek 3.7.9). Teraz ta metoda zaprocentuje. W związku z tym, że rzut z lewej (*Left.png*) i rzut z prawej (*Right.png*) mają te same „ramki” i środki, mogę stworzyć w Blenderze obraz rzutu z prawej poprzez skopiowanie obiektu z rzutem z prawej i podmianę połączonego z nim obrazu.

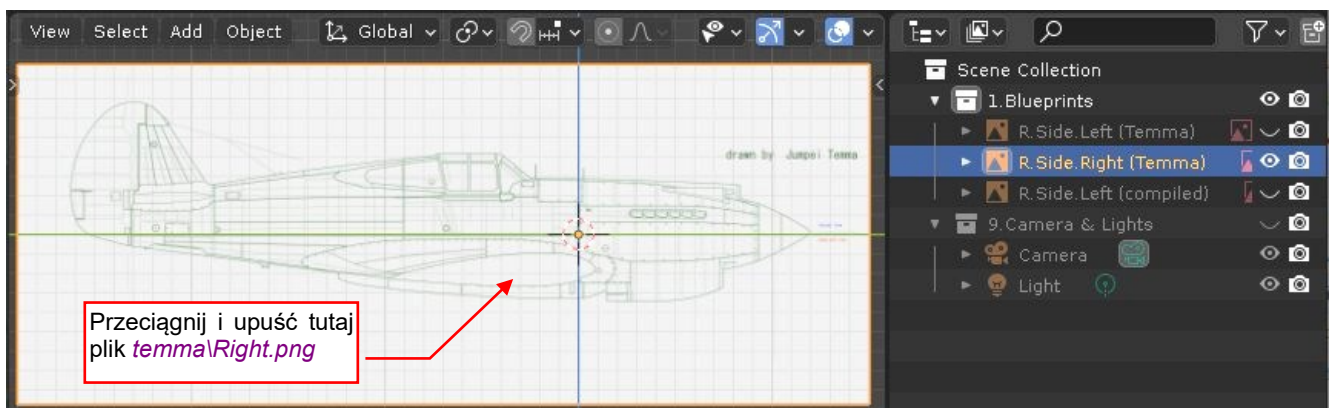
Zróbmy to: skopiuj obiekt **R.Side.Left (Temma)**. Zrób to wykorzystując polecenie **Object → Duplicate Objects**, lub jego skrótu: **Shift-D** (szczegóły – str. 464):



Rysunek 4.1.15 Kopiowanie obrazu (widoku z boku)

Blender nazwie ten nowy obiekt **R.Side.Left (Temma).001**. Zmień tę nazwę na **R.Side.Right (Temma)**.

Ukryj oryginalny obraz **R.Side.Left (Temma)** i upewnij się, że środek (*origin*) **R.Side.Right (Temma)** znajduje się w (0,0,0) (por. Rysunek 4.1.4). Możesz także przełączyć projekcję okna 3D na drugą stronę (**Ctrl-3**). Następnie przeciągnij i upuść obraz *source\reference\drawings\temma\Right.png* na obiekt **R.Side.Right**. Powinienes natychmiast zobaczyć widok z prawej, poprawnie ustawiony i wyskalowany (Rysunek 4.1.16):



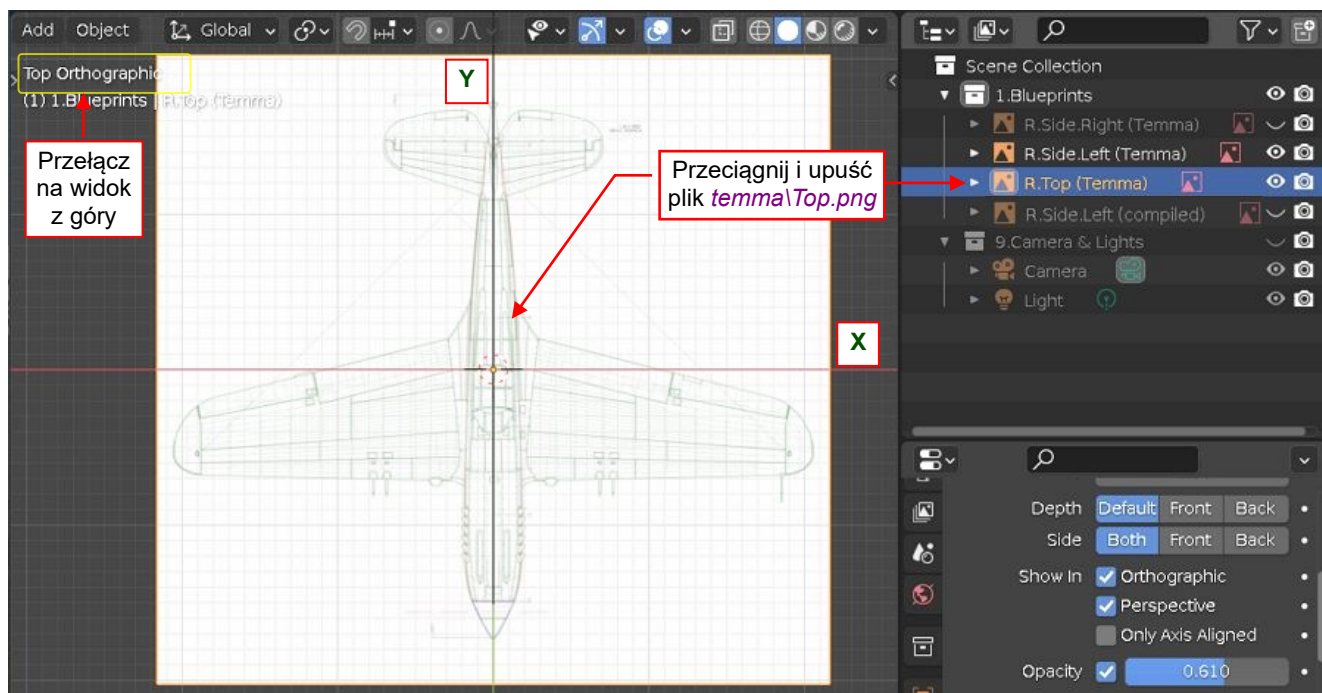
Rysunek 4.1.16 Podmiana obrazu referencyjnego

„Upuszczony” na obraz plik zastąpił w tym obiekcie poprzedni rysunek, zachowując dotychczasową skalę i przesunięcie. Włączyć widoczność obydwu rzutów z boku Temmy i sprawdź, czy do siebie pasują.



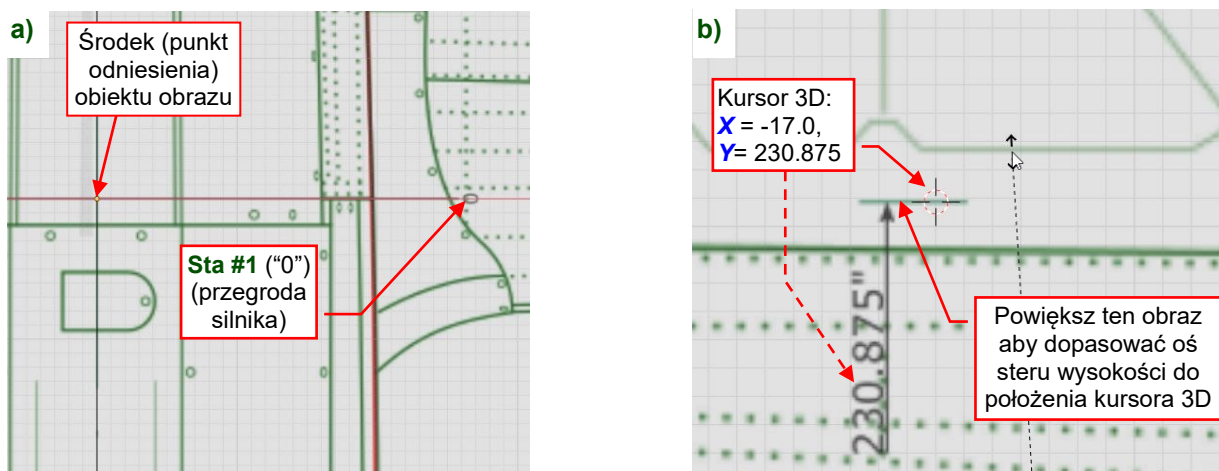
Aby zachować w tym samym miejscu punkt środkowy obydwu widoków, *Right.png* jest lustrzanym odbiciem oryginalnej sylwetki z planów Jumpei Temmy. W Blenderze taka transformacja nie czyni żadnej różnicy, ponieważ każdy obraz widać z obydwu stron.

Teraz przełącz projekcję na widok z góry (7) i „upuść” w oknie Blendera plik *Top.png* z tego samego katalogu (*source\reference\drawings\temma*). Nazwij go **R.Top (Temma)**. Powiększ ten obiekt, aby lepiej go widzieć, obróć o 90° i umieść w środku układu współrzędnych (0,0,0):



Rysunek 4.1.17 Przygotowanie rzutu z góry

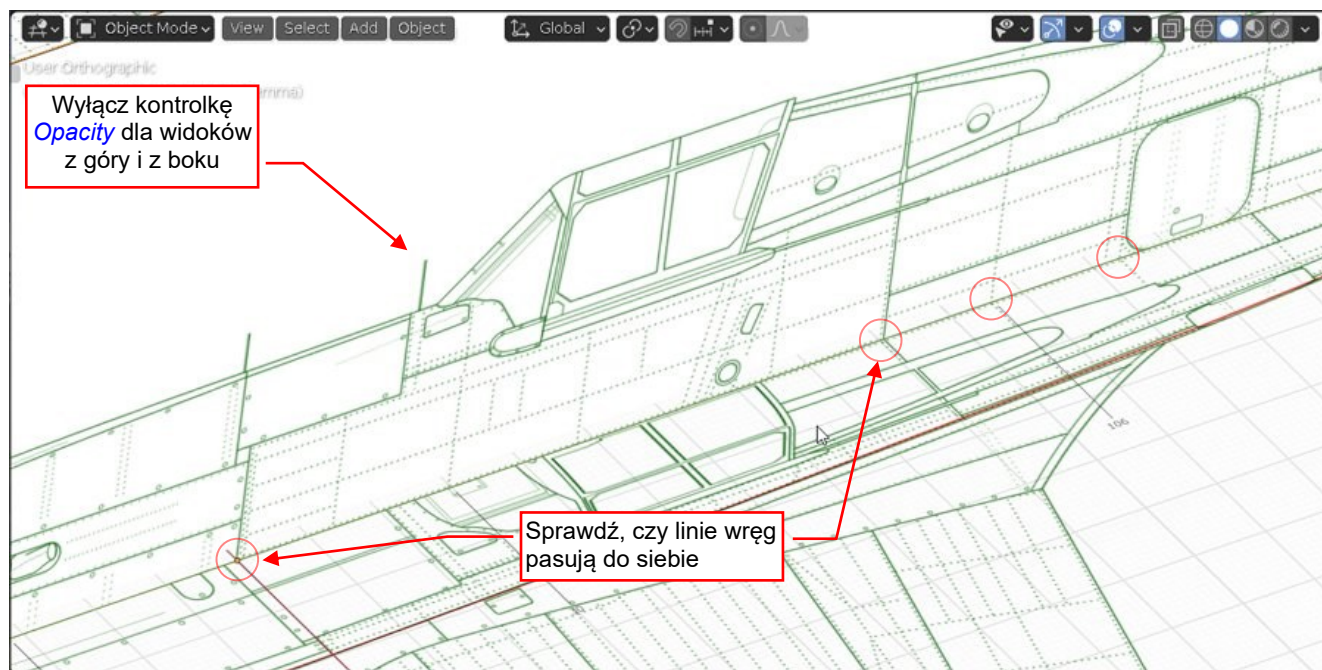
Podczas gdy oś symetrii kadłuba już leży na globalnej osi Y, wciąż musimy dostosować **Offset X** tego obrazu, aby przegroda silnika leżała w środku (*origin*) obiektu. Aby w tym pomóc, linia **STA #1** (t.j. $Y = 0$) jest zaznaczona czarną linią (Rysunek 4.1.18a):



Rysunek 4.1.18 Kluczowe punkty dla skalowania widoku z góry

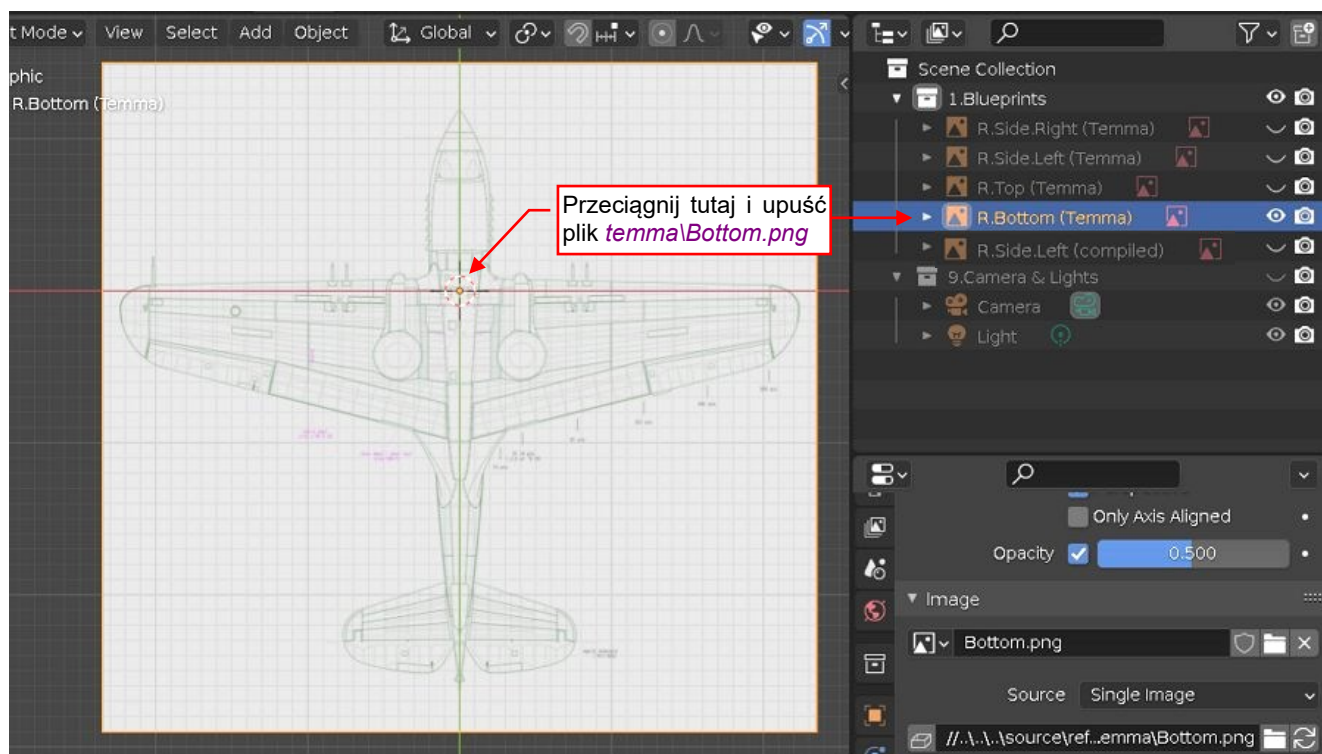
Do precyzyjnego skalowania użyj jednego z wymiarów widocznych na usterzeniu. Może to być oś steru wysokości, położona 230.875” od przegrody silnika (Rysunek 4.1.18b).

Po tym skalowaniu, sprawdź czy końcówka każdego płata „dotyka” $X=\pm 223.75$ ” (to połowa rozpiętości P-40: 447.5”). Możesz także wyłączyć na chwilę przejrzystość tych obrazów (por. Rysunek 4.1.3) i sprawdzić, czy na rzutach z góry i z boku pasują do siebie linie odpowiednich wręg (Rysunek 4.1.19):



Rysunek 4.1.19 Dopasowanie widoków z góry i z boku

Gdy wszystko wydaje się być na swoim miejscu, skopiuj obraz **R.Top (Temma)** w nowy obiekt, o nazwie **R.Bottom (Temma)**. Następnie zastąp plik powiązany z tą kopią plikiem **Bottom.png**, z tego samego katalogu (Rysunek 4.1.20):

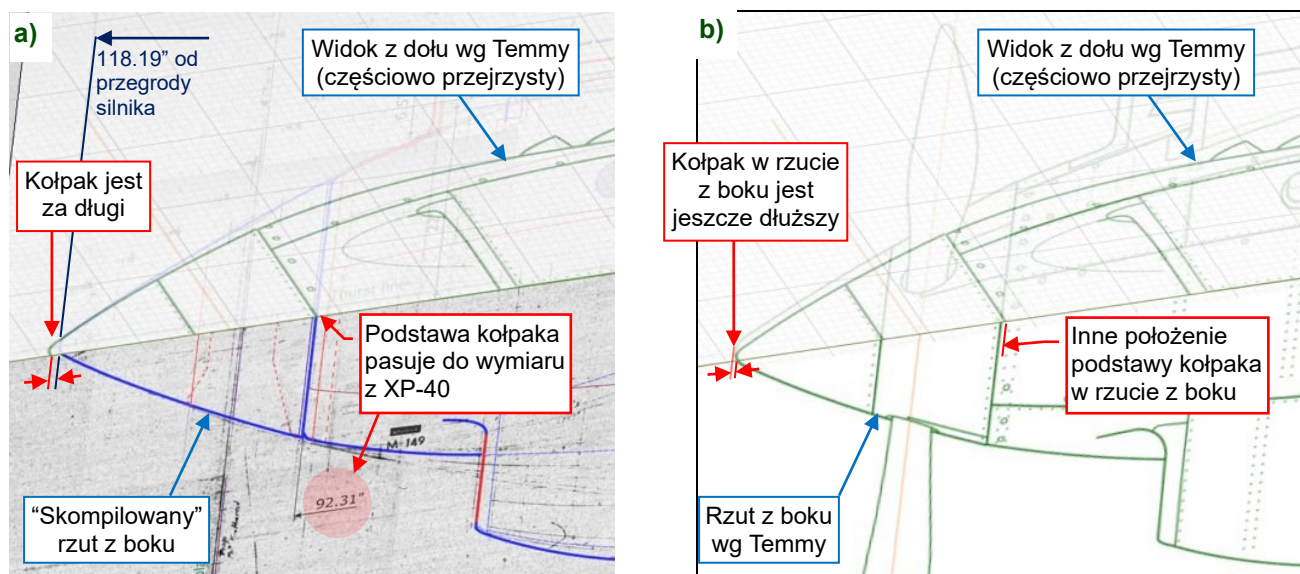


Rysunek 4.1.20 Widok z dołu



Dodatkowo możesz wykonać „lustrzane odbicie” tego obrazu, skalując go (: -1) wzdłuż osi **X** (por. str. 70). W ten sposób reflektor lądowania w widoku z dołu znajdzie się na poprawnym, lewym skrzydle.

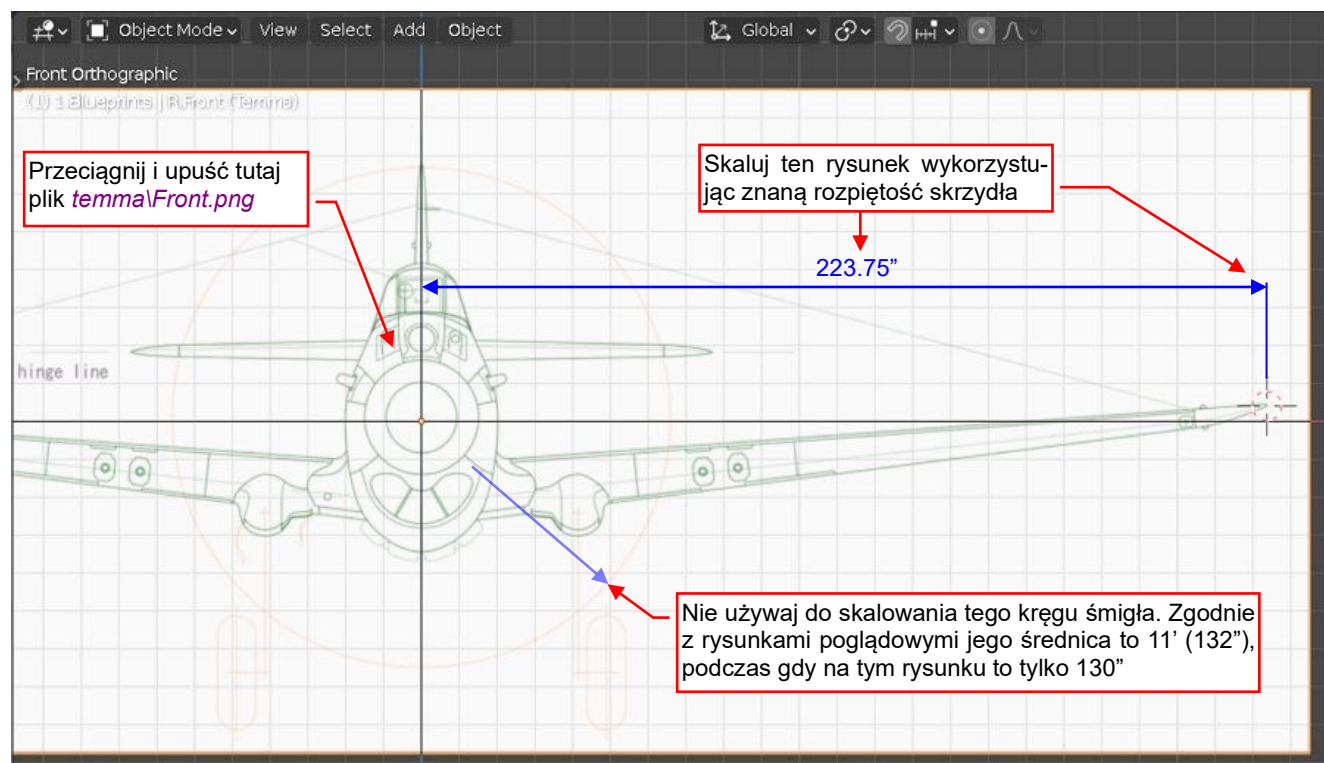
Porównanie tego rzutu z dołu z rzutami z boku potwierdziło, że w rysunkach Temmy coś jest nie tak z kołpakiem śmigła. W widoku z dołu, podstawa kołpaka znajduje się 92.31" od przegrody silnika. To zgadza się z wymiarem z dokumentacji XP-40, której użyłem w mojej „kompilacji” widoku z boku P-40B (Rysunek 4.1.21a):



Rysunek 4.1.21 Problem z kształtem kołpaka śmigła na rysunku J. Temmy

Jak wspomniałem wcześniej, długość kołpaka w rysunkach J. Temmy jest za duża (o około 1"). Co więcej, Rysunek 4.1.21b) pokazuje, że linie kołpaka z rzutów z boku i dołu tych samych planów nie pasują do siebie. W rzutach z boku są minimalnie przesunięte do przodu. No cóż, takie niewielkie różnice mogą się zdarzyć nawet na najlepszych rysunkach.

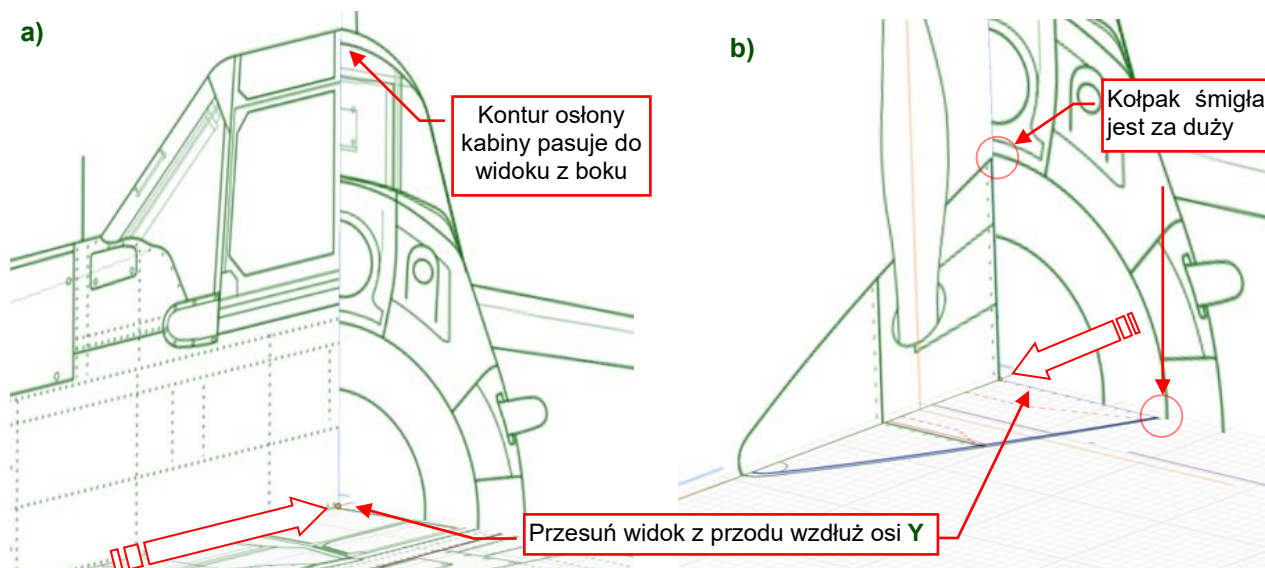
Ostatnią parą ogólnych rysunków referencyjnych są sylwetki samolotu z przodu i z tyłu. Przełącz się na projekcję z przodu (1), a potem przeciągnij z folderu `source\reference\drawings\temma\` plik o nazwie `Front.png`. Upuść go w okno Blendera, a potem wyrównaj jego pozycję i dopasuj skalę (Rysunek 4.1.22):



Rysunek 4.1.22 Widok z przodu

Do skalowania tych obrazów, użyj rozpiętości skrzydła (223.75"). Nazwij ten obiekt: **R.Front (Temma)**.

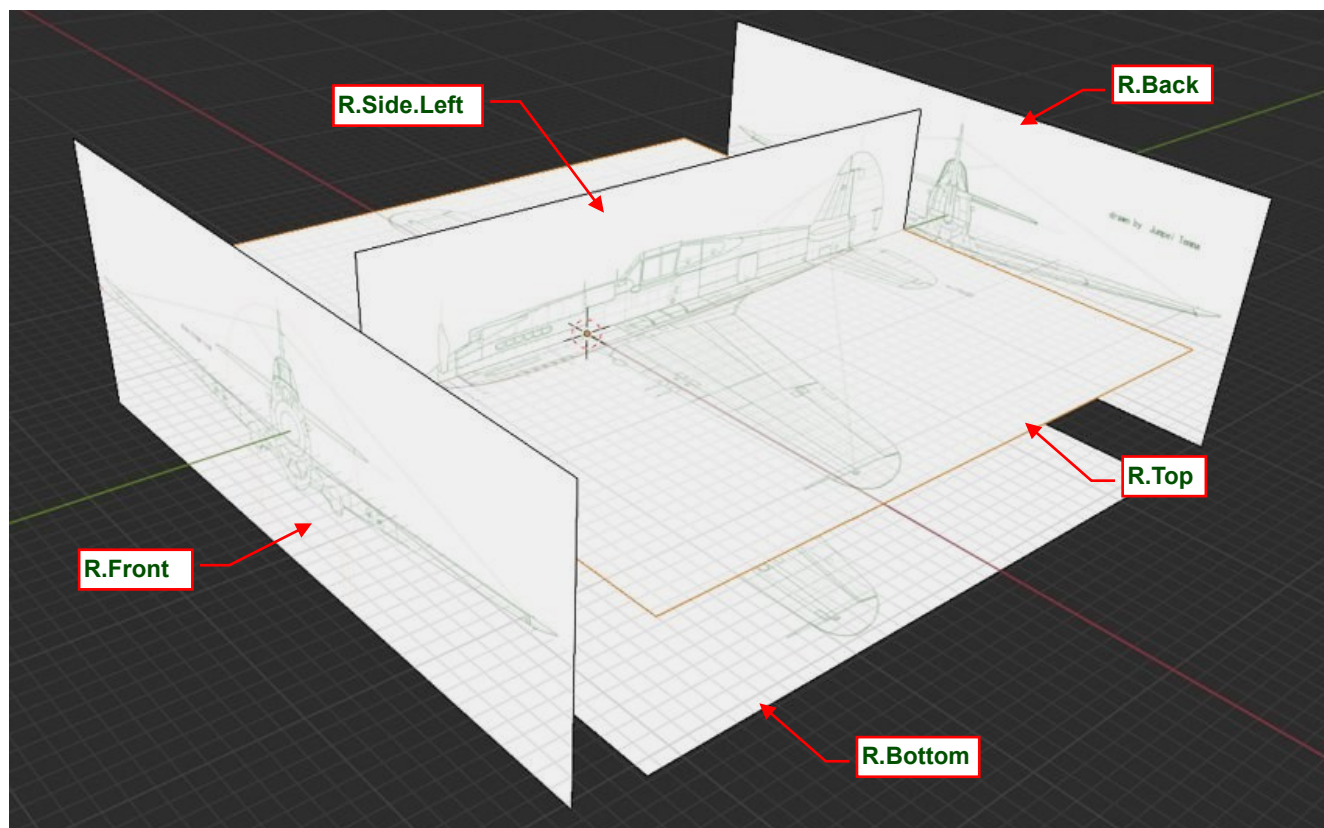
Możesz przesunąć ten obraz wzdłuż globalnej osi **Y** i sprawdzić, czy jego pozostałe szczegóły pasują do odpowiedników w rzutach z góry i z dołu (Rysunek 4.1.23):



Rysunek 4.1.23 Sprawdzenie widoku z przodu

Kontur osłony kabiny pasuje do widoku z boku (Rysunek 4.1.23a). Jednak średnica podstawy kołpaka wydaje się być większa od konturu z widoków z góry i z dołu (Rysunek 4.1.23b).

Skopiuj ten obiekt **R.Front (Temma)** i zastąp jego zawartość z obrazem **Rear.png** z tego samego katalogu. Nazwij ten nowy obiekt **R.Back (Temma)**. Sugeruję umieścić te dwa obrazy przed kołpakiem śmigła i za krawędzią splotu steru kierunku. Możesz także przesunąć obraz **R.Bottom** poniżej kół głównych (Rysunek 4.1.24):



Rysunek 4.1.24 Ustawienie głównych rysunków referencyjnych na scenie Blendera

Dwa pozostałe rzuty z boku (**R.Side.Right** i **R.Side.Left (compiled)**) są ukryte, ponieważ będziemy ich używać jako rysunków alternatywnych: gdy jeden z nich jest widoczny, pozostałe są ukryte. W istocie, w zależności od bieżących potrzeb będziemy także ukrywać/odkrywać pozostałe rysunki referencyjne.

W następnych rozdziałach dodamy do kolekcji **Bluerpints** dalsze szczegółowe rysunki, jak kontur skrzydła w rzucie z góry i jego przekroje, mechanizm głównego podwozia, i przekroje poprzeczne kadłuba.



Rysunki referencyjne w tej scenie oznaczyłem używając konwencji „lotniczej”. Nazywa się w niej widoki ortograficzne „z fotela pilota”. Z drugiej strony, projekcje ortograficzne w Blenderze są nazywane z innego punktu widzenia, umieszczonego z przodu obiektu (taka jest ogólna konwencja, stosowana w rysunkach technicznych).

Dlatego aby zobaczyć lewą stronę samolotu w Blenderze (obrazy referencyjne: **R.Side.Left***) musisz przełączyć się na projekcję o nazwie **Right**. Na str. 40 pokazałem podobny przypadek dla modelu Ła-5F. Mam nadzieję, że przyzwyczaisz się do tej konwencji.

Podsumowanie

- Pierwszym krokiem w modelowaniu 3D jest rozmieszczenie na scenie projektu rysunków referencyjnych.
- Rysunki można łatwo wstawiać w scenę Blendera metoda „przeciągnij i upuść” (str. 84). Domyślnie, Blender wstawia je jako „linki” (przechowuje relatywne ścieżki do plików obrazów we właściwościach obiektów **Empty** – por. str. 85).
- Ustawienie obrazu referencyjnego wymaga czterech kroków:
 1. Włącz kontrolę przejrzystości (**Opacity**) i zmniejsz nieprzejrzystość obrazu (str. 85).
 2. Umieść punkt odniesienia (środek) obrazu w odpowiednim miejscu sceny (str. 85).
 3. Popraw relatywne położenie środka obrazu (zmieniając jego wartości **X/Y offset** – str. 86).
 4. Dopasuj skalę obrazu. Staraj się to robić to w oparciu o jakiś jawny wymiar (str. 86,87).
- Zdecyduj przed ustaleniem skali pierwszego obrazu, jaką „skalę” ma mieć Twój model 3D (str. 86).
- Sprawdź na wyskalowanym obrazie referencyjnym inne znane wymiary (str. 87, 88).
- Organizuj obiekty referencyjne w Twoim projekcie poprzez ujednolicone nazewnictwo i grupowanie w wydzielonej kolekcji (str. 90).
- Możesz szybko zastąpić obraz wyświetlany przez obiekt **Empty** poprzez „upuszczenie” na nim pliku z innym obrazem (str. 91, 93).



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: **model\p40\history\P40B-8.01.blend**.

Ten plik ***.blend** zawiera linki do plików z obrazami referencyjnymi z folderu **source\reference\drawings**. To linki względne, więc jeżeli zachowasz oryginalną strukturę katalogów danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) i otworzysz ten plik Blendera w oryginalnym folderze, zobaczysz w jego scenie wszystkie rysunki referencyjne. Jeżeli zamierzasz zapisać ten plik w innej lokalizacji, użyj w tym celu polecenia Blendera **File → Save As**. W ten sposób unikniesz zerwania tych powiązań.

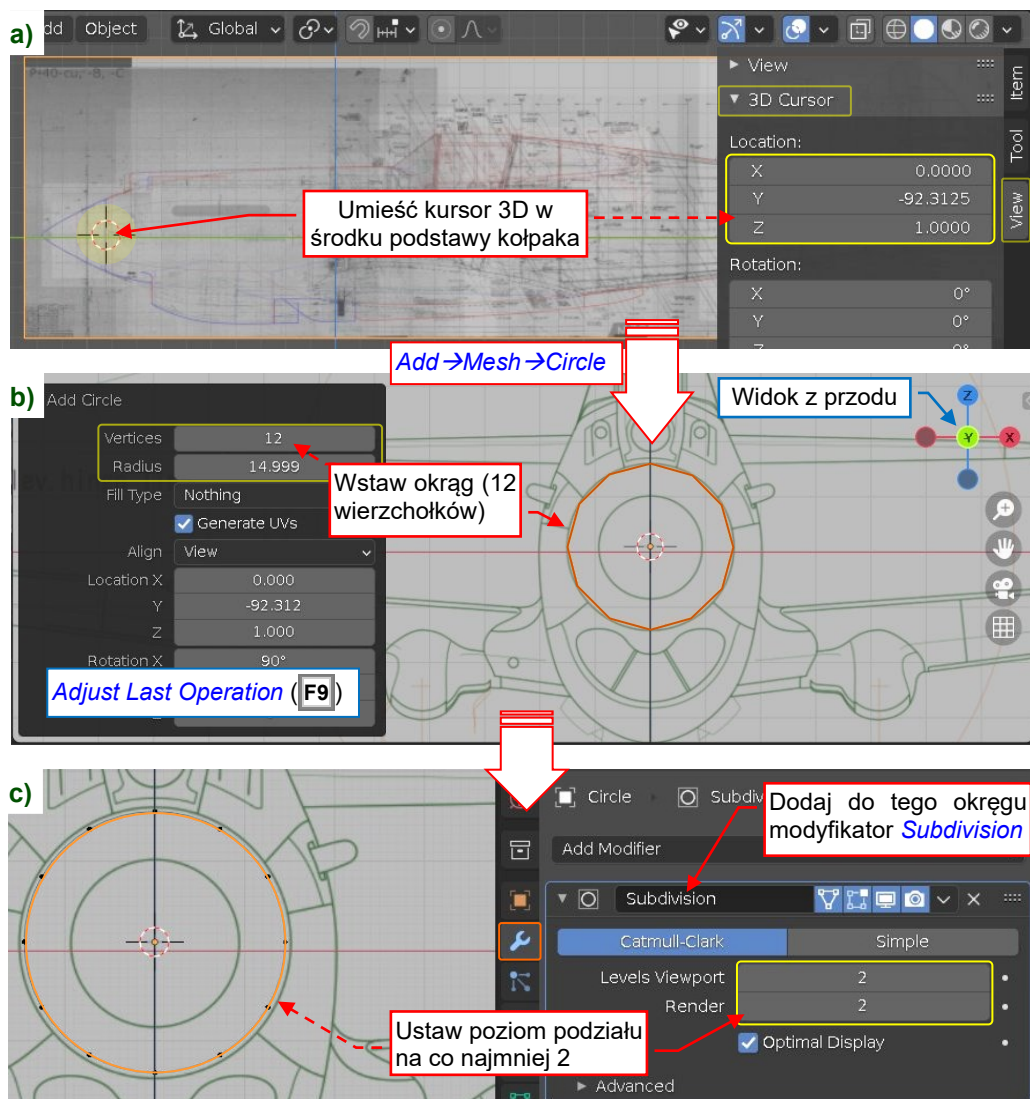
4.2 Kołpak śmigła

W tej sekcji uformujemy kołpak śmigła. Na początek wybrałem tę część ze względu na jej prosty, obrotowy kształt. Każdy krok procesu modelowania będzie tu przedstawiany bardziej szczegółowo niż w dalszych sekcjach. Jeżeli jest to Twoja pierwsza praca w Blenderze, daje to możliwość poznania podstawowych technik modelowania powierzchni. W trakcie czytania korzystaj z linków (numerów stron) do szczegółowych opisów.

Zacznijmy:

1. Ukryj wszystkie rysunki referencyjne oprócz **R.Side.Left (compiled)** i **R.Front (Temma)**.
2. Umieść kursor 3D w środku okręgu podstawy kołpaka. Zgodnie z wymiarami z dokumentacji, znajdował się 92.31" od przegrody silnika. Stąd umieść kursor w **X=0.0, Y=-92.31, Z=1.0**, jak pokazuje to Rysunek 4.2.1a) (por. także str. 68). W tym punkcie Blender wstawi nowy obiekt.
3. Przełącz projekcję na widok z przodu (**1**) i wstaw okrąg poleceniem **Add → Mesh → Circle** (por. str. 466). W panelu parametrów polecenia (**F9**: **Adjust Last Operation**) ustaw jego promień tak, aby pasował do rysunku referencyjnego (około **15"**) i wybierz umiarkowaną liczbę wierzchołków: **12** (Rysunek 4.2.1b).
4. Dodaj do obiektu modyfikator **Subdivision Surface** (w zakładce **Properties:Modifiers** – por. str. F22.4.4). Ustaw jego obydwie podziały **Levels** na **2**. To przekształci ten wielobok w gładki okrąg (Rysunek 4.2.1c).

Rysunek 4.2.1 pokazuje ten proces:

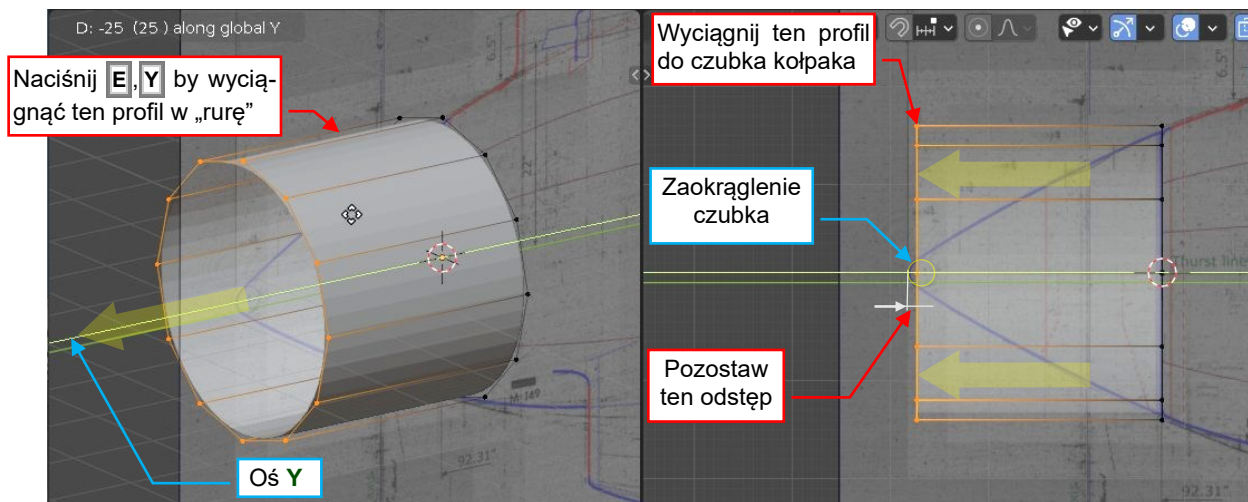


Rysunek 4.2.1 Tworzenie okrągłej podstawy kołpaka

Teraz wyciągnij (*extrude*) ten okrąg w „rurę”:

1. Przełącz się w *Edit Mode* (**Tab** – por. str. 496, 497).
2. Zaznacz wszystkie wierzchołki tego okręgu (**A** – patrz także opis zaznaczania na str. 498).
3. Wyciągnij je wzdłuż osi **Y** na około **25”** (**E**, **Y** lub *Mesh → Extrude* – por. str. 503). W ten sposób pozostawisz przestrzeń na zaokrąglenie czubka kołpaka.

Rysunek 4.2.2 ilustruje tę operację:



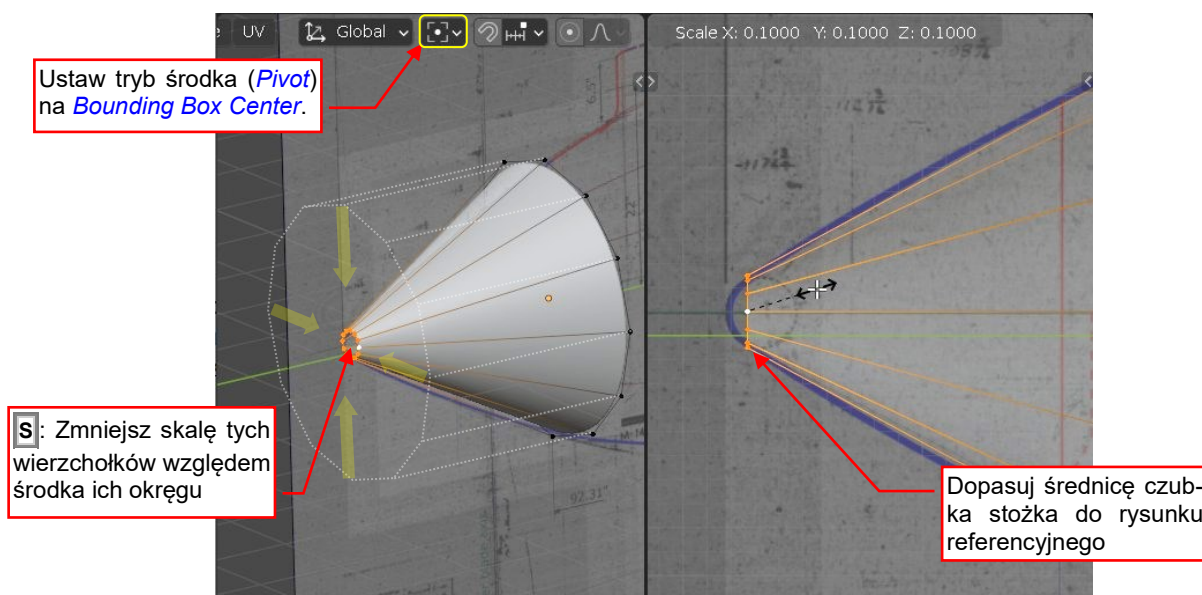
Rysunek 4.2.2 Wyciągnięcie okręgu w powierzchnię

Po wyciągnięciu, zmień metodę cieniowania tej nowo utworzonej powierzchni z „płaskiej” na „gładką” (*Face → Shade Smooth*, por. str. F23.10.3).

Przekształć ten walec w stożek:

1. Upewnij się, że środek transformacji (*Pivot*) jest ustawiony na *Bounding Box Center* (Rysunek 4.2.3) .
2. Zaznacz przednią krawędź tej powierzchni (por. str. 498).
3. Zmniejsz zaznaczoną sekcję (**S**, lub *Mesh → Transform → Scale* – str. 506)

Rysunek 4.2.3 ilustruje tę operację:



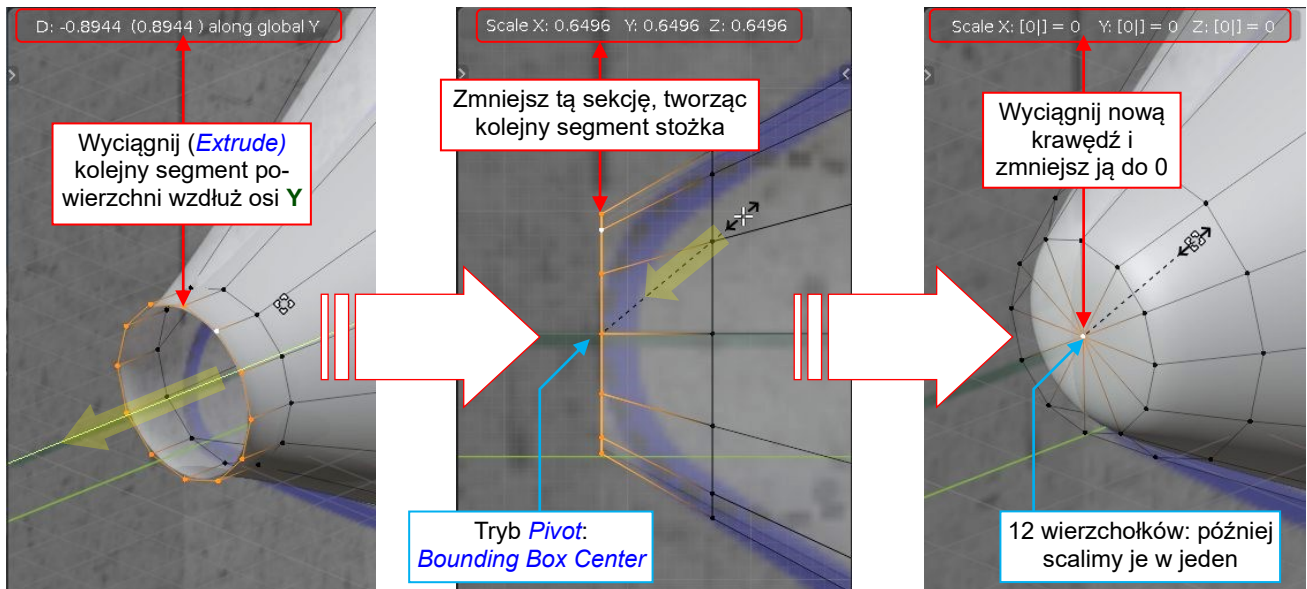
Rysunek 4.2.3 Formowanie stożka kołpaka śmigła

Dopasuj rozmiar czubka tego stożka do promienia czubka kołpaka, który widać na rysunku referencyjnym.

Z czubka tego stożka:

1. Wyciągnij (**E**) nową krawędź z poprzednio zmniejszonego okręgu wierzchołków i przesun tę nową sekcję naprzód (Rysunek 4.2.4), do czubka kołpaka (o **0.89"**).
2. Zmniejsz średnicę tego nowego okręgu poprzez skalowanie (**S**).
3. Wyciągnij kolejną krawędź z poprzedniej (**E**). Tym razem, zamiast przesunięcia, naciśnij **S** by przełączyć się na skalowanie. Umieść wierzchołki na osi kołpaka, zmieniając ich skalę do **0**.

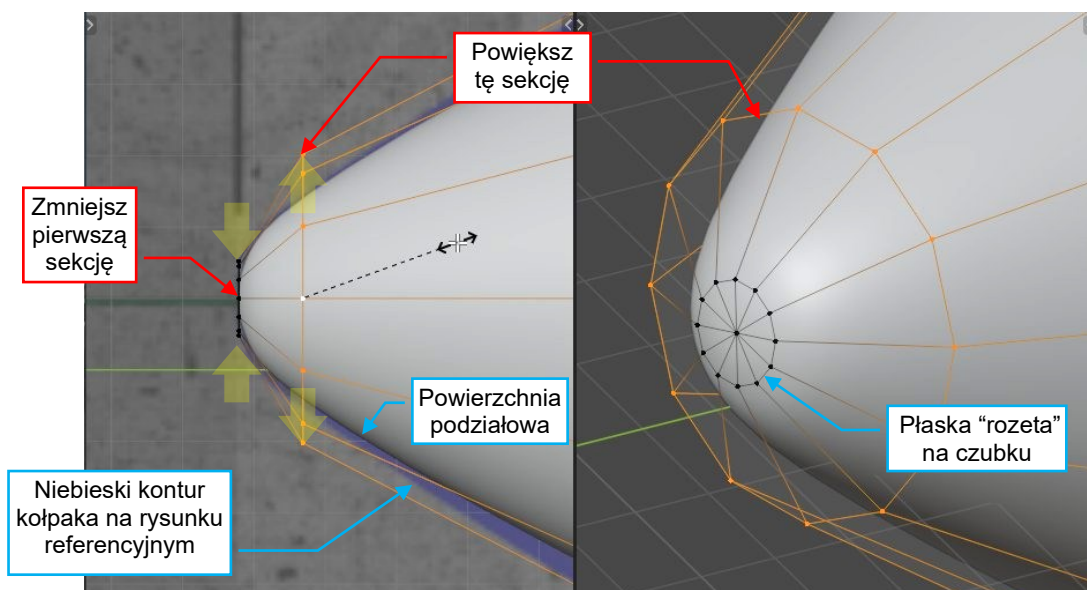
Rysunek 4.2.4 ilustruje tę operację:



Rysunek 4.2.4 Formowanie zaokrąglenia na czubku kołpaka

Ewentualnie możesz już złączyć taką „zdegenerowaną” krawędź w pojedynczy wierzchołek poleceniem **Mesh→Merge→At Center** (str. 518). Jednak sugeruję wykonać ten krok później, na str. 100.

Aby dopasować ten czubek do błękitnego konturu na rysunku referencyjnym, zmniejszyłem (**Scale**) jego pierwszą sekcję i powiększyłem (x **1.3**) sekcję następną (Rysunek 4.2.5):



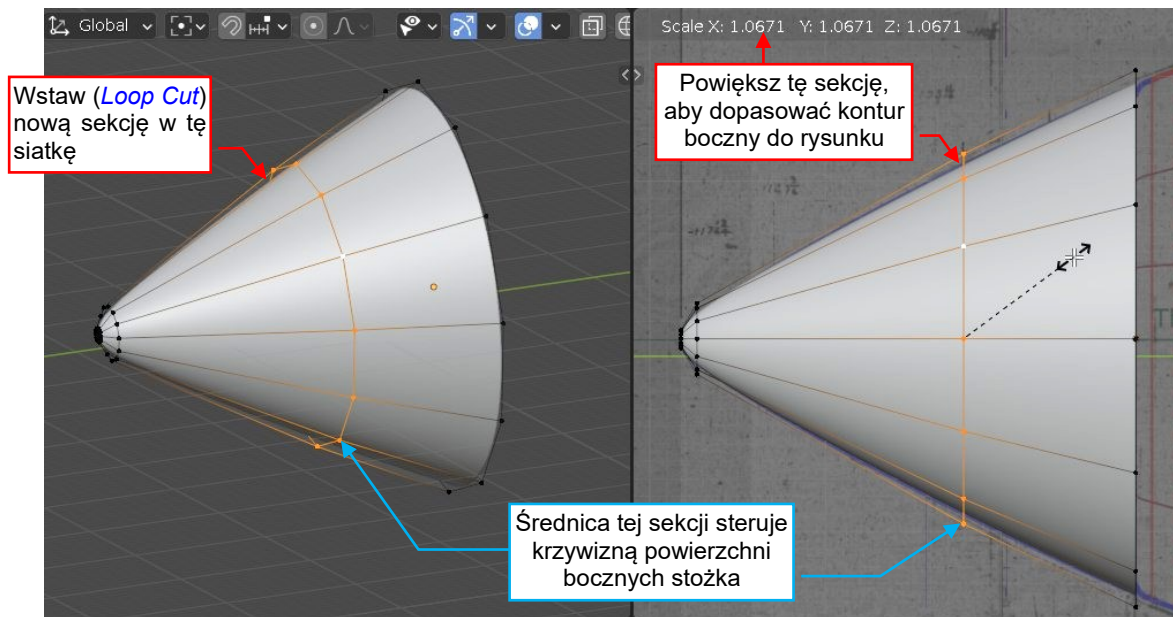
Rysunek 4.2.5 Dopasowanie zaokrąglonego wierzchołka do rysunku referencyjnego



Pierwsza sekcja tego stożka i jej środkowy wierzchołek tworzą z trójkątnych ścian płaską „rozetę”. Możesz zmieniać jej rozmiar skalując, przesuwając wzdłuż osi **Y**, ale zachowaj ją płaską.

Gdy czubek stożka kołpaka pasuje do rysunku, zajmijmy się jego powierzchnią boczną:

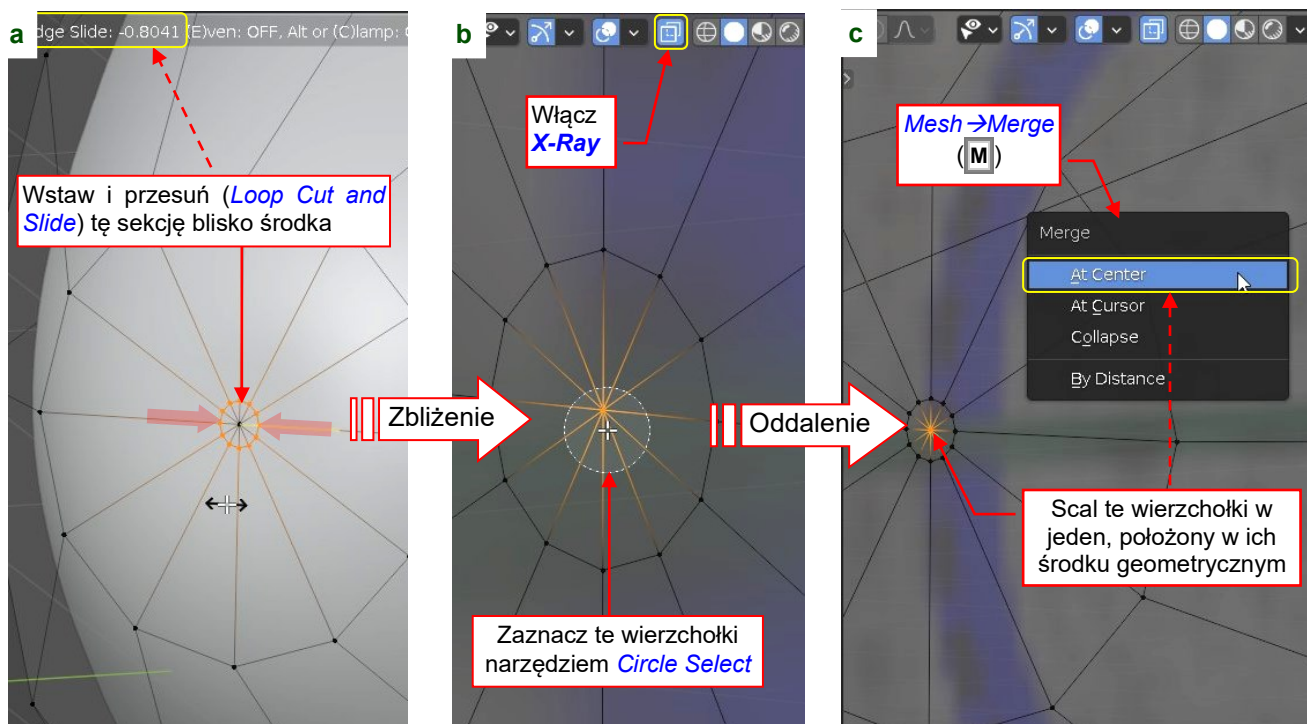
1. Wstaw poleceniem **Loop Cut** (str. 511) nową sekcję, mniej więcej w połowie długości kołpaka.
2. Zwiększ nieco (skalując) promień tej nowej sekcji, dopasowując powierzchnię podziałową do odpowiedniej części konturu kołpaka śmigła (Rysunek 4.2.6):



Rysunek 4.2.6 Formowanie wypukłych powierzchni bocznych kołpaka

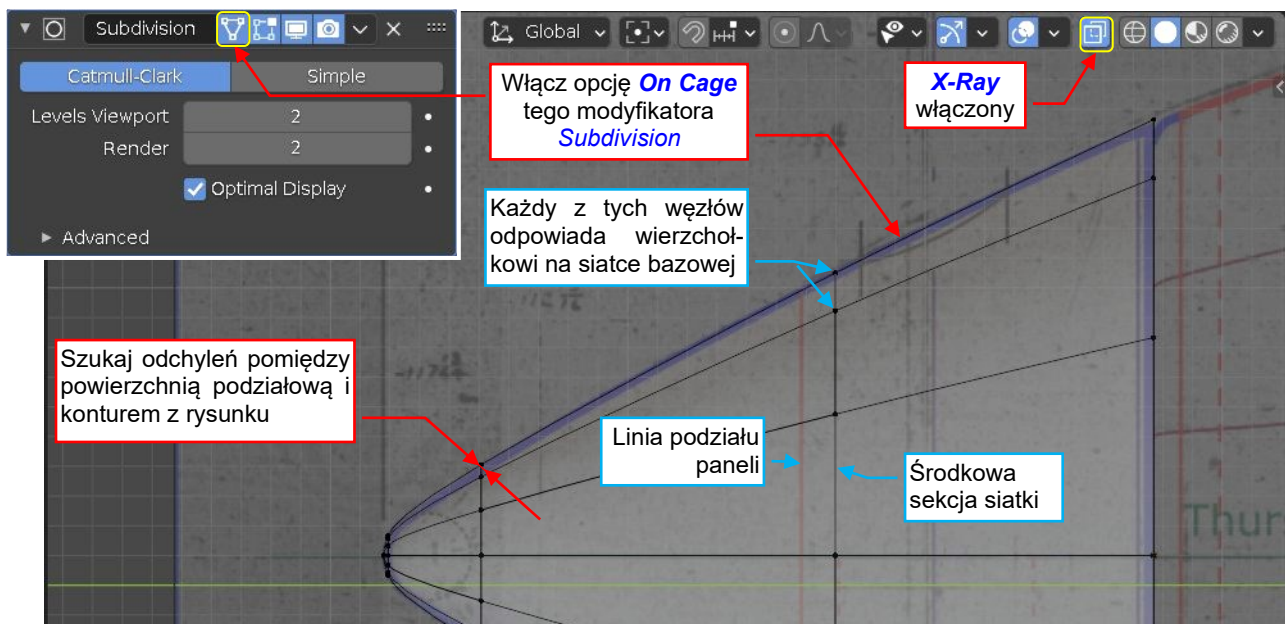
Teraz scalmy nakładające się wierzchołki na czubku kołpaka (por. Rysunek 4.2.4) w jeden wierzchołek:

1. Wstaw dodatkową sekcję wokół tego punktu (**Loop Cut** - Rysunek 4.2.7a). To zapobiega „falbankom” na powierzchni podziałowej, które pojawiłyby się po scaleniu wierzchołków w środku (por. str. 518).
2. Włącz tryb cieniowania **X-Ray** i zaznacz wierzchołki na czubku kołpaka. Aby się upewnić, że zaznaczone są wszystkie, użyj narzędzia **Circle Select** (Rysunek 4.2.7b, patrz str. 501).
3. Scal zaznaczone wierzchołki (**M**, **At Center** – jak pokazuje to Rysunek 4.2.7c).



Rysunek 4.2.7 Łączenie nakładających się wierzchołków na czubku kołpaka

Po zamknięciu topologii tej siatki, sprawdźmy jak jej wygładzona powierzchnia podziałowa pasuje do rysunku referencyjnego. W tym celu włącz opcję **On Cage** w panelu modyfikatora **Subdivision** (Rysunek 4.2.8):

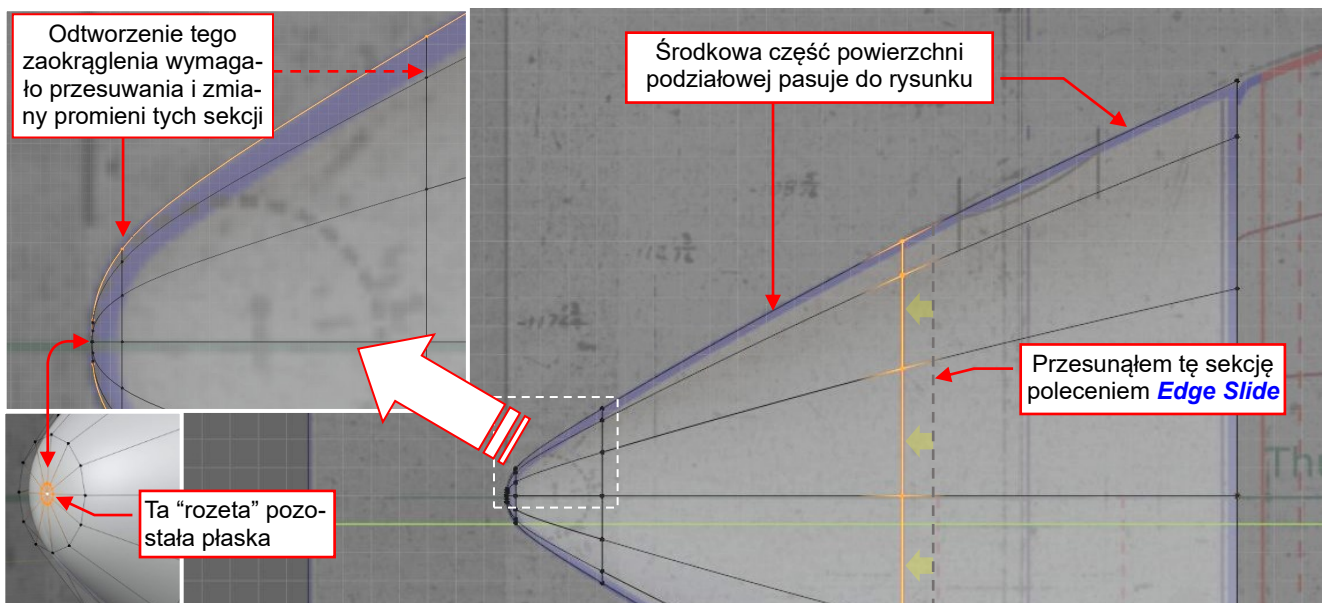


Rysunek 4.2.8 Ustawienia dla końcowego sprawdzania kształtu kołpaka



Opcja **On Cage** pozwala na bezpośrednią manipulację węzłami powierzchni podziałowej. Każdy z tych węzłów odpowiada wierzchołkowi siatki bazowej (przesuwając węzeł, modyfikujesz tę siatkę).

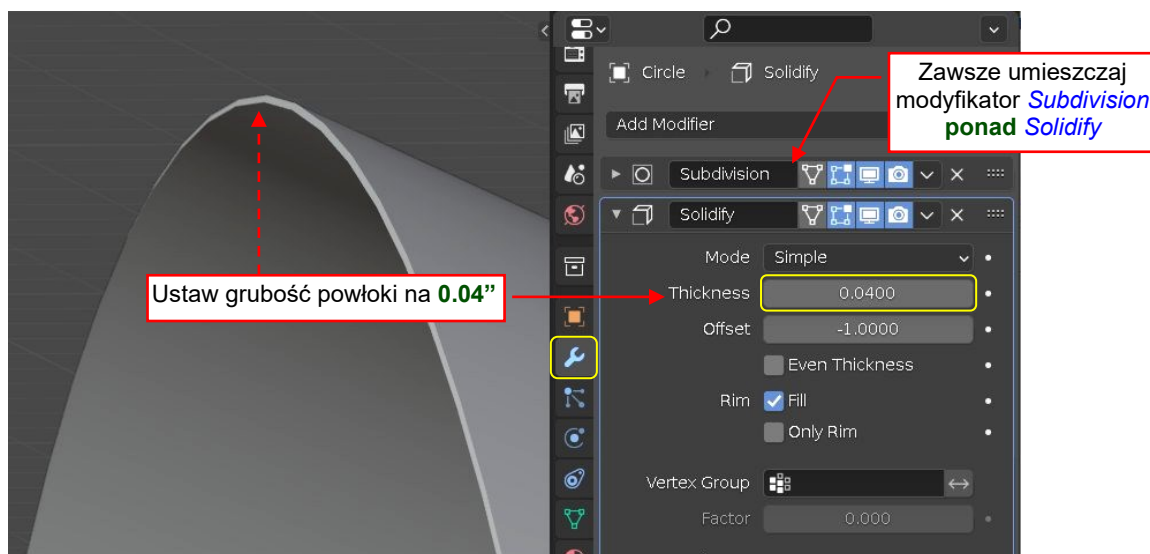
Teraz sprawdźmy ten model w dużym zbliżeniu, szukając ewentualnych różnic pomiędzy konturem wynikowej powierzchni i rysunkiem referencyjnym. Aby poprawić kształt kołpaka, przesuwać sekcje jego węzłów poleceniem **Edge Slide** (str. 513) i zmieniać ich promień poleceniem **Scale**. Jest to także okazja dla innych drobnych korekt. Na przykład: gdy nie jest to zbyt trudne, zawsze staram się umieścić niektóre z sekcji siatki wzdłuż krawędzi oryginalnych paneli (tak jak ta, pokazywana przez Rysunek 4.2.8). Dlatego zdecydowałem się przysunąć środkową sekcję tej siatki do czerwonej linii na planach (Rysunek 4.2.9), bo były bardzo blisko.



Rysunek 4.2.9 Drobne poprawki kształtu

Zazwyczaj dopasowanie do zaokrąglonego konturu czubka kołpaka wymaga kilku modyfikacji sekcji siatki z tego obszaru. Zachowałem centralną „rozetę” płaską, ale przesunąłem nieco do tyłu następną sekcję. Wydaje się że szeroki kąt pomiędzy tymi ścianami nie tworzy widocznych „falbanek”, jak te ze str. 518.

Oryginalny kołpak był wykonany z blachy (duraluminium). Możemy szybko stworzyć efekt grubości blachy dodając kolejny modyfikator: **Solidify** (Rysunek 4.2.10, por także str. 521):



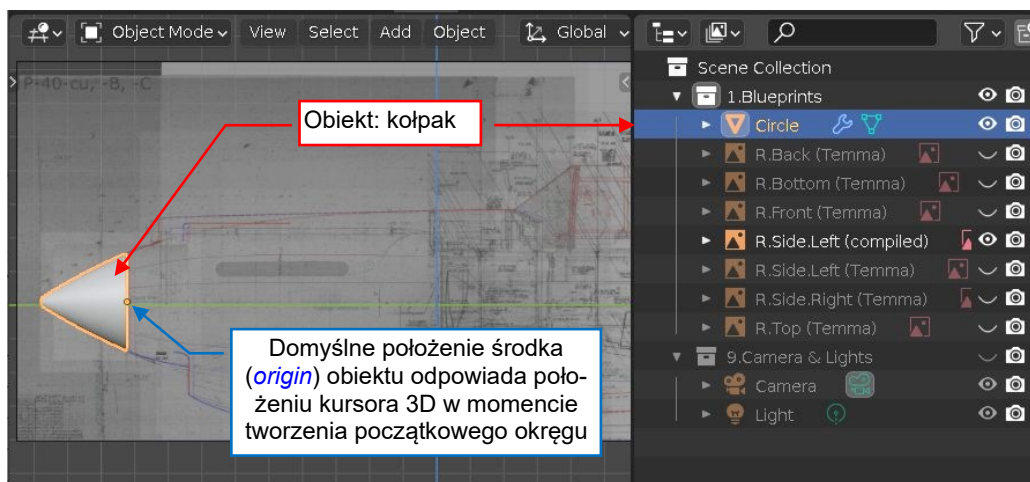
Rysunek 4.2.10 Odtwarzanie grubości blachy poszycia



Kolejność modyfikatorów jest istotna. Dodaj ten nowy modyfikator poniżej **Subdivision Surface** (Rysunek 4.2.10) tak, aby „pogrubiał” gładkie ściany wygenerowane przez poprzednika.

Grubość poszycia samolotu waha się od 0.02 do 0.05”. Założyłem, że w tym kołpaku użyto nieco grubszej blachy: **0.04”**.

Nasz kołpak jest gotowy (Rysunek 4.2.11). Nie będziemy odtwarzać jego wewnętrznych wręg, ponieważ po zamontowaniu na śmigle tego samolotu stają się niewidoczne. Zamierzam później odtworzyć otwory na łopaty śmigieł, wykorzystując tekstury. Dlatego teraz można się już z powrotem przełączyć w **Object Mode** (Tab):

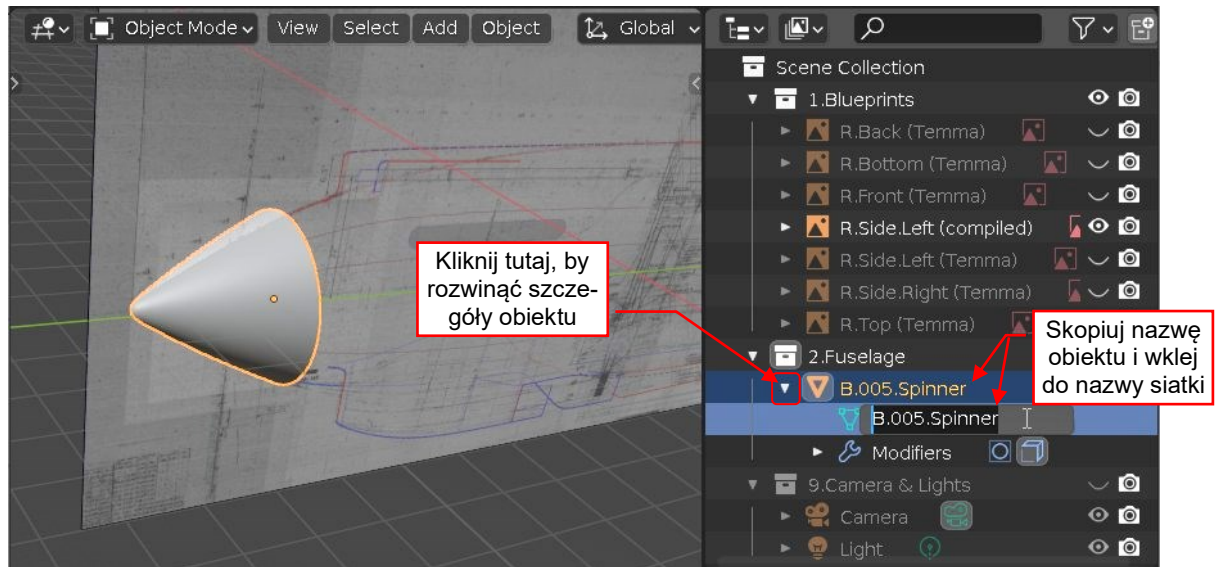


Rysunek 4.2.11 Gotowy kołpak

Zajmijmy się teraz strukturą (hierarchią) tej sceny. Przyjrzyj się jej w oknie **Outliner** (Rysunek 4.2.11). Zauważ, że ten kołpak nazywa się **Circle** i znajduje się w kolekcji **1. Blueprints**. Przypuszczam, że w Twoim projekcie wygląda to podobnie. Poprawmy to:

1. Stwórz nową kolekcję (str. 448), o nazwie **2. Fuselage**.
2. Przesuń (por. str. 449) obiekt kołpaka do tej nowej kolekcji **Fuselage**.
3. Zmień nazwę obiektu kołpaka i jego siatki (por. Rysunek 4.2.12) na **B.005.Spinner**. To nazwa zgodna z nomenklaturą, którą proponuję w sekcji 11.10 (str. 477).

Rysunek 4.2.12 pokazuje te ostatnie kroki:



Rysunek 4.2.12 Nadanie nazwy obiektowi i jego siatce

Podsumowanie

- Ta sekcja prezentuje metodę nadawania obiektowi docelowego kształtu poprzez kolejne przekształcenia prostej siatki początkowej. W naszym przypadku by to okrąg [Circle](#) (a dokładniej – 12-kąt: str. 97).
- Możesz stworzyć nową sekcję siatki poprzez wyciągnięcie ([Extrude](#) – str. 98) jednej z istniejących sekcji, lub poprzez podział powierzchni ([Loop Cut](#) – str. 100).
- Aby dopasować kształt kołpaka, zmniejszaliśmy ([Scale](#) – str. 99) i przesuwaliliśmy ([Edge Slide](#) – str. 101) jego sekcje. Scaliliśmy także wierzchołki na jego czubku ([Merge](#) – str. 100).
- Użyliśmy modyfikatora [Subdivision Surfaces](#) do odtworzenia gładkich powierzchni samolotu. Generuje on z siatki bazowej tzw. powierzchnię **Catmull-Clarka**. W tym przypadku wierzchołki powierzchni bazowej są „punktami sterującymi” ([control points](#)) tej powierzchni (str. 99).
- Modyfikator [Solidify](#) przydaje się do tworzenia efektu „grubości blachy” (str. 102). Będzie także przydatny do wycinania otworów w powierzchniach modelu. Pokażę to w następnym rozdziale.
- Modyfikatory pozwalają uzyskać różne złożone kształty z prostej siatki bazowej. Prostota siatki jest ważna na dalszych etapach projektu, np. podczas teksturowania. Będziemy ich używać, gdy tylko jest to możliwe.
- Metoda formowania siatki prezentowana w tej sekcji jest bardziej wygodna i elastyczna od tworzenia „wszystkiego naraz” w oparciu o przygotowane poprzednio „wręgi” NURBS. (Taka „metoda NURBS” jest preferowana przez wielu użytkowników, którzy wcześniej pracowali w systemach CAD.) Sądzę, że siatka uzyskana w rezultacie stopniowych transformacji jest prostsza i ma mniej błędów, ponieważ znasz dobrze wszystkie jej „zakamarki”.
- Każdy obiekt w Blenderze musi mieć unikalny identyfikator: nazwę (na przykład: **B.005.Spinner**). W większości przypadków, nazwy w parze obiekt→siatka mogą być identyczne, ponieważ każda z nich dotyczy innego rodzaju danych (por. str. 626). Dobrą praktyką jest nadawać te nazwy zaraz po stworzeniu obiektu (jak to pokazuje Rysunek 4.2.12).

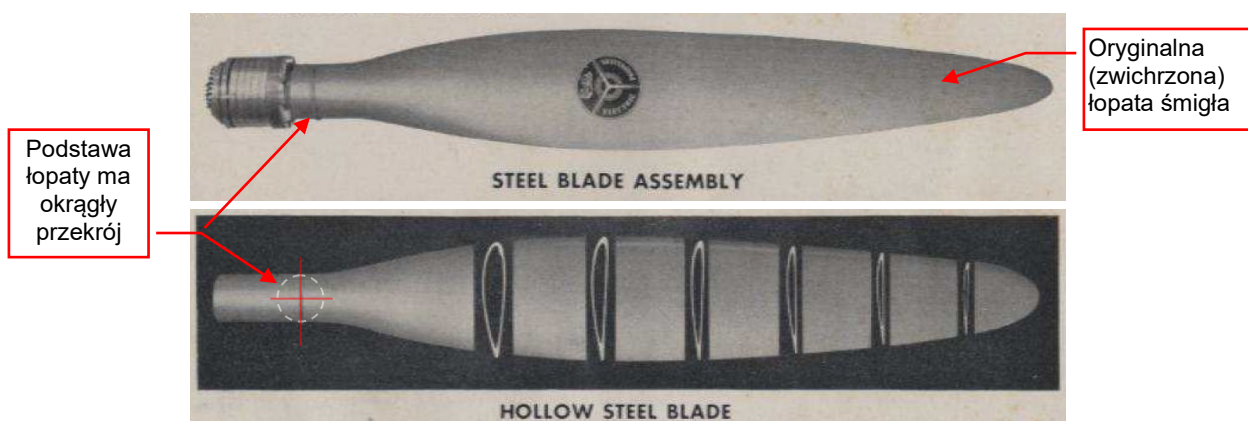


W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: [model\p40\history\P40B-8.02.blend](#).

4.3 Łopata śmigła

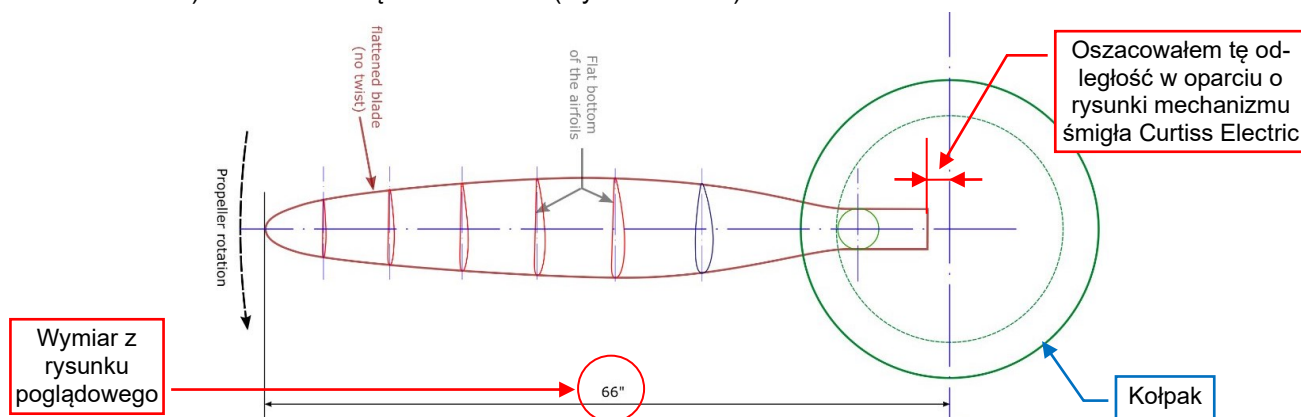
Klasyczna łopata śmigła przypomina cienkie, zwichrzone (skręcone) skrzydło. Niestety, rzadko można znaleźć jakiegokolwiek dokładne rysunki ich geometrii. Jumpei Temma nie umieścił ich w swoim widoku z przodu (por. str. 94). Nawet w oryginalnej dokumentacji P-40 nie znajdziesz żadnej podpowiedzi na temat tych łopat. Śmigła były produkowane w innych zakładach, zazwyczaj przez wyspecjalizowane firmy¹. Dla projektantów samolotów śmigło było „kompletną częścią” pozyskiwana z zewnątrz.

Wydaje się, że dane geometryczne śmigieł Curtiss zaginęły. Wszystko, czym dysponujemy to zdjęcia, lecz trudno na ich podstawie określić dokładne grubości łopaty na podstawie tych obrazów². Najlepszym materiałem źródłowym, jaki znalazłem, jest ilustracja z folderu reklamowego Curtiss z lat 40. XX w. Prezentuje stalową, pustą w środku łopatę śmigła, wyglądającą jak te na zdjęciach wczesnych P-40 (Rysunek 4.3.1):



Rysunek 4.3.1 Zdjęcia stalowej łopaty śmigła Curtiss

Dolne zdjęcie jest najważniejsze, ponieważ pokazuje łopatę pociętą na kawałki, tj. bez zwichrzenia. Widać tu także jej przekroje poprzeczne! Niestety, stosunkowo niska rozdzielczość tego obrazu nie pozwala na dokładniejsze pomiary. Tym niemniej, używając go byłem w stanie stworzyć rysunek referencyjny „płaskiej” łopaty (tj. bez zwichrzenia) z dokładnością do około 0.1” (Rysunek 4.3.2):



Rysunek 4.3.2 Mój rysunek referencyjny „spłaszczonej” łopaty śmigła (widok z przodu)

¹ Jedną z nich jest Hamilton Standard, nadal obecna na rynku. Gdy modelarze zwrócili się do niej z prośbą o rysunki geometrii łopat produkowanych przez w latach 30. XX w, udzielono im odpowiedzi odmownej. Hamilton Standard. wyjaśnił, że utrzymanie tej informacji w tajemnicy zapewnia im nadal „przewagę konkurencyjną”. Dziwnym trafem, jedyne plany samolotu z rysunkiem z geometrii łopaty śmigła, jakie znalazłem, były opublikowane w latach 80. XX w. w radzieckim magazynie modelarskim „Modelist Konstruktor”. Były to oczywiście śmigła samolotów produkowanych w ZSSR podczas II wojny światowej.

² Możesz także wykonać skan 3D jakiegось zachowanego śmigła. Miałem okazję pracować z obrazami zeskanowanej łopaty Hamilton Standard z samolotu C-47 ([szczegóły opisałem moim blogu, w 2016r.](#)). Jak dotąd, nikt nie wykonał podobnego skanu śmigła P-40. Z drugiej strony, dokładność tej metody (przynajmniej w wersji opartej na popularnych smartfonach) pozostawia dużo do życzenia.

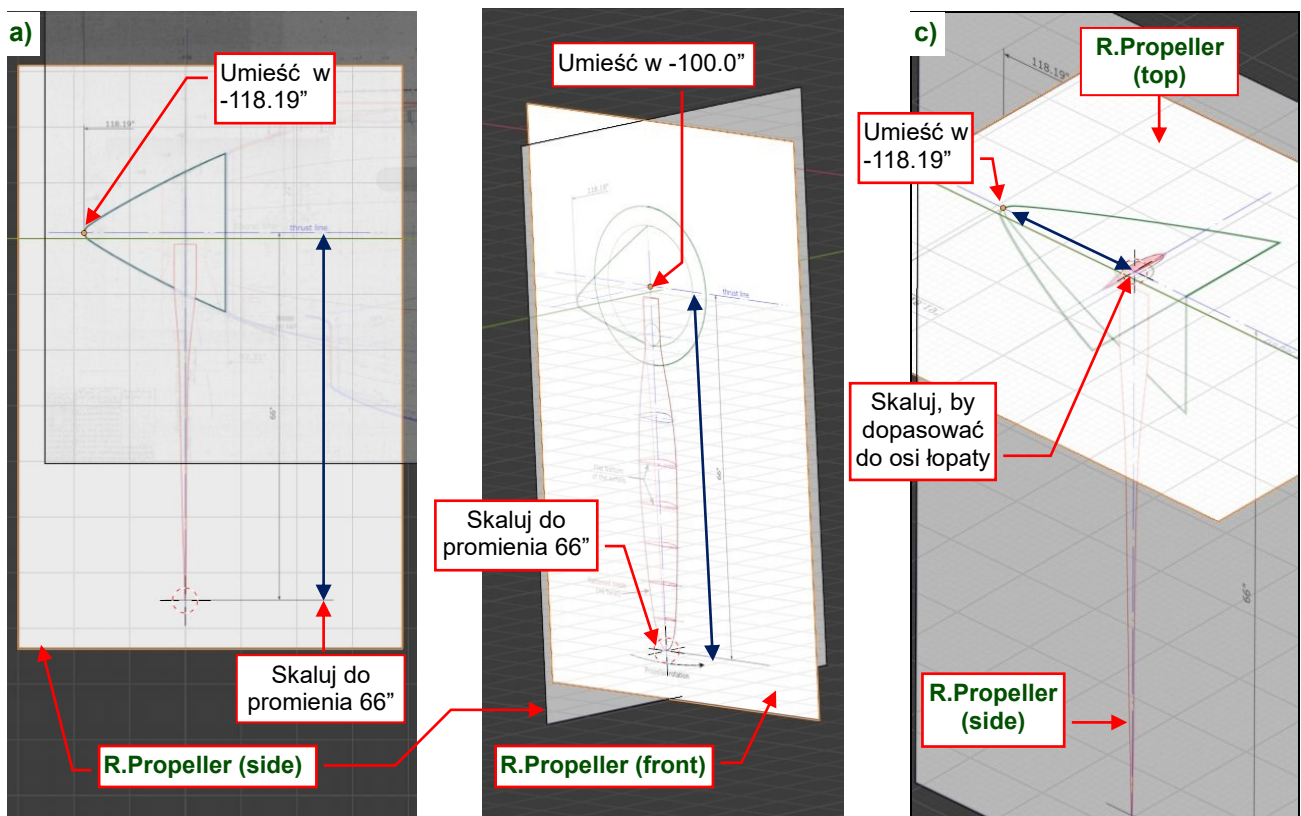
Aby ułatwić formowanie tej łopaty w przestrzeni 3D, przygotowałem także jej rzuty z góry i z boku. Niektóre z kluczowych wymiarów z tych rysunków są przybliżone. Oszacowałem je w oparciu o zdjęcia i inne ilustracje z publikacji producenta (Curtiss Electric). W szczególności:

- Odległość płaszczyzny łopaty śmigła (wzdłuż osi **Y**) od płaszczyzny przegrody silnika (**100"**). Oszacowana w oparciu o niezwymiarowany przekrój mechanizmu zmiany skoku śmigła.
- Odległość od podstawy łopaty do osi obrotu śmigła. Ten wymiar determinuje skalę konturu śmigła prze-rysowanego ze zdjęcia (por. Rysunek 4.3.2). Oczywiście, musiał być większy od promienia wału silnika Allison. Oparłem to przybliżenie na kilku rysunkach z instrukcji obsługi śmigła Curtiss Electric.

Te trzy rysunki znajdują się w archiwum [source.zip](#), towarzyszącym tej książce (por. str. 19). Można je znaleźć w katalogu [source\reference\drawings](#). Są to: *Propeller (front).png*, *Propeller (side).png* i *Propeller (top).png*. Umieść je w naszej scenie jako dodatkowe rysunki referencyjne:

1. Stwórz nową kolekcję na te trzy rysunki wewnątrz **1.Blueprints**. Nazwij ją **1a.Propeller**.
2. Wstaw obraz *Propeller (side).png* w widoku z boku (tak, jak to robiliśmy w sekcji 4.1, str. 84). Ustaw środek (*origin*) obrazu na czubku kołpaka śmigła (**X:0, Y:-118.19, Z:1**) i zmień jego skalę dopasowując do promienia śmigła: **66"** (Rysunek 4.3.3a). Nadaj temu nowemu obiektowi nazwę **R.Propeller (side)**.
3. Wstaw obraz *Propeller (front).png* w widok z przodu. Ustal jego środek na osi obrotu śmigła, umieść w go w punkcie (**X:0, Y:-100, Z:1**), i skaluj by dopasować do promienia śmigła 66" (Rysunek 4.3.3b). Nazwij ten nowy obiekt **R.Propeller (front)**.
4. Wstaw obraz *Propeller (top).png* w widok z góry. Ustaw jego środek na czubku kołpaka śmigła (w tym samym miejscu co widok z boku w p. 2). Skaluj ten obraz, dopasowując go do odległości od osi łopaty śmigła (**Y= -100**, jak p. 3) i czubka kołpaka (Rysunek 4.3.3c). Nazwij ten nowy obiekt **R.Propeller (top)**.

Rysunek 4.3.3 przedstawia kroki 2 - 4:



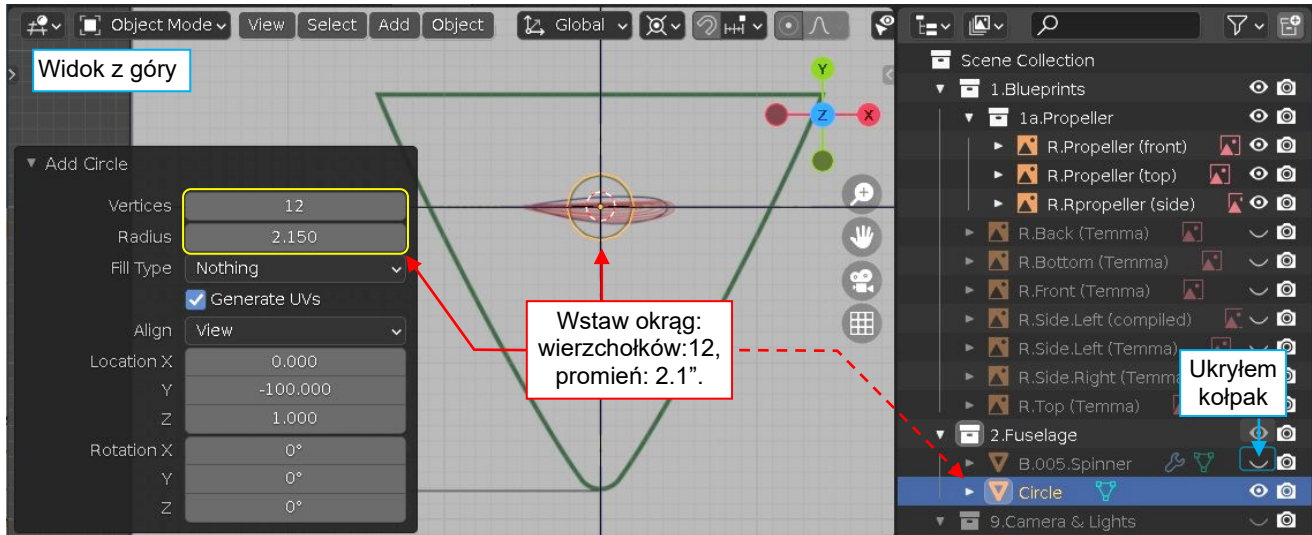
Rysunek 4.3.3 Ustawianie pomocniczego rysunku referencyjnego z kolekcji **1a.Propeller**

Jak widać powyżej, tymczasowo ukryłem (w oknie *Outliner*) obiekt kołpaka śmigła, ponieważ zasłaniałby nowo dodane rysunki referencyjne.

Pierwsza z naszych łopat będzie skierowana w dół, wzdłuż osi **Z**. Zaczniemy:

1. Umieść kursor 3D na przecięciu osi kołpaka śmigła i płaszczyzny łopat (**X:0, Y:-100, Z:1**)¹.
2. Przełącz się na widok z góry (**7**).
3. Wstaw **12-wierzchołkowy** okrąg (**Add → Mesh → Circle**) wygładzony modyfikatorem **Subdivision Surface**.

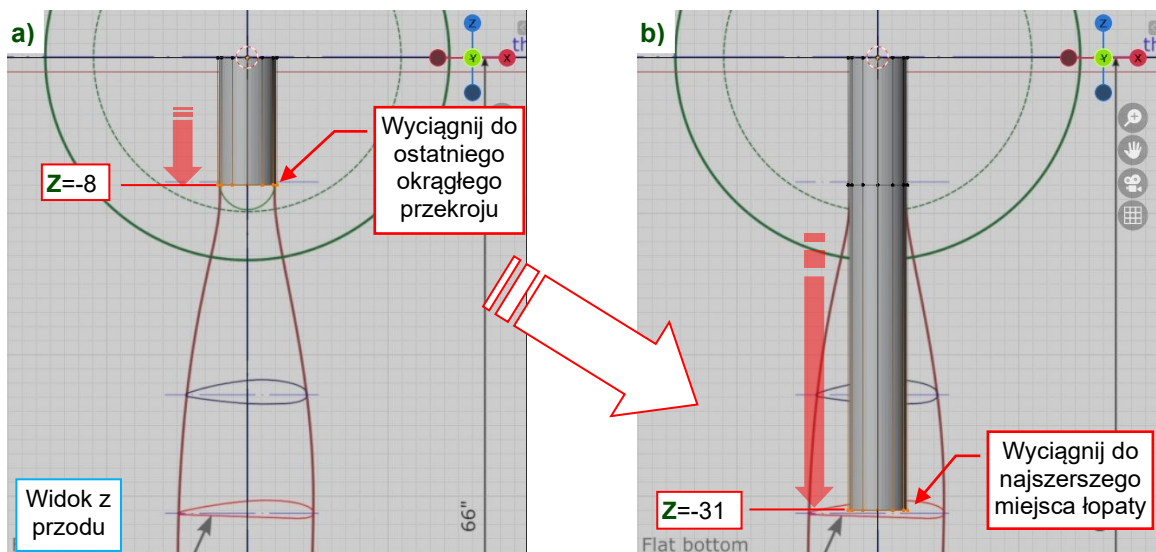
Rysunek 4.3.4 ten okrąg w rzucie z góry:



Rysunek 4.3.4 Kontur początkowy: okrąg

Następnie:

1. Przełącz projekcję na widok z przodu (**1**).
2. Przełącz się w **Edit Mode** (**Tab**).
3. Zaznacz wszystkie wierzchołki okręgu (**A**).
4. Wyciągnij (**Extrude**) ten okrąg w dół (wzdłuż osi **Z**) na **8"** (Rysunek 4.3.5a):
5. Wyciągnij (**Extrude**) tę nową dolną krawędź powtórnie, tym razem na **23"** (Rysunek 4.3.5b):

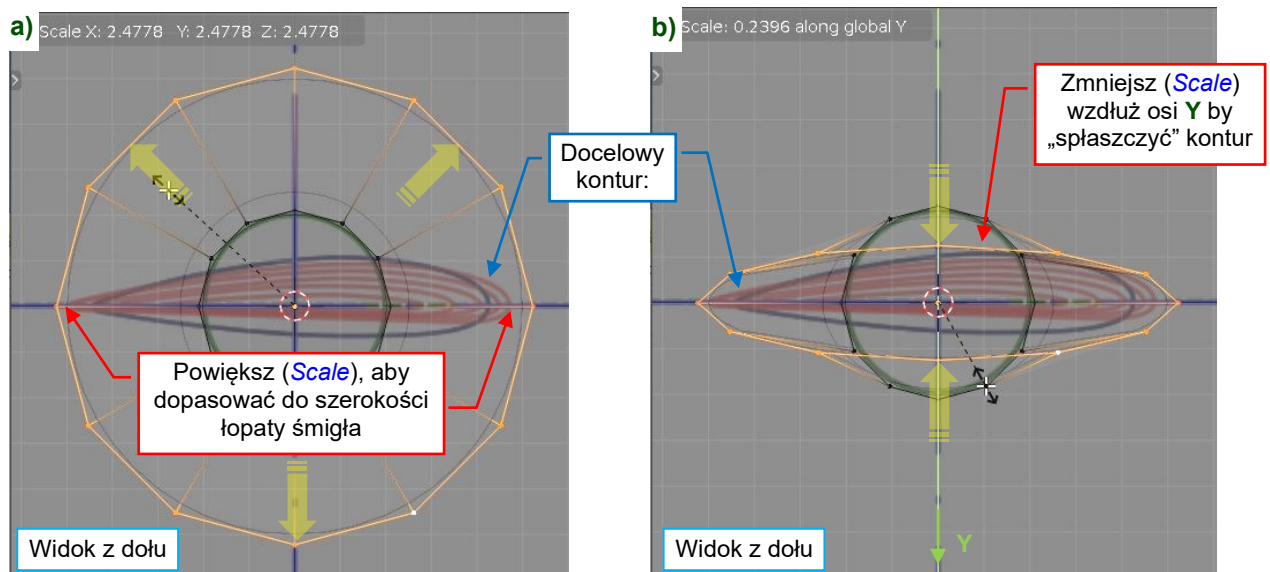


Rysunek 4.3.5 Wyciągnięcie okręgu wzdłuż osi łopaty

¹ W tym punkcie umieściliśmy środek rysunku referencyjnego **R.Propeller (front)** (por. Rysunek 4.3.3b). Stąd, zamiast wpisywać te współrzędne, możesz zaznaczyć ten obiekt, otworzyć menu myszki **Snap** (**Shift-S**) i wybrać opcję **Cursor to Selected** (**2**) – por. str. 679.

Przekształć ostatnią krawędź tej „rury” (tą w **Z=-31**) w kontur przekroju łopaty z rysunku referencyjnego:

1. Zaznacz ostatnią sekcję (brzeg) tej siatki (Rysunek 4.3.5b).
2. Umieść kursor 3D pośrodku tego konturu: z menu myszki **Snap** (**Shift-S**) wybierz **Cursor to Selected** (**2**) – por. str. 454.
3. Przełącz projekcję na widok z dołu (**Ctrl-7**). Włącz tryb okna 3D na cieniowanie **Wireframe** (str. 49).
4. Przełącz aktualny środek transformacji (**Pivot**) na **3D Cursor** (str. 67).
5. Powiększ tę sekcję (**Scale**, wspc: **2.5**). Uzyskany okrąg powinien mieć średnicę zbliżoną do szerokości największego przekroju łopaty (Rysunek 4.3.6a).
6. „Spłaszcz” ten kontur wzdłuż globalnej osi **Y** (**S**, **Y**, wspc: **0.23**), aby jego wysokość była zbliżona do grubości największego z czerwonych przekrojów (Rysunek 4.3.6b).

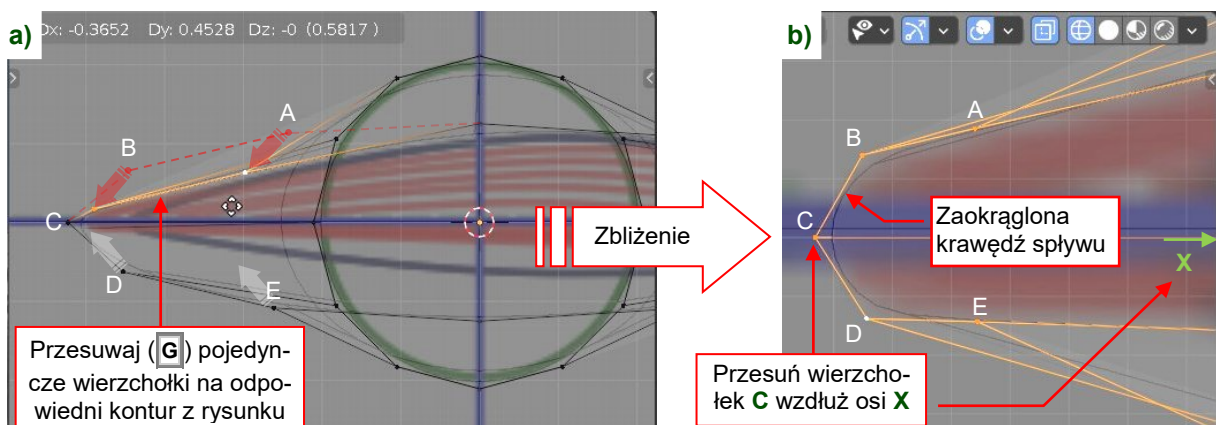


Rysunek 4.3.6 Spłaszczenie okrągłego przekroju w profil lotniczy

Kontynuuj dopasowywanie do kształtu z rysunku referencyjnego:

1. Zaznacz wierzchołki: jeden lub dwa w jednym kroku, klikając w nie **LPM**. Zawsze kliknij pierwszy wierzchołek bez klawisza **Shift**, aby wykluczyć wierzchołek użyty w poprzednim kroku.
2. Przesuń (**Move**) zaznaczone wierzchołki (**G**, str. 508) w nowe miejsce.

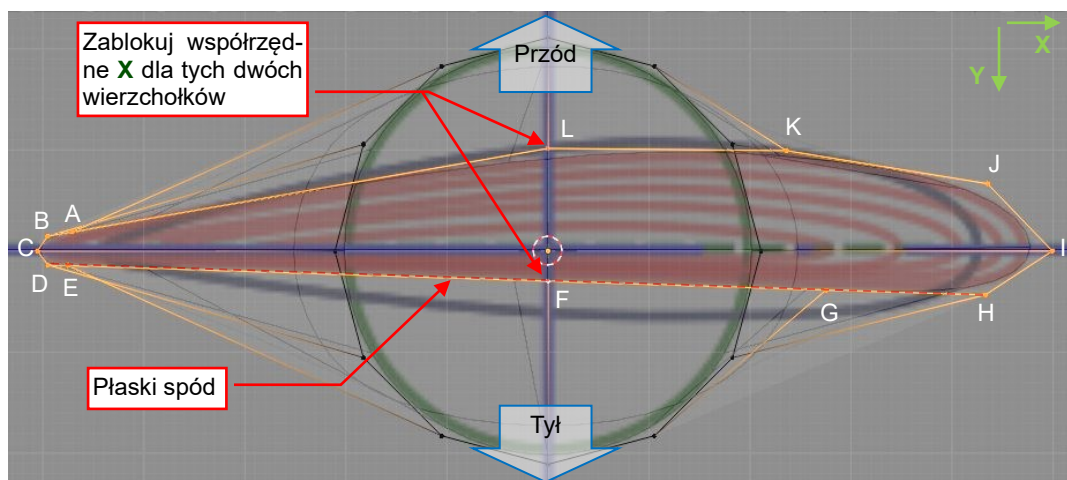
Powtarzając kroki 1-2 uformowałem zaokrągloną krawędź spływu profilu. Zacząłem od przesunięcia wierzchołków **A**, **B**, **D** i **E** do wierzchołka **C** (Rysunek 4.3.7a). Ustawiłem je tak, by tworzyły łuk (Rysunek 4.3.7b):



Rysunek 4.3.7 Formowanie konturu krawędzi spływu

Sugeruję zachować wierzchołek **C** na osi **Y** (Rysunek 4.3.7b). To punkt końcowy cięciwy naszego profilu.

Przesuwając w ten sposób kolejne wierzchołki tego konturu, stwórz pierwsze przybliżenie profilu łopaty. Rysunek 4.3.8 pokazuje kształt, który przygotowałem:

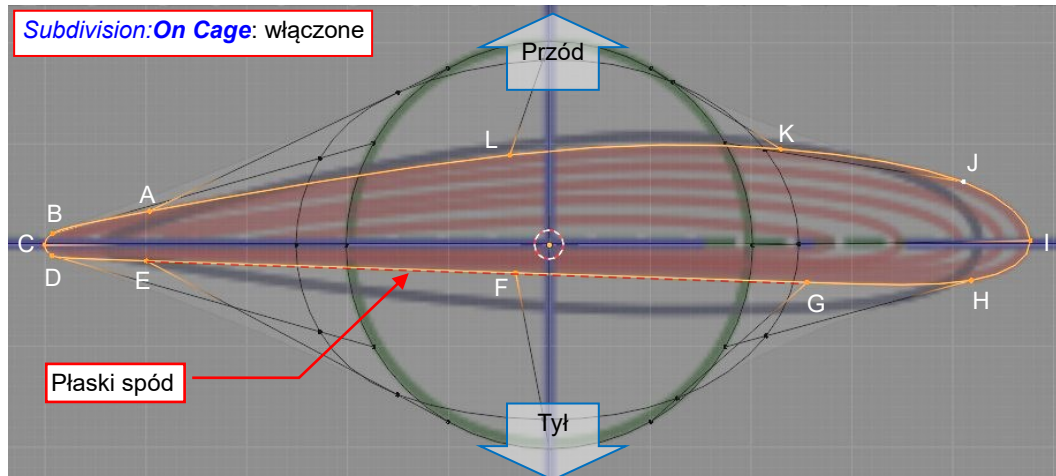


Rysunek 4.3.8 Wstępne przybliżenie kształtu profilu łopaty śmigła

Jak wspomniałem na poprzedniej stronie, zachowałem położenie wierzchołków **C** i **I** na cięciwie tego profilu ($Y=-100$). Byłem także w stanie dopasować wynikowy, gładki kontur zachowując środkowe wierzchołki: **F** i **L** na płaszczyźnie osi łopaty ($X=0$). Na wszelki wypadek zdecydowałem utrzymać je w tym miejscu.

Na zdjęciu Curtissa (Rysunek 4.3.1), dolne kontury przekrojów łopaty wydają się być płaskie (poza przednimi 25% cięciwy)¹. Odtworzyłem to, ustawiając wierzchołki **D-H** wzdłuż linii prostej (Rysunek 4.3.9, por. str. 523).

Podczas końcowych dopasowań, włącz w modyfikatorze *Subdivision Surface* opcję *On Cage* (por. str. 101). Sprawdź wynikowy kontur pod kątem ewentualnych odchyłeń od rysunku referencyjnego (Rysunek 4.3.9):



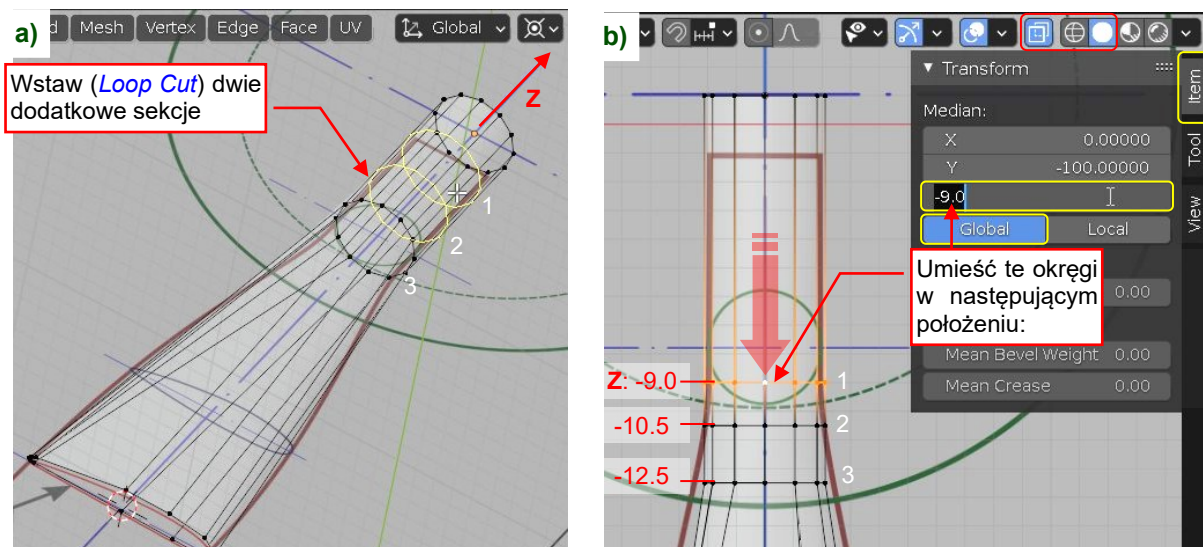
Rysunek 4.3.9 Ostateczny kontur przekroju środka łopaty śmigła

Zwróć uwagę, że kilka węzłów tego gładkiego kształtu (**A**, **L**, **E**, **F**) leżą daleko od odpowiednich punktów sterujących (por. Rysunek 4.3.8 i Rysunek 4.3.9). To naturalne dla powierzchni podziałowych. Innym typowym efekt jest widoczny w dolnej części tego konturu. W oryginalnej siatce są tu cztery współliniowe odcinki (pomiędzy wierzchołkami D i H). Na konturze wynikowym pierwszy (**D-E**) i ostatni (**G-H**) z nich są segmentami krzywej, choć zachowują ciągłość stycznych. Tylko dwa środkowe odcinki nadal leżą na jednej prostej. Ten efekt napotkasz we wszystkich krzywych podziałowych.

¹ Profile płasko-wypukłe z lat 20. XX w., jak Clark Y lub rodzina RAF, są często używane w łopatach śmigieł. Ich płaski dolny kontur tworzy jakąś technologiczną powierzchnię odniesienia i przydaje się także w pomiarach warsztatowych podczas ewentualnych napraw.

Uformujmy górną część tej łopaty:

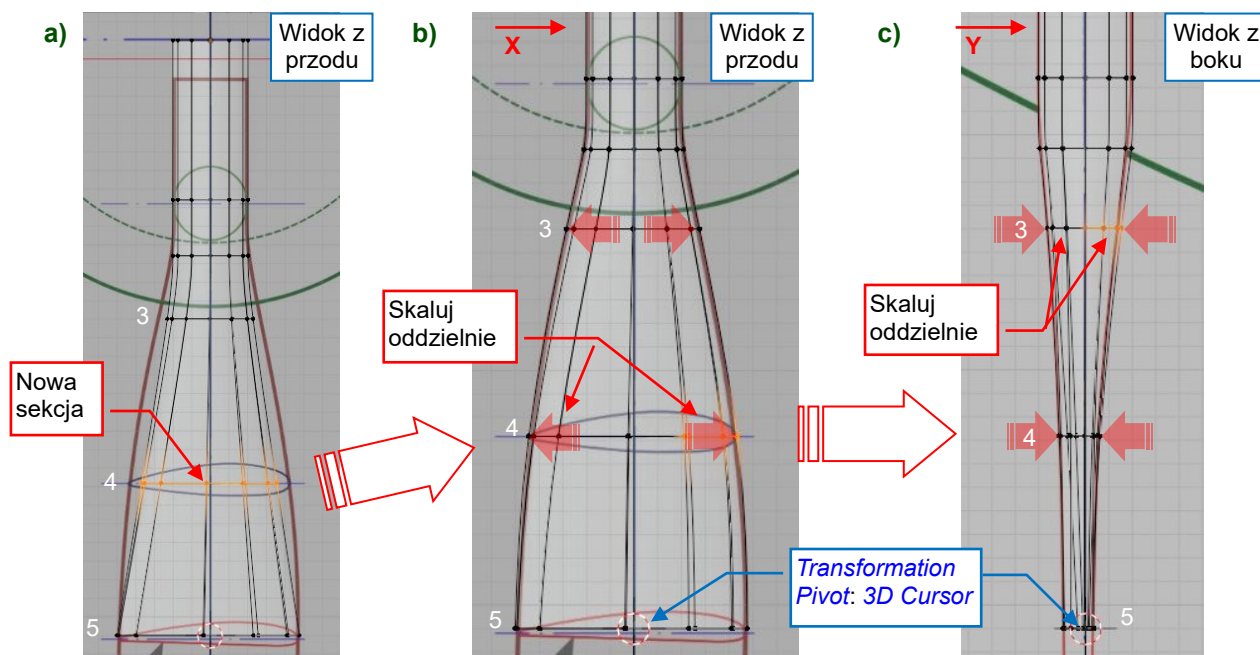
1. Wyłącz *Subdivision:OnCage* i przełącz tryb cieniowania na *Solid + X-Ray* (Rysunek 4.3.10b).
2. Wstaw dwie nowe okrągłe sekcje (Rysunek 4.3.10b), wykorzystując polecenie *Loop Cut* (str. 512).
3. Przesuń te trzy sekcje w dół, umieszczając je w **Z: -9.0, -10.5, -12.5** (Rysunek 4.3.10b):



Rysunek 4.3.10 Modyfikacja podstawy łopaty

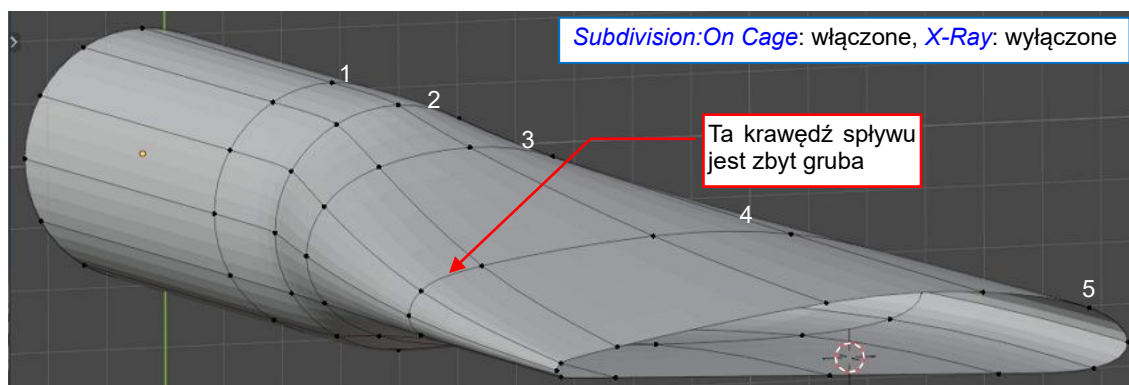
Rysunek 4.3.10b) pokazuje przydatną technikę. Gdy zaznaczysz wiele wierzchołków, panel *Item* przybornika pokazuje współrzędne ich „środka ciężkości” (*median point*). Możesz także wpisać tam nową współrzędną **Z** dla zaznaczonych sekcji. Czasami szybciej jest wpisać dokładne położenie niż przesunąć lub skalować.

4. Ustaw widok z przodu (1), włącz *Subdivision:On Cage*. Upewnij się, że kursor 3D jest na osi łopaty.
5. Wstaw (*Loop Cut*) dodatkową sekcję (4 - Rysunek 4.3.11a).
6. Dopasuj kształt łopaty konturu z widoku z przodu. W tym celu skaluj sekcje 3 i 4 wzdłuż osi **X** (oddzielnie wierzchołki lewe i wierzchołki prawe – por. Rysunek 4.3.11b).
7. Przełącz się na widok z boku (3).
8. Dopasuj kontur łopaty do jej rzutu z boku. Skaluj sekcje 3 i 4 wzdłuż osi **Y** (Rysunek 4.3.11c):



Rysunek 4.3.11 Kształtowanie obrysu łopaty w widokach z przodu i z boku

W tym momencie nasza łopata przypomina końcówkę odkurzacza (Rysunek 4.3.12):

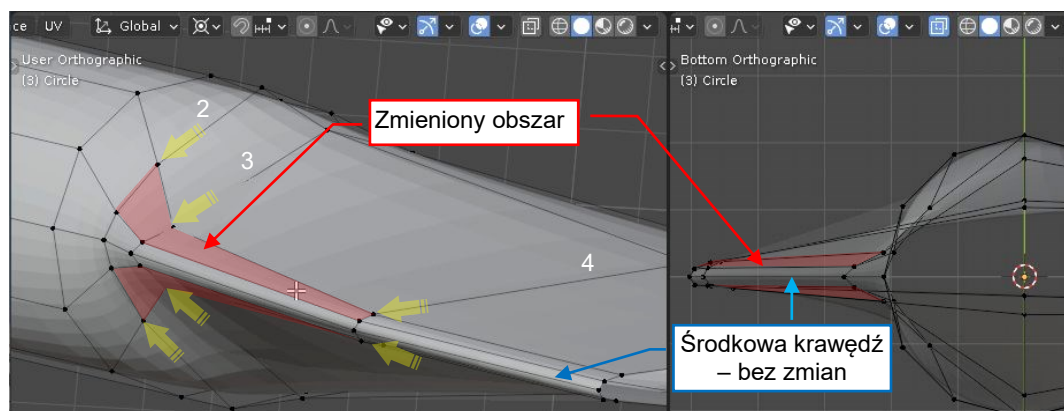


Rysunek 4.3.12 Górna część łopaty śmigła

Ze zdjęcia Curtiss (Rysunek 4.3.1) wynika, że promień krawędzi spływu sekcji 4 powinien być mały, taki sam jak w sekcji 5. W naszym modelu jest o wiele większy. Aby to skorygować, musimy przesunąć wierzchołki krawędzi spływu nie tylko w sekcji 4, ale także w sekcjach 3 i 2:

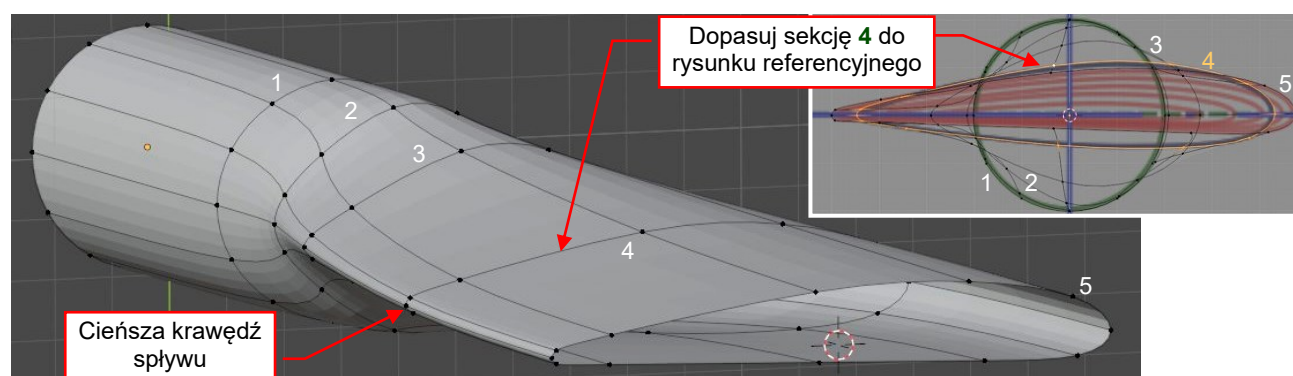
1. Włącz tryb **Subdivision: On Cage**.
2. Podziel okno 3D pionowo na dwa okna (por. str. 29).
3. W prawym oknie ustaw widok z dołu (**Ctrl-7**), w lewym oknie widok ortograficzny pokazany przez Rysunek 4.3.12, i wyłącz opcję **X-Ray**.
4. Przesuń wierzchołki sekcji 4, 3, 2 w kierunku krawędzi spływu. Rób to w widoku z dołu (prawym oknie). Wykorzystaj lewe okno do zaznaczania wierzchołków i oceny uzyskanego kształtu.

Rysunek 4.3.13 przedstawia zmodyfikowaną siatkę:



Rysunek 4.3.13 Zmodyfikowane punkty sterujące (siatki) krawędzi spływu

Rysunek 4.3.14 pokazuje wynikową powierzchnię podziałową:



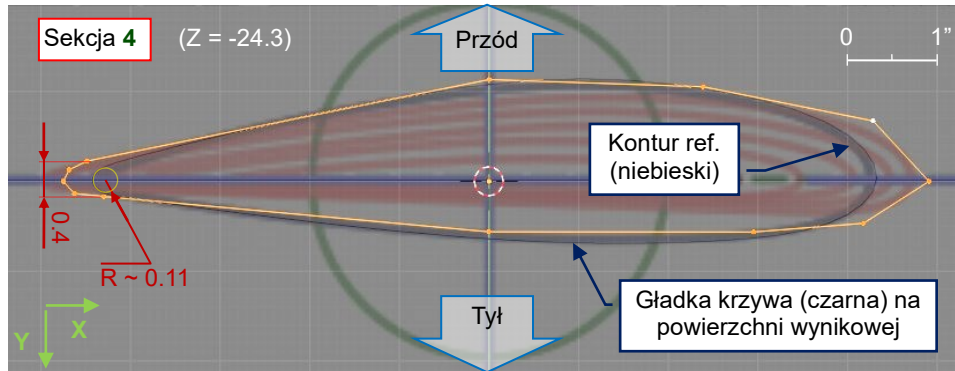
Rysunek 4.3.14 Skorygowany kształt

Abyś mógł powtórzyć modyfikacje opisane na poprzedniej stronie, poniżej pokazuję szczegóły trzech zmodyfikowanych sekcji: **4**, **3**, i **2**. Te ilustracje są skopiowane z okna 3D mojego Blendera, w którym ustawiłem projekcję **Bottom**. Wykorzystaj pomocniczą siatkę, widoczną na tych obrazach do określenia położenia wierzchołków¹.



Tworząc te obrazy ekranu, tymczasowo ukrywałem element siatki poleceniami **Mesh → Show/Hide** (por. str. 525). Ta funkcja przydaje się przy edycji skomplikowanych siatek!

Rysunek 4.3.15 przedstawia jako pomarańczowy wielokąt podstawową siatkę sekcji **4**, a czarna cienka linia to jej kontur na wynikowej powierzchni. W tle widać rysunek referencyjny (**R.Propeller (top)**):

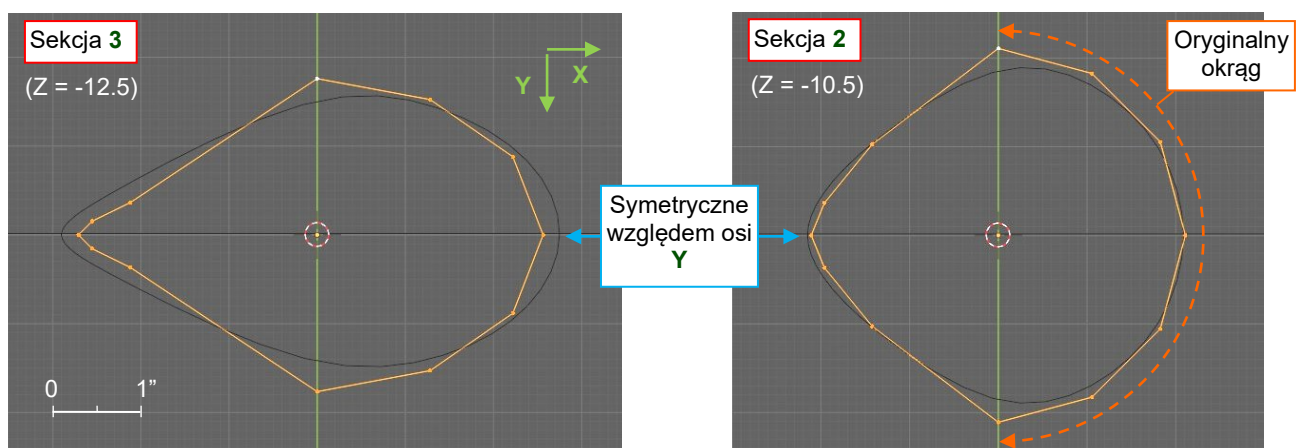


Rysunek 4.3.15 Punkty sterujące (podstawowa siatka) i wynikowa krzywa sekcji **4**

Współrzędna **Z** tej sekcji, podana w ilustracji powyżej (**-24.3**) dotyczy siatki (pomarańczowe linie). Ten podstawowy („sterujący”) wielobok tworzy na powierzchni wynikowej gładki kontur w **Z=-23.8** (por. Rysunek 4.3.11). Rysunek 4.3.15 pokazuje, że ta wynikowa czarna krzywa pasuje do zewnętrznej krawędzi niebieskiego obrysu profilu z tego miejsca². Zwróć uwagę, że dolna część wynikowej krzywej leży poniżej wieloboku kontrolnego. Podczas gdy pojedyncza krzywa podziałowa zawsze znajduje się wewnątrz konturu swoich punktów kontrolnych, to ta linia jest częścią trójwymiarowej powierzchni. Jej spód „ciągną w dół” sąsiednie sekcje (**3** i **2**).

Zaokrąglenie krawędzi spływu sekcji **4**, o średnicy 0.11”, formuje pięć wierzchołków. W istocie, ten kontur jest bardziej zbliżony do paraboli, ale zdecydowałem pozostawić go w tej postaci.

Rysunek 4.3.16 pokazuje podobne obrazy dla sekcji **3** i **2**. Te sekcje nie były narysowane na żadnym rysunku referencyjnym, więc ich kształt opiera się głównie o zdjęcia:



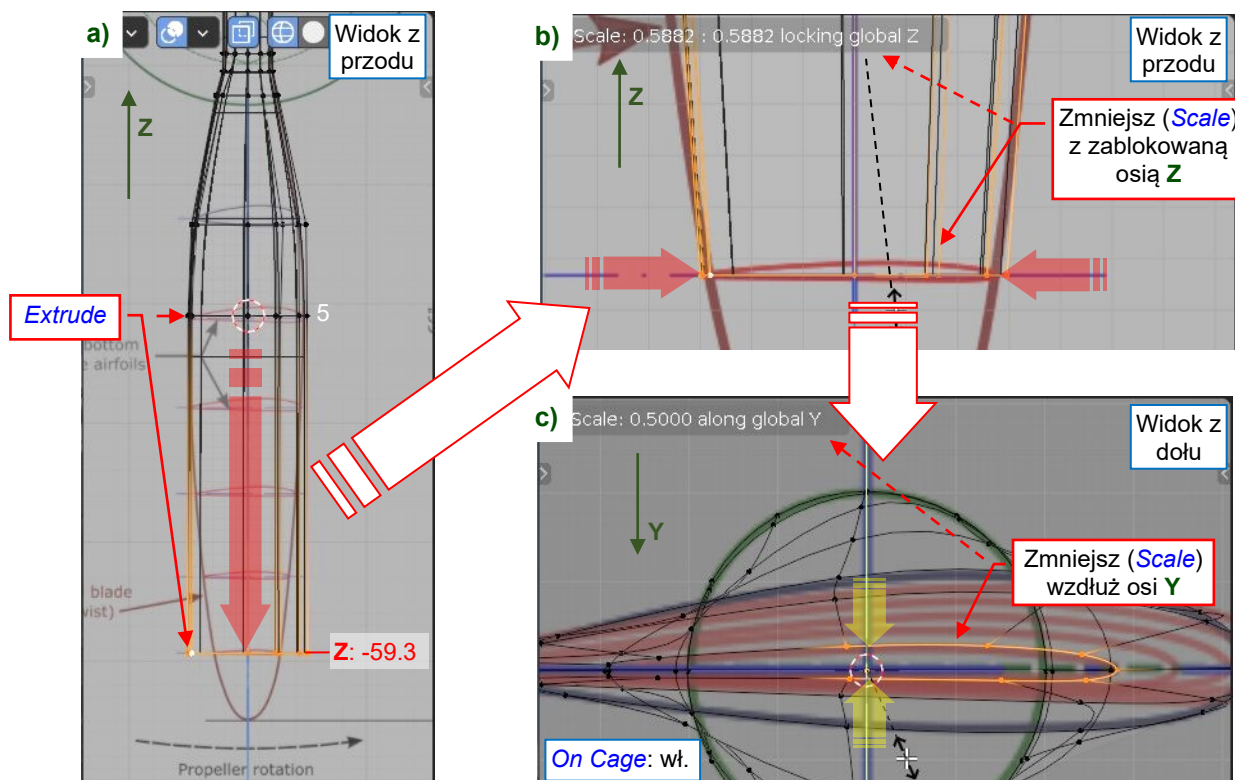
Rysunek 4.3.16 Punkty sterujące (podstawowa siatka) i wynikowe krzywe sekcji **3** i **2**

¹ Twoje kontury powinny przypominać te kształty, lecz nie muszą być identyczne. Użyte w tej sekcji obrazy referencyjne są „niższej jakości”. Możesz założyć, że zakres ich ewentualnych odchyłków jest zbliżony do szerokości cieńszych linii użytych w tych rysunkach. To pozostawia podobnie szeroki margines błędów dla Twojej „indywidualnej interpretacji” tych konturów.

² Ten rysunek referencyjny kreśliłem jak plany modelarskie: prawdziwy kontur leży na zewnętrznej stronie obrysu.

Górna część łopaty jest gotowa, więc zaczniemy teraz część dolną:

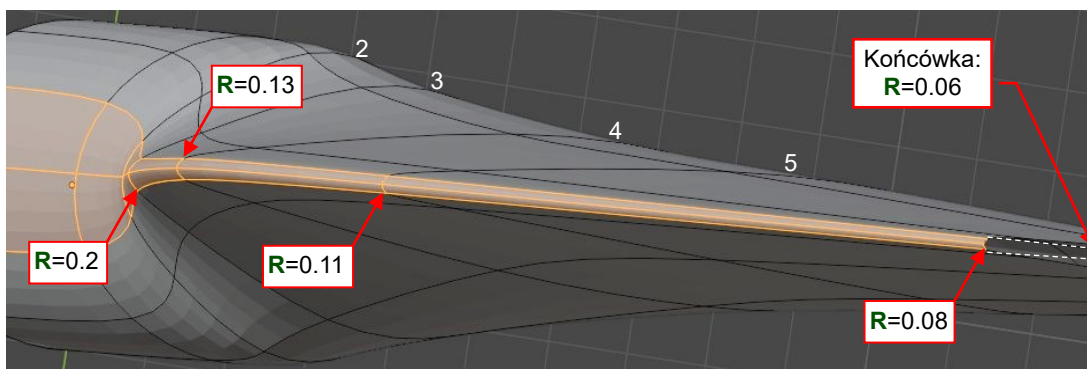
1. Wyłącz *Subdivision:On Cage*, włącz cieniowanie z *X-Ray*.
2. Przełącz się na widok z przodu (1).
3. Wyciągnij (*Extrude*) z sekcji 5 nowy segment. Umieść tę nową sekcję nad ostatnim przekrojem łopaty zaznaczonym na rysunku referencyjnym (Rysunek 4.3.17a):
4. Zmniejsz (*Scale*) sekcję bez osi Z (S, Shift-Z), aby jej cięciwa pasowała do planów (Rysunek 4.3.17b).
5. Przełącz się na widok z dołu (Ctrl-7) i włącz *Subdivision:On Cage*.
6. Zaznacz prawą stronę nowo utworzonej sekcji (czyli jej krawędź natarcia) wraz z wierzchołkami ze środka jej konturu. „Ściśnij” je (*Scale*) wzdłuż osi Y (S, Y) (Rysunek 4.3.17c) :



Rysunek 4.3.17 Wyciąganie dolnej części łopaty śmigła

W ostatnim kroku (Rysunek 4.3.17c) wyłączyliśmy ze skalowania pięć wierzchołków tworzących krawędź spływu. Zrobiliśmy to, aby zachować dotychczasowy promień zaokrąglenia tej krawędzi (około 0.08”), uzyskany w kroku 4. Ten promień już pasował do rysunku referencyjnego i nie było potrzeby jego dalszego zmniejszania.

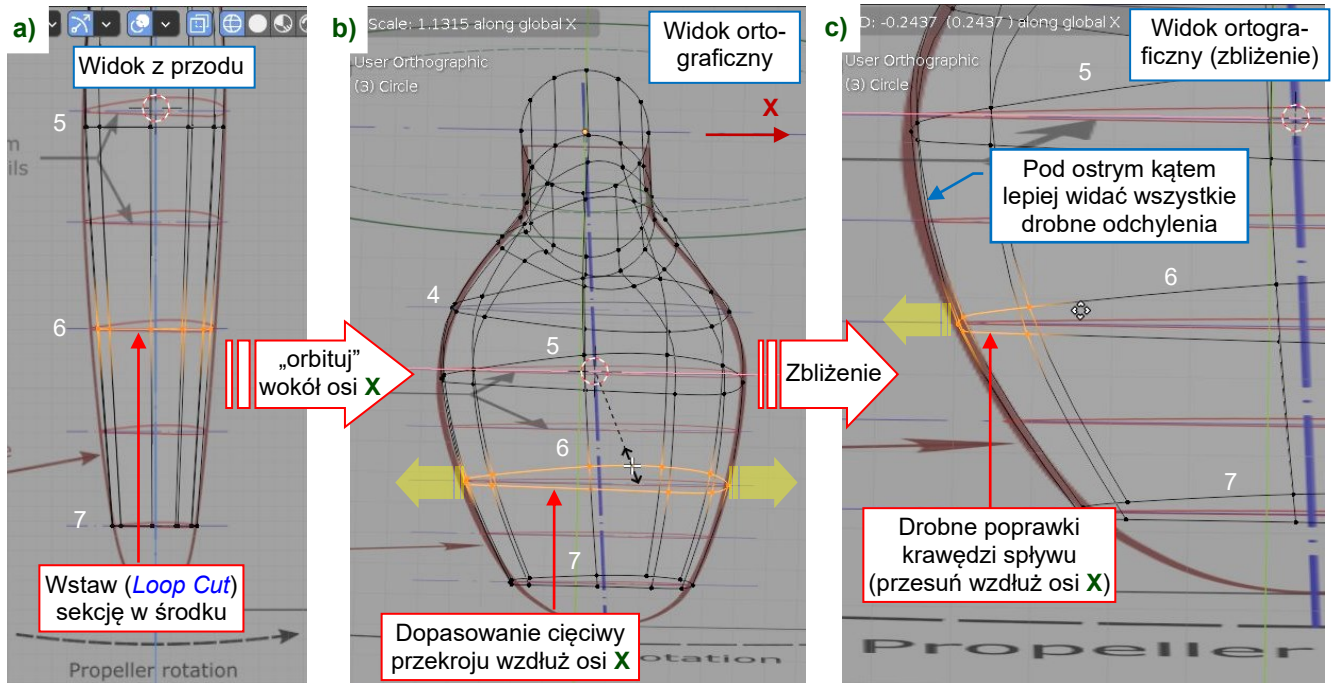
Z drugiej strony, trudno jest dokładnie określić promień krawędzi spływu ze zdjęcia Curtiss (Rysunek 4.3.1). Uwzględniając ograniczenia technologiczne, założyłem następujący rozkład wzdłuż łopaty (Rysunek 4.3.18):



Rysunek 4.3.18 Zmiany promienia krawędzi spływu wzdłuż rozpiętości łopaty

Aby dopasować kontur łopaty do widoku z przodu, wstaw dodatkową sekcję w środek ostatniego segmentu:

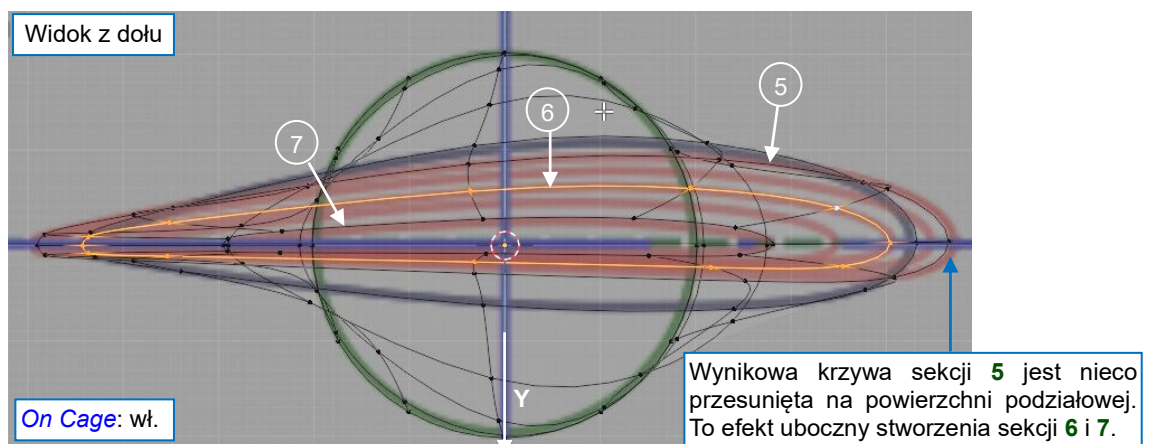
1. Przełącz się na widok z przodu (1) i upewnij się, że tryb *Subdivision:On Cage* jest włączony.
2. Wstaw nową sekcję (*Loop Cut*) w ostatni segment siatki, i przesun ją do najbliższego przekroju nanieśionego na rysunek referencyjny (Rysunek 4.3.19a).
3. Dopasuj tę nową sekcję do konturu z rysunku. Zrób to skalując (Rysunek 4.3.19b) i przesuwając wierzchołki (Rysunek 4.3.19c) wzdłuż osi **X**:



Rysunek 4.3.19 Wstawienie środkowej sekcji (6)

W dalszym tekście ta nowa sekcja jest oznaczona numerem **6**, a ostatnia – **7**. Zauważ, że obróciłem aktualną projekcję wokół osi **X**. Pod ostrym kątem lepiej widać ewentualne różnice pomiędzy powierzchnią wynikową a konturem z rysunku. Skalowanie czy przesuwanie jest niezależne od projekcji, więc jest to prosta metoda na efektywne dopasowanie kształtu¹. To jest pierwsze przybliżenie, więc Rysunek 4.3.19c) pokazuje niewielkie różnice w kształcie krawędzi spływu pomiędzy sekcjami **5** i **6**.

Nie musiałem skalować sekcji **6** wzdłuż osi **Y**, ponieważ od razu dobrze pasowała do przekroju łopaty w tym miejscu (Rysunek 4.3.20). Przypuszczam, że wszystkie przekroje pomiędzy **5** i **7** zmieniają się liniowo.



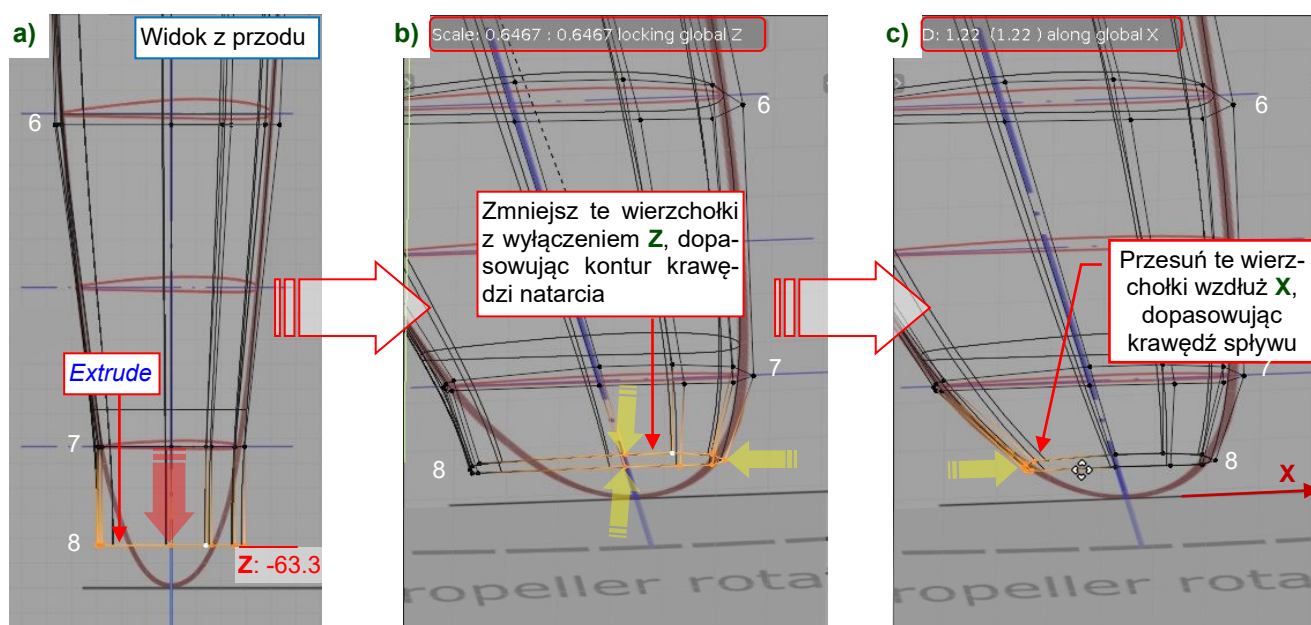
Rysunek 4.3.20 Przekrój sekcji 6

¹ Użyliśmy już jej przy okazji formowania linii prostej (por. Rysunek 4.3.8 oraz str. 1062).

W trybie **On Cage** możesz zauważyć, że po dodaniu sekcji 6 i 7 wynikowa sekcja 5 przesunęła się wzdłuż osi łopaty (porównaj Rysunek 4.3.20 i Rysunek 4.3.19a). Oczywiście, wierzchołki jej siatki (punkty sterujące) pozostały w tym samym miejscu. To normalny efekt. Jeżeli sprawdziłbyś kształt obecnego przekroju łopaty w miejscu zaznaczonym na rysunku referencyjnym jako sekcja **5**, okazałoby się, że jej wynikowy kontur nie uległ żadnym specjalnym zmianom.

Kontynuujmy naszą pracę:

1. Przełącz się na widok z przodu (**1**), wyłącz tryb **Subdivision:On Cage**.
2. Wyciągnij (**Extrude**) nowy segment z sekcji **7**. Umieść tę nową sekcję **8** w **Z = -63.3** (Rysunek 4.3.21a).
3. Zaznacz prawą część sekcji **8** (por. Rysunek 4.3.17c).
4. Zmniejsz (**Scale**) zaznaczone wierzchołki z zablokowaną osią **Z** (**S**, **Shift-Z**), dopasowując kształt krawędzi natarcia łopaty do konturu na rysunku (Rysunek 4.3.21b).
5. Zaznacz pięć wierzchołków na krawędzi spływu i przesunij je (**G**) wzdłuż osi **X**, dopasowując kształt tej krawędzi do konturu łopaty (Rysunek 4.3.21c):

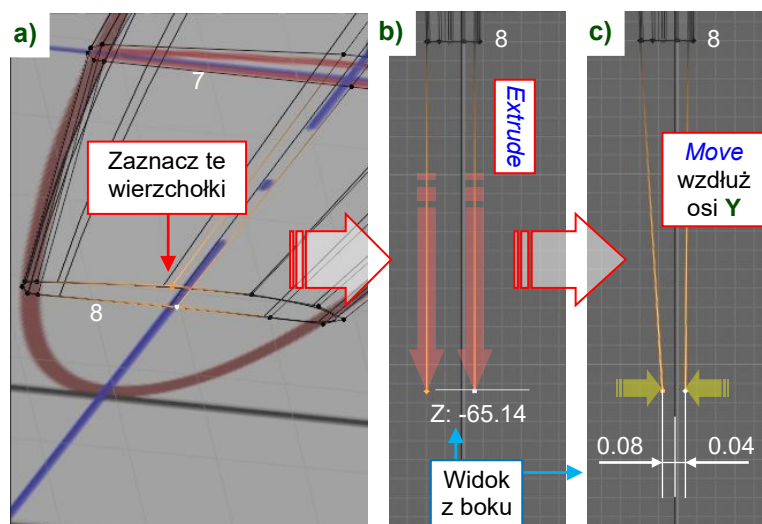


Rysunek 4.3.21 Wyciągnięcie segmentu z sekcją **8**

Rozpocznijmy budować zewnętrzny kontur końcówki tej łopaty:

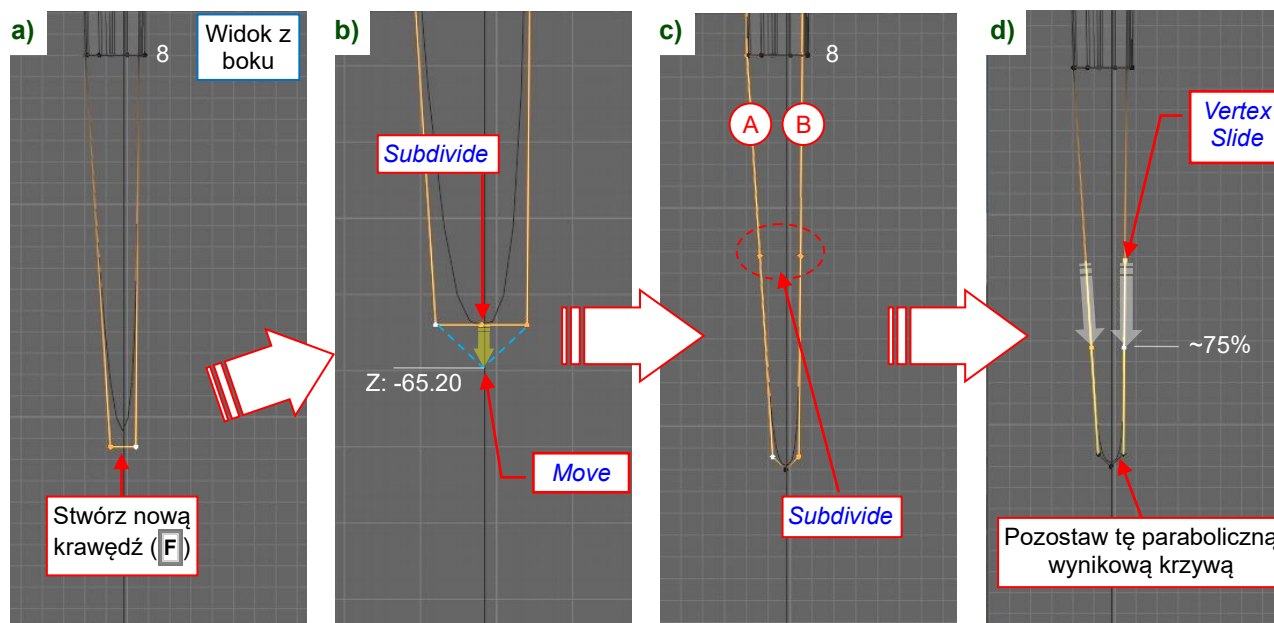
1. Zaznacz środkowe wierzchołki sekcji **8** (Rysunek 4.3.22a).
2. Przejdź do widoku z boku (**3**).
3. Wyciągnij zaznaczone wierzchołki. To stworzy dwie nowe krawędzie (Rysunek 4.3.22b). Umieść końce tych krawędzi (nowe wierzchołki) w **Z = -65.14**.
4. Zbliż te nowe wierzchołki wzdłuż **Y** do osi siatki (Rysunek 4.3.22c).

(kontynuacja listy na następnej stronie)



Rysunek 4.3.22 Wyciągnięcie bocznego konturu końcówki łopaty

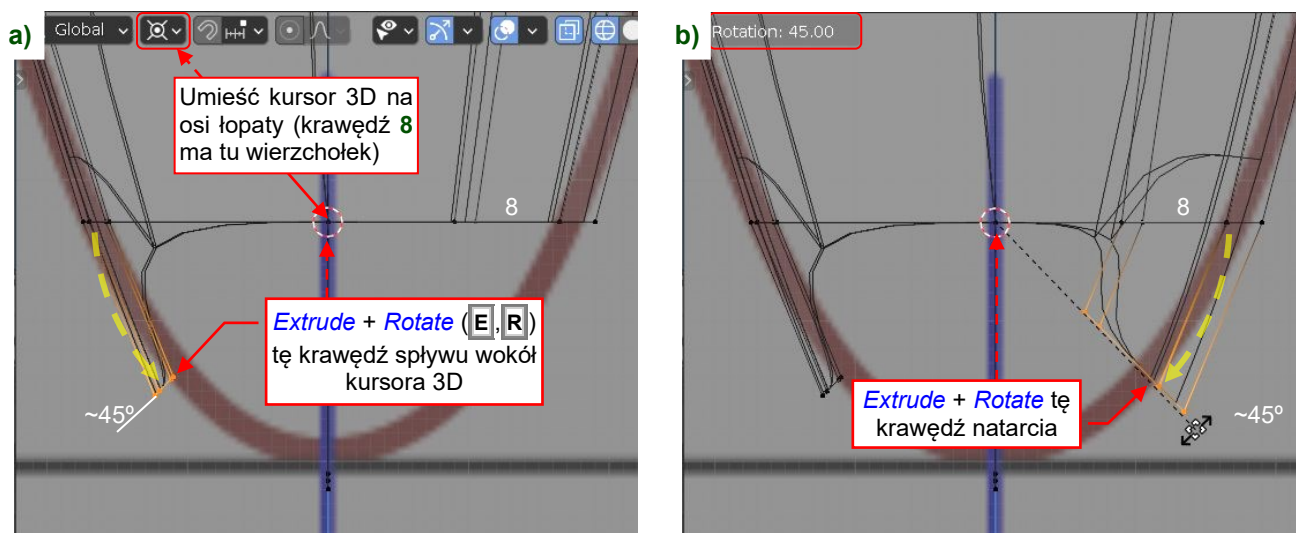
5. Zaznacz obydwa nowe wierzchołki i połącz je krawędzią (**F** – por. str. 546, jak w Rysunek 4.3.23a).
6. Podziel tę krawędź wierzchołkiem (**Edge** → **Subdivide**, por. str. 535), jak w Rysunek 4.3.23b).
7. Przesuń (**G**) ten nowo stworzony wierzchołek w dół, do **Z = -65.20**.
8. Zaznacz i podziel (**Subdivide**) krawędzie **A** i **B** (Rysunek 4.3.23c).
9. Przesuń te nowe wierzchołki w dół wzdłuż krawędzi poleceniem **Vertex Slide** (**Shift** - **V**, por. str. 537), do około 75% krawędzi **A** i **B** (Rysunek 4.3.23d).



Rysunek 4.3.23 Zamykanie bocznego konturu końcówki łopaty śmigła

Teraz zacznijmy wyciągać zaokrąglone obramowanie tej końcówki:

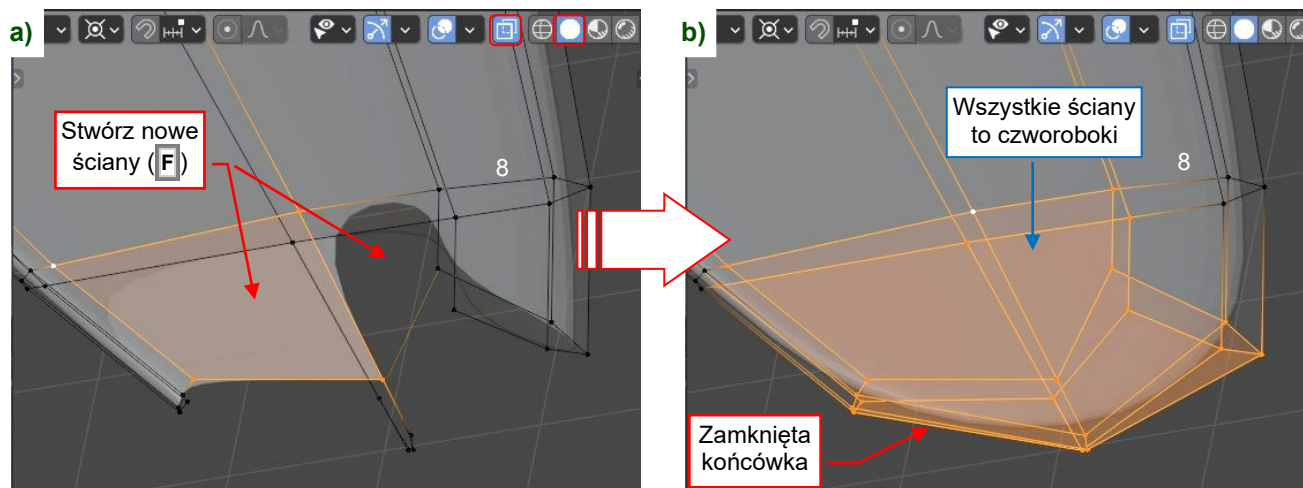
1. Przełącz się do widoku z przodu (**1**).
2. Zaznacz środkowy wierzchołek sekcji **8** i umieść tam kursor 3D (**Shift** - **S**, **2** – por. str. 454).
3. Zaznacz pięć wierzchołków krawędzi spływu sekcji **8**.
4. Wyciągnij je poprzez obrót (**E**, **R** – por. str. 510) o 45° (Rysunek 4.3.24a).
5. Zaznacz pięć wierzchołków krawędzi natarcia sekcji **8**.
6. Wyciągnij je poprzez obrót (**E**, **R**) o 45° (Rysunek 4.3.24b):



Rysunek 4.3.24 Wyciąganie konturu końcówki

Zamknij zewnętrzną krawędź tej końcówki tworząc nowe ściany siatki:

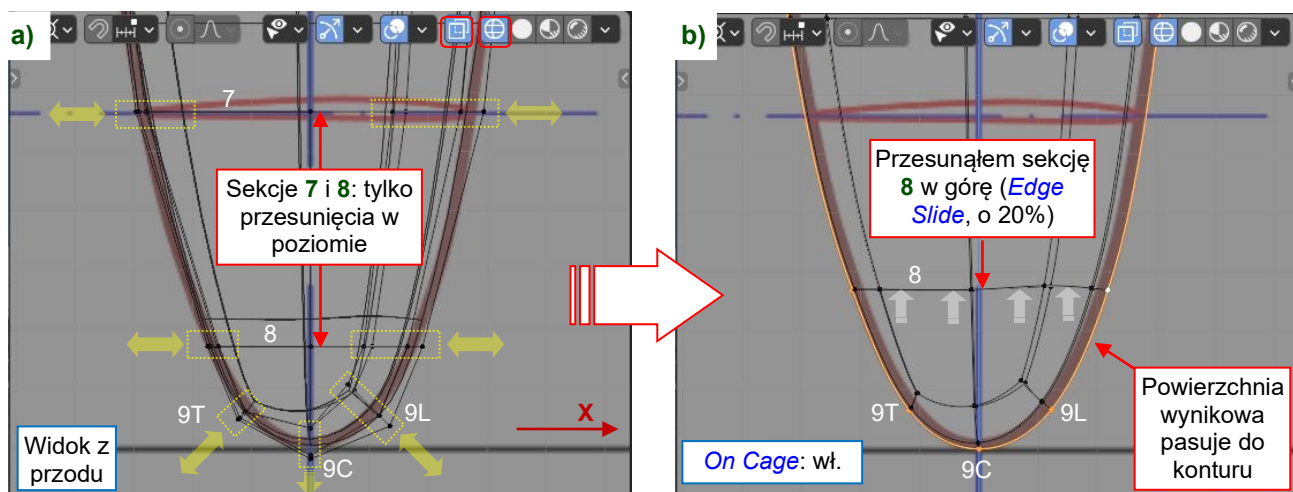
1. W oknie **Outliner** wyłącz widoczność rysunków referencyjnych (kolekcji **1a.Propeller**), ponieważ zasłaniałyby niektóre z wierzchołków końcówki.
2. Wyłącz trym **X-Ray**, przełącz się na cieniowanie **Solid** (jak w Rysunek 4.3.25a).
3. Okrąż (zmień punkt obserwacji) końcówkę, aby lepiej widzieć jej wierzchołki.
4. Zaznacz cztery wierzchołki i połącz je ścianą (**F** – por. str. 545) jak w Rysunek 4.3.25a).
5. Powtarzaj kroki 3 i 4 dopóki nie zamkniesz tej końcówki (Rysunek 4.3.25b).



Rysunek 4.3.25 Zamykanie siatki końcówki

Dopasuj kształt tego konturu do rysunku referencyjnego w widoku z przodu:

1. W oknie **Outliner** włącz widoczność rysunków referencyjnych (kolekcji **1a.Propeller**).
2. Przełącz się na widok z przodu (**1**).
3. Przełącz się na cieniowanie **Wireframe** i upewnij się, że opcja **X-Ray** jest włączona (Rysunek 4.3.26a).
4. Zaznacz (narzędziem **Circle**) wszystkie pięć wierzchołków któreś z sekcji krawędzi natarcia/splywu.
5. Przesuwaj (**G**) zaznaczone wierzchołki, obserwując jak to zmienia krzywą wynikową. Umieść je w miejscu, w którym ta krzywa lepiej pasuje do konturu z widoku z przodu.
6. Możesz także poprawić wierzchołki krawędzi natarcia i splywu sekcji **7** i **8**. Przesuwaj je jednak tylko wzdłuż osi **X**. Ewentualnie, możesz także przesunąć całe sekcje poleceniem **Edge → Edge Slide**.
7. Powtarzaj kroki 4-6 dopóki wynikowy kontur tej końcówki nie będzie wyglądać jak w Rysunek 4.3.26b). Aby lepiej widzieć ten gładki obrys, możesz włączyć tryb **Subdivision:On Cage**.



Rysunek 4.3.26 Dopasowywanie konturu końcówki do rysunku referencyjnego



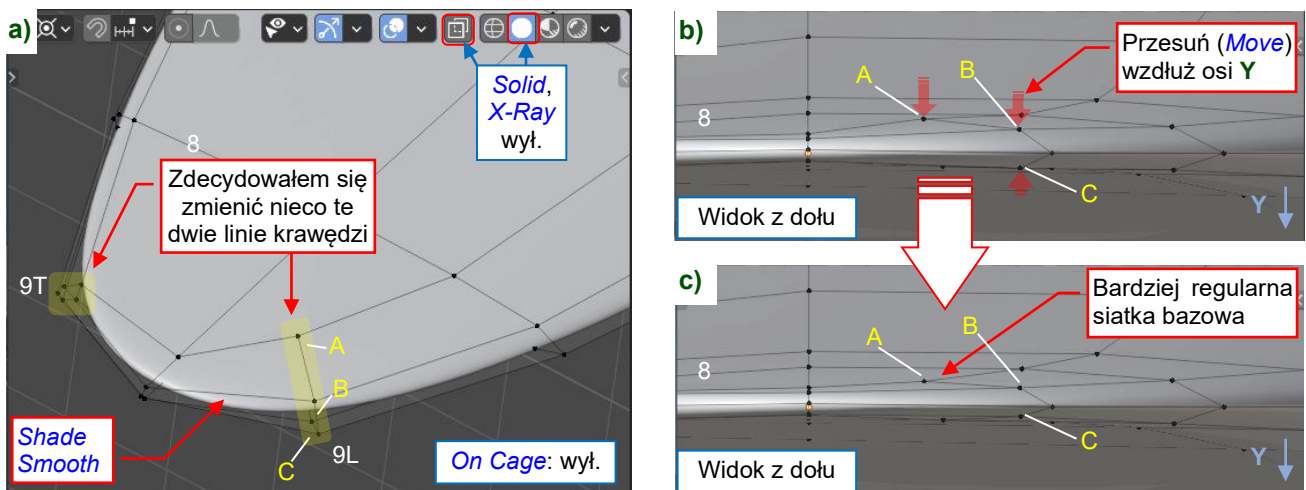
Możesz także przełączyć cieniowanie tych powierzchni z “płaskiego” na “gładkie” (*Face* → *Shade Smooth*, por. str. 515).

Dopasowanie konturu tej końcówki wymagało tylko niewielkich modyfikacji. Najważniejszą było przesunięcie (*Slide*) sekcji **8** do sekcji **7** o około 20% (Rysunek 4.3.26b). W rezultacie sekcja **8** znalazła się w **Z**=-62.5. przesunąłem także na zewnątrz (wzdłuż osi **X**, o około 0.1”-0.2”) krawędzie natarcia i spływu pomiędzy sekcjami **7** i **8**. Czasami musiałem to robić dwukrotnie, bo zmiany w jednej sekcji powierzchni podziałowej (powiedzmy: **n**) wpływają także na dwie najbliższe sekcje (**n-1**, **n+1**)¹. Przesunąłem także odrobinę pod kątem krawędź **9T** (Rysunek 4.3.26) o **X**:-0.02, **Z**:-0.04, i krawędź **9C** w dół wzdłuż osi **Z** o -0.04. W Twoim przypadku te odległości mogą być inne, ale podaję je tutaj jako podpowiedź, jak takie dopasowywanie wygląda w praktyce.

Po zamknięciu siatki tej łopaty i dopasowaniu jej konturu w widoku z przodu, warto sprawdzić, czy ta końcówka nie wymaga jakichś poprawek w kierunku prostopadłym. Pamiętaj, że regularna siatka gwarantuje regularną powierzchnię podziałową, więc:

1. wyłącz tryb *Subdivision:OnCage*,
2. wyłącz tryb *X-Ray*,
3. przełącz cieniowanie w tryb *Solid*,
4. wyłącz widoczność rysunków referencyjnych,

i poszukaj jakichkolwiek nieregularności wśród jej oryginalnych krawędzi (Rysunek 4.3.27a):



Rysunek 4.3.27 Dopasowywanie siatki końcówki

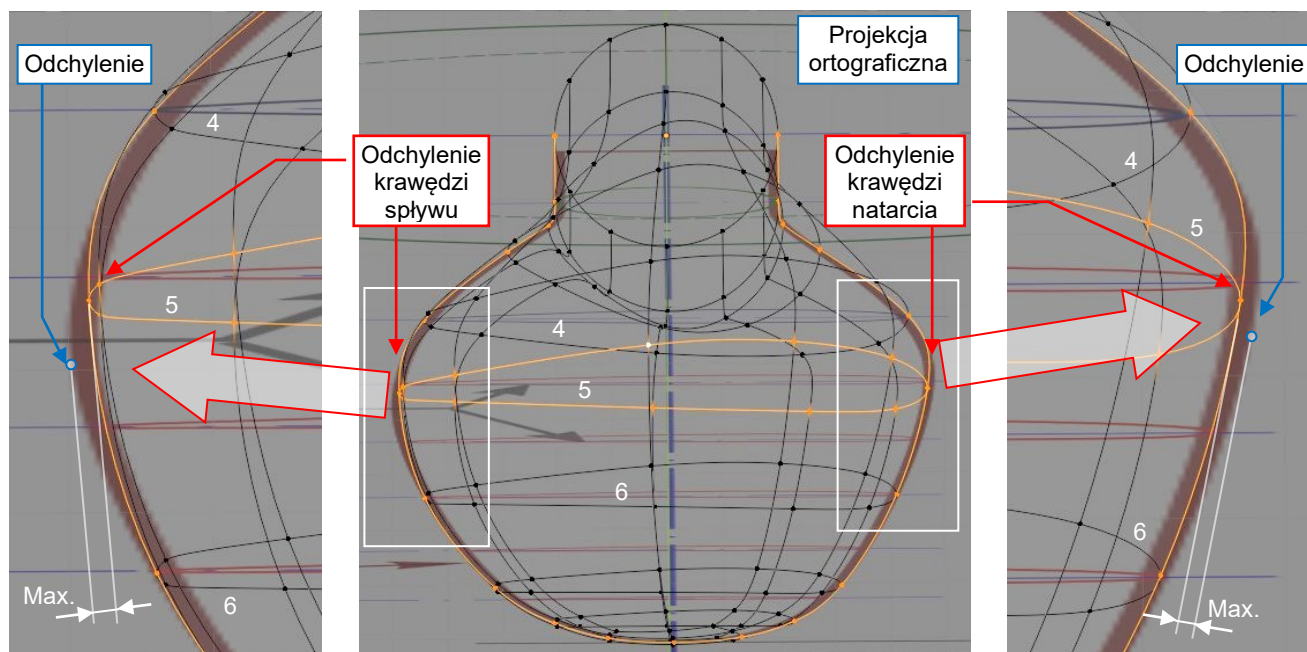


Gdy wynikowa powierzchnia jest cieniowana “płasko” (*Flat*), jak ta końcówka, łatwiej jest na niej zidentyfikować ewentualne nieregularności na siatce bazowej.

Kształt tej siatki wydawała się być poprawny, ale po przyjrzeniu się jej liniom w widoku z dołu (i podobnych) zdecydowałem, że powinienem przesunąć wierzchołki z sekcji **9L** i **9T** bliżej do płaszczyzny łopaty. Rysunek 4.3.27b i c) pokazują taką operację dla krawędzi **9L**. W tym ciągu zmieniłem trzy wierzchołki, które Rysunek 4.3.27 oznacza jako **A**, **B**, i **C**. Zostały przesunięte wzdłuż osi **Y** na odległość od 0.02 (**A**) do 0.007 (**C**). Końcówka łopaty śmigła była tak cienka, że nawet tak niewielkie zmiany czynią widoczną różnicę – przynajmniej w estecie bazowej siatki (porównaj Rysunek 4.3.27b i c).

¹ To ogólna reguła dla schematu podziałowego Catmull-Clarka: por. str. 1407. Na przykład: przesunąłem krawędź natarcia sekcji **7** o +0.2”, dopasowując ją do rysunku referencyjnego. W następnym kroku przesunąłem krawędź natarcia sekcji **8** o +0.13”, także dopasowując ją do rysunku. W rezultacie wynikowa łopata śmigła stała się zbyt szeroka w sekcji **7**. Musiałem przesunąć jej krawędź natarcia o -0.08”.

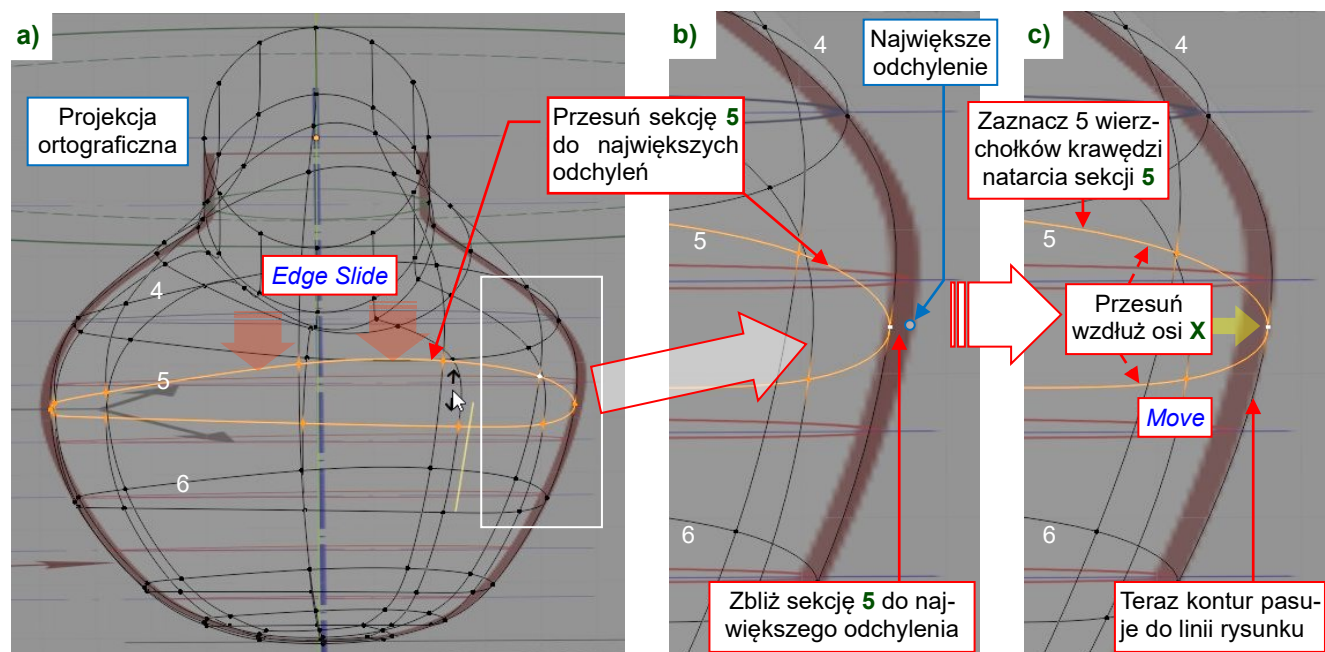
Wprowadźmy ostatnie korekty tej łopaty. Włącz cieniowanie **Wireframe** i tryb **Subdivision:On Cage**. Włącz widoczność kolekcji z rysunkami śmigła. Obejrzyj ze wszystkich stron siatkę w oknie 3D, szukając ewentualnych odchyłeń pomiędzy jej krawędziami a konturem referencyjnym. Znalazłem je wokół sekcji **5** (Rysunek 4.3.28):



Rysunek 4.3.28 Różnice wokół sekcji 5

Zademonstruję dopasowywanie takich powierzchni na przykładzie krawędzi natarcia:

1. Zaznacz sekcję **5** (całą linię wierzchołków).
2. Przesuń (**Edge Slide**) sekcję **5** w stronę miejsc, gdzie różnica jest największa (por. Rysunek 4.3.28 i Rysunek 4.3.29b). Umieść ją jak najbliżej największych odchyłeń (Rysunek 4.3.29b).
3. Zaznacz 5 wierzchołków krawędzi natarcia sekcji **5**.
4. Przesuń zaznaczone wierzchołki (**Move**) wzdłuż osi **X** o około 0.2". Teraz krawędź natarcia pasuje do rysunku referencyjnego (Rysunek 4.3.29c).



Rysunek 4.3.29 Końcowe poprawki kształtu łopaty

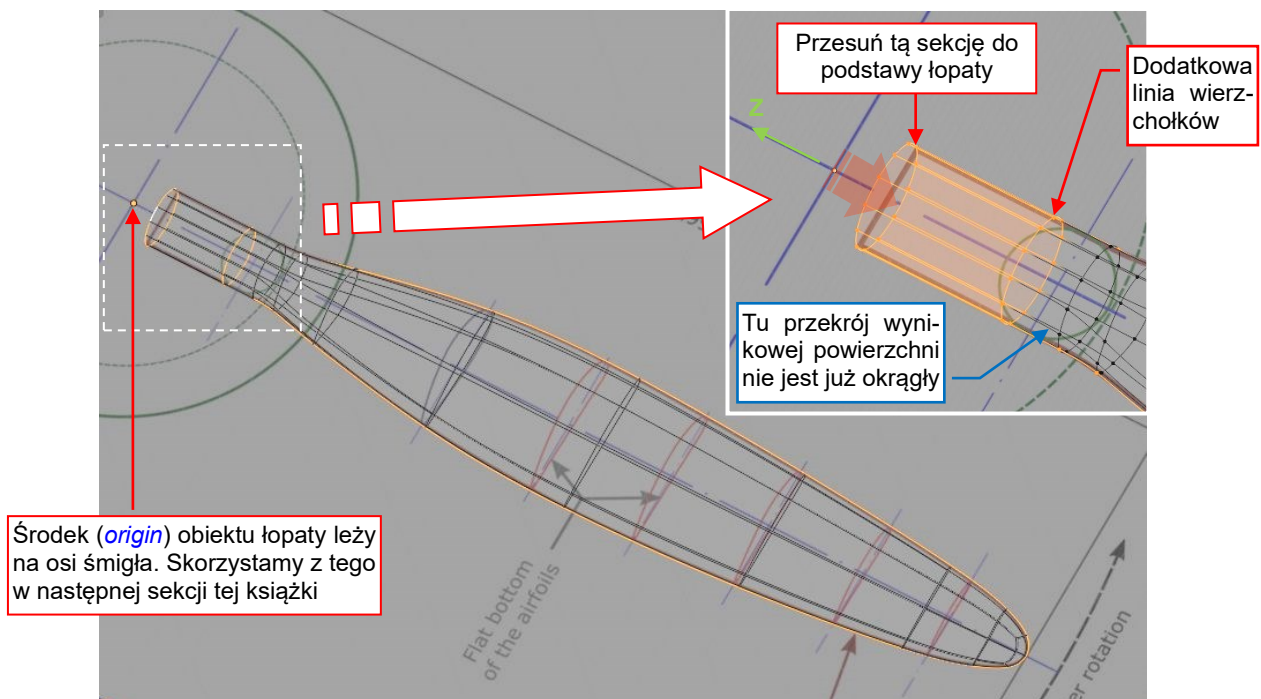
Powtórz tę procedurę dla krawędzi spływu: w kroku 3 zaznacz jej 5 wierzchołków, a następnie wykonaj krok 4.



Rysunek 4.3.28 nie pokazuje tego zbyt dobrze z powodu przyjętej projekcji, ale maksima odchyień na krawędzi natarcia i spływu mają różne współrzędne **Z**. Sekcję **5** można tylko przesunąć w ich pobliże.

Dopóki sekcja **5** ma pozostać w płaskiej postaci (**Z=const.**) nie można jej końców umieścić dokładnie w tych maksimach. Na szczęście współrzędne **Z** tych odchyień nie różnią się zbytnio, więc wystarczyło umieścić sekcję **5** pomiędzy nimi, a potem ją rozszerzyć. Gdyby różnica współrzędnych **Z** max. odchyień była większa, musiałbym wstawić w tą łopatę dodatkową linię wierzchołków, po sekcji **4** lub przed sekcją **6**, a potem wszystkie je dopasować.

Na koniec wstawiłem (**Loop Cut**) pomocniczą, okrągłą sekcję w podstawę łopaty (Rysunek 4.3.30). Jej obecność wymusza na dalszej powierzchni wynikowej przekrój w kształcie okręgu. Przesunąłem też pierwszą sekcję w dół (wzdłuż osi **Z**), umieszczając ją u podstawy łopaty śmigła zaznaczonej na rysunku:

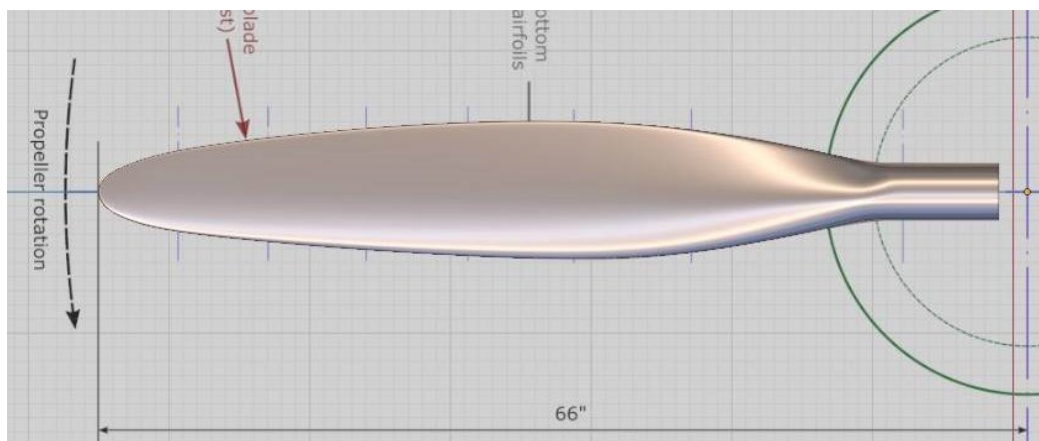


Rysunek 4.3.30 Kompletna siatka łopaty śmigła (bez zwichrzenia)



Środek (czy też punkt odniesienia – **origin**) obiektu łopaty leży w miejscu, w którym umieściłeś kursor 3D wstawiając początkowy okrąg (por. str. 106): na osi kołpaka śmigła.

Dla dalszego sprawdzania kształtu siatki możesz użyć wariantu **MatCap** trybu cieniowania **Solid** (por. str. 51) i wybrać jakiś ciekawszy materiał, na przykład – gładki metal (Rysunek 4.3.31):



Rysunek 4.3.31 Łopata śmigła z metalicznym **MatCap**



Podczas modelowania, czasami trzeba **usuwać** wierzchołki, ściany lub całe linie krawędzi (*edge loops*). Użyj w tym celu klawisza **Delete** (lub **X**). Szczegóły – por. str. 542.

Nazwij ten obiekt i jego siatkę **B.010.Blade**. Upewnij się, że jest umieszczony w kolekcji **2.Fuselage** (por. str. 103). Do tej łopaty nie dodamy modyfikatora *Solidify* (por. str. 102), gdyż jej jedyny otwór będzie ukryty wewnątrz kołpaka śmigła.

Pozostało nam jeszcze skrócić (zwichrzyć) tę łopatę, ale zrobimy to już w następnej, ostatniej sekcji tego rozdziału. Nasz rysunek referencyjny opisywał ją w „spłaszczonej” postaci, więc zdecydowałem się zatrzymać w tym momencie i zapisać do pliku **.blend* aktualny stan tego modelu. W przyszłości ten wariant bez zwichrzenia jeszcze będzie można wykorzystać (por. str. 558).

Summary

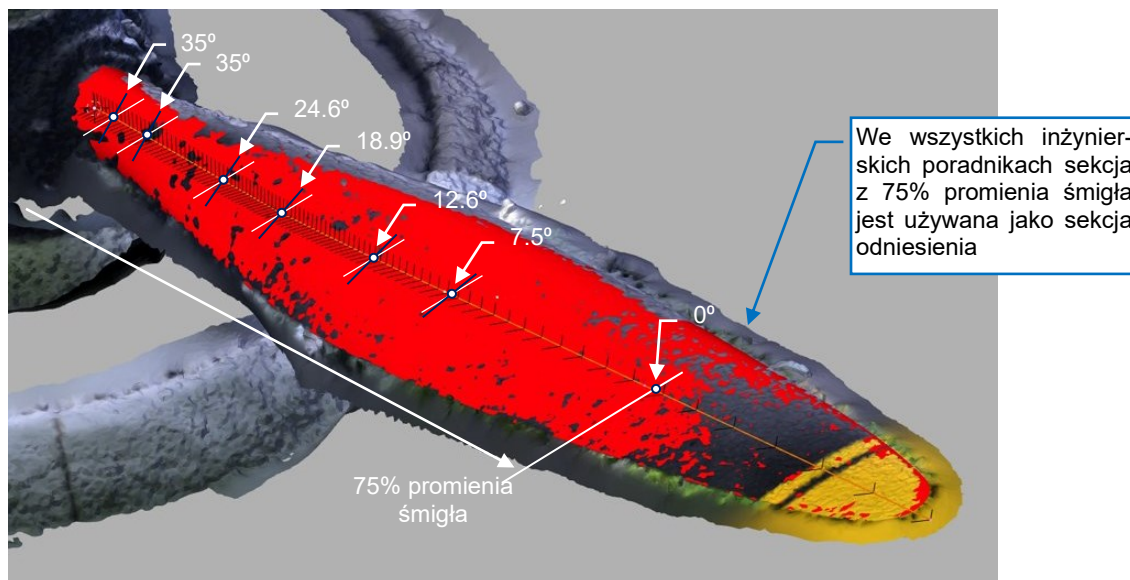
- W tej sekcji poznałeś kolejne transformacje wierzchołków (przesunięcie *Move*: str. 107, obrót *Rotate*: str. 115, przesunięcie *Slide Vertices*: str. 115), „ręczne” tworzenie nowych krawędzi i ścian (str. 115, 116), oraz tworzenie nowych wierzchołków poprzez wyciągnięcie (str. 114) lub podział krawędzi (*Subdivide*, str. 115).
- Nauczyłeś się więcej o praktyce formowania i dopasowywania gładkich kształtów modelowanych za pomocą powierzchni podziałowych (str. 108, 112, 116, 118).
- Ogólna metoda formowania łopaty śmigła była taka sama jak zaprezentowana w poprzedniej sekcji dla kołpaka: kolejne przekształcenia prostego przekroju początkowego. Dziwnym trafem, nawet zaczęliśmy od takiego samego, 12-bocznego „okręgu” (str. 106). Jednak ta łopata to bardziej złożony przypadek, wymagający więcej pracy.
- W *Edit Mode*, współrzędne w zakładce *Item* przybornika pozwalają na masowe zmiany zaznaczonych wierzchołków (str. 109).
- Geometria łopaty śmigła jest zazwyczaj niedostępna: nie znajdziesz jej nawet na szczegółowych rysunkach, takich jak plany Jumpei Temmy. Jedyny znany wymiar to średnica śmigła, podawana często na rysunkach poglądowych samolotu. Pozostałych wskazówek musisz szukać na zdjęciach archiwalnych. Czasami przydaje się także uporządkować wszelkie zdobyte informacje kreśląc pomocniczy rysunek referencyjny (str. 104).



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: *model/p40/history/P40B-8.03.blend*.

4.4 Dokończenie łopat śmigła

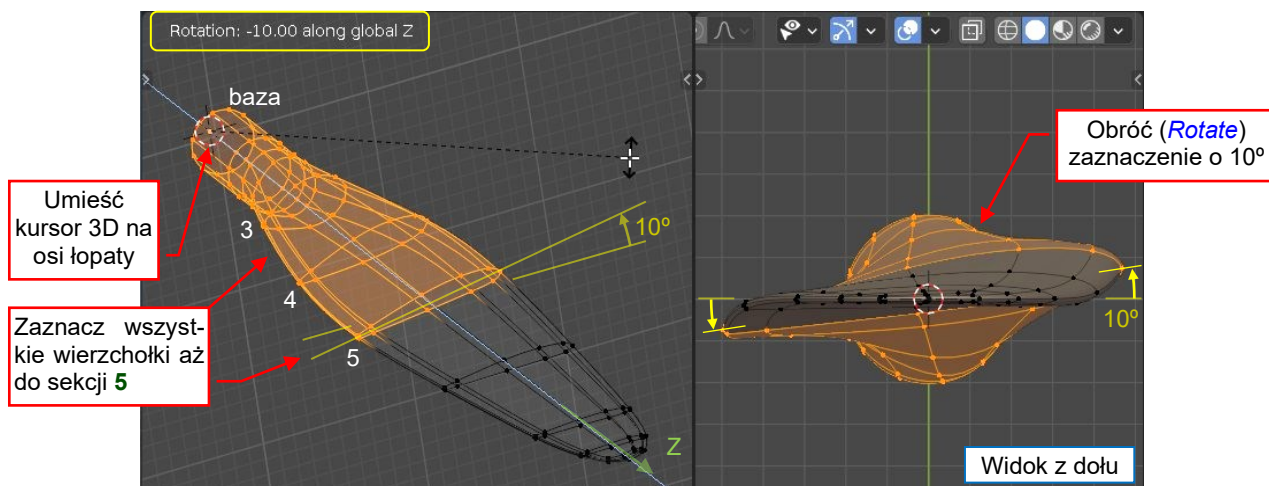
Jeżeli przyjrzyj się łopatom wiatraka lub pokojowego wentylatora, zauważysz, że są skręcone. To samo dotyczy łopat śmigieł. Niestety, nie mamy żadnych „twardych” danych o geometrii łopat śmigieł Curtiss, których użyto w P-40. Kilka lat temu miałem okazję odtwarzać śmigło Hamilton Standard ze skanu 3D¹. To był starszy wariant, montowany we wczesnych samolotach C-47. Jego rozmiar i kształt łopaty wydają się przypominać śmigło Curtiss (Rysunek 4.4.1):



Rysunek 4.4.1 Zwichrzenie (skręcenie) łopaty śmigła Hamilton Standard, zmierzone na jej skanie 3D

Przypuszczam, że rozkład kątów skręcenia kolejnych przekrojów w łopatach Curtiss przypominał przypadek pokazany na ilustracji powyżej. Teraz użyjemy tych danych do skręcenia naszej łopaty z poprzedniej sekcji:

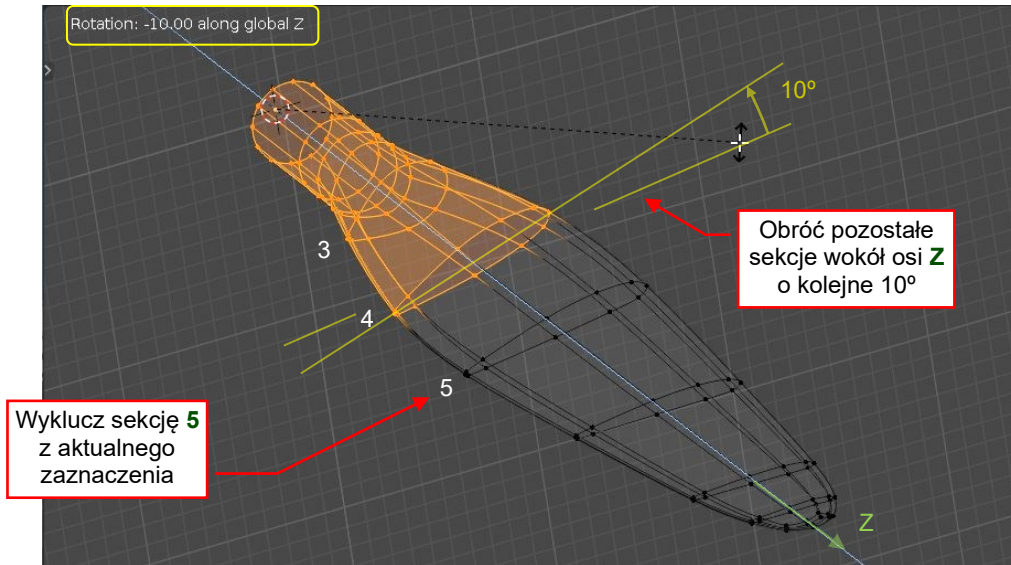
1. W **Object Mode** zaznacz obiekt łopaty i wywołaj polecenie **Cursor to Selected** (**Shift-S**, **2** – por. str. 454). W ten sposób zapewniamy położenie kursora 3D na osi łopaty.
2. Przełącz się w **Edit Mode**, i upewnij się, że aktualny tryb **Transformation Pivot** to **3D Cursor**.
3. Zaznacz sekcje łopaty – od bazowej do **5** (Rysunek 4.4.2).
4. Obróć zaznaczenie wokół osi **Z** (**R**, **Z**) o **10°** (możesz to zrobić w dwóch oknach 3D):



Rysunek 4.4.2 Skręcanie łopaty śmigła (do sekcji 5)

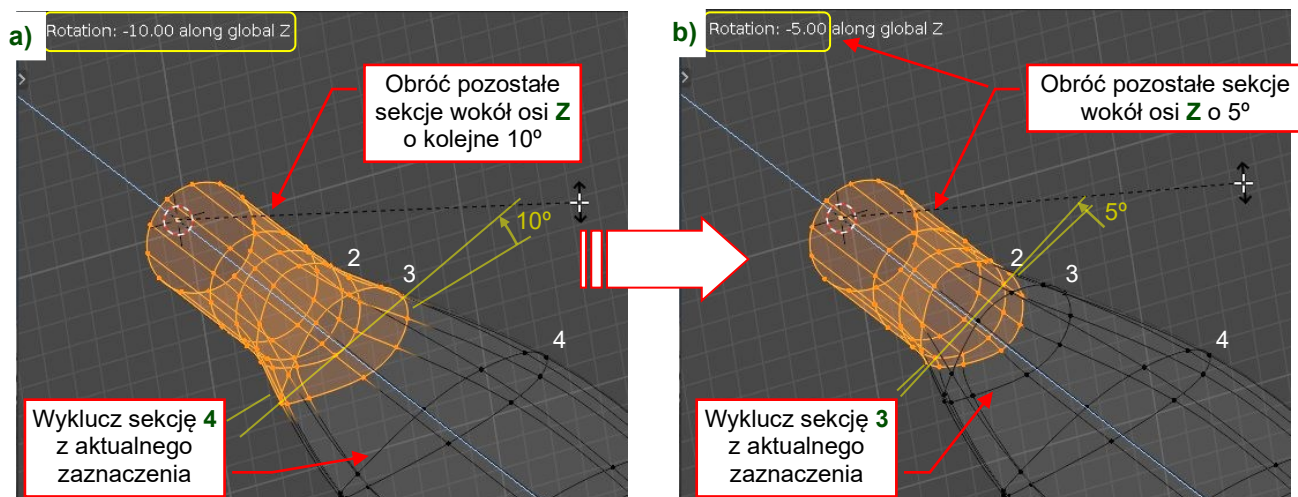
¹ Szczegóły znajdziesz w [tym poście z 2016r.](#)

Teraz wyklucz z zaznaczenia sekcję **5** (**Alt-Shift-LPM**) i obróć sekcje **1-4** o kolejne **10°** (Rysunek 4.4.3):



Rysunek 4.4.3 Skręcanie łopaty śmigła (do sekcji 4)

Powtarzaj tę operację, wykluczając z zaznaczenia kolejne sekcje (Rysunek 4.4.4a). Zakończ tę sekwencję obrotem ostatnich sekcji z podstawy łopaty o **5°** zamiast 10° (Rysunek 4.4.4b):



Rysunek 4.4.4 Skręcanie łopaty śmigła (do sekcji 3 i 2)

Na koniec sugeruję zaznaczyć sekcję **6** i obrócić ją o jakieś **3°** (Rysunek 4.4.5):

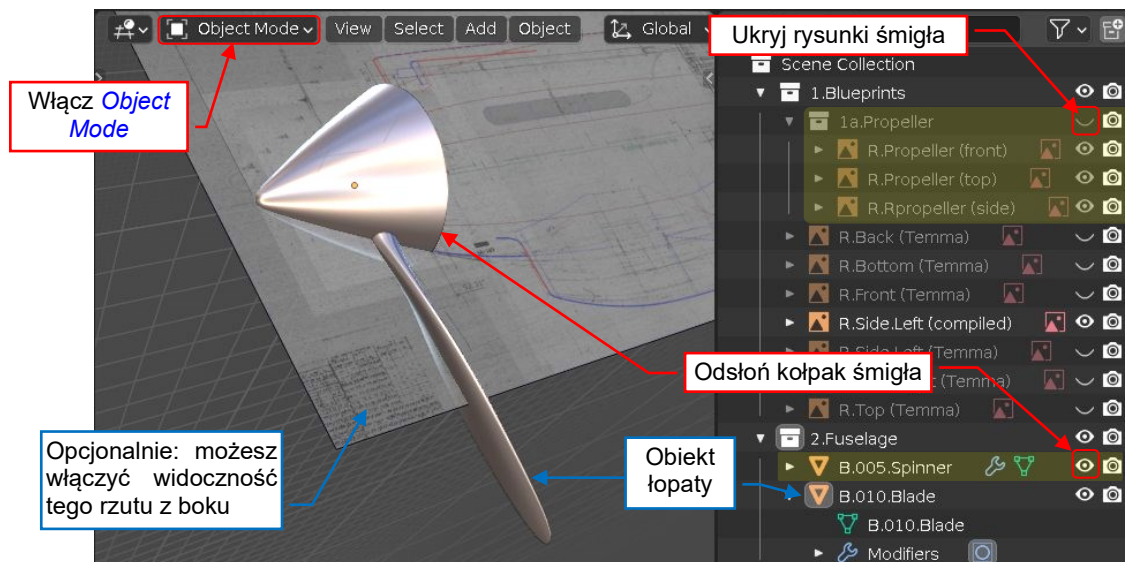


Rysunek 4.4.5 Skręcanie łopaty śmigła (do sekcji 3 i 2)

Ten ostatni krok minimalnie poprawia krzywą skrócenia krawędzi natarcia i spływu łopaty.

Łopata jest gotowa, więc:

1. Przełącz się na **Object Mode**.
2. Wyłącz widoczność pomocniczych rysunków śmigła (kolekcji **1a.Propeller**). Ewentualnie możesz włączyć jeden z rzutów z boku z kolekcji **1.Blueprints**.
3. Włącz widoczność kołpaka śmigła (**B.005.Spinner** z kolekcji **2.Fuselage**).

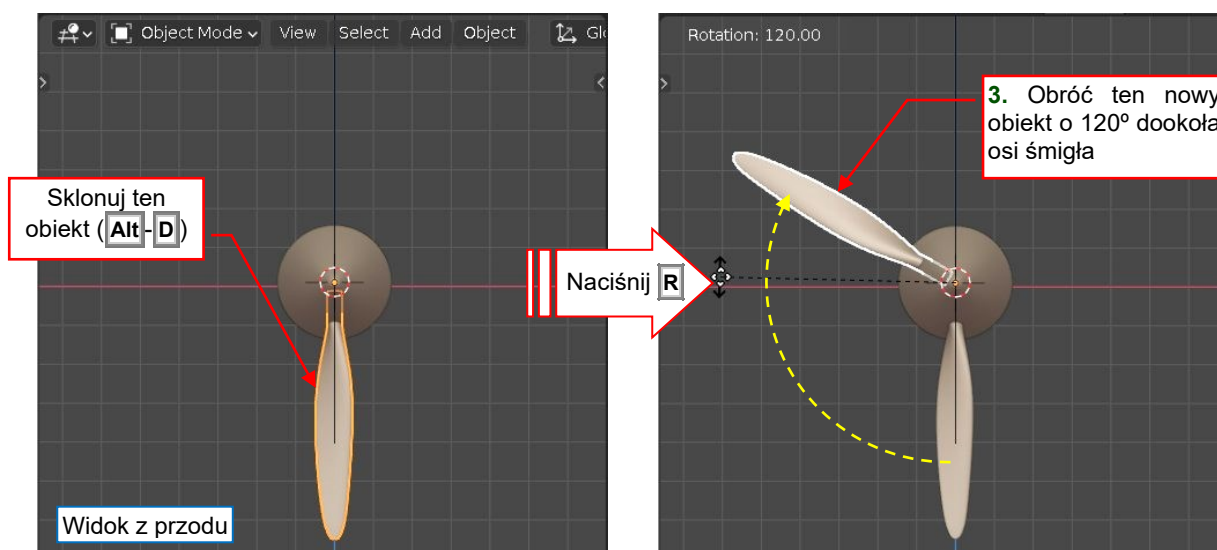


Rysunek 4.4.6 Gotowa łopata śmigła

Śmigło w tym metalowym wykończeniu robi dobre wrażenie, ale przed dalszą pracą proponuję wybrać dla tego cieniowania **Solid:MatCap** jakiś mniej połyskliwy materiał (np. „brązową glinę” – **brown clay**).

Teraz stwórzmy dwie pozostałe łopaty śmigła (jako klony):

1. Przełącz się na projekcję **Front** (**1**).
2. Upewnij się, że aktualny tryb **Pivot** to **3D Cursor**, i że kursor pozostaje w środku (**origin**) łopaty.
3. Zaznacz obiekt łopaty.
4. Sklonuj ten obiekt poleceniem **Object → Duplicate Linked** (**Alt-D** – por. str. 464).
5. Zaraz po wywołaniu tego polecenia naciśnij **R**. Obróć ten nowy obiekt o 120° (Rysunek 4.4.7):

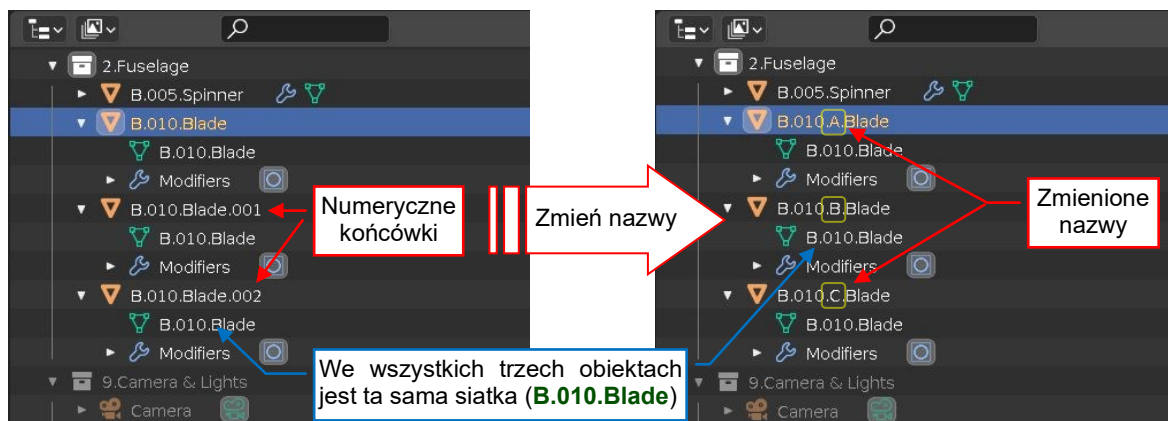


Rysunek 4.4.7 Powielenie łopat śmigła

Powtórz kroki 4 i 5, tworząc trzecią łopatę tego śmigła.

Stworzone w ten sposób trzy łopaty śmigła wykorzystują tę samą siatkę (por. Rysunek 4.4.8). To oznacza, że każda zmiana tych obiektów wprowadzona w *Edit Mode* jest natychmiast propagowana na pozostałe¹. Takie rozwiązanie ułatwia ewentualne przyszłe poprawki kształtu łopat śmigła. Z drugiej strony, nie możesz żadnemu z tych „klonów” przypisać innej tekstury niż pozostałym: na finalnym renderze będą identyczne².

Blender skopiował także nazwę obiektu, dodając co niej numeryczną końcówkę (**.001**, **.002**, ... - por. Rysunek 4.4.8). Nie przepadam za takimi końcówkami. Zamiast tego sugeruję dodać litery **A**, **B**, **C** do części wspólnej nazw tych łopat: **B.010.A.Blade**, **B.010.B.Blade**, **B.010.C.Blade**:



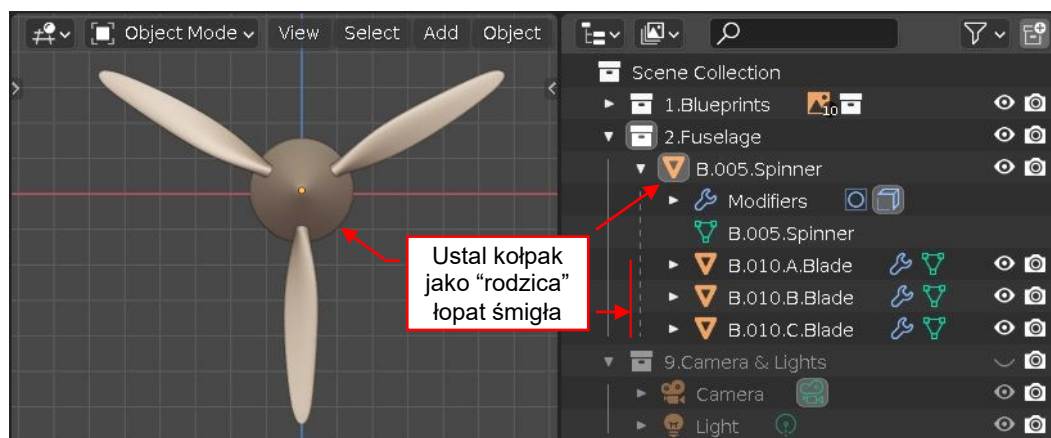
Rysunek 4.4.8 Zmiana nazw obiektów łopat



W modelach samolotów większość klonów to lewe/prawe wersje tej samej siatki. W takich przypadkach sugeruję rozróżniać je końcówkami **L** lub **R** (np.: **B.250.L.Aileron** lub **B.250.R.Aileron**). jednak w tym przypadku chodziło o trzy łopaty, stąd użycie liter **A**, **B**, **C**.

Teraz „przyklejmy” te łopaty do kołpaka, aby gdy jego obrót powodował obrót całego śmigła. W Blenderze możesz ten efekt uzyskać tworząc z tych obiektów hierarchię (relację *parent/child*):

1. Zaznacz trzy łopaty, następnie dodaj do tego zaznaczenia kołpak (kliknięciem **Shift-LPM**). Upewnij się, że kołpak jest obiektem aktywnym (powinien mieć jaśniejsze podświetlenie – por. str. 57).
2. Przypisz zaznaczone obiekty (*children*) do obiektu aktywnego (*parent*) poleceniem **Set Parent To: Object (Keep Transform)** (**Ctrl-P** – por. str. 479):

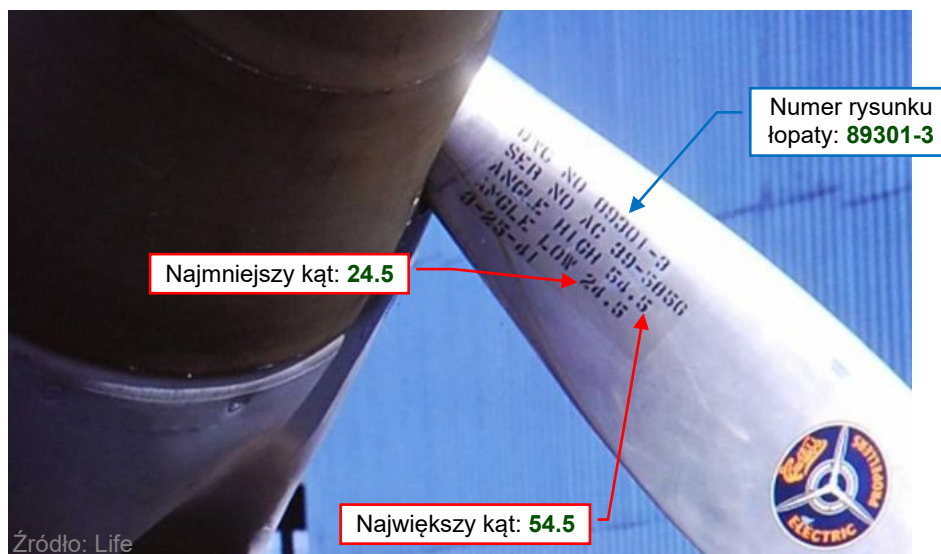


Rysunek 4.4.9 Hierarchia obiektów zespołu śmigła

¹ Więcej szczegółów o tym czym są takie „klony” (*linked copies*) znajdziesz w sekcji 16.1, na str. 1404.

² Raczej tego nie zauważysz. Jakby co: zawsze możesz „odłączyć” taki klon. Aby stworzyć indywidualną (Blender określa ją jako „lokalną”) kopię jego siatki, użyj polecenia **Object→Relations→Make Single User→Object & Data**.

Kątem skoku łopat śmigła P-40 sterował elektryczny silnik umieszczony wewnątrz kołpaka. Znajdowały się tam także przekładnie, które obracały każdą z tych trzech łopat wokół jej indywidualnej osi Z^1 . Jaki był zakres tego ruchu? Na szczęście, podają to napisy naniesione w pobliżu podstawy łopat. Przejrzałem dostępne zdjęcia i znalazłem jedno z nich, wykonane w 1940e dla magazynu „Life”:

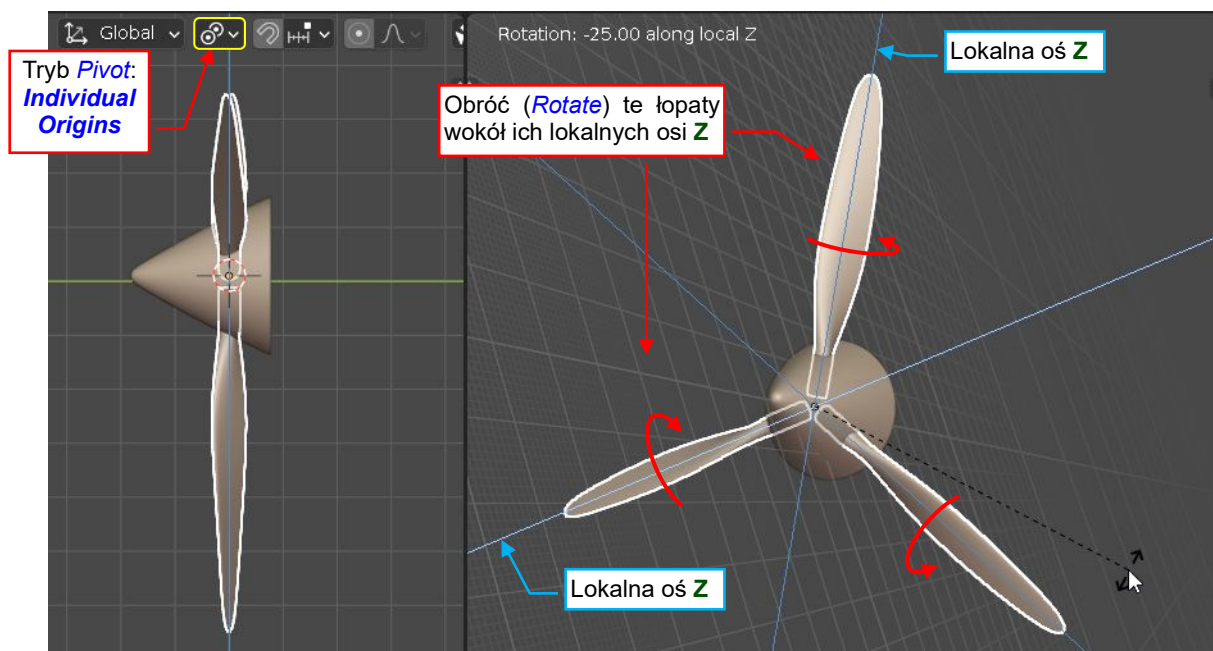


Źródło: Life

Rysunek 4.4.10 Dane śmigła naniesione na łopatę (historyczne zdjęcie z fabryki w Buffalo).

Jak widać powyżej, skok łopat zmieniał się od 24.5° do 54.5° . Przypuszczam, że mierzono to w 75% promienia śmigła. Kąt skoku naszego modelu łopaty w tym miejscu jest bliski 0° (por. Rysunek 4.4.2), więc:

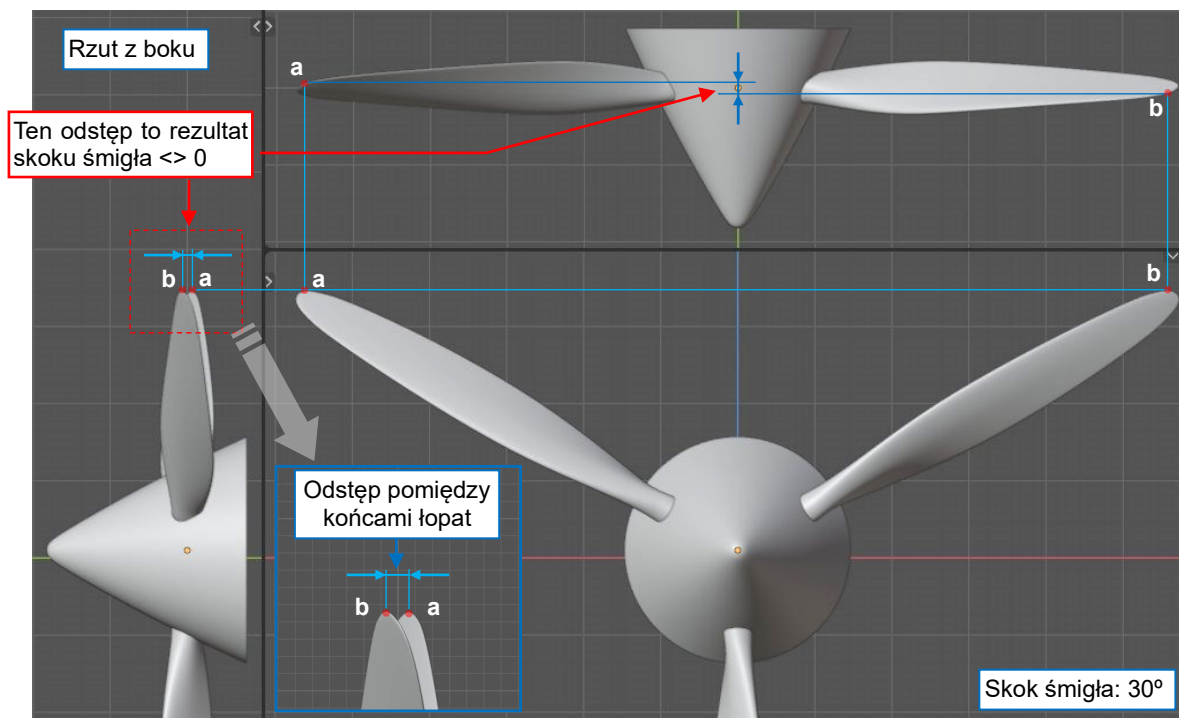
1. Przełącz tryb *Pivot* na *Individual Origins* (Rysunek 4.4.11).
2. Zaznacz wszystkie trzy łopaty śmigła.
3. Obróć (*Rotate*) je o 25° wokół lokalnych osi Z (R , Z , Z), jak pokazuje to Rysunek 4.4.11:



Rysunek 4.4.11 Ustawienie łopat na „mały skok”.

¹ W ten sposób można zwiększyć sprawność śmigła. Podczas startu i wznoszenia łopaty śmigła są ustawione do płaszczyzny obrotu pod mniejszym kątem (mały skok). Podczas lotu z maksymalną prędkością łopaty są ustawione pod większym kątem (duży skok). Największą wydajność uzyskuje się, gdy powietrze opływa łopatę pod kątem kilku stopni. Ten kąt natarcia zależy od prędkości samolotu i prędkości obrotu śmigła, więc należy go zmieniać dla różnych warunków lotu.

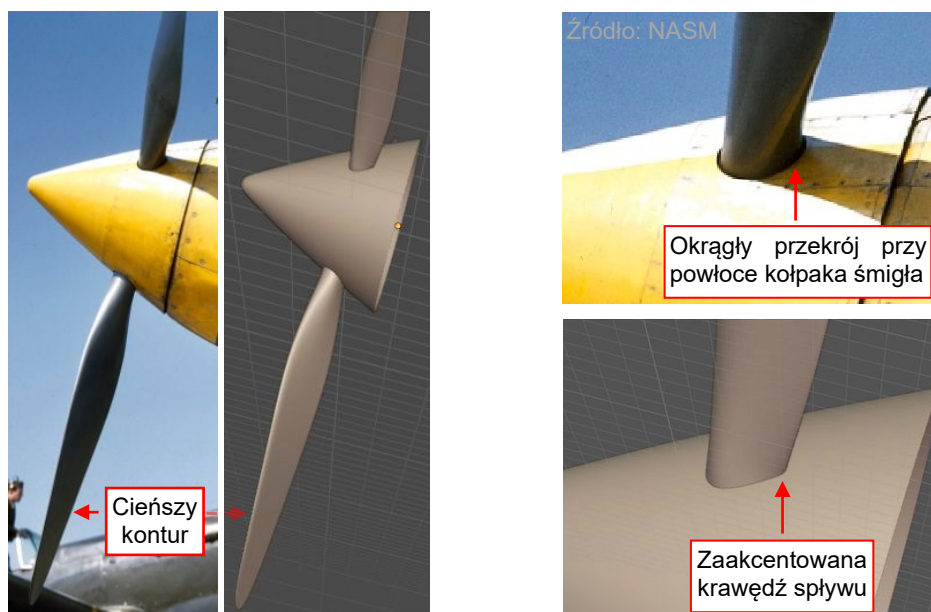
Warto wspomnieć o pewnym zadziwiającym (przynajmniej dla mnie) szczególe geometrii. W rzutach z boku wszystkich samolotów jakie kiedykolwiek widziałem, jedna łopata śmigła dokładnie zasłania drugą. Gdy po raz pierwszy stworzyłem model 3D trójłopatowego śmigła i popatrzyłem na nie z boku (Rysunek 4.4.12), byłem zaskoczony! Zobaczyłem, że łopata bliższa do obserwatora nie zasłania części drugiej łopaty:



Rysunek 4.4.12 Odstęp pomiędzy końcówkami łopat w widoku z boku i jego wyjaśnienie

Rysunek 4.4.12 pokazuje wyjaśnienie: to efekt obrotu łopat o kąt skoku śmigła. Znika, gdy ustawisz kąt skoku na 0° (na ilustracji powyżej ten kąt wynosi 30°).

Gdy modelowany obiekt jest gotowy, porównaj jego kształt ze zdjęciami. Ustaw model 3D w podobnej projekcji do tej, która występuje na zdjęciu. Wykorzystując tę metodę, odkryłem parę różnic pomiędzy kształtem mojego obiektu a prawdziwym śmigłem (Rysunek 4.4.13):

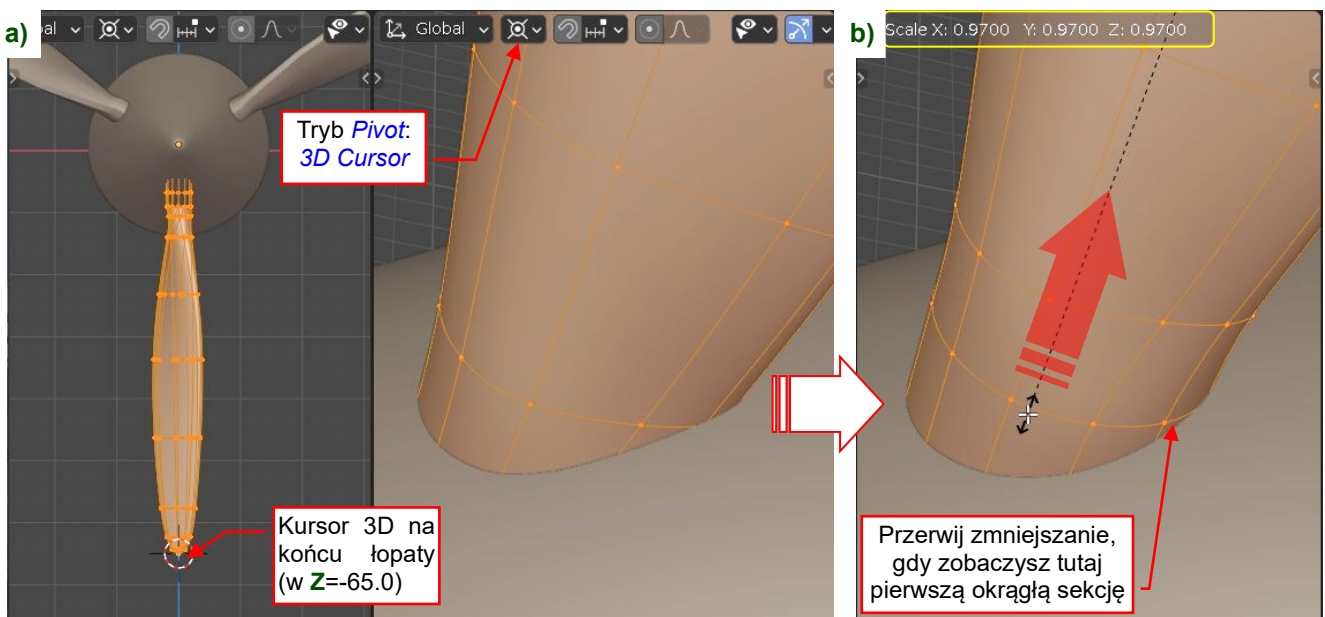


Rysunek 4.4.13 Różnice pomiędzy modelem i zdjęciami referencyjnymi

Przyglądając się tym zdjęciom myślę, że przyjąłem trochę złą skalę dla rysunku referencyjnego śmigła. Dobrałem ją podstawie mojego szacunku odstępów pomiędzy podstawą łopaty i osią śmigła (por. str. 104, 105).

W oparciu o te zdjęcia, zdecydowałem się zmniejszyć całą siatkę łopaty o około 3%, w stronę jej końcówki. To powinno skompensować mój błąd w określeniu skali tego obiektu:

1. W **Object Mode** zaznacz najniższą łopatę (tę, która jest ustawiona równolegle do globalnej osi **Z**).
2. Umieść kursor 3D w jej środku (**Object** → **Snap** → **Cursor to Selected**, lub **Shift-S**, **2**).
3. W panelu **View:3D Cursor** przybornika (**N**) zmień współrzędną **Z** kursora na **-65.0**. To przesunie ją na koniec łopaty śmigła (Rysunek 4.4.14a).
4. Przełącz się na **Edit Mode** (**Tab**).
5. Przełącz tryb **Transformation Pivot** na **3D Cursor**.
6. Zaznacz całą siatkę (**A**).
7. Zmniejsz tę siatkę (**S**). Podczas skalowania zauważysz, jak łopata „wyłania się” z powierzchni kołpaka (Rysunek 4.4.14b). Sugeruję przerwać przy skali 0.96 lub 0.97 (zmniejszeniu o 4%-3%):



Rysunek 4.4.14 Wstępna korekta łopaty śmigła

Mógłbym zmienić skalę każdej z łopat w **Object Mode**, ale wołałem skorzystać z ich sklonowania. Wolę stosować takie metody „zmodyfikuj wszystko naraz” dla poprawek, wprowadzanych na bieżąco do modelu.



Dzięki sklonowaniu tych łopat, nie musisz powtarzać tej modyfikacji siatki w każdej z łopat oddzielnie. Blender natychmiast przenosi te zmiany do wszystkich instancji zmienionej siatki.

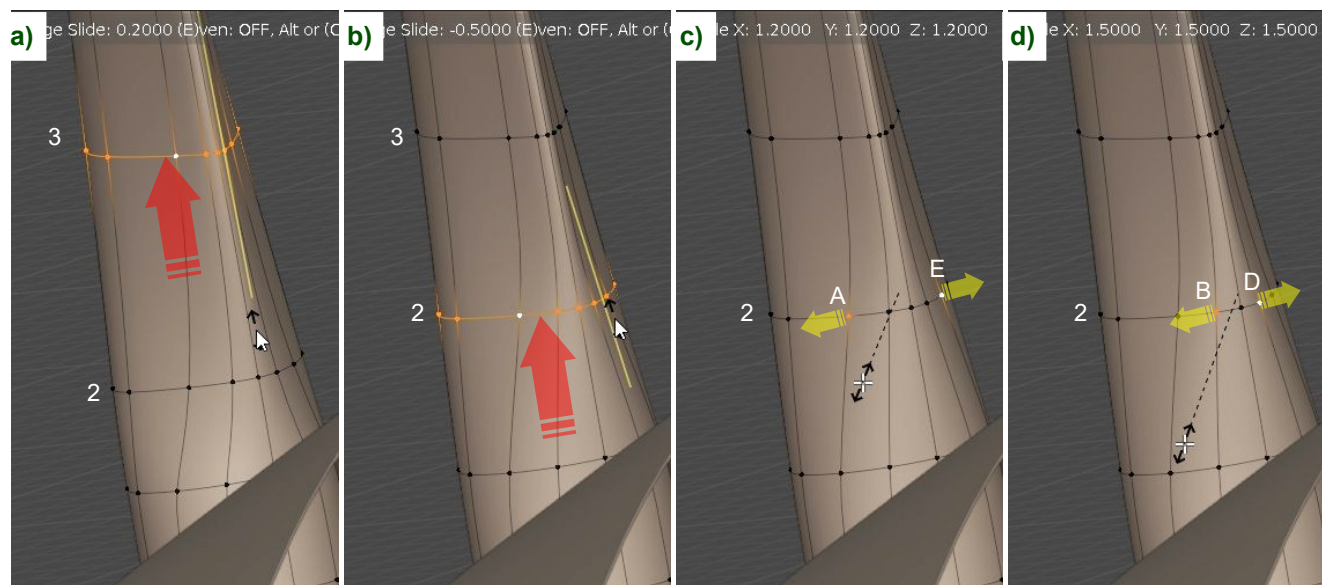
Zauważyłem także kolejną małą różnicę w promieniu krawędzi spływu w pobliżu kołpaka: powinna być bardziej „stożkowa” niż jest w moim modelu (Rysunek 4.4.15):



Rysunek 4.4.15 Drobne różnice w kształcie krawędzi spływu

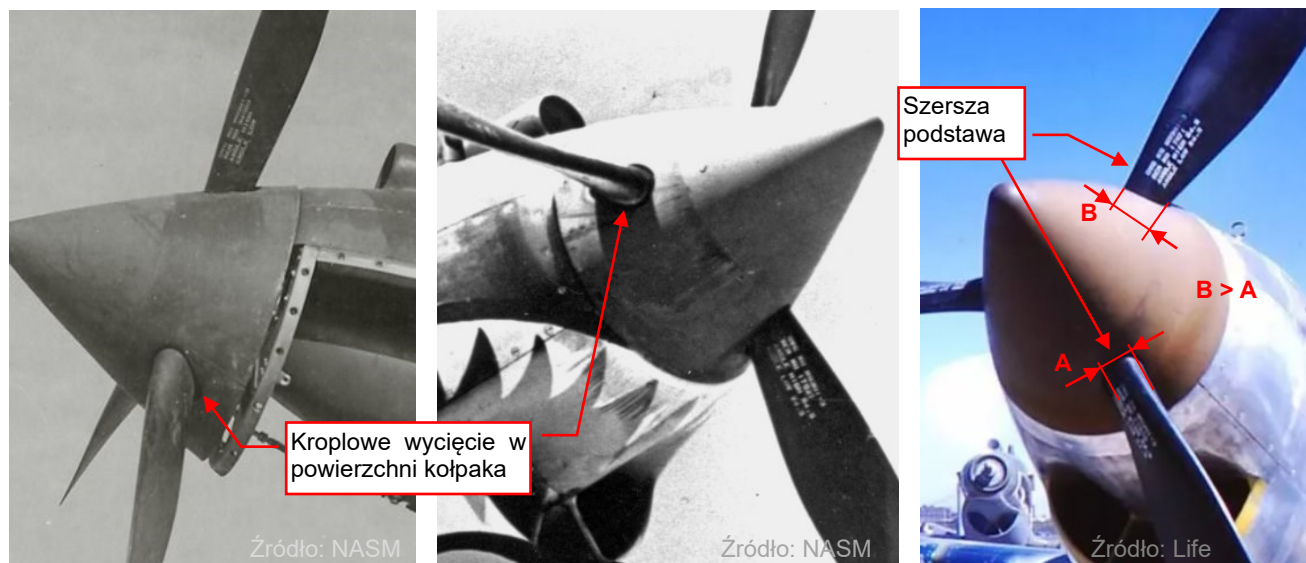
Poprawienie tej części krawędzi spływu wymaga modyfikacji wierzchołków w sekcjach **2** i **3** (por. str. 112). Na skróconej siatce łopaty jest trudno zachować symetryczny kształt tych przekrojów. Aby zabezpieczyć ich pozycję względem cięciwy profilu i symetrię, można skalować te wierzchołki parami. Można także przesuwać całe sekcje poleceniem *Edge Slide*. Zakładając, że nadal jesteś w trybie *Edit Mode* (siatki łopaty):

1. Zaznacz całą sekcję **3** i przesun (*Edge Slide*) w stronę sekcji **4** o **20%** (Rysunek 4.4.16a)
2. Zaznacz całą sekcję **2** i przesun (*Edge Slide*) w stronę sekcji **3** o **50%** (Rysunek 4.4.16b).
3. Przełącz tryb *Transformation Pivot* na *Bounding Box Center*.
4. Zaznacz wierzchołki **A** i **E**, i powiększ je (skaluj we wszystkich kierunkach) **1.2** razy (Rysunek 4.4.16c).
5. Zaznacz wierzchołki **B** i **C**, i powiększ je **1.5** razy (Rysunek 4.4.16d):



Rysunek 4.4.16 Poprawianie kształtu krawędzi spływu

Później odkryłem, że w tych wczesnych P-40 Curtiss czasami zastępował wydrążone stalowe łopaty łopatom pełnymi, wykonanymi z duraluminium. Te drugie były często montowane w brytyjskich „Tomahawkach”, więc możesz je dostrzec także na maszynach AVG. Geometria tej pełnej łopaty różni się w wielu szczegółach od łopaty stalowej. W szczególności, jej przekrój przy powierzchni kołpaka był szerszy, a obrys tej sekcji – kropłowy, a nie okrągły. Rysunek 4.4.17 przedstawia przykłady tego śmigła na P-40C i Tomahawkach:



Rysunek 4.4.17 Pełne (aluminiowe) łopaty śmigieł w brytyjskich „Tomahawkach”

Łopaty pokazywane przez Rysunek 4.4.10 oraz Rysunek 4.4.15b) także mogą być wariantem „pełnym”.

Jak mogłeś zauważyć, brak jakichkolwiek danych o geometrii śmigła zmusił nas do użycia zdjęć jako obrazów referencyjnych. Dopasowanie skrzyśniętego kształtu łopaty do zdjęcia jest trudne, szczególnie w przypadku śmigieł o zmiennym skoku. Nie chcę komplikować tego wprowadzenia, więc pozostawmy na razie to śmigło w obecnym stanie. Wrócimy do tej sprawy pod koniec tej części poradnika, gdy uformujemy wszystkie powierzchnie zewnętrzne P-40. Wtedy dokonamy dokładnego porównania całego modelu z wybranymi zdjęciami samolotu. Będzie to także okazja do dokładniejszego dopasowania śmigła (kołpaka i łopat) do obrazów o wysokiej rozdzielczości.

Podsumowanie

- Możesz klonować obiekty o identycznym kształcie (jak łopaty śmigła) wykorzystując polecenie [Duplicate Linked](#) (str. 123). To upraszcza ewentualne późniejsze poprawki, ponieważ te „klony” współdzielą tę samą, wspólną siatkę.
- Ważnym aspektem tworzenia modelu 3D jest hierarchia jego obiektów. Zbuduj ją przypisując każdy nowo utworzony element do obiektu nadrzędnego (*parent*) poleceniem [Set Parent To](#) (str. 124). Od tej chwili, element podrzędny (*child*) będzie powtarzał wszystkie transformacje swojego „rodzica”: nie tylko obroty i przesunięcia, ale także zmianę skali.
- Końcówki łopat śmigła nie zachodzą na siebie w widoku z boku – i to nie jest błąd (str. 126).
- Po uformowaniu nowej części, zawsze porównaj ją ze zdjęciami (str. 126). Przygotuj się na niespodzianki!



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: [model\p40\history\P40B-8.04.blend](#).

Rozdział 5. Skrzydła

W poprzednim rozdziale stworzyliśmy śmigło. To był dość prosty podzespół. W tym rozdziale odtworzymy skrzydło P-40. W pierwszej sekcji opisuję formowanie jego prostszej, trapezowej części. W sekcji 5.2 i 5.3 zamknijemy je zaokrągloną końcówką. W kolejnych sekcjach nauczysz się, jak „wyciąć” ze skrzydła lotki, klapy, i otwory na koła podwozia.

W sekcjach 5.5 i 5.6 odtwarzam także wewnętrzny szkielet skrzydła, widoczny w otworze klapy do lądowania. Ten szczegółowy opis „blacharskiego rzemiosła” może się na początek wydać przytłaczający. Jeżeli chcesz, możesz go ominąć. Z drugiej strony zachęcam, aby jednak spróbować odtworzyć ten szkielet. Wprowadzam w tych dwóch sekcjach wiele nowych technik i narzędzi, do których się odwołuję w kolejnych rozdziałach tego przewodnika¹.

Sądzę, że po ukończeniu poprzedniego rozdziału znasz już podstawową kolejność operacji w Blenderze: „zaznacz obiekt, a potem wywołaj polecenie”. Dlatego w listach kroków tego rozdziału skrócę nieco opisy. Na przykład, podam „przesuń wierzchołek A” jako pojedynczy krok, zamiast dwóch: „zaznacz wierzchołek A” : „przesuń wierzchołek A”.

Po ukończeniu tego rozdziału będziesz znał cały proces modelowania i wszystkie typowe narzędzia, których do tego używam.

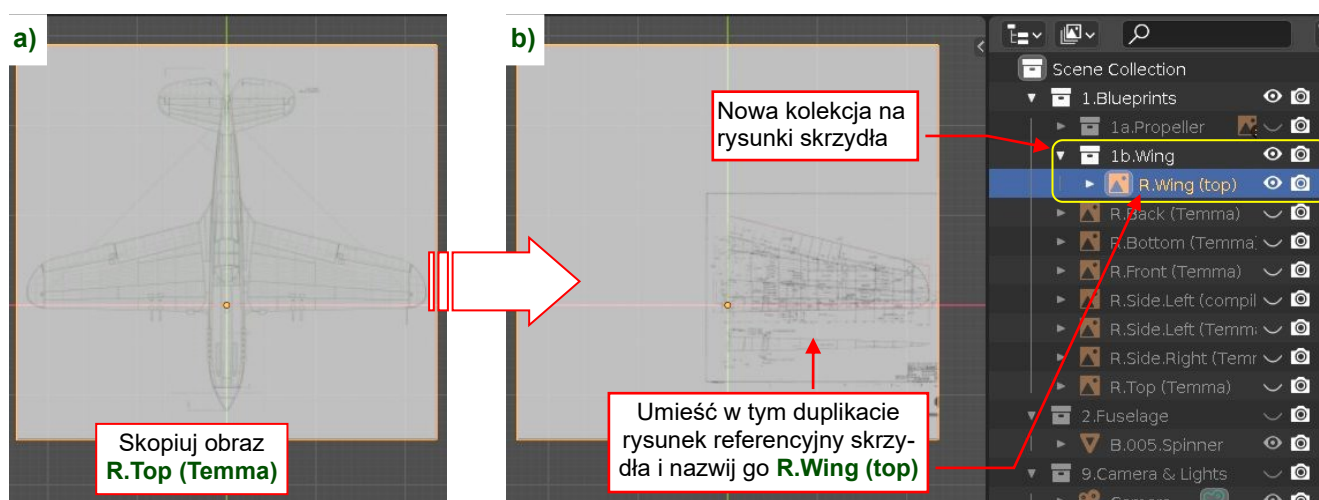
¹ Poza tym – to między innymi dzięki takim szczegółom modele komputerowe mogą wiarygodnie „udawać” prawdziwe samoloty. Gdy już poznasz metodę odtwarzania takich „blaszanych wnętrzności” samolotu, to każdy podobny szczegół (np. wnętrza kabiny) nie będzie Ci straszny!

5.1 Kształt podstawowy

W widoku z boku skrzydło P-40 jest **zaklinowane** pod kątem 1° do osi kadłuba (to obrót wokół osi **X**). Ma także 6° wzniosu (obrot wokół osi **Y** – por. rzut z przodu). Aby ułatwić formowanie, odtworzymy ten element „położony na płasko” na płaszczyźnie **XY**. Potem go obrócimy i ustawimy w odpowiednim miejscu kadłuba.

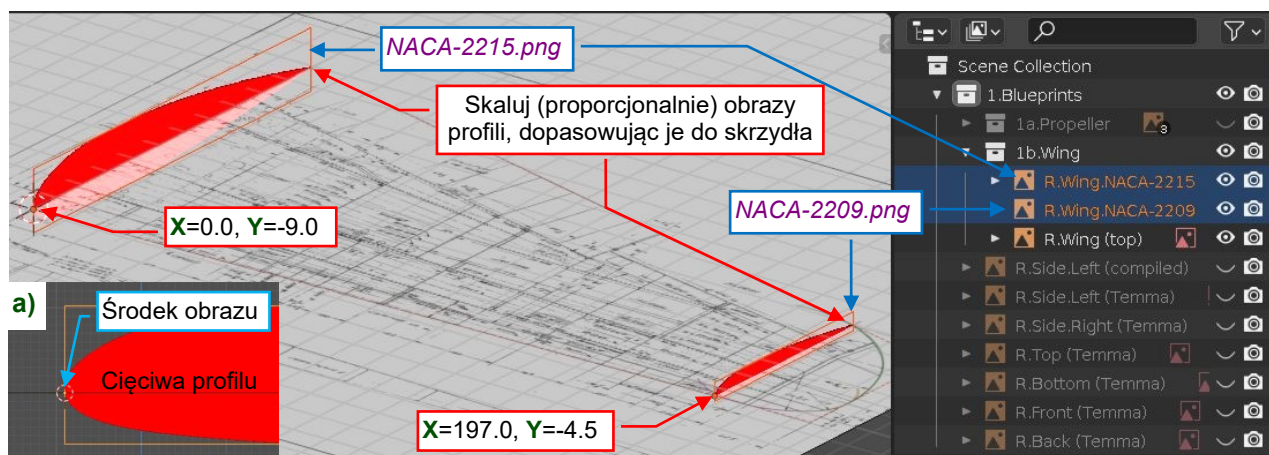
W pierwszej części tej książki przygotowaliśmy rysunki referencyjne dla takiego „płaskiego skrzydła” (por. Tom I, sekcja 3.7, Rysunek 3.7.11). Ustawmy je teraz w Blenderze:

1. Wyłącz widoczność kolekcji **2.Fuselage**.
2. Stwórz nową subkolekcję w **1.Blueprints** o nazwie **1b.Wing**.
3. Skopiuj (**Duplicate** – **Shift-D**) obraz referencyjny **R.Top (Temma)** (Rysunek 5.1.1a).
4. Zastąp jego zawartość obrazem struktury skrzydła¹. (Upuść ten plik na ten obraz – por. str. 91). To plik o nazwie **Wing (blueprint).png**, który znajdziesz w folderze **source\reference\drawings**.
5. Zmień nazwę tego obrazu na **R.Wing (top)** i umieść go w kolekcji **1b.Wing** (Rysunek 5.1.1b):



Rysunek 5.1.1 Ustawianie rysunku z rzutem z góry

W widok z boku i dodaj do sceny dwa nowe obrazy profili skrzydła. To **NACA-221.png** i **NACA-2209.png**, z tego samego folderu. Ustaw ich środki na przecięciu krawędzi natarcia i cięciwy (**Offset X = 0**, por. Rysunek 5.1.2a). Umieść te obrazy wzdłuż krawędzi natarcia w rzucie z góry i dopasuj ich końce (**Scale**) do krawędzi spływu:

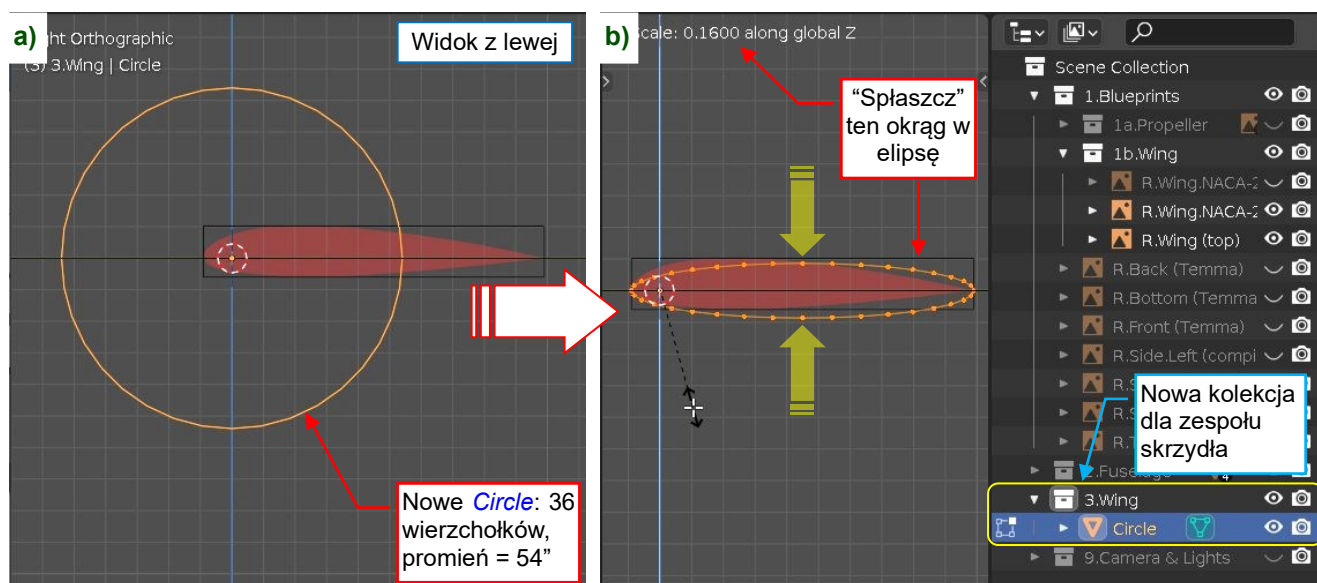


Rysunek 5.1.2 Ustawianie obrazów kluczowych profili skrzydła

¹ Przygotowaliśmy ten rysunek w Tomie I. Wyeksportowałem go z Inkscape w tej samej „ramce” jaką użyłem dla rzutów z planów Jumpei Temmy. Dzięki temu te obrazy są „wymienne”.

Gdy rysunki referencyjne są na miejscu, zacznijmy formować płat:

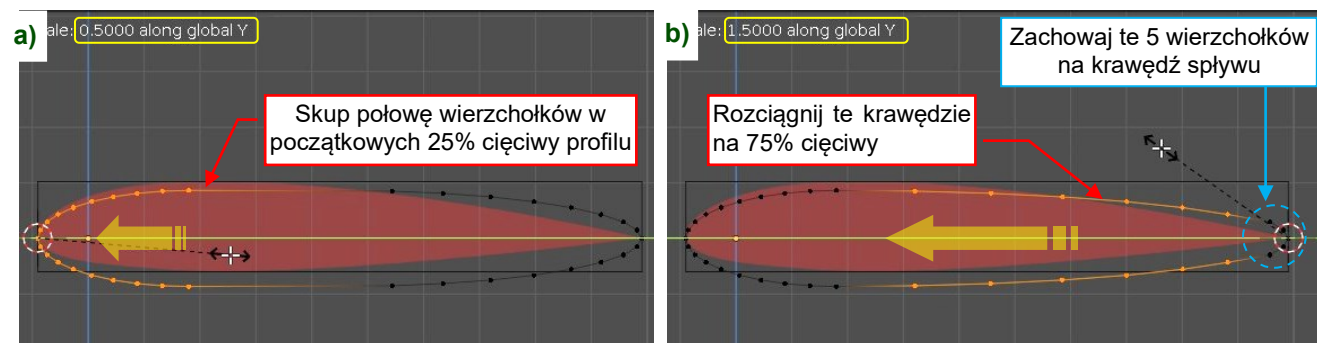
1. Stwórz w tej scenie nową kolekcję, o nazwie **3.Wing**.
2. Przełącz się na widok z boku (**3**).
3. Przenieś kursor 3D do środka sceny (0, 0, 0) (**Shift-S**, **1**: *Cursor to World Origin*). To ważne, by Blender umieści w tym miejscu środek nowo utworzonego obiektu.
4. Stwórz nowy okrąg (**Add → Mesh → Circle**), otwórz jego parametry (**F9**) i ustal jego promień na **54"** a liczbę wierzchołków na **36** (Rysunek 5.1.3a). Na razie nie dodawaj modyfikatora *Subdivison*.
5. Przejdź do *Edit Mode* (**Tab**).
6. Przesuń wszystkie wierzchołki tego okręgu wzdłuż osi **Y**, umieszczając je wokół obrazu profilu skrzydła.
7. Upewnij się, że aktualny tryb *Pivot* to *3D Cursor*.
8. Spłaszcz (skalując wzdłuż osi **Z**) tę siatkę, aby uzyskać elipsę o wysokości profilu (Rysunek 5.1.3b):



Rysunek 5.1.3 Tworzenie pierwszej krawędzi skrzydła

Zmień nazwę tego nowego obiektu na **B.100.L.Wing** a jego siatki na **B.100.Wing**. (Dodałem literę „L” w nazwie obiektu, ponieważ w przyszłości stworzymy jego lustrzanego „klona” – prawe skrzydło). Teraz kontynuujmy formowanie wstępnego kształtu profilu podstawy skrzydła:

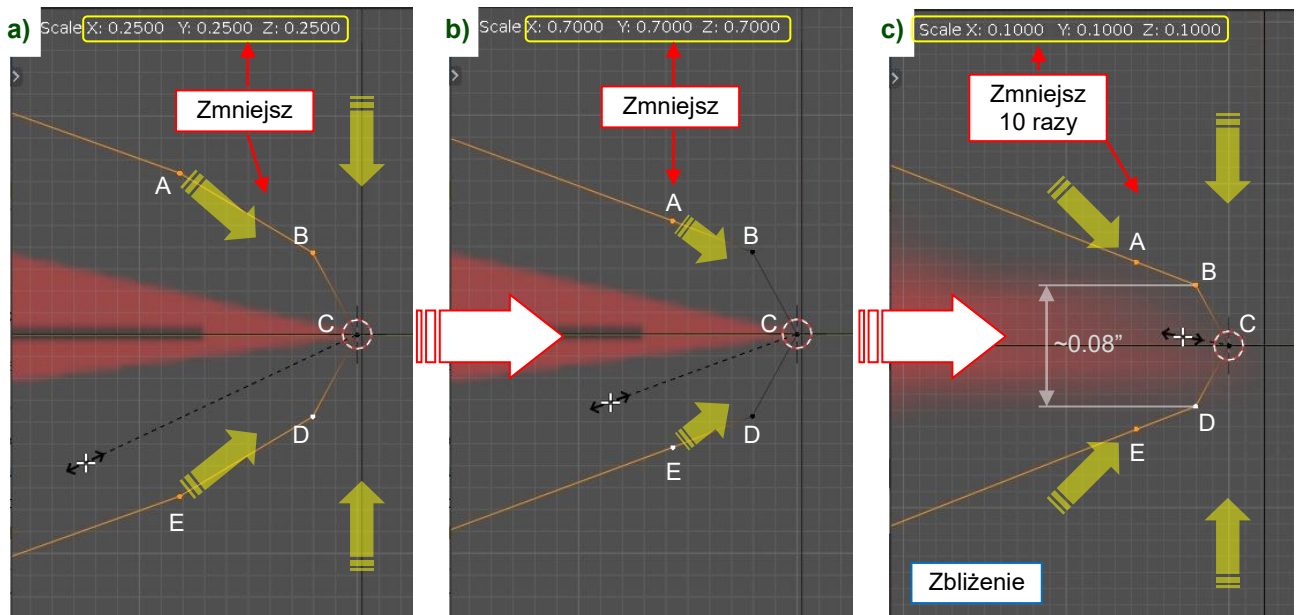
1. Zaznacz wierzchołek na krawędzi natarcia i umieść tam kursor 3D (**Shift-S**, **2**: *Cursor to Selected*).
2. Zaznacz **19** lewych wierzchołków tej elipsy i zmniejsz je, skalując wzdłuż osi **Y**. Ustal współczynnik tego skalowania na **0.5**. (Rysunek 5.1.4a).
3. Umieść kursor 3D na krawędzi spływu profilu (w ten sam sposób, co w p. 1).
4. Zaznacz 12 lewych wierzchołków (Rysunek 5.1.4b) i powiększ je wzdłuż osi **Y** współczynnikiem = **1.5**:



Rysunek 5.1.4 Wstępne przybliżanie kształtu profilu

Na rysunku referencyjnym profilu krawędź natarcia jest „ostra jak brzytwa”. Oczywiście, w prawdziwym samolocie jest zaokrąglona. Jeżeli nie znasz dokładnego promienia tego zaokrąglenia, przyjmij 0.04-0.05" (1-1.2mm). Rysunek 5.1.4b) pokazuje, że wyłączyłem z ostatniej operacji pięć wierzchołków w wokół krawędzi spływu. Teraz ich użyjemy do uformowania jej kształtu. Zrobimy to tak samo jak robiliśmy to w łopacie śmigła (str. 107): najpierw stworzymy pół ośmioboku, a potem zmniejszymy go do odpowiedniej grubości. Zaczniemy:

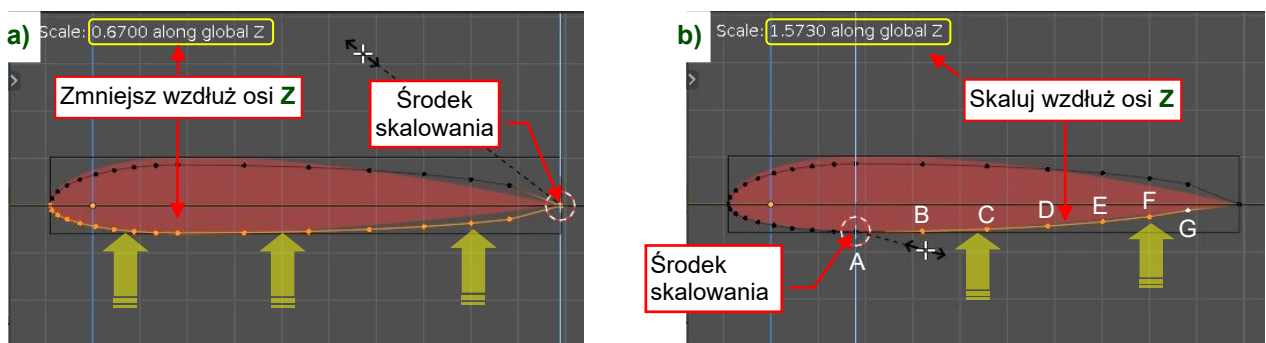
1. Upewnij się, że kursor 3D jest na krawędzi spływu (powinien tam być po poprzedniej transformacji).
2. Skaluj wierzchołki **A**, **B**, **D**, **E** (Rysunek 5.1.5a) o współczynnik **0.25**.
3. Skaluj wierzchołki **A**, **E** (Rysunek 5.1.5b) o współczynnik **0.7**.
4. Skaluj wierzchołki **A**, **B**, **D**, **E** (współczynnik: około 0.1) tak, aby odległość pomiędzy **B** i **D** wyniosła około **0.08"** (Rysunek 5.1.5c):



Rysunek 5.1.5 Formowanie krawędzi spływu

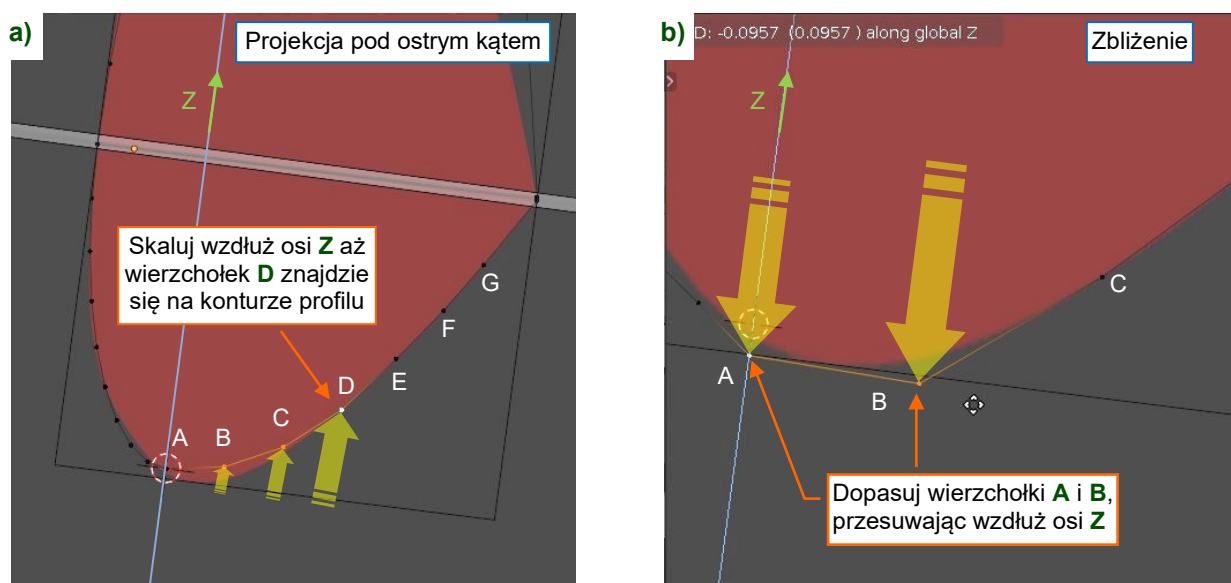
Teraz dopasujemy dolną część tej linii wierzchołków do profilu referencyjnego:

1. Skaluj wzdłuż osi **Z** o współczynnik **0.67** wszystkie wierzchołki obrysu położone poniżej cięciwy. To umieści je blisko obrysu krawędzi natarcia (Rysunek 5.1.6a).
2. Zaznacz **A** (Rysunek 5.1.6b) i umieść w tym punkcie kursor 3D (**Shift-S**, **2**: *Cursor to Selected*).
3. Zaznacz wierzchołki **B-G** i skaluj je wzdłuż osi **Z** aż ostatni wierzchołek z prawej (**G**) dotknie konturu na rysunku referencyjnym (Rysunek 5.1.6b).
4. Wyklucz ostatni wierzchołek (**G**) z aktualnego zaznaczenia.
5. Powtarzaj kroki 3 i 4 podstawiając kolejno jako wierzchołki końcowe: **F**, **E**, **D** (tzn. z coraz krótszą linią zaznaczonych krawędzi). To lepsze od przesuwania pojedynczych wierzchołków do konturu.



Rysunek 5.1.6 Dopasowywanie dolnego konturu profilu skrzydła

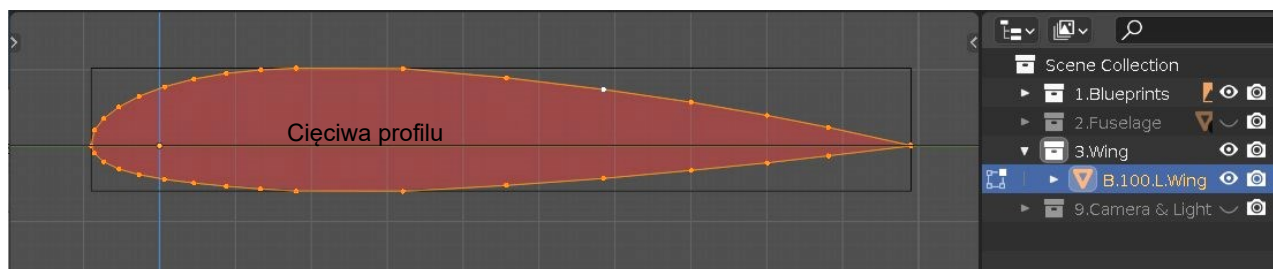
Możesz „krążyć dookoła” tego profilu, aby obserwować kroki 3 - 5 pod ostrym kątem (Rysunek 5.1.7a). Taką metodę wykorzystywaliśmy już podczas formowania łopaty śmigła (patrz także str. 523):



Rysunek 5.1.7 Dopasowywanie dolnego konturu profilu skrzydła (c.d.)

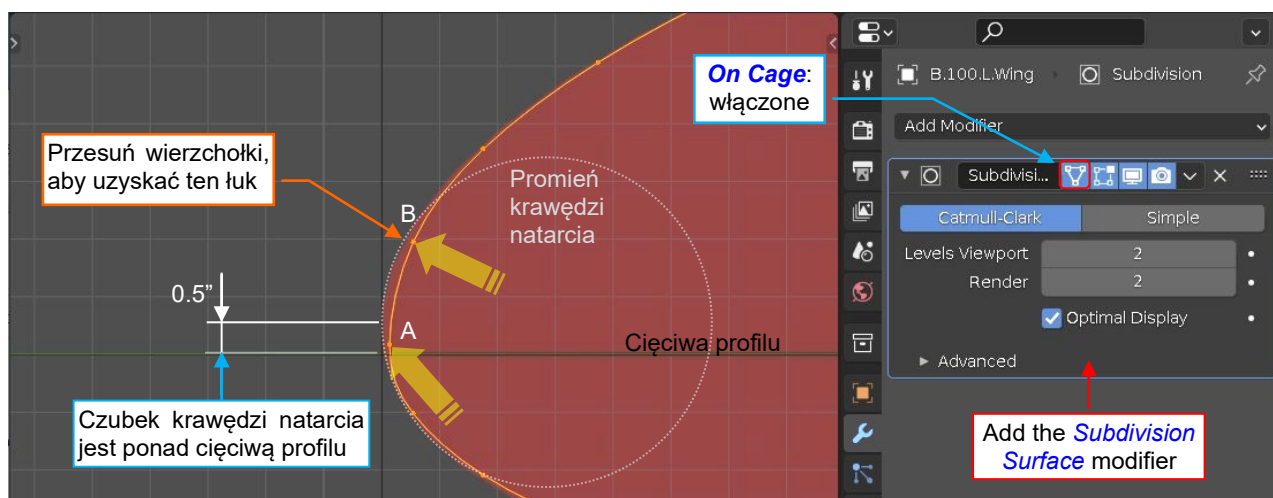
Na koniec możesz dopasować pojedyncze wierzchołki **A** i **B**, przesuwanając je odrobinę do dołu (Rysunek 5.1.7b).

W podobny sposób dopasuj górny kontur tego profilu skrzydła. Rysunek 5.1.8 przedstawia rezultat – kontur skrzydła przybliżony przez ten wielobok:



Rysunek 5.1.8 Przybliżony kształt profilu

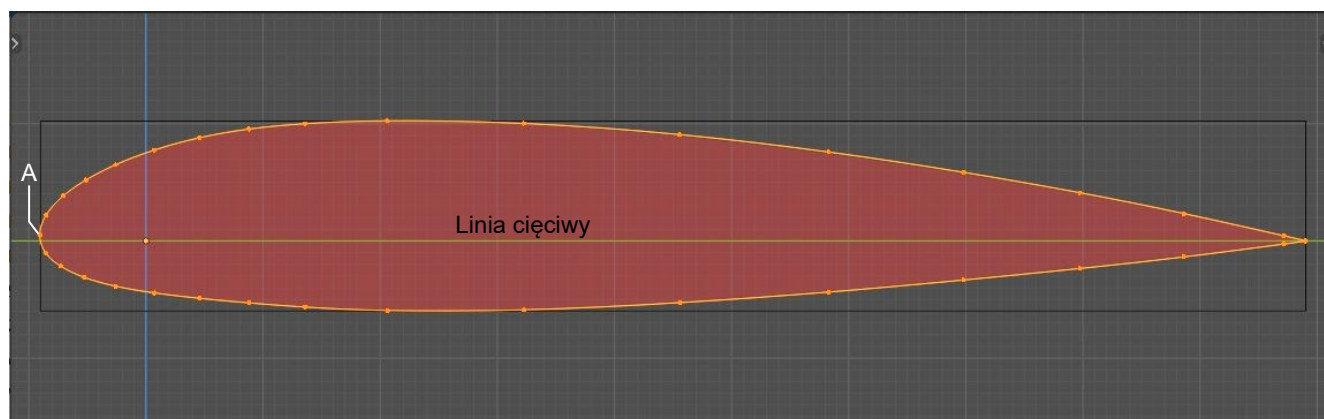
Teraz dodaj do tego obiektu modyfikator *Subdivision Surface*. Ustal jego poziom podziału na 2 (Rysunek 5.1.9):



Rysunek 5.1.9 Końcowe poprawki kształtu konturu wygładzonego modyfikatorem *Subdivision Surface*

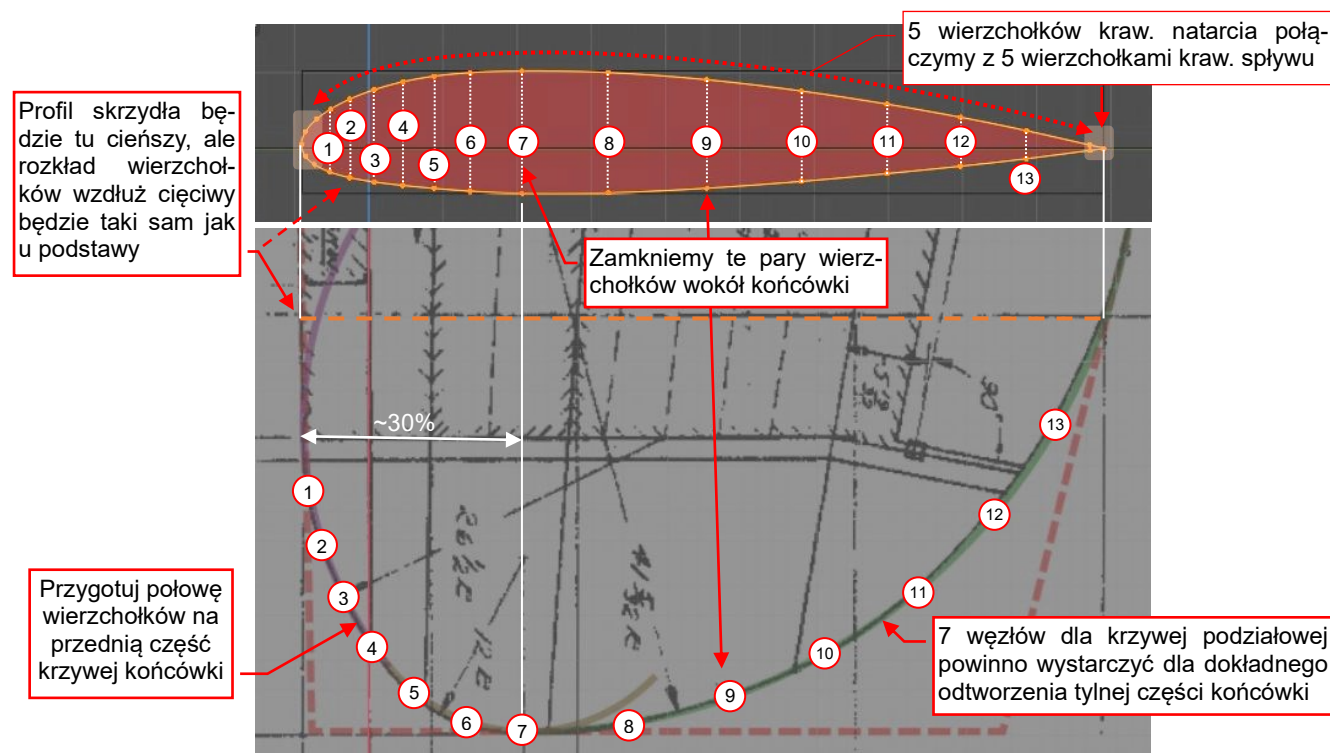
Wynikowy kształt wymaga kilku drobnych poprawek. Na przykład – w tej rodzinie NACA-22xx czubek krawędzi natarcia jest (dość nietypowo) nieco powyżej cięciwy profilu. To oznacza, że powinniśmy przesunąć w górę najbliższe wierzchołki siatki, które Rysunek 5.1.9 oznacza jako **A** i **B**.

Rysunek 5.1.10 pokazuje gładki wynikowy kontur profilu podstawy skrzydła. Zwróć uwagę, że wierzchołek znajdujący się na krawędzi natarcia, oznaczony jako **A**, jest 0.5" ponad linią cięciwy:



Rysunek 5.1.10 Gotowy profil podstawy skrzydła

Można było odtworzyć ten kształt za pomocą mniejszej liczby punktów (może 18). W sekcji 4.3 na mniej dokładny, lecz całkiem „przyzwoity” profil łopaty śmigła wystarczyło nam tylko 12 wierzchołków siatki. Jednak przygotowując początkowy kontur nowego obiektu, powinieneś także wiedzieć jak zakończyć finalną siatkę. Najtrudniejszym elementem skrzydła jest zaokrąglona końcówka. Zamkniemy ją w ten sam sposób, w jaki zamykaliśmy siatkę łopaty (str. 115). Skrzydło jest o wiele większe od śmigła, więc będziemy potrzebować więcej wierzchołków by dokładnie odwzorować tę krzywiznę (Rysunek 5.1.11):



Rysunek 5.1.11 Planowany rozkład wierzchołków na zaokrąglonej końcówce skrzydła

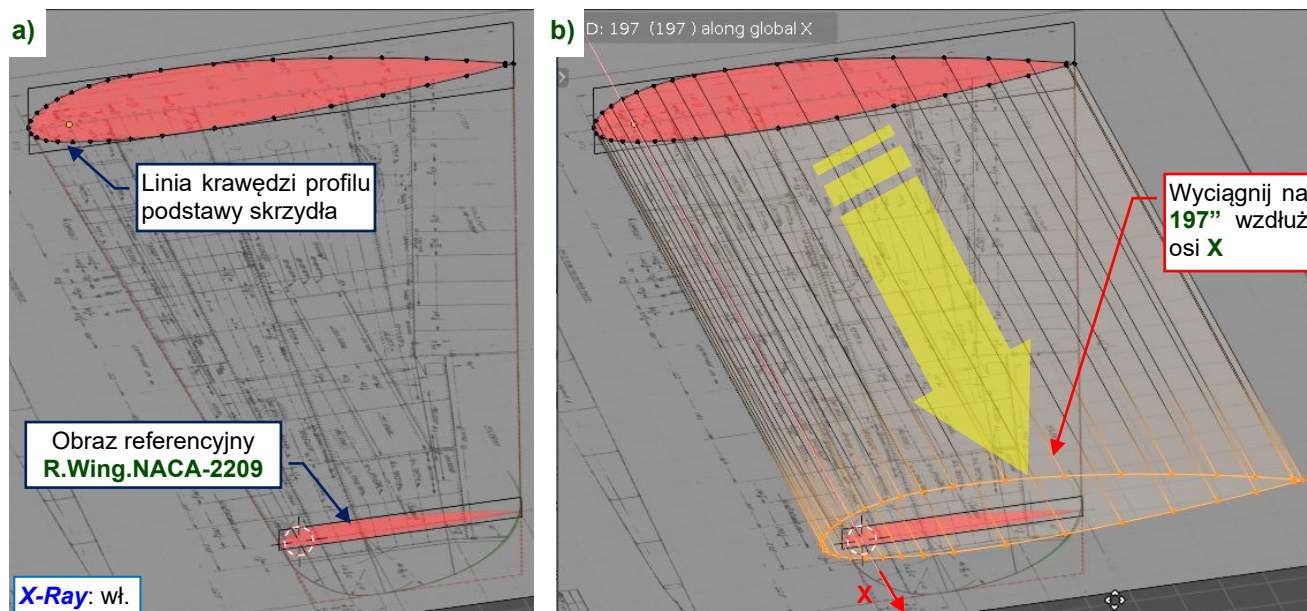
5 wierzchołków krawędzi natarcia połączymy w niej z 5 wierzchołkami krawędzi spływu, tworząc zaokrąglony „pasek” wokół końcówki. Pozostałe 26 wierzchołków z górnego i dolnego konturu profilu utworzy 13 krawędzi („węzłów”) na tym pasku. Połowa tych węzłów będzie w przedniej części, a połowa w tylnej (Rysunek 5.1.11). Podczas formowania tego profilu starałem się zachować górne wierzchołki ponad dolnymi. Dlatego skalowałem je parami, a pojedyncze przesunąłem tylko w pionie (wzdłuż osi **Z**). Przypuszczam, że można by było zmniejszyć liczbę tych par o 2 lub 3 (4 lub 6 wierzchołków), jednak wolę zachować kilka „na zapas”. Oczywiście, później też można wstawić nowe wierzchołki (lub całe ich linie). Jednak taka późniejsza modyfikacja siatki zawsze wymagać dodatkowej pracy nad ponownym dopasowaniem kształtu powierzchni skrzydła. Wolę jej uniknąć.



Formując profil podstawy skrzydła użyj tej samej liczby wierzchołków na jego górnym i dolnym obrysie. Staraj się zachować je w tych samych miejscach na cięciwie profilu.

Gdy profil podstawy jest gotowy, wyciągnij go w trapezowy segment płata:

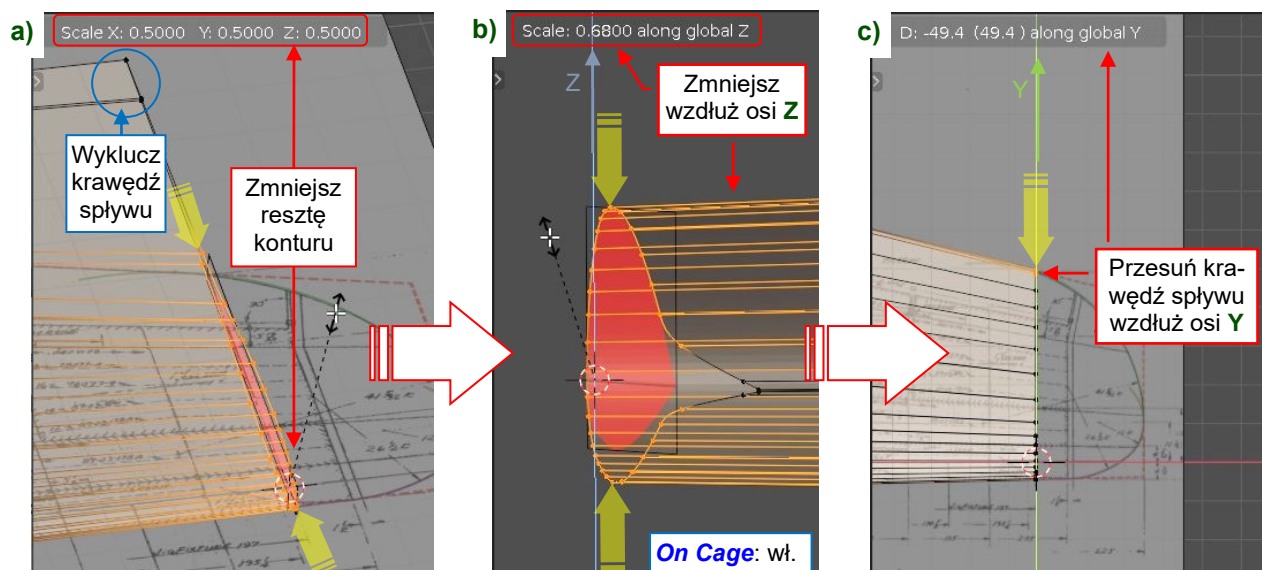
1. Włącz widoczność rysunku **R.Wing.NACA-2209** (Rysunek 5.1.12a, por. także Rysunek 5.1.2).
2. Umieść kursor 3D w **X=197.0** (to jest miejsce dla obrazu NACA-2209), **Y=0**, **Z=0**.
3. Zaznacz wszystkie wierzchołki (**A**) profilu i wyciągnij go wzdłuż osi **X** (**E**, **X**) o **197"** (Rysunek 5.1.12b):



Rysunek 5.1.12 Wyciąganie pierwszego segmentu skrzydła

Teraz zmniejsz rozmiar (**Scale**) tego nowego profilu, przybliżając kształt konturu NACA-2209 z obrazu:

1. Upewnij się, że aktualny tryb **Transformation Pivot** to **3D Cursor**.
2. Wyłącz z zaznaczenia **5** wierzchołków wokół krawędzi spływu.
3. Skaluj pozostałe wierzchołki współczynnikiem **0.5** (to dopasuje krawędź natarcia – Rysunek 5.1.13a).
4. Skaluj te same wierzchołki wzdłuż osi **Z**, współczynnik skali: **0.68** (Rysunek 5.1.13b).
5. Zaznacz pięć wierzchołków krawędzi spływu i przesunij je o **Dy=-49.5** (Rysunek 5.1.13c):



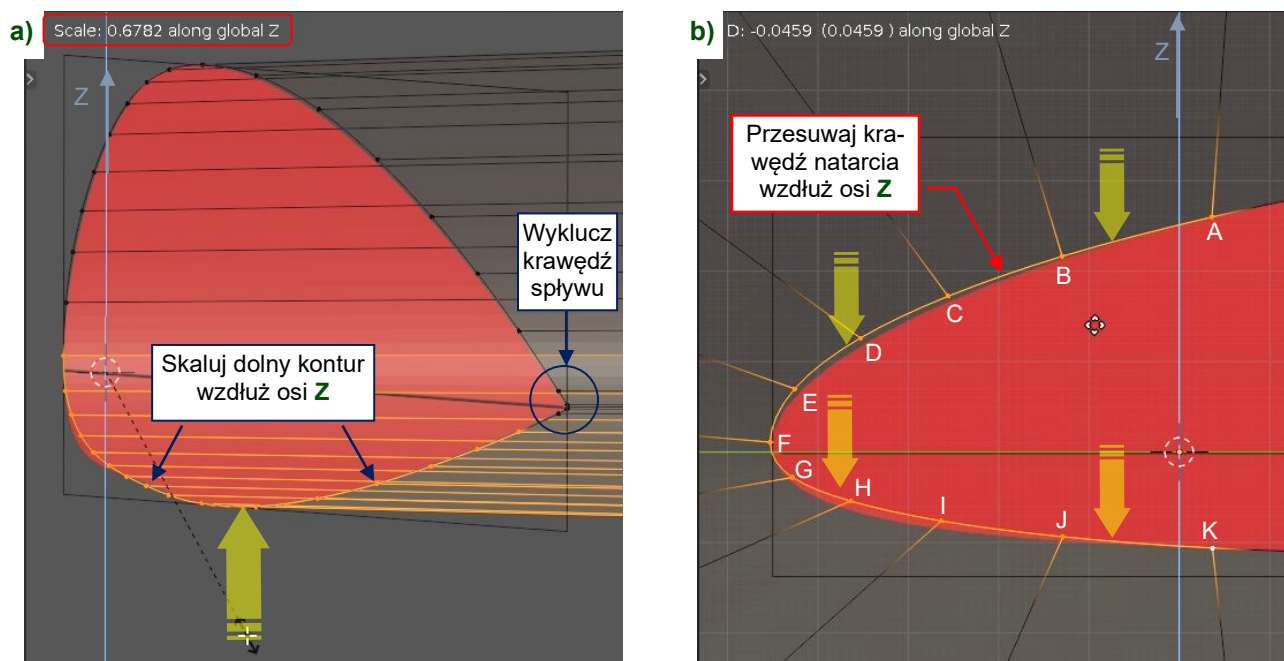
Rysunek 5.1.13 Przybliżanie kształtu profilu sekcji 197



Możesz zawsze założyć stałą grubość krawędzi spływu wzdłuż rozpiętości. Zachowujemy ją poprzez wykluczenie wierzchołków tej krawędzi ze skalowania (patrz Rysunek 5.1.13).

Kontynuujemy dopasowywanie tego konturu:

1. Ukryj obraz **R.Wing.NACA-2215** (aby lepiej widzieć obraz referencyjny **R.Wing.NACA-2209**).
2. Zaznacz wierzchołki dolnego obrysu, oprócz trzech ostatnich z krawędzi spływu (Rysunek 5.1.14a).
3. Skaluj zaznaczone wierzchołki wzdłuż osi **Z**, dopasowując dolny kontur do obrazu referencyjnego (współczynnik skali: około **0.68**, jak pokazuje to Rysunek 5.1.14a):

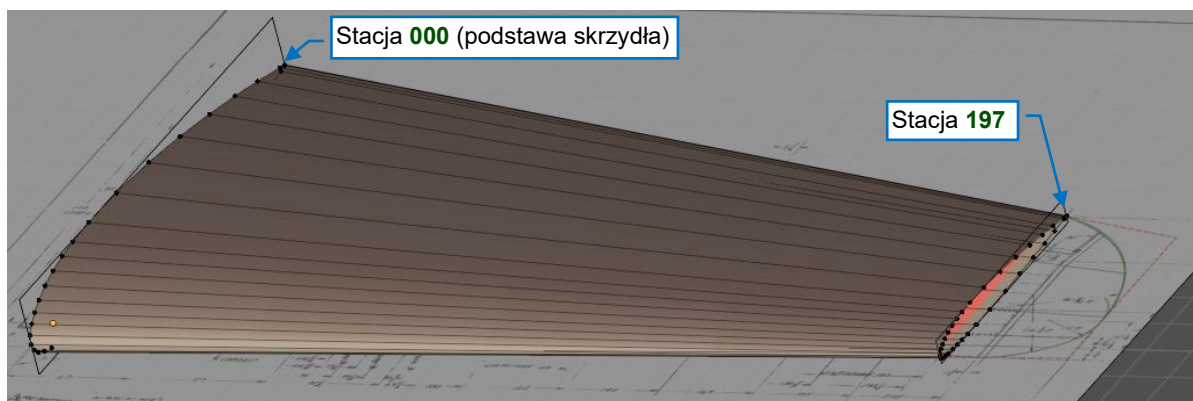


Rysunek 5.1.14 Dopasowywanie krawędzi końcówki do profilu NACA-2209

Przełącz się na widok z boku (3) i sprawdź różnice pomiędzy konturem siatki i rysunkiem referencyjnym. Gdy zauważysz takie „systematyczne odchylenie” jak pokazywane przez Rysunek 5.1.14b), skoryguj je następująco:

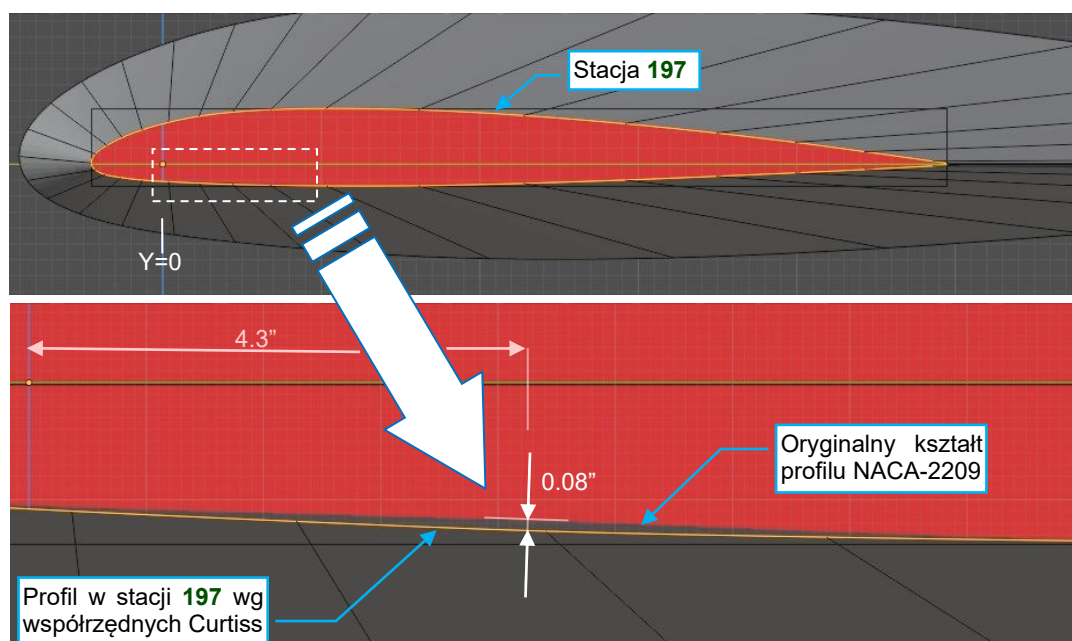
1. Zaznacz **11** wierzchołków **A..K** (Rysunek 5.1.14b).
2. Przesuwaj je wzdłuż osi **Z**, dopóki **A** i **K** nie znajdą się na krawędzi profilu referencyjnego.
3. Wyklucz z aktualnego zaznaczenia wierzchołki **A** i **K**.
4. Powtarzaj kroki 2 i 3 dla następujących par krańcowych wierzchołków: **B** i **J**, **C** i **I**, **D** i **H**.

Rysunek 5.1.15 pokazuje gotowy segment skrzydła (spolszczyłem angielskie *station* na „stację”) :



Rysunek 5.1.15 Pierwszy segment skrzydła P-40

Dla dodatkowej weryfikacji tej powłoki użyłem danych z oryginalnej dokumentacji P-40 (por. str. 620). Te rysunki dostarczają m.in. informacji o prawdziwej grubości krawędzi spływu¹. Porównałem także kontury mojej powierzchni ze współrzędnymi z oryginalnych tabel producenta. W rezultacie odkryłem pewne niewielkie różnice pomiędzy geometrią profilu NACA i wymiarami podanymi przez Curtiss. Rysunek 5.1.16 pokazuje największe odchylenie, jakie znalazłem:



Rysunek 5.1.16 Różnica w kształcie przekroju końcówki skrzydła P-40 i profilu NACA-2209

Na dolnym obrysie oryginalnego profilu NACA-2209 znajduje się dość długi (15% długości cięciwy), płaski odcinek. To rezultat matematycznych formuł, które opisują ten kształt. Przypuszczam, że taki spłaszczenie profilu wyglądało dziwacznie dla doświadczonych inżynierów lotniczych ze wzorcowni zakładów w Buffalo². Myślę, że „poprawili” je podczas przygotowywania współrzędnych dla prototypu P-36. A potem ta geometria została powtórzona w P-40.

Podobne różnice pomiędzy matematycznym profilem a współrzędnymi Curtiss można znaleźć w tylnej części profilu podstawy skrzydła (stacja 000), pomiędzy 40% i 80% długości cięciwy. Są one mniej widoczne, bo profil w tym miejscu jest grubszy. Nie widzę żadnej przyczyny tak drobnej modyfikacji na tym miejscu oryginalnego kształtu NACA-2215. Nie zapewniało to żadnej dodatkowej osłony kół podwozia, które chowało się pobliskim obszarze tego skrzydła. Może to być błąd w obliczeniach? Na przykład – drobna pomyłka w ustawieniu suwaka logarytmicznego³.

¹ Krawędź spływu za klapami była nieco grubsza, ale zajmijmy się tą różnicą pod koniec tego rozdziału. Na razie zastosowałem mniejszy promień, jak w krawędzi spływu łotki.

² Gdy po raz pierwszy zauważyłem ten płaski odcinek, sprawdziłem generator z airfoiltools.com. Nie miałem żadnych oryginalnych współrzędnych NACA-2209, więc porównałem wynik [airfoiltools](http://airfoiltools.com) z oryginalnymi współrzędnymi NACA-2212, które można znaleźć w oryginalnym raporcie NACA o „78 profilach” z 1935 r. Były zgodne.

³ Mnożenie przez stałą jest najprostszą operacją, jaką wykonuje się na suwaku logarytmicznym. Wystarczy ustawić go raz w ustalonej pozycji, a potem tylko odczytywać wyniki z jego skali. Jeżeli jednak przypadkowo poruszy się tak ustawiony suwak nawet o jedną kreskę, zaczniesz popełniać systematyczny błąd we wszystkich dalszych obliczeniach.

Podsumowanie

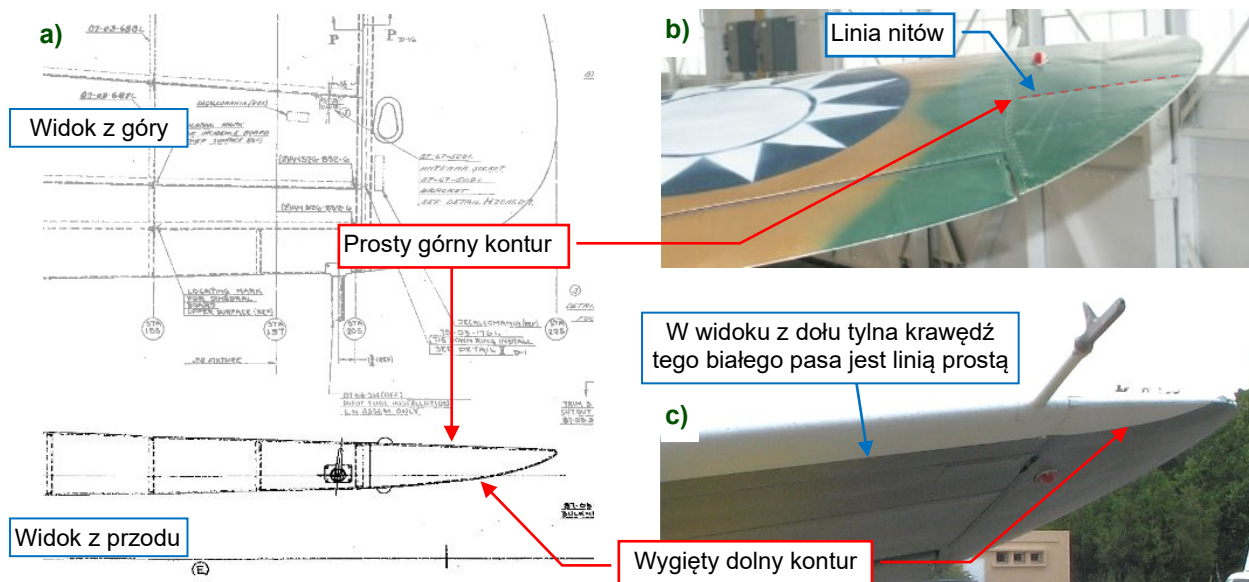
- Jeżeli skrzydła modelowanego samolotu mają kąt wzniosu większy niż $2-3^\circ$, przygotuj dla nich pomocniczy rysunek referencyjny rzutu z góry (str. 131).
- Formowanie skrzydła zaczynamy od profilu podstawy (str. 132).
- Zanim rozpoczniesz, przemyśl topologię finalnej siatki (liczbę wierzchołków w kolejnych sekcjach, układ linii krawędzi – str. 135). Zaoszczędzisz w ten sposób mnóstwo czasu podczas modelowania.
- Aby stworzyć pierwsze przybliżenie konturu profile skrzydła wielobokiem, użyj skalowania z różnymi położeniami środka tych transformacji. To najszybsza metoda. Drobne końcowe poprawki można nanieść poleceniem *Move* (str. 132-134).
- Stwórz trapez skrzydła poprzez wyciągnięcie i zmniejszenie (skalowanie) nowo utworzonej krawędzi (str. 136-137).
- Przekroje skrzydła mogą minimalnie odbiegać od teoretycznych współrzędnych profilu (str. 138).



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: *model/p40/history/P40B-9.01.blend*.

5.2 Formowanie końcówki skrzydła

Gdy popatrzysz na rzut z przodu z oryginalnych rysunków P-40, zauważysz, że końcówki skrzydła są wygięte w górę (Rysunek 5.2.1a). Górny kontur skrzydła jest linią prostą, podczas gdy dolny jest zakrzywiony. To szczegół, który trudno dojrzeć na zdjęciach. Zwróć jednak uwagę na kilka szczegółów, które potwierdzają ten kształt z oryginalnej dokumentacji. To proste linie nitów na górnej powierzchni końcówki (Rysunek 5.2.1b) i wygięta dolna krawędź białego pasa na innej fotografii (Rysunek 5.2.1c):

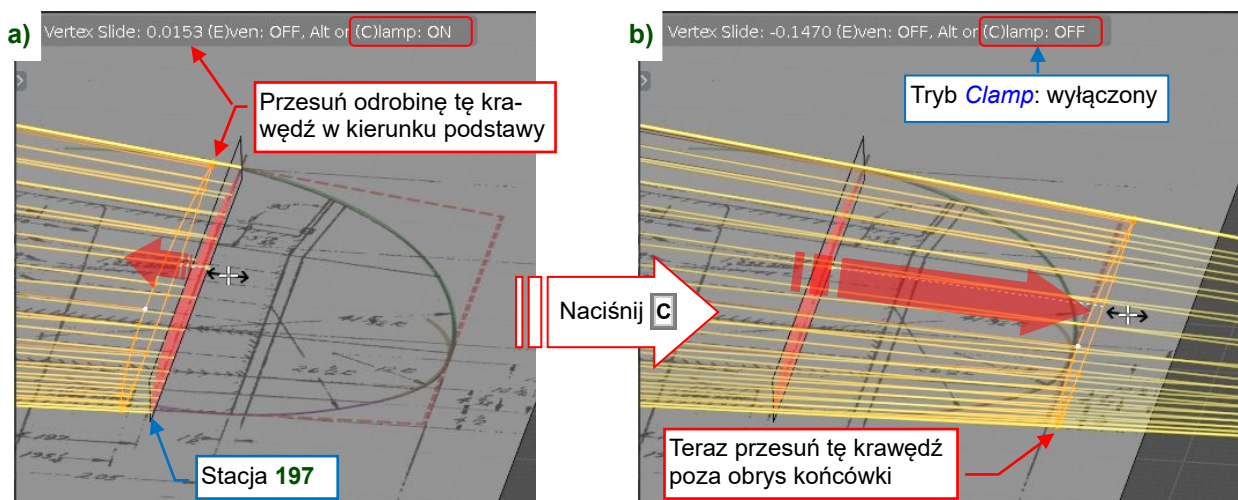


Rysunek 5.2.1 Kształt końcówki skrzydła w P-40

Na nieszczęście, brakuje współrzędnych opisujących tę dolną krzywiznę końcówki pokazywaną przez Rysunek 5.2.1a). Możemy użyć tego obrazu jako „sugestii”, ale nikt nie wymagał dokładności od rysunków złożeniowych.

Jeżeli górna powierzchnia tej końcówki była kontynuacją trapezu skrzydła, wyciągnijmy ją z obecnej siatki.:

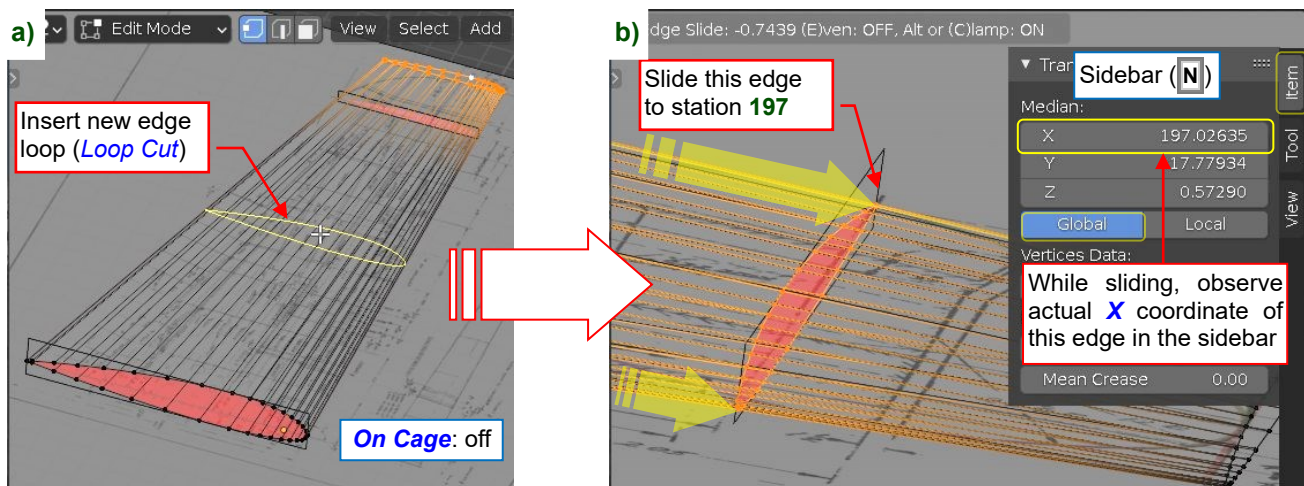
1. Przełącz się na **Edit Mode** i zaznacz zewnętrzną krawędź skrzydła (stację **197**).
2. Wywołaj polecenie **Slide Vertices** (**Shift-V**, por. str. 537).
3. Przesuń odrobinę zaznaczoną krawędź do osi samolotu (1%-2%, Rysunek 5.2.2a), aby się upewnić, że Blender prowadzi wszystkie wierzchołki po właściwych krawędziach. Nie potwierdzaj tego przesunięcia!
4. Naciśnij **C** (**Clamp OFF**) aby wydłużyć aktualne „przewodnice” wierzchołków poza kontur siatki.
5. Przesuń zaznaczoną sekcję skrzydła poza obrys końcówki widoczny na rysunku ref. (Rysunek 5.2.2b):



Rysunek 5.2.2 Wydłużanie skrzydła poza obrys końcówki

Teraz wstaw w tę siatkę nową linię wierzchołków (sekcję), i przesuń ją do stacji **197**:

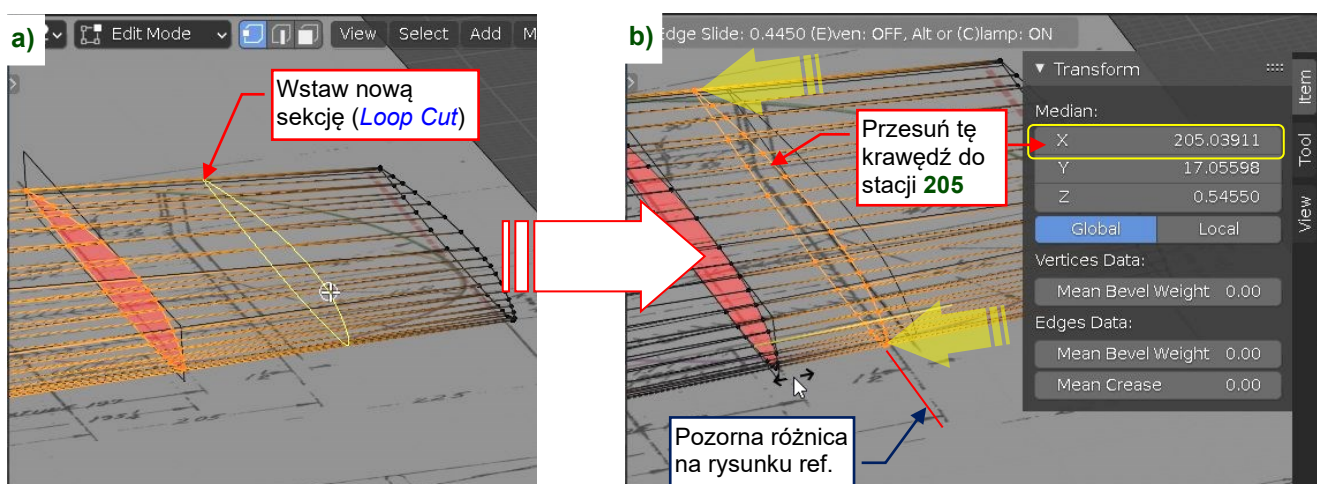
1. Wyłącz opcję **On Cage** modyfikatora **Subdivision Surface**.
2. Wywołaj polecenie **Loop Cut and Slide** (**Ctrl-R**) i wstaw nową linię wierzchołków (sekcję) w środek skrzydła (Rysunek 5.2.3a). Potwierdź to położenie, pozostawiając tam na chwilę nowo utworzoną sekcję. Wszystkie jej wierzchołki powinny pozostać zaznaczone.
3. Wykonaj zbliżenie na obszar wokół stacji **197**.
4. Przesuń zaznaczoną (**Edge Slide**) linię wierzchołków do stacji **197** (Rysunek 5.2.3b):



Rysunek 5.2.3 Wstawienie nowej sekcji w stacji 197

Przesuwanie w ten sposób krawędzi w ściśle określone położenie jest dość trudne, bo nie można po prostu wpisać „197” w przyborniku. (To by zepsuło „idealny trapez” obecnej siatki). Jednak podczas wykonywania **Edge Slide** możesz w polu przybornika obserwować aktualną współrzędną **X** (Rysunek 5.2.3b). Gdy już się zbliżysz do 197, zacznij trzymać wciśnięty klawisz **Shift** by zwiększyć dokładność przesunięcia. Potwierdź nowe położenie dla współrzędnej **X** tak bliskiej 197.0, jak to możliwe. Ewentualnie zwiększ zbliżenie i powtórz operację **Edge Slide**, dopóki nie uzyskasz zadowalającego rezultatu (powiedzmy, **X** = 197.0005).

Teraz wstaw w ten sam sposób nową sekcję w **X=205**. To będzie podstawa końcówki skrzydła (Rysunek 5.2.4):



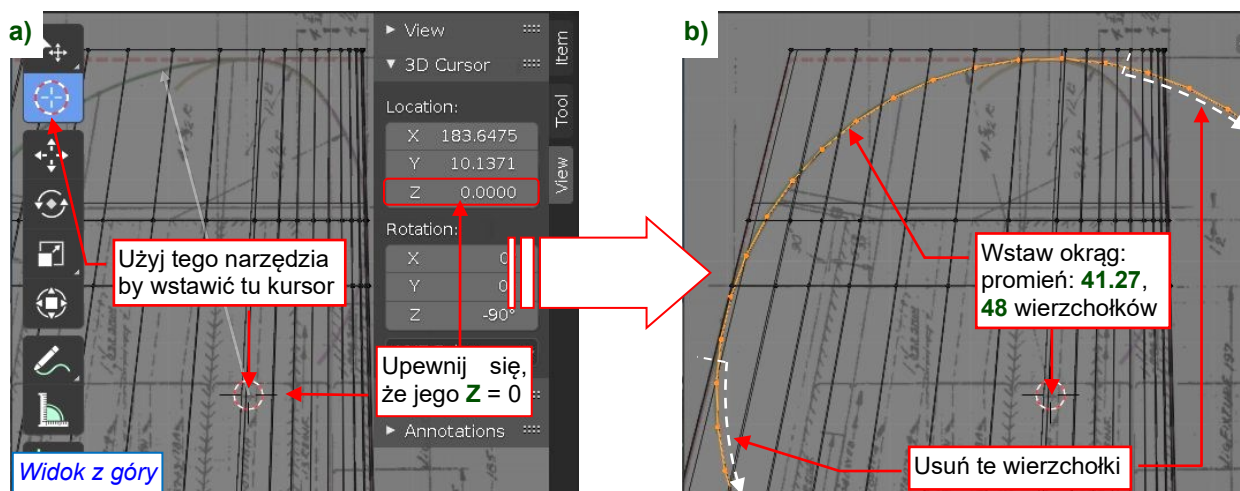
Rysunek 5.2.4 Wstawienie nowej sekcji w stacji 205



Gdy patrzysz pod kątem na częściowo przejrysty rysunek referencyjny, możesz dostrzec pozorną różnicę pomiędzy jego liniami i modelem (Rysunek 5.2.4b). Ta różnica znika po zmianie projekcji na prostopadłą do rysunku (w tym przypadku: na rzut z góry). Znika także, gdy wyłączysz we właściwościach tego obrazu kontrolkę **Opacity** (por. str. 85).

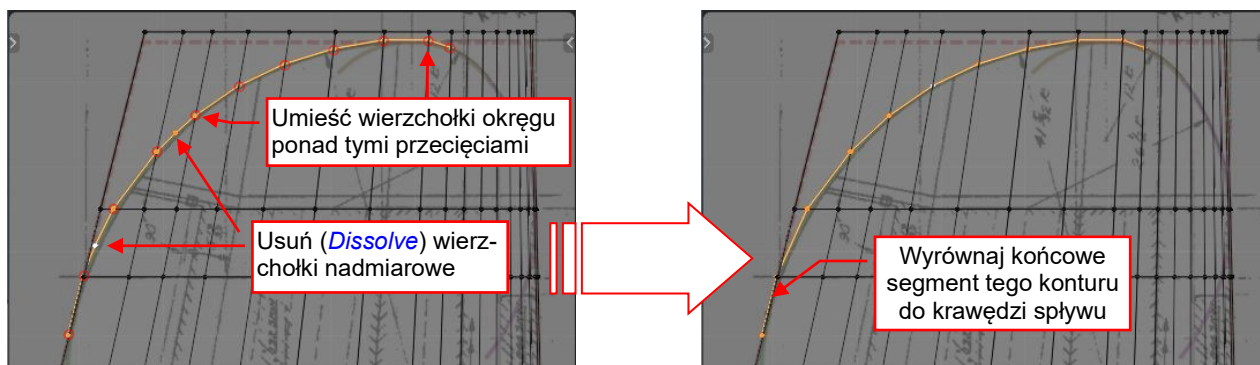
Zanim zaczniemy kształtować ściany tej siatki, dobrym pomysłem jest sprawdzić, czy aktualne rozłożenie wierzchołków pozwala na dokładne odtworzenie krzywizny końcówki. Wykorzystamy do tego pomocniczy okrąg:

1. Przełącz się na widok z góry (**F7**)¹.
2. Ustaw kursor 3D na środku największego łuku, zaznaczonego na rysunku referencyjnym. Nie musisz być bardzo dokładny, więc użyj w tym celu narzędzie **3D Cursor** (Rysunek 5.2.5a). Upewnij się jednak w przyborniku, że współrzędna **Z** tak ustawionego kursora jest 0.
3. Wstaw okrąg odpowiadający tylnemu obrysowi końcówki (Rysunek 5.2.5b). W jego parametrach (**F9**) ustaw liczbę wierzchołków na 48, aby uzyskać odstępy podobne do reszty siatki.
4. Usuń $\frac{3}{4}$ wierzchołków tego okręgu, pozostawiając tylko łuk wokół końcówki skrzydła. Najprościej to zrobić wykluczając z zaznaczenia wierzchołki, które mają pozostać, a następnie usuwając (**X** lub **Delete** – por. str. 543) pozostałe. Rysunek 5.2.5b) pokazuje, które usunąć:



Rysunek 5.2.5 Wstawienie pomocniczego konturu (okrąg)


5. We właściwościach modyfikatora **Subdivision Surface** wyłącz przełącznik **Edit Mode** (ikonka). To szybka metoda na ukrycie jego rezultatu (jego linie przeszkadzałyby w następnych krokach).
6. Umieść (**Move**) wierzchołki krawędzi pomocniczej przy przecięciach z krawędziami siatki i konturem z rysunku referencyjnego (Rysunek 5.2.6).
7. Wygląda na to, że mamy więcej wierzchołków niż potrzebujemy. Użyj polecenia **Dissolve Vertices** (**X**, por. str. 543) by usunąć niepotrzebne:

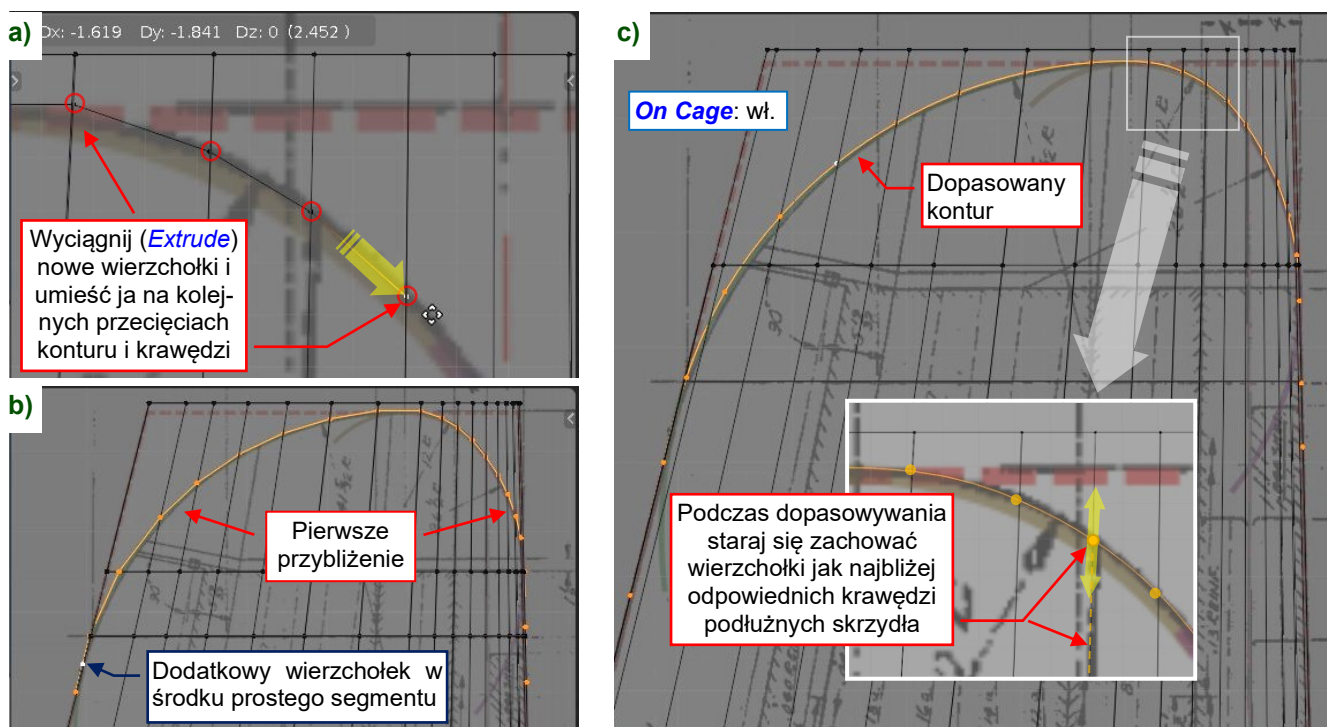


Rysunek 5.2.6 Formowanie pomocniczego konturu

¹ Aby zobaczyć skrzydło jak pokazane przez Rysunek 5.2.5, użyj lokalnego wariantu widoku z dołu. Przełącz się w **Object Mode** i użyj skrótu **Shift-Ctrl-1**, a potem przełącz się z powrotem w **Edit Mode**. (**Ctrl-1** wywołuje **View→Viewpoint→Back**, a dodatkowy klawisz **Shift** każe Blenderowi wykorzystać zamiast globalnego układu współrzędnych lokalny system aktywnego obiektu).

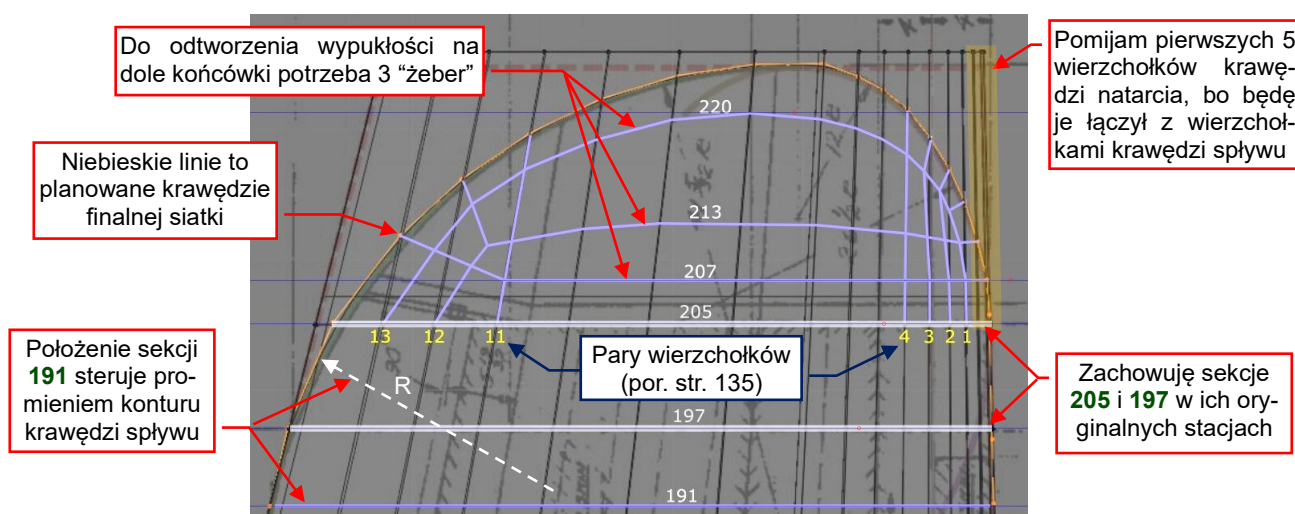
Dokończmy ten kontur końcówki:

1. Wydłuż tę pomocniczą linię wierzchołków w kierunku krawędzi spływu, wyciągając (*Extrude*) kolejne krawędzie z jej ostatniego wierzchołka (Rysunek 5.2.7a).
2. Gdy ten kontur jest gotowy (Rysunek 5.2.7b), włącz *Subdivision Surface:Edit Mode* ()
3. Zbliż okno 3D do pomocniczej krawędzi i popraw (*Move*) jej wierzchołki, dopasowując gładką krzywą wynikową do konturu z rysunku referencyjnego. Staraj się zachować jej punkty kontrolne (wierzchołki) jak najbliżej poszczególnych podłużnych krawędzi siatki (Rysunek 5.2.7c):



Rysunek 5.2.7 Formowanie pomocniczego konturu (c.d.)

Ten pomocniczy kontur potwierdza, że obecna liczba wierzchołków jest wystarczająca do odtworzenia kształtu skrzydła. Zrobiłem obraz ekranu okna 3D Blendera i wczytałem go do Inkscape. Użyłem go tam jako referencji przy szkicowaniu planowanej topologii siatki. Przygotowałem ją dla trudniejszej, dolnej części (Rysunek 5.2.8):



Rysunek 5.2.8 Szkicowanie planowanej topologii końcówki skrzydła (w Inkscape)

Odtworzyłem wypukłą dolną część końcówki (por. Rysunek 5.2.1) za pomocą 3 sekcji „żeber”. Umieściłem je (mniej więcej) w stacjach **208**, **213** i **220**. Naniosłem także krawędzie podłużne (por. str. 135), pomijając oczywiście część centralną. Wszystkie ściany są czworokątami, by uniknąć ewentualnych artefaktów po wygładzeniu.

Na górnej powierzchni końcówki użyję podobnej topologii (przesunę tylko sekcje „żeber” bardziej na zewnątrz)¹.

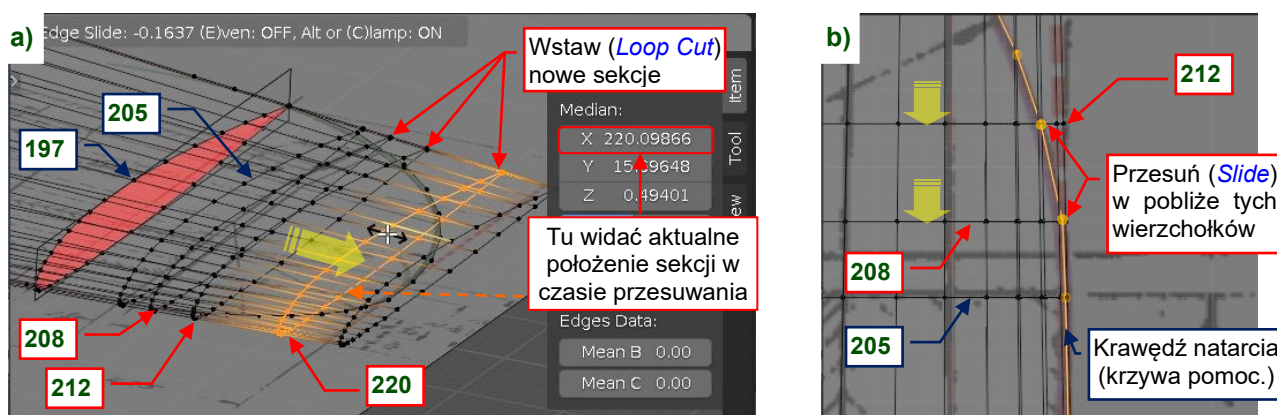


Podobny „szkic roboczy” możesz stworzyć bezpośrednio w Blenderze, narzędziem *Grease Pencil*. Nie piszę jednak tutaj o nim, bo nie chciałem wprowadzać od razu zbyt wielu funkcji.

W poprzedniej sekcji spekulowałem (na str. 135), że można by użyć nieco mniejszej liczby wierzchołków do odtworzenia profilu skrzydła. Rysunek 5.2.8 potwierdza, że mógłbym pominąć jedną lub dwie pary wierzchołków z przednich 30% cięciwy. To uprościłoby nieco topologię krawędzi natarcia. Jednak na ten moment zdecydowałem się kontynuować bez takiej redukcji².

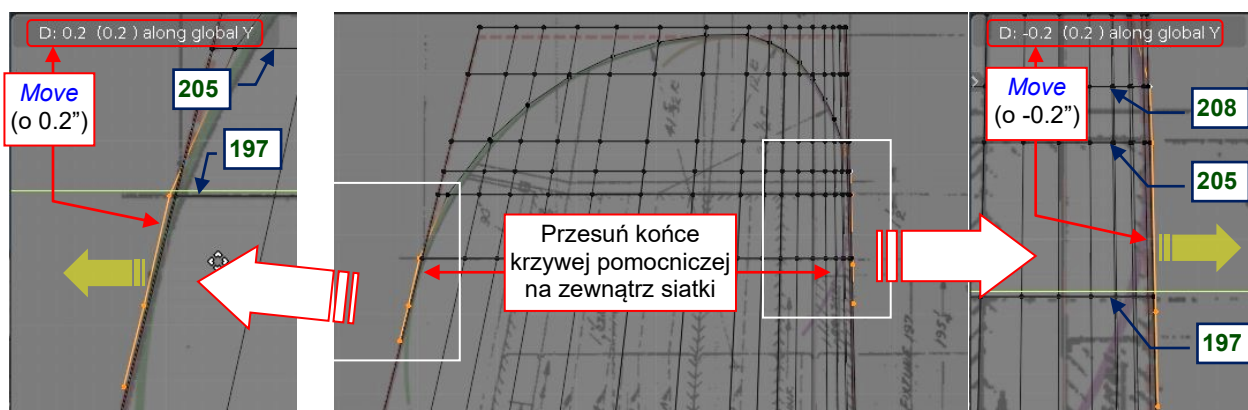
Przygotujmy teraz tę siatkę do wycięcia konturu końcówki:

1. Wyłącz *Subdivision Surface:Edit Mode*.
2. Wstaw nowe sekcje (*Loop Cut and Slide*) w stacjach **208**, **212** i **220** (Rysunek 5.2.9a). Nie musisz ustalać położenia sekcji **220** z jakąś przesadną dokładnością – różnice rzędu 0.5" są OK.
3. Przesuń (*Slide*) sekcje **207** i **212** do wierzchołków na krawędzi natarcia – por. Rysunek 5.2.9b):



Rysunek 5.2.9 Wstawianie sekcji końcówki

4. Przesuń końcowe odcinki pomocniczego konturu poza siatkę skrzydła (Rysunek 5.2.10):



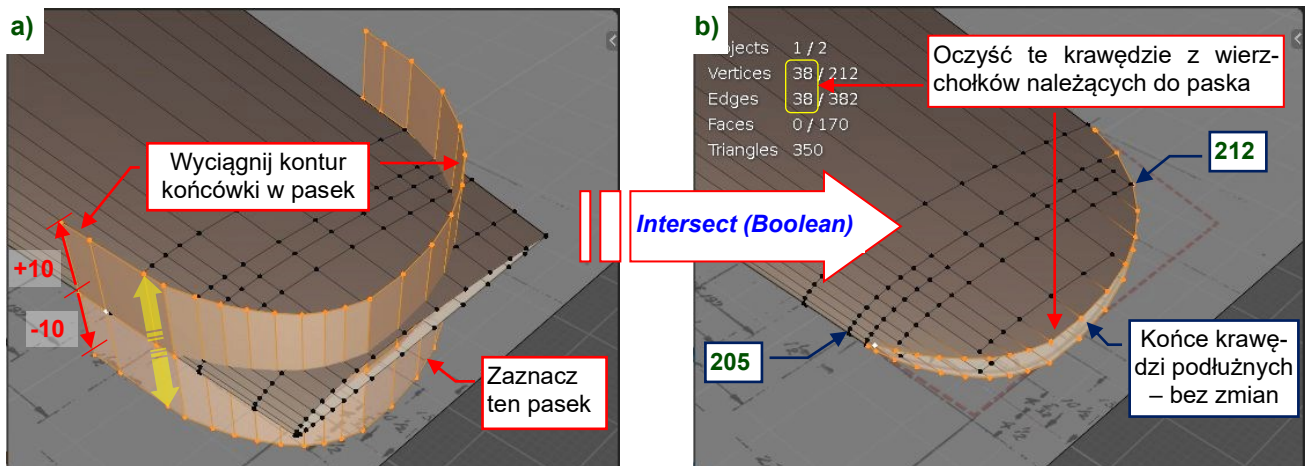
Rysunek 5.2.10 Wydłużanie końców konturu referencyjnego

¹ Planowanie topologii siatki jest rzadko omawiane w poradnikach modelowania. Zazwyczaj jest ona oczywista dla takich prostych kształtów jak kołpak śmigła. Łopata śmigła była już trudniejsza, ale do opanowania (dzięki swoim symetriom i niewielkiej liczbie wierzchołków). W przypadku kadłuba czy oprofilowania podstawy skrzydła czasami wykonuję prosty, tradycyjny szkic – ołówkiem na papierze. Tworzenie takiego rysunku pozwala mi się lepiej „zapoznać” z ich kształtami. Jednak ta metoda zawodzi dla tej końcówki skrzydła, ponieważ jest tu zbyt dużo krawędzi i wierzchołków. Przygotowanie akceptowalnego planu na papierze wymagałoby to wielu prób. Stąd użycie Inkscape.

² Usunięcie takich par wierzchołków wymaga: 1. Usunięcia zewnętrznej krawędzi stworzonej na str. 242. To zredukuje skrzydło do dwóch sekcji: **000** i **197**. 2. Usunięcia (*Dissolve*) czterech wierzchołków par (powiedzmy **1** i **3**). 3. Dopasowania pozostałych wierzchołków sekcji **000** i **197** do profili wzorcowych. 4. Powtórzenia wszystkich kroków opisanych do tej pory w tej sekcji. Związana z tym ilość pracy jest większa niż korzyści z tego niewielkiego uproszczenia.

Wytnijmy teraz z siatki skrzydła obrys końcówki:

1. Przekształć pomocniczy kontur końcówki z krzywej w „pasek”: wyciągnij ją wzdłuż osi **Z** w górę i w dół o 10” (to dwie operacje **Extrude**, jak w Rysunek 5.2.11a).
2. Zaznacz ten nowo utworzony pasek. Użyjemy go jako „noża” („przecinaka”).
3. Wywołaj polecenie **Face → Intersect (Boolean)** (patrz str. 527).
4. Usuń (**Dissolve**) z wynikowego konturu wierzchołki stworzone przez krawędzie „paska tnącego”. Robiąc to, staraj się zachować bez zmian końce podłużnych krawędzi skrzydła (szczegóły – str. 529). Rezultatem tej operacji ma być linia krawędzi zawierająca 38 wierzchołków (Rysunek 5.2.11b):



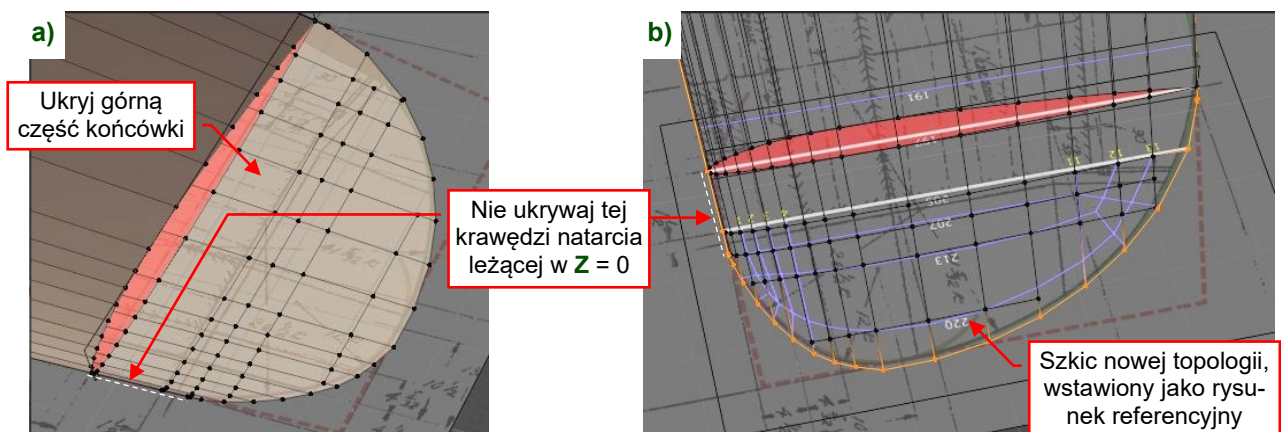
Rysunek 5.2.11 Wycinanie z podstawowego skrzydła kształtu końcówki

To cięcie odseparowało górną i dolną powierzchnię końcówki. Teraz zmodyfikujemy ich układ krawędzi i ścian, według przygotowanego wcześniej szkicu (Rysunek 5.2.8).



Graficy komputerowi takie zmiany układu ścian siatki nazywają **retopologią**. Polega to na przełączaniu wierzchołków, przestawianiu krawędzi, tworzeniu nowych ścian w miejsce starych, itp. Pomimo swej „naukowej” nazwy, retopologia jest „chlebem powszednim” modelarzy 3D.

Przygotujmy siatkę skrzydła dla retopologii dolnej powierzchni końcówki. Zaznacz i ukryj (por. str. 525) górną część je powierzchni, bo przesłaniałaby nam widok (Rysunek 5.2.12a):

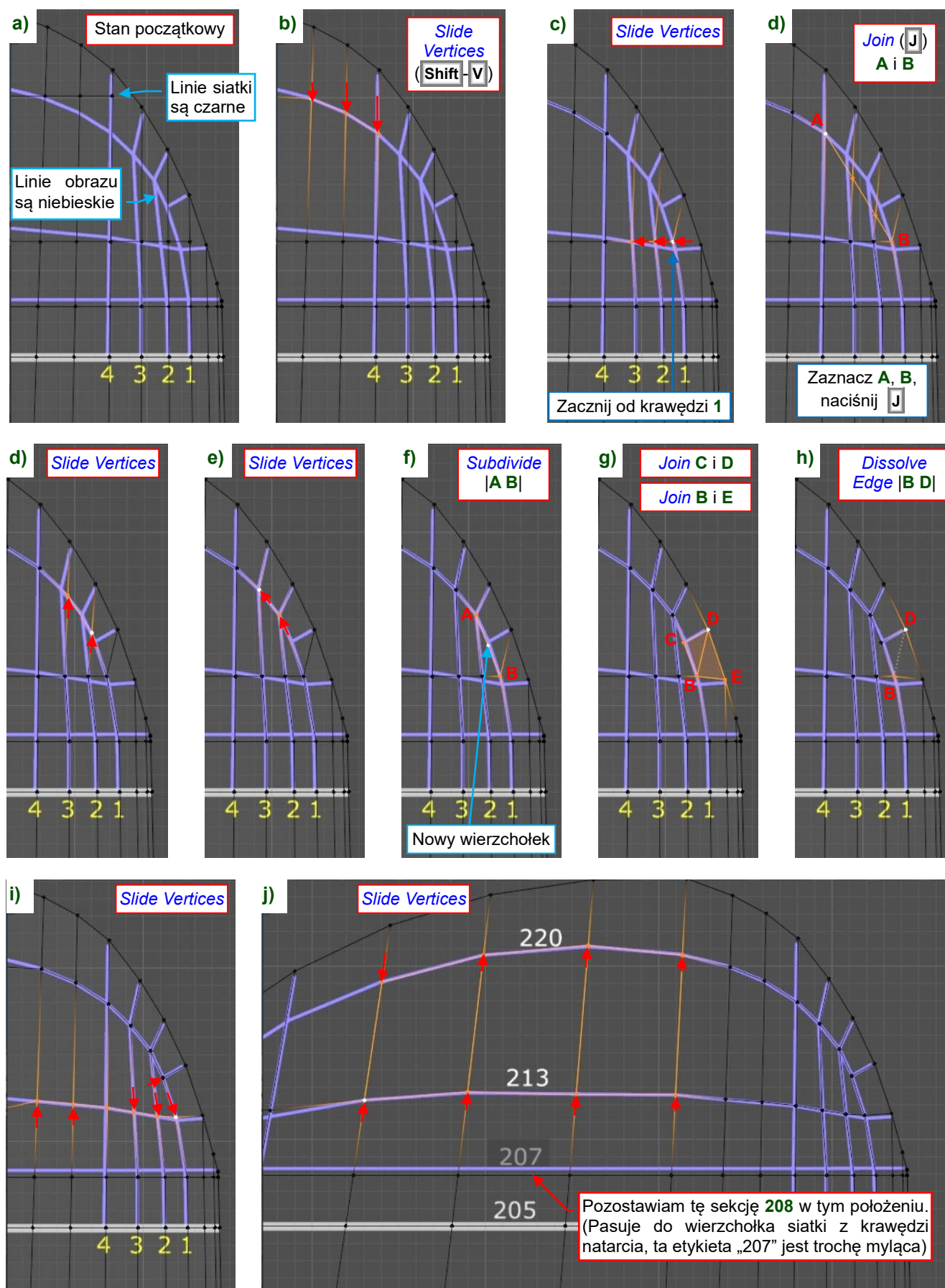


Rysunek 5.2.12 Przygotowywanie dolnej powierzchni do retopologii

Wyeksportowałem z Inkscape do obrazu rastrowego szkic (Rysunek 5.2.8). Załadowałem go jako dodatkowy rysunek referencyjny (Rysunek 5.2.12b), by ułatwić retopologię. Możesz przygotować podobny obraz¹.

¹ Przypuszczam, że Twoja siatka może się różnić od mojej, więc tylko „zapakowałem” mój szkic w towarzyszący plik **P40B-09.2.blend**.

Poniżej pokazuję retopologię krawędzi natarcia końcówki skrzydła. To sekwencja prostych kroków, więc w tym przypadku pomijam ich opis w numerowanej liście. Myślę, że poniższe obrazki wyjaśnią cały proces:

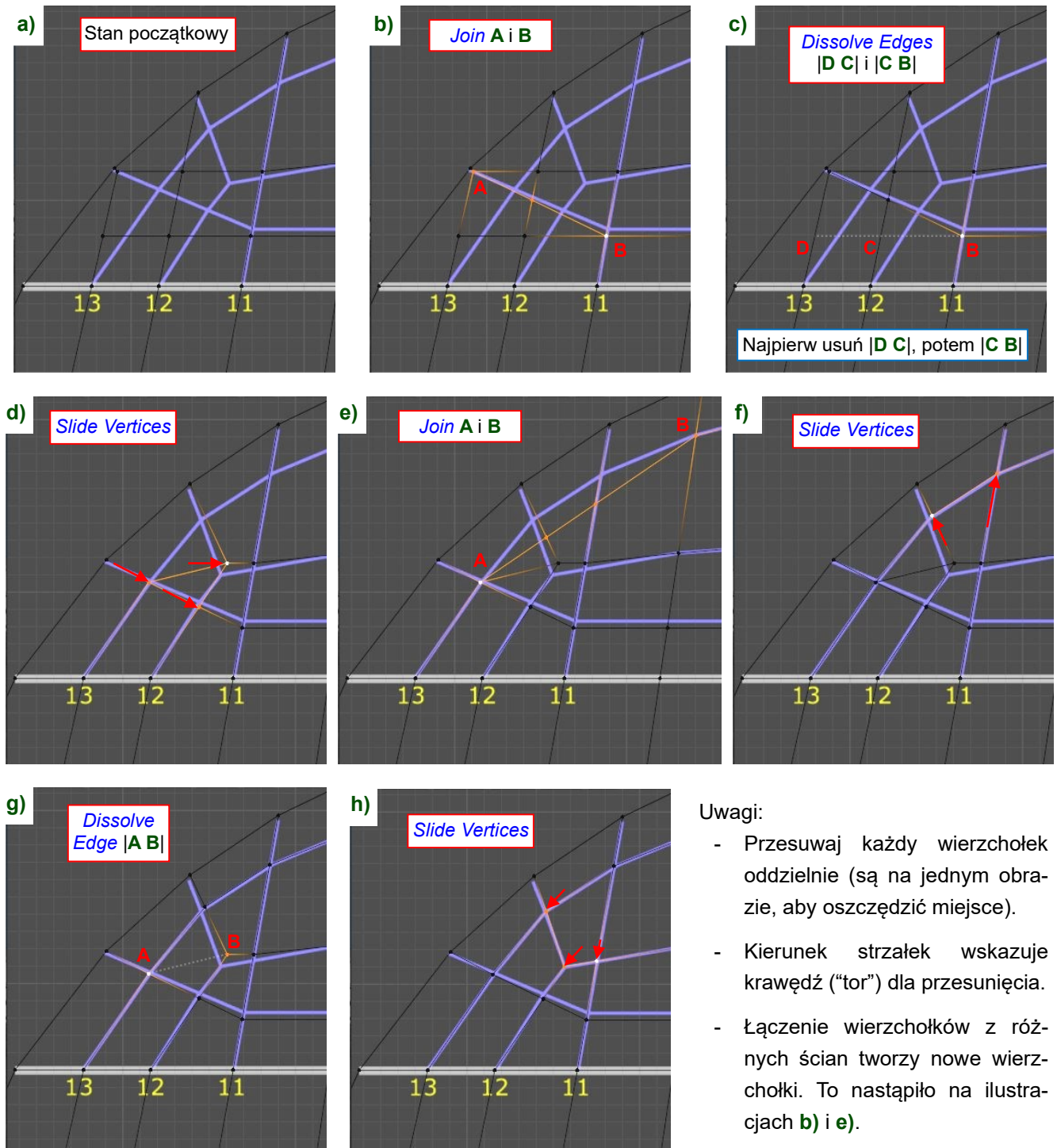


Rysunek 5.2.13 Retopologia krawędzi natarcia i środka końcówki skrzydła

Podczas tej retopologii starałem się zachować ogólny kształt siatki. Jedyna szansa na niewielką zmianę jej geometrii występuje podczas poleceń *Slide Vertices*, gdy przesuwasz wierzchołek wzdłuż krawędzi łączącej go z innym, który był wcześniej przesunięty w podobny sposób. Przykład pokazuje Rysunek 5.2.13c). Stąd sugeruję tam przesunąć najpierw wierzchołek z prawej (ten na krawędzi **1**), potem środkowy (**2**), a na końcu lewy (**3**).

Zwróć uwagę, że Rysunek 5.2.13j) pokazuje sekcję **208** poniżej niebieskiej linii ze szkicu z mylnym oznaczeniem „207”. Ta linia i ten napis wynikły z jakiejś drobnej pomyłki na moim szkicu. Siatka nie musi dokładnie powtarzać tego rysunku referencyjnego. Wystarczy odtworzyć pokazaną na nim topologię i zachować podobne proporcje ścian. W przypadku sekcji **208**, najważniejszy wierzchołek leży na krawędzi natarcia. Jego położenie steruje krzywizną (w widoku z góry/dołu) przedniej krawędzi końcówki skrzydła.

Teraz zmodyfikujemy topologię wokół krawędzi spływu (Rysunek 5.2.14):

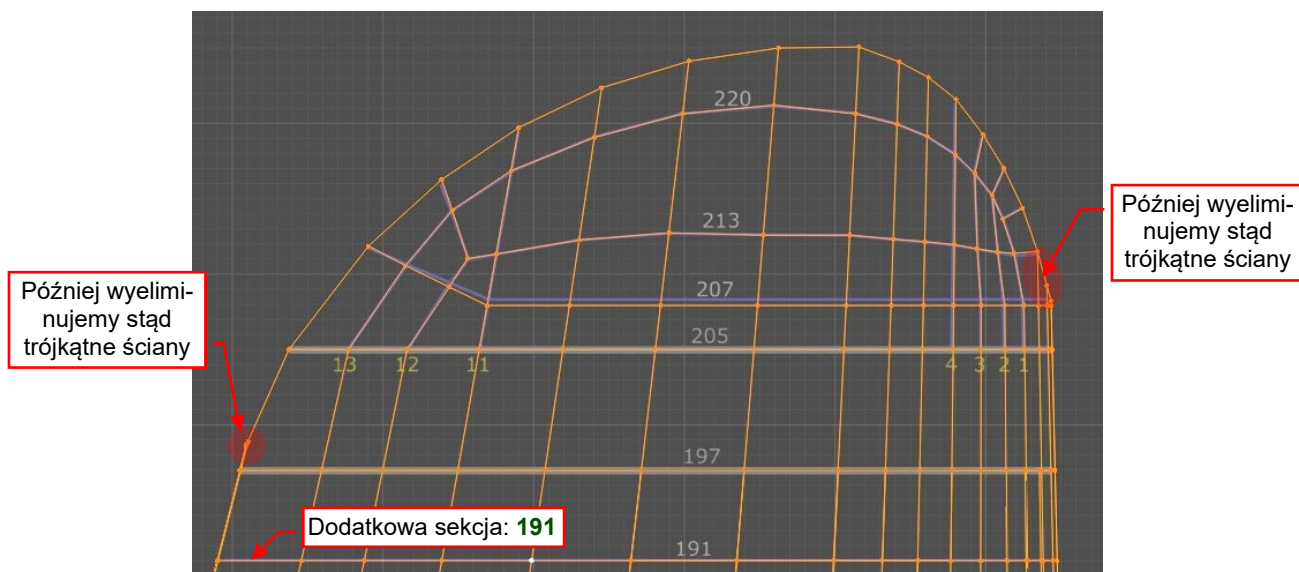


Rysunek 5.2.14 Retopologia krawędzi spływu końcówki skrzydła

Uwagi:

- Przesuwaj każdy wierzchołek oddzielnie (są na jednym obrazie, aby oszczędzić miejsce).
- Kierunek strzałek wskazuje krawędź ("tor") dla przesunięcia.
- Łączenie wierzchołków z różnych ścian tworzy nowe wierzchołki. To nastąpiło na ilustracjach **b)** i **e)**.

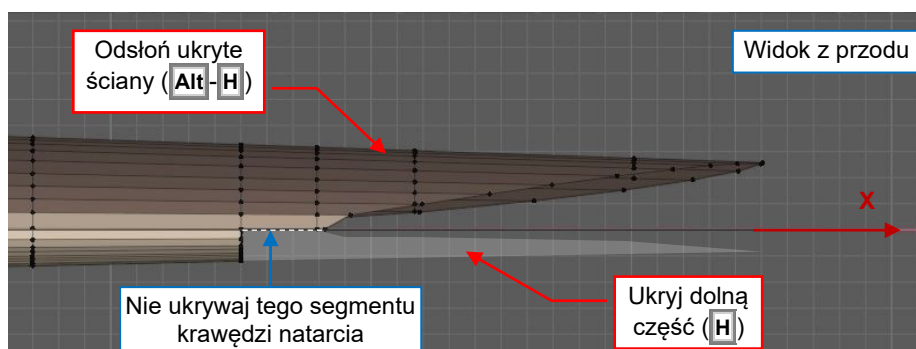
Rysunek 5.2.15 pokazuje siatkę końcówki po tej retopologii. Dodałem tutaj (*Loop Cut and Slide*) sekcję **191**. Potrzebujemy jej tylko przy krawędzi spływu, lecz trudno byłoby „rozpuścić” jej resztę bez tworzenia n-gonów.



Rysunek 5.2.15 Dolna końcówka skrzydła po retopologii

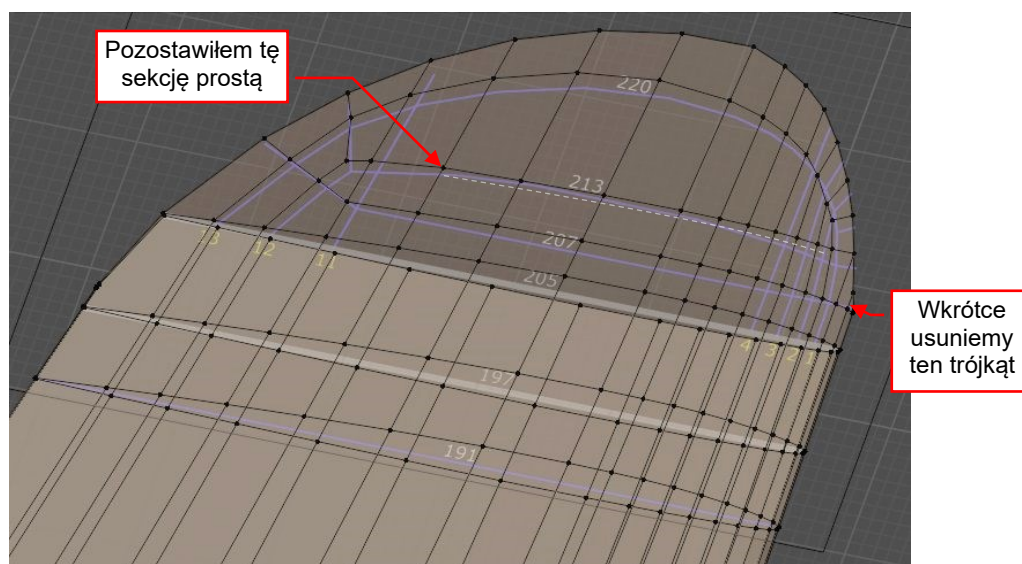
Zwróć uwagę, że nadal istnieją w tej siatce małe trójkątne ściany. Znajdują się pomiędzy pięcioma wierzchołkami krawędzi natarcia i spływu. Tymi trójkątami zajmiemy się później.

Teraz wyświetl (odsłoń) górną powierzchnię siatki i ukryj dolną część końcówki (odwrotnie niż Rysunek 5.2.12a):



Rysunek 5.2.16 Ukrywanie dolnej powierzchni końcówki

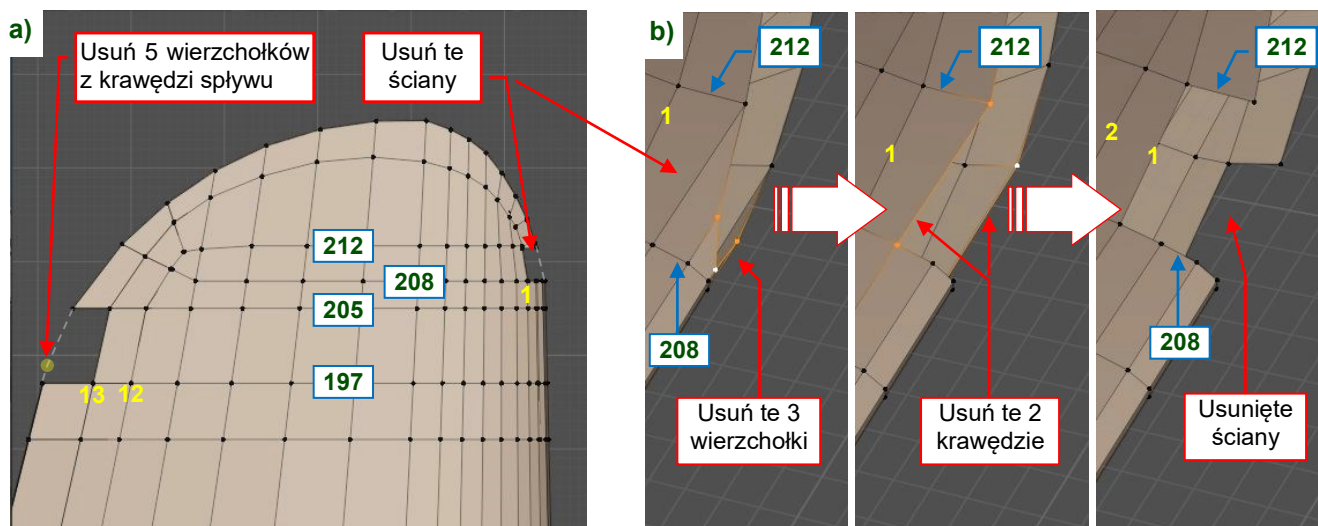
Wykonaj retopologię tej górnej części, powtarzając kroki pokazywane przez Rysunek 5.2.13 i Rysunek 5.2.14:



Rysunek 5.2.17 Górna końcówka skrzydła po retopologii

Usuń kilka wierzchołków i ścian z krawędzi natarcia i spływu, tak jak pokazuje to Rysunek 5.2.18:

1. Odsłoń ukrytą poprzednio dolną część końcówki (**Alt-H**).
2. Usuń 5 wierzchołków (str. 543) krawędzi spływu z oryginalnej krawędzi przecięcia (pomiędzy sekcjami **197** i **205** – por. Rysunek 5.2.18a). To usunie także z tego obszaru powiązane z nimi ściany.
3. Usuń z krawędzi natarcia trzy wierzchołki i dwie krawędzie (str. 544), znajdujące się pomiędzy sekcjami **208** i **212**, jak pokazuje to Rysunek 5.2.18b):



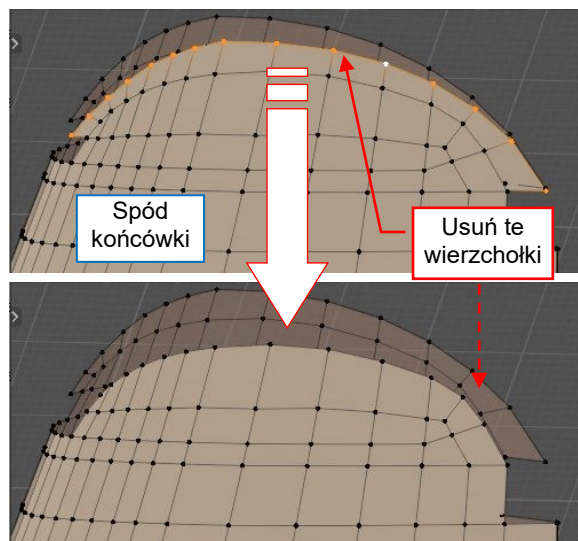
Rysunek 5.2.18 Tworzenie tymczasowych wycięć w krawędziach natarcia i spływu



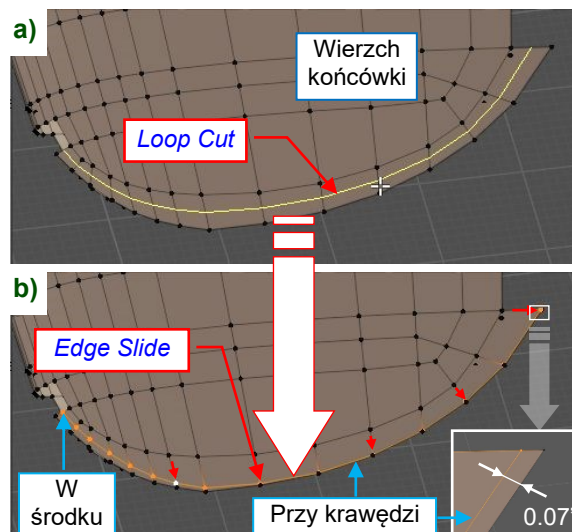
Te tymczasowe luki w siatce pomogą nam w formowaniu końcówki skrzydła. Bez nich nie można by było stworzyć w jednym kroku takiej linii krawędzi, jakiej wstawienie pokazuje Rysunek 5.2.20.

Przygotujmy krawędzie niewielkiego zaokrąglenia, które będzie biec wzdłuż krawędzi końcówki skrzydła:

1. Usuń zewnętrzną krawędź z dolnej części końcówki (Rysunek 5.2.19). To usunie cały „pasek” ścian.
2. Wstaw (**Loop Cut**) nową linię krawędzi przy brzegu górnej powierzchni (Rysunek 5.2.20a).
3. Zbliź (**Slide**) tylną część tej nowej linii krawędzi (wierzchołki od 50% cięciwy) do zewnętrznej krawędzi siatki. Pozostaw tam tylko niewielki odstęp, rzędu **0.07**” (Rysunek 5.2.20b).
4. Dopasuj (**Slide**) wierzchołki przedniej części tej linii krawędzi tak, aby ich odległość od brzegu siatki zwiększała się stopniowo w kierunku przy krawędzi spływu (Rysunek 5.2.20b)

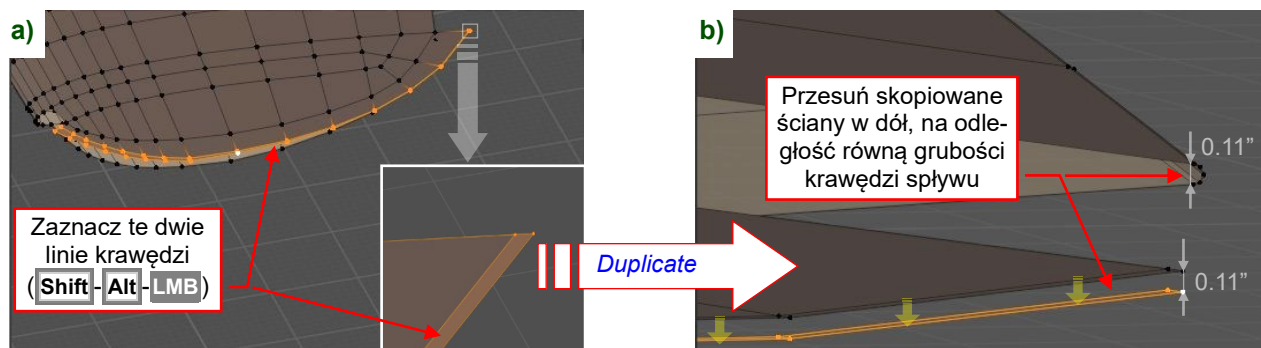


Rysunek 5.2.19 Usunięcie zewnętrznej części spodu końcówki



Rysunek 5.2.20 Dodanie linii krawędzi wokół końcówki

5. Zaznacz pasek ścian biegnących na górnej powierzchni, wzdłuż konturu końcówki (Rysunek 5.2.21a).
6. Skopiuj (*Duplicate* – por. str. 534) zaznaczone ściany i przesunij je w dół, wzdłuż osi **Z**, o **-0.11"**. To grubość krawędzi spływu tego skrzydła (Rysunek 5.2.21b).
7. Przełącz kierunek normalnych skopiowanych ścian (*Mesh → Normals → Flip*, str. 568) – w przeciwnym razie zepsułyby wynikową powierzchnię podziałową.



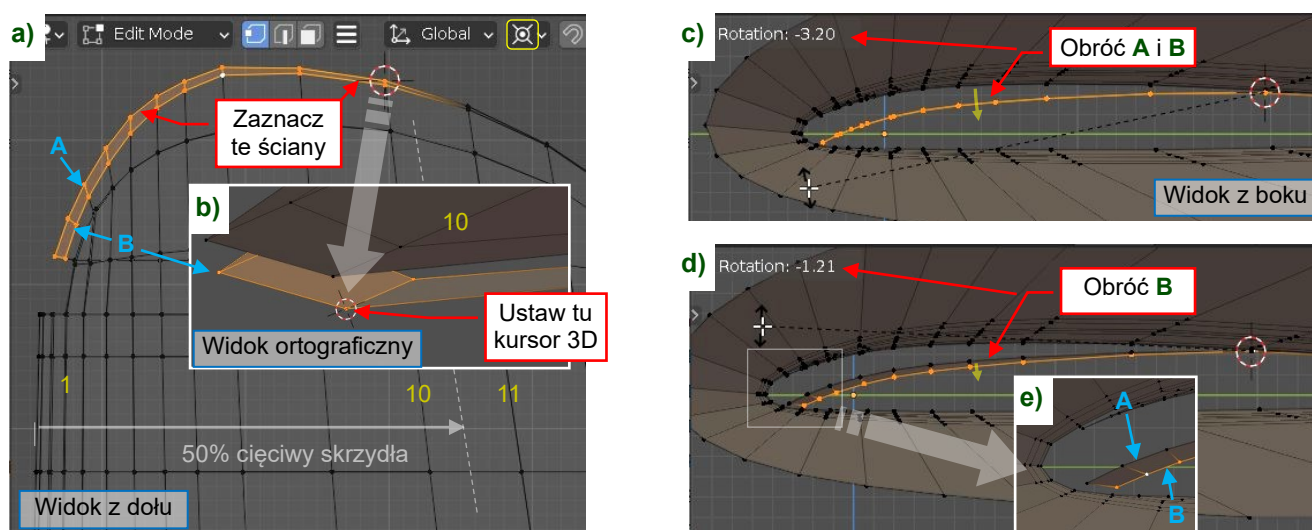
Rysunek 5.2.21 Kopiowanie zewnętrznego „paska” ścian



Po skopiowaniu ścian zawsze sprawdzaj zwrot ich normalnych (por. str. 568). Jeżeli są zwrócone w przeciwną stronę niż sąsiednie ściany, stworzą nieoczekiwane ostre krawędzie.

Krawędź natarcia końcówki skrzydła przypomina wygięty stożek. Na szczegółowych zdjęciach widać, że jej promień zmniejsza się do ok. 50% cięciwy, gdzie staje się tak mały jak promień krawędzi spływu (0.05"). Uformujemy coś podobnego wykorzystując te skopiowane ściany:

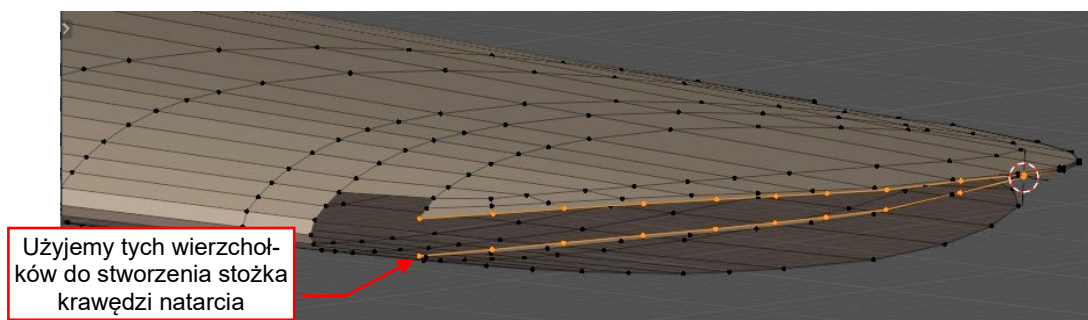
1. Wyłącz obecne zaznaczenie (*Alt-A*), ustaw aktualny tryb *Transformation Pivot* na *3D Cursor*.
2. Ustaw kursor 3D na zewnętrznym wierzchołku skopiowanych ścian najbliższym 50% cięciwy skrzydła (*Cursor to Selected*). W przypadku mojej siatki należy do pary **10**.
3. Zaznacz przednią część skopiowanych ścian (Rysunek 5.2.22a). Na potrzeby tej operacji będę określał zewnętrzną linię krawędzi jako **A**, a wewnętrzną linię – jako **B**.
4. Przełącz się na widok z boku i obróć **A** i **B**, tak aby ich czubek pasował (w przybliżeniu) do dolnych ścian krawędzi natarcia (Rysunek 5.2.22c). W moim przypadku wymagało to obrotu o **-3.2°**.
5. Wyłącz z zaznaczenia krawędź **A** i obróć **B** o kolejne **-1.2°** (Rysunek 5.2.22d).



Rysunek 5.2.22 Poprawianie kształtu skopiowanych ścian

Końcówki krawędzi **A** i **B** w widoku z boku powinny być ustawione tak, jak pokazuje Rysunek 5.2.22e).

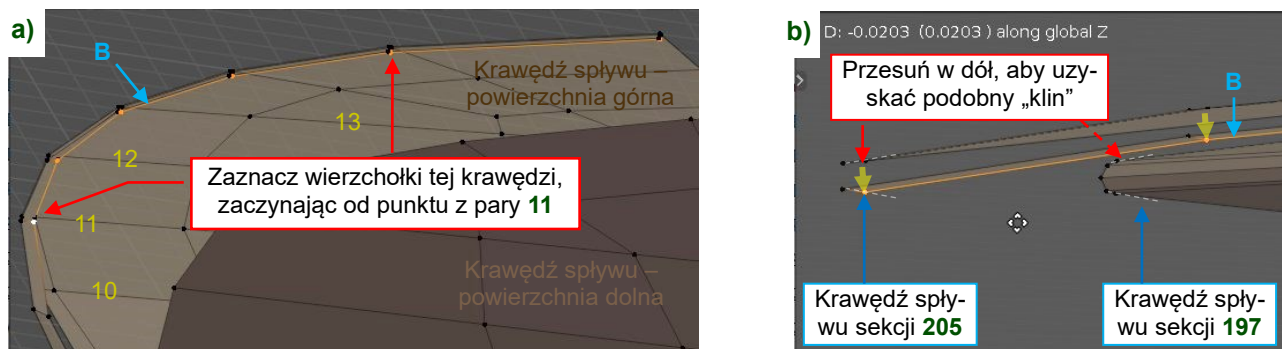
Rysunek 5.2.23 pokazuje przygotowane kontury krawędzi natarcia:



Rysunek 5.2.23 Kontury krawędzi natarcia

Tylna część krawędzi **B** także wymaga drobnych poprawek, aby odtworzyć okrągły przekrój krawędzi spływu:

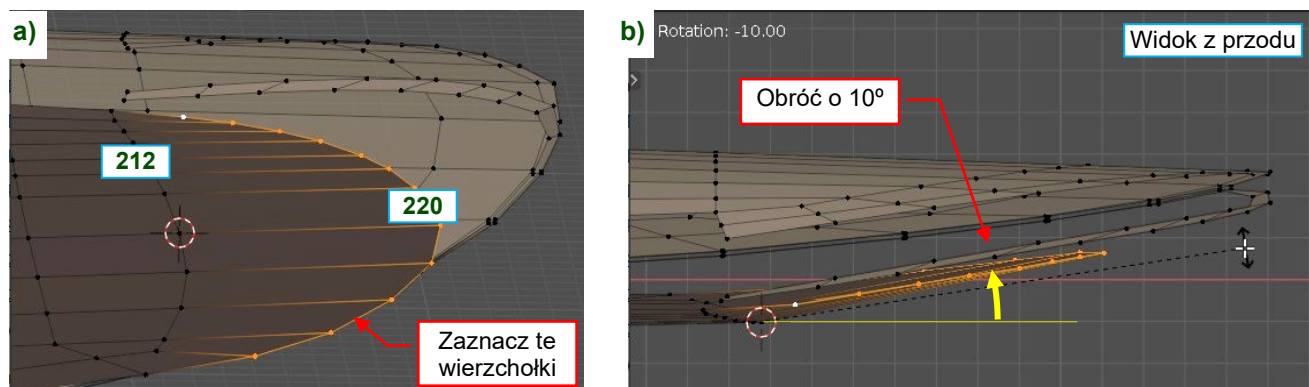
1. Wyłącz całe zaznaczenie (**Alt-A**).
2. Zaznacz tylną część krawędzi **B** (za parą **10** – por. Rysunek 5.2.22a), jak pokazuje Rysunek 5.2.24a).
3. Przesuń zaznaczone wierzchołki wzdłuż osi **Z** o około **-0.02"**. Zrób to w dużym zbliżeniu, aby uzyskać w sekcji **205** podobny kąt nachylenia krawędzi jak w sekcji **197** (Rysunek 5.2.24b):



Rysunek 5.2.24 Wstępne ustawienia krawędzi spływu

Uformujmy pierwsze przybliżenie wypukłości na dolnej powierzchni końcówki skrzydła:

1. Wyłącz całe zaznaczenie (**Alt-A**).
2. Ustaw kursor 3D w jednym ze środkowych wierzchołków z dolnej części sekcji **212** (Rysunek 5.2.25a).
3. Zaznacz dolną część sekcji **220** (Rysunek 5.2.25b).
4. Obróć zaznaczone wierzchołki wokół osi **Y** o **10°** (Rysunek 5.2.25b):



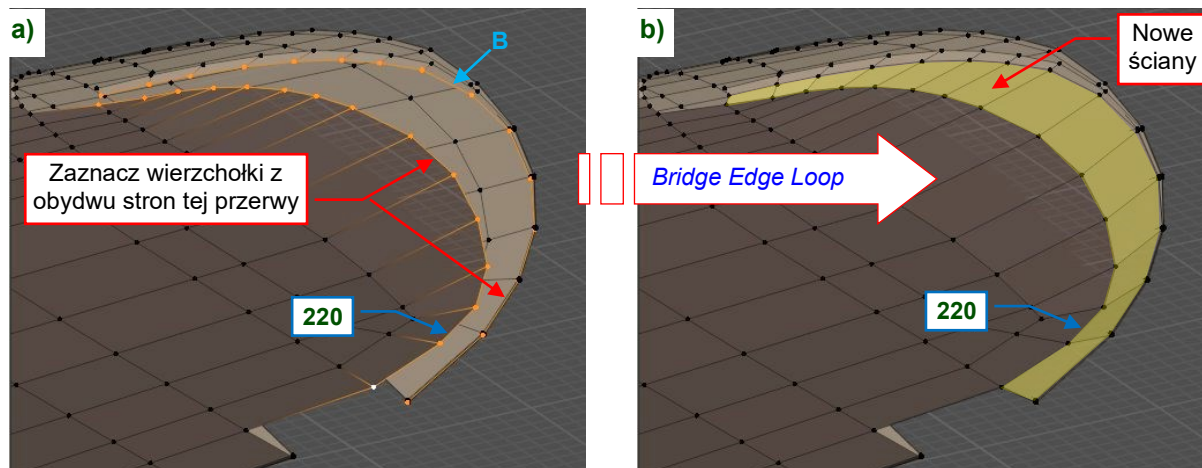
Rysunek 5.2.25 Pierwsze przybliżenie wypukłości na spodzie końcówki skrzydła



Pominę ten punkt w dalszych listach kroków, ale pamiętaj, aby naciskać (**Alt-A**) przed nowym zaznaczeniem. Inaczej obrócisz/przesuniesz jakiś zapomniany element siatki z poprzedniej operacji!

Jesteśmy już gotowi do zamknięcia („zszycia”) tej siatki. Zaczniemy od dołu:

1. Zaznacz dolne krawędzie sekcji **220** i linię krawędzi **B** (Rysunek 5.2.26a). Upewnij się, że w tym zaznaczeniu jest parzysta liczba wierzchołków.
2. Wywołaj polecenie *Edge → Bridge Edge Loops* (str. 545). To tworzy nowy rząd ścian, łączących zaznaczone wierzchołki.



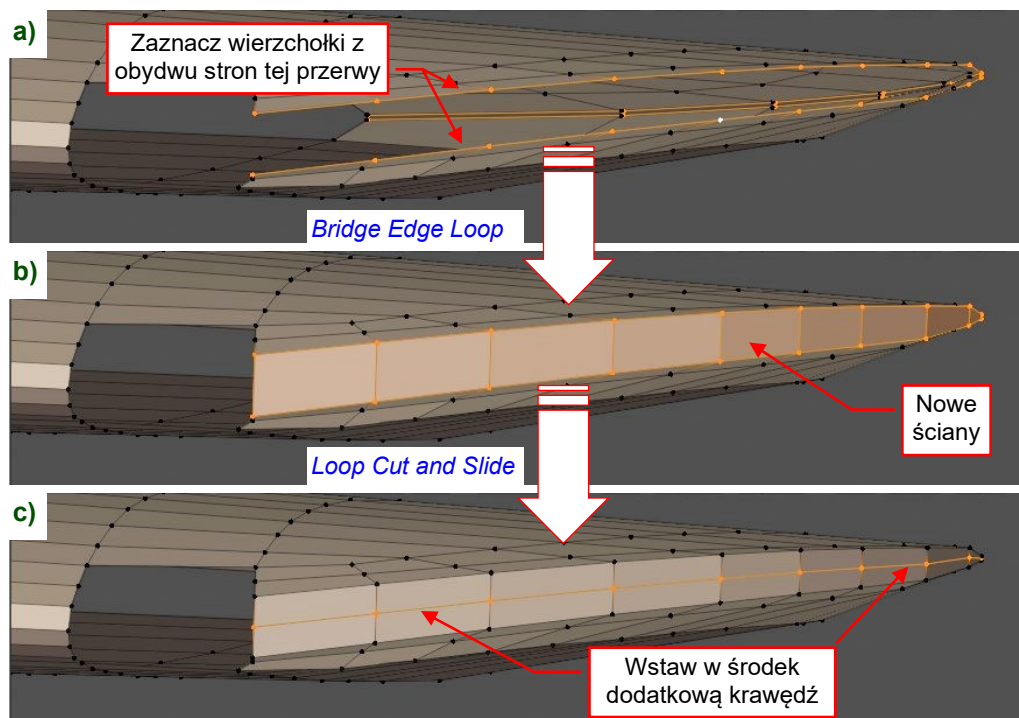
Rysunek 5.2.26 Zamykanie dolnej powierzchni końcówki



Bridge Edge Loops wymaga zaznaczenia dwóch linii krawędzi o tej samej liczbie wierzchołków. Jeżeli masz z tym poleceniem problem, możesz utworzyć te ściany jedna po drugiej (por. str. 153).

Teraz zamknijmy brzegi tej końcówki skrzydła:

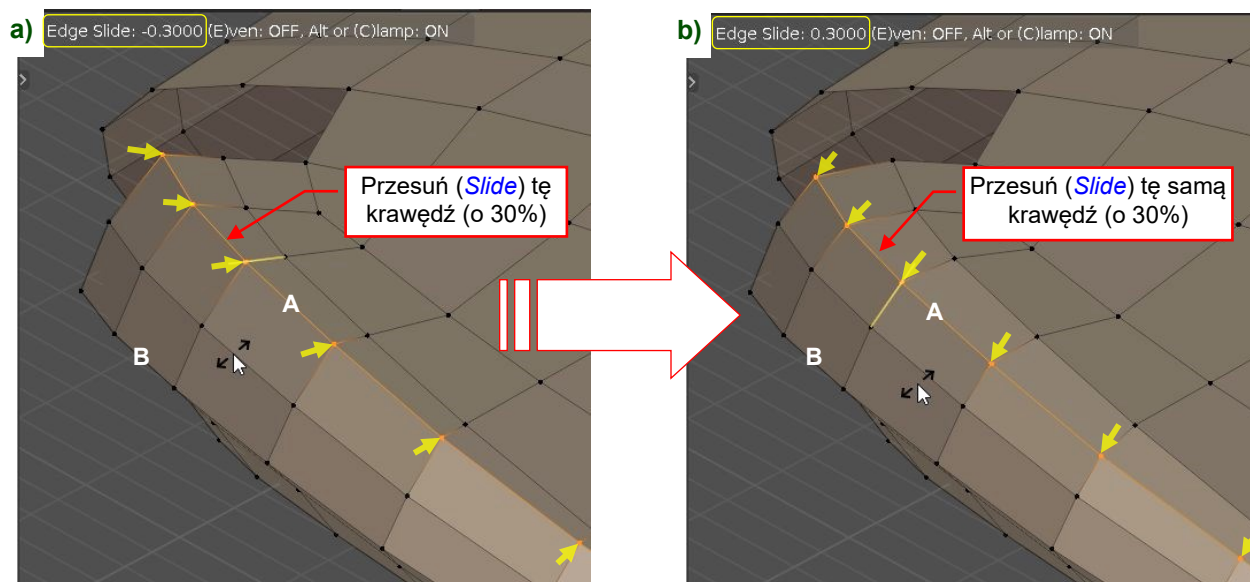
1. Zaznacz linie krawędzi na górnym i dolnym brzegu powierzchni końcówki (Rysunek 5.2.27a). Upewnij się, że zaznaczyłeś parzystą liczbę wierzchołków.
2. Wywołaj polecenie *Edge → Bridge Edge Loops*, aby połączyć je ścianami (Rysunek 5.2.27b).
3. Wstaw (*Loop Cut*) nową linię krawędzi w środku tych ścian, jak pokazuje to Rysunek 5.2.27c).



Rysunek 5.2.27 Zamykanie obramowania końcówki

Nadajmy temu nowo utworzonemu konturowi bardziej owalny przekrój:

1. Zaznacz górną linię krawędzi tego konturu (Rysunek 5.2.28 oznacza ją jako **A**).
2. Przesuń (*Edge Slide*) tę krawędź do wnętrza skrzydła, o około 30% (Rysunek 5.2.28a).
3. Przesuń (*Edge Slide*) tę samą krawędź na zewnątrz, o około 30% (Rysunek 5.2.28b).
4. Wyłącz całe zaznaczenie, a potem zaznacz przeciwną linię krawędzi (Rysunek 5.2.28 - krawędź **B**).
5. Powtórz kroki 2 i 3 dla linii wierzchołków **B**.



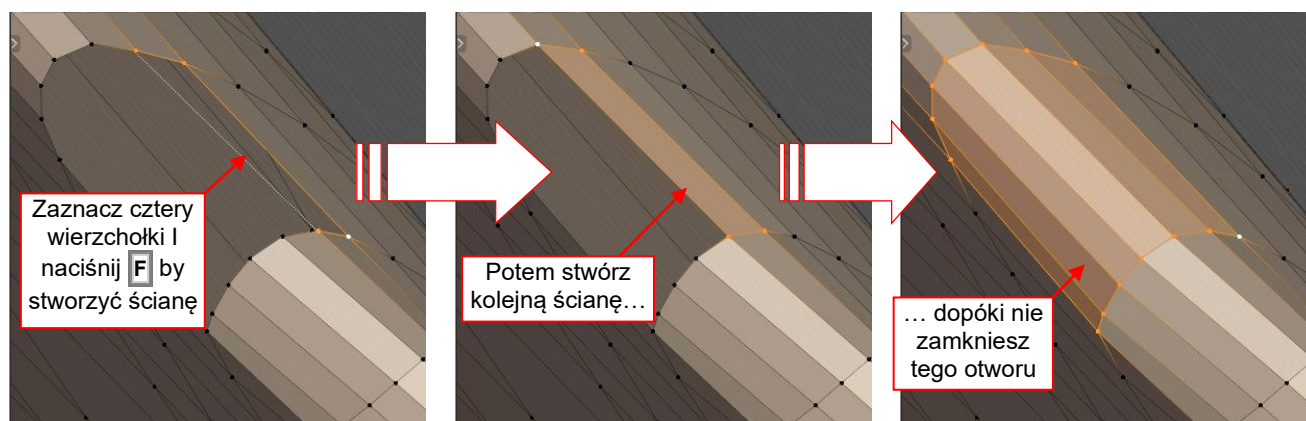
Rysunek 5.2.28 Zaokrąglanie przekrojów krawędzi końcówki skrzydła

Przekrój krawędzi natarcia końcówki powinien być bardziej „paraboliczny”. Aby to osiągnąć, powtórz powyższe kroki dla przedniej części linii wierzchołków **A** i **B** (dla wszystkich z przednich 50% cięciwy skrzydła).



Ilustracja powyżej pokazuje, jak przesuwanie wierzchołków wzdłuż krawędzi zmienia kształt siatki. Oczywiście, te zmiany są do pominięcia, gdy sąsiednie krawędzie wyglądają jak jedna linia prosta. W innych przypadkach taką operacją można jednak w niezamierzony sposób zmienić kształt obiektu.

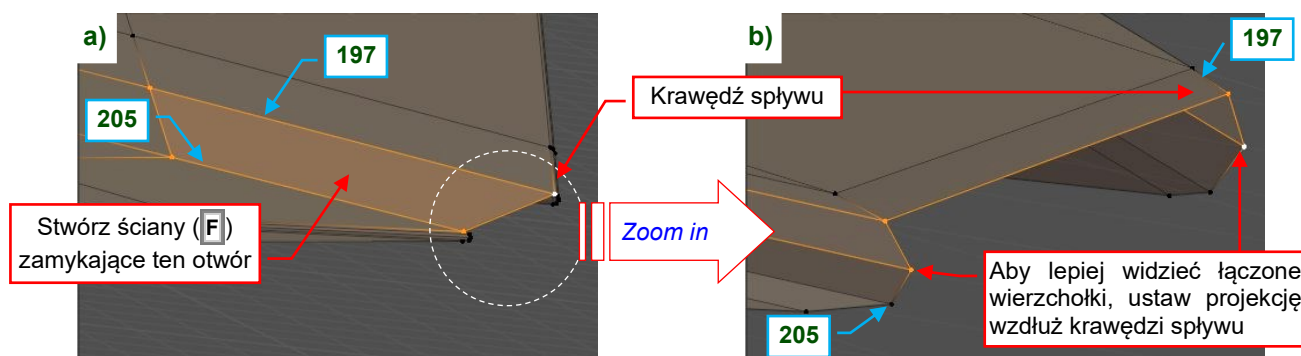
Teraz zamknijmy tymczasowy otwór w krawędzi natarcia (jego stworzenie pokazuje Rysunek 5.2.18). W tym przypadku zaznaczenie dwóch odrębnych linii krawędzi dla polecenia *Bridge Edge Loops* wymagałoby przełączenia w tryb krawędzi (por. str. 502). Zamiast tego, sugeruję utworzenie tych kilku ścian kolejnymi poleceniami **F**, tak jak to pokazuje Rysunek 5.2.29:



Rysunek 5.2.29 Zamykanie tymczasowych otworów w krawędzi natarcia

Te kroki wydają mi się oczywiste, więc nie będę tu umieszczał ich listy.

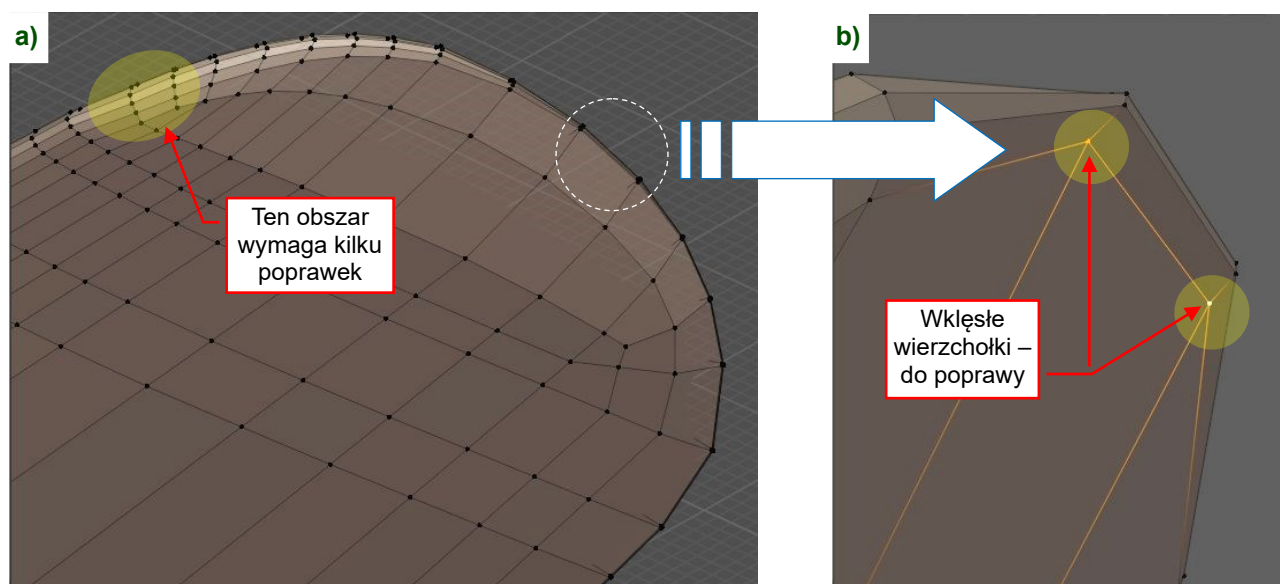
W ten sam sposób zamknij tymczasowy otwór z tyłu końcówki (por. Rysunek 5.2.18). Po stworzeniu pierwszej ściany (Rysunek 5.2.30a) wykonaj zbliżenie krawędzi spływu (Rysunek 5.2.30b) :



Rysunek 5.2.30 Zamykanie tymczasowego otworu w krawędzi spływu

Ustaw projekcję okna 3D wzdłuż krawędzi spływu, aby łatwo zaznaczać wierzchołki dla kolejnych ścian.

Rysunek 5.2.31a) pokazuje siatkę zamkniętej końcówki skrzydła:



Rysunek 5.2.31 Sprawdzenie kształtu końcówki skrzydła

Patrząc na ten rezultat, natychmiast dostrzegłem kilka wierzchołków, które wymagają drobnych poprawek (poleceniami [Move](#) lub [Edge Slide](#)). W mojej siatce to obszar wokół krawędzi natarcia i dwa wierzchołki w środku końcówki skrzydła (Rysunek 5.2.31b). To efekty uboczne przesuwania wzdłuż krawędzi całych linii wierzchołków (por. Rysunek 5.2.28). Naprawimy je w następnej sekcji tego poradnika.

Zwróć uwagę, że w tym momencie nadal pozostawiam wyłączony efekt powierzchni podziałowej (przełącznik [Edit Mode](#) w modyfikatorze [Subdivision Surface](#)). Ta wynikowa powierzchnia leży wewnątrz „klatki” uformowanej przez ściany siatki, odtwarzając „gładszą wersję” ich kształtu. Czasami łatwiej jest zauważyć różne niewielkie dysproporcje patrząc na oryginalne ściany siatki niż na utworzoną na ich podstawie gładką powłokę.



Gdy zamkniesz taką siatkę, zawsze wywołaj **Mesh→Normals→Recalculate Outside**. To polecenie „porządkuje” orientację ścian, która mogła zostać zaburzona w wyniku wcześniejszej edycji.

Na przykład: można łatwo utworzyć odwrócone ściany wykorzystując wynik polecenia [Duplicate](#) (por. str. 150). Krawędzie pomiędzy ścianami o przeciwnych orientacjach stają się ostre na wynikowej powierzchni podziałowej (por. str. 568), więc polecenie [Recalculate Outside](#) pozwala uniknąć takich niespodzianek.

Podsumowanie

- W tej sekcji nauczyliśmy się, jak kopiować element siatki ([Duplicate](#), str. 150) i używać wybranych ścian jako „noża” ([Intersect \(Boolean\)](#), str. 145). Dowiedziałeś się także, jak tworzyć całe „paski” nowych ścian poleceniem [Bridge Edge Loops](#) (str. 152).
- Końcówka skrzydła P-40 jest dość trudnym kształtem, ponieważ jej górna powierzchnia pozostaje płaska aż do brzegów (str. 140). Podobne znajdziesz w P-38 „Lighting” czy F4U „Corsair”. Końcówki skrzydeł innych samolotów mają prostszy, bardziej symetryczny kształt.
- Uzyskaliśmy podstawowy kształt końcówki poprzez wyciągnięcie trapezowej części skrzydła (str. 140), którą następnie „przycięliśmy” odpowiednio zakrzywionym, pomocniczym „paskiem” ścian (str. 145).
- Kształt użytego to tego cięcia „paska” powstał z dodatkowego konturu, który pozwolił nam określić położenia punktów sterujących na podłużnych krawędziach siatki skrzydła (str. 142 - 143). Sprawdziliśmy w ten sposób, gdzie umieścić te punkty, aby uzyskać poprawną krzywą końcówki. To o wiele prostsze od mozolnego dopasowywania całej końcowej siatki.
- Wyciągnęliśmy (por. str. 150 - 152) zaokrąglone ściany brzegu końcówki z górnej powierzchni, a następnie połączyliśmy je z powierzchnią dolną (str. 152).
- Aby uprościć te operacje, wykonaliśmy tymczasowe otwory u podstawy końcówki skrzydła (str. 149). Zamknęliśmy je pod koniec tej sekcji (str. 153 - 154).
- Regularna siatka zbudowana z czworokątnych ścian zazwyczaj generuje gładką, przewidywalną powierzchnię podziałową. „Surowe” ściany uzyskane w wyniku cięcia narzędziem [Boolean](#) (str. 145) wymagają nieco retopologii (str. 146 - 147), aby wyeliminować n-gony i trójkąty.
- Zaplanuj układ swojej siatki (przynajmniej – przybliżony) zanim zaczniesz jej retopologię (str. 143). O wiele łatwiej jest usuwać i przełączać linie rysowane na papierze niż zmieniać finalny układ trójwymiarowych ścian metodą „prób i błędów”.



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: [model/p40/history/P40B-9.02.blend](#).

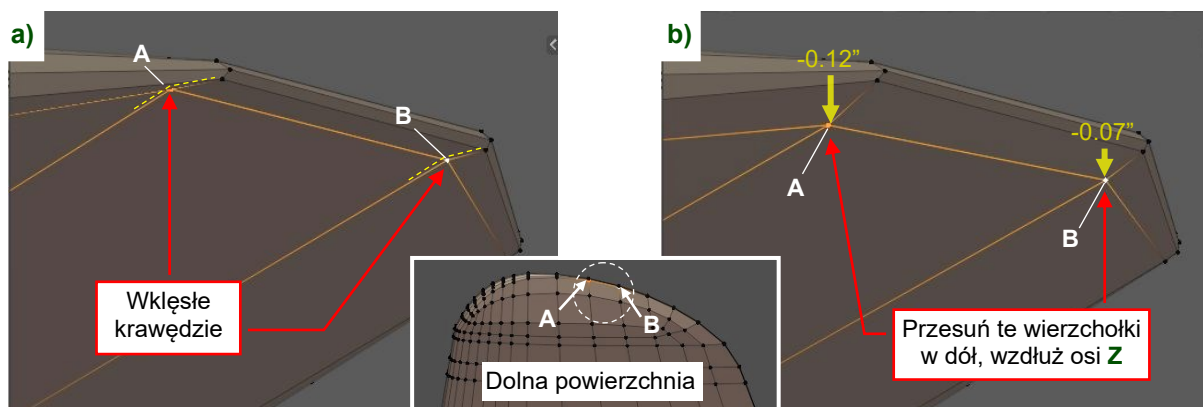
Wewnątrz tego pliku, w kolekcji **1b.Wing**, znajdziesz rysunek referencyjny z moim szkicem (pokazany na str.). Używałem go jako referencji przy retopologii końcówki skrzydła (str. -). Nosi nazwę **R.Wing Tip (topology)**. Ten obiekt [Empty \(Image\)](#) wykorzystuje osadzony wewnątrz pliku [*.blend](#) obraz o nazwie **PlannedTipLayout.png**¹.

¹ Możesz zaimportować ten obraz do swojego pliku poleceniem [File → Append](#) (str. 943). Jednak przypuszczam, że w Twoim modelu podłużne krawędzie siatki skrzydła mogą mieć inne położenie, i nie będą pasować do mojego rysunku. Dlatego nie włączyłem go do innych obrazów referencyjnych, które towarzyszą tej książce.

5.3 Wykończanie końcówki skrzydła

W poprzedniej sekcji zamknęliśmy siatkę i ustaliliśmy jej topologię, tworząc początkowe przybliżenie końcówki skrzydła. W tej sekcji „doszlifujemy” jej geometrię.

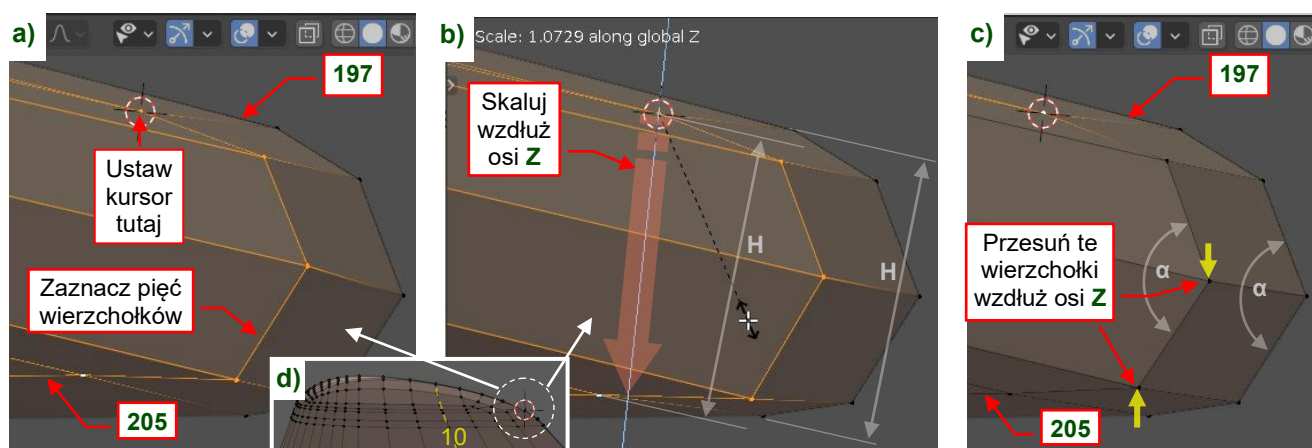
W pierwszym, oczywistym kroku, sprawdź te nowo utworzone ściany pod kątem jakichś nieregularności. Aby lepiej widzieć szczegóły bazowej siatki, rób to z wyłączonym *Subdivision Surface:Edit Mode*. Na ostatniej ilustracji z poprzedniej sekcji wskazałem dwa miejsca wymagające poprawek (por. str. 154). Poprawny tę najbardziej widoczną: dwie wklęsłe krawędzie w środku konturu końcówki skrzydła. Występują pomiędzy wierzchołkami, które oznaczyłem jako **A** i **B** (Rysunek 5.3.1a):



Rysunek 5.3.1 Pierwsze poprawki geometrii siatki

Przesunąłem (oddzielnie) **A** o $-0.12''$, potem **B** o $-0.07''$, tylko po to, aby te wklęsłe krawędzie stały się odrobinę wypukłe (Rysunek 5.3.1b).

Sugeruję także okrążyć krawędź spływu tej końcówki, zatrzymując się przy każdej kolejnej sekcji/linii krawędzi. W każdym z tych miejsc popraw ostatnich pięć wierzchołków, tak aby rozmiar, kształt i proporcje ich łamanej były podobne do poprzedniej. Zaczynij wprowadzać te modyfikacje od sekcji **205**, wzorując się na wierzchołkach sekcji **197** (Rysunek 5.3.2):



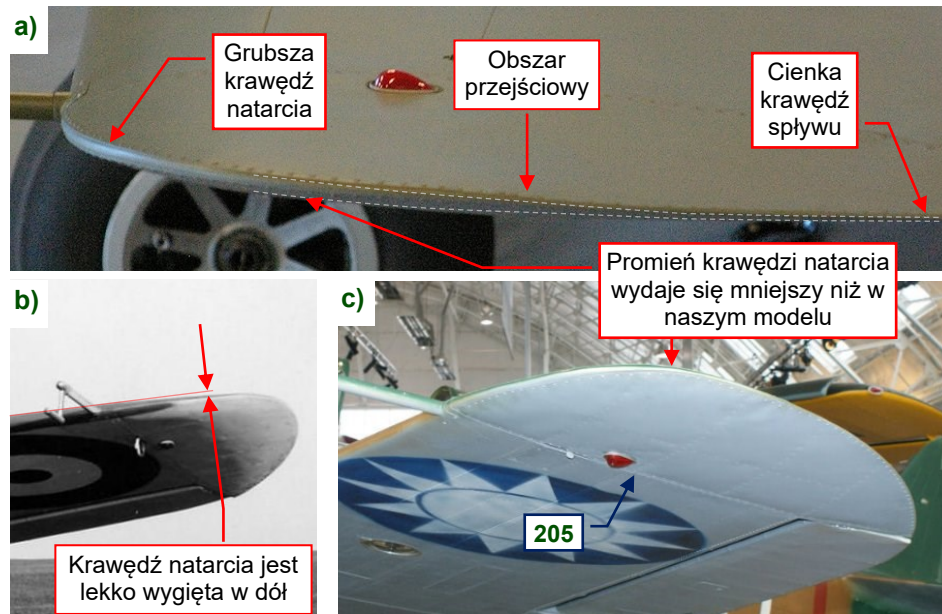
Rysunek 5.3.2 Ujednolicanie zaokrąglenia krawędzi spływu

Aby ujednolicić rozmiar, umieść kursor 3D na najwyższym wierzchołku krawędzi spływu (Rysunek 5.3.2a), zaznacz te pięć wierzchołków, i skaluj je wzdłuż osi **Z** (Rysunek 5.3.2b). Po skalowaniu, dopasuj jeszcze (indywidualnie) jeden lub dwa wierzchołki, aby zunifikować kąty pomiędzy ścianami krawędzi spływu (Rysunek 5.3.2c). Powtarzaj tę operację dla wszystkich końcówek „cienkiego” konturu, czyli aż do węzła **10** (Rysunek 5.3.2d).



Odpowiednio dobrana projekcja (jak na ilustracjach powyżej) może pomóc w takiej unifikacji. Musisz wykonać zbliżenie i skierować okno 3D na najbliższy węzeł krawędzi spływu.

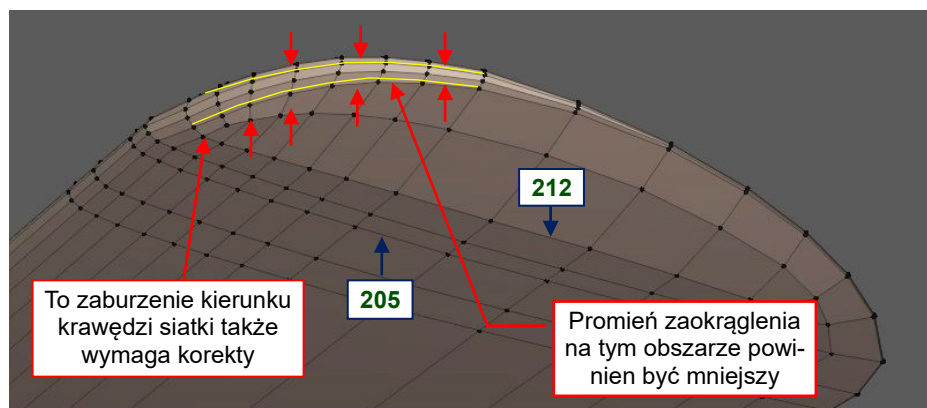
Aby wyjaśnić, co jest nie tak z krawędzią natarcia w naszym modelu, popatrzmy na zdjęcia poniżej:



Rysunek 5.3.3 Krawędź natarcia końcówki na zdjęciach

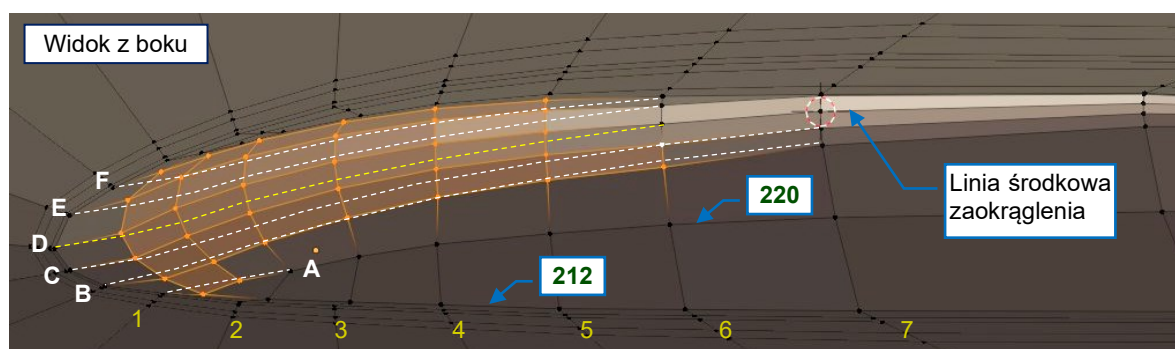
Rysunek 5.3.3a) potwierdza ogólny rozkład promieni zaokrągleń przyjęty w poprzedniej sekcji (str. 150-151). Zaokrąglenie krawędzi natarcia jest większe (grubsze), a krawędzi spływu – cieńsze, z obszarem przejściowym pośrodku. Jednak grubość krawędzi natarcia wydaje się mniejsza niż w naszym modelu (por. Rysunek 5.3.4 i Rysunek 5.3.3c). Co więcej, Rysunek 5.3.3b) pokazuje, że ta krawędź jest lekko wygięta w dół.

Zdecydowałem się uczynić tę krawędź natarcia cieńszą poprzez obniżenie jej górnych ścian i podniesienie ścian dolnych. Można także zauważyć drobne zaburzenie krawędzi siatki na spodzie sekcji **212**:



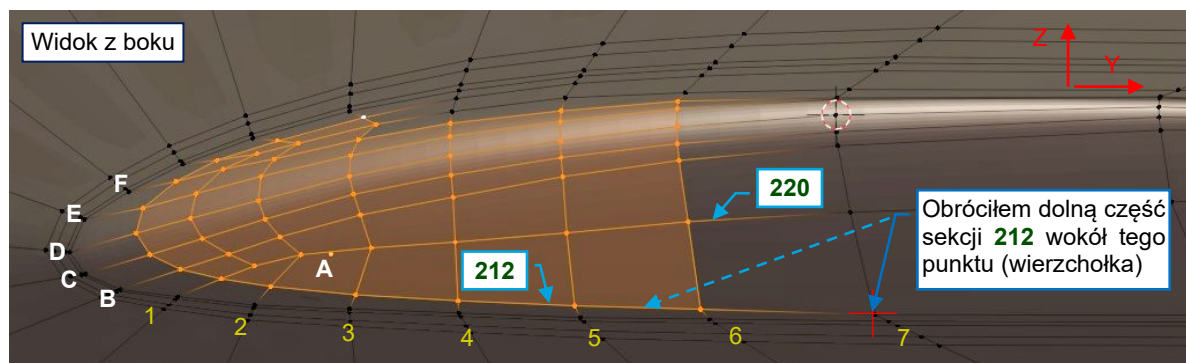
Rysunek 5.3.4 Krawędź natarcia końcówki (projekcja jak z Rysunek 5.3.3c)

Sugeruję zacząć tę transformację od modyfikacji linii krawędzi **A**, potem **B**, **C** i kolejnych (Rysunek 5.3.5):



Rysunek 5.3.5 Planowane zmiany krawędzi natarcia

Nie wyliczam tu wszystkich kroków tej modyfikacji, bo myślę, że już jesteś w stanie wykonać je bez takiego „prowadzenia za rękę”. Wykorzystuj głównie skalowanie i przesuwanie wzdłuż osi **Z**. Dla ewentualnych przesunięć poziomych wykorzystaj polecenie *Slide Vertices*. Rysunek 5.3.6 pokazuje zmienioną krawędź natarcia. Jak widać, zmodyfikowałem więcej wierzchołków niż początkowo zamierzałem. Najbardziej to widać wokół linii krawędzi **A**. Teraz ta część sekcji **220** jest podniesiona a sekcja **212** tworzy bardziej regularny nos profilu (por. Rysunek 5.3.5 i Rysunek 5.3.6). Do podniesienia przedniej części sekcji **212** użyłem obrotu wokół osi **X**:



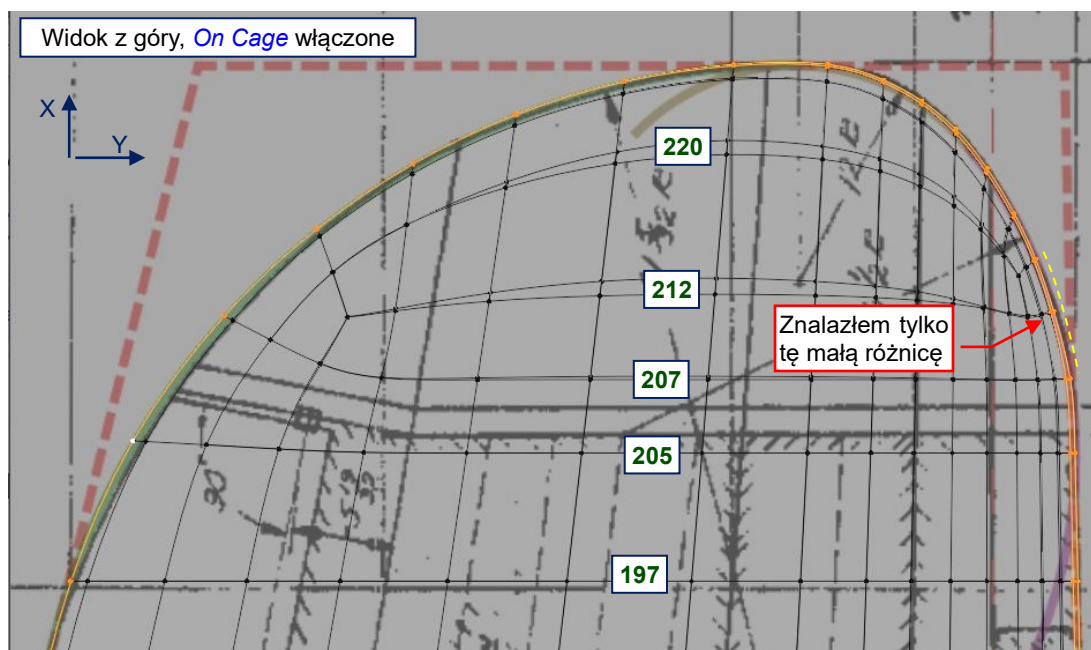
Rysunek 5.3.6 Skorygowana krawędź natarcia



Przesuwaj swobodnie wierzchołki (punkty sterujące) wzdłuż osi **Z**. Dopóki ich rzuty na płaszczyznę **XY** pozostają bez zmian, rzut wynikowej powierzchni podziałowej na tę płaszczyznę **XY** nie ulegnie zmianie. To oznacza, że takie modyfikacje nie zmieniają finalnego kształtu końcówki w rzutach z góry/dołu. To bardzo użyteczna właściwość powierzchni podziałowych¹ (por. także str. 647).

Reguła podana powyżej jest dość ogólna. W praktyce podczas tych wszystkich edycji mogłem nieświadomie przesunąć jeden czy dwa wierzchołki na płaszczyźnie **XY**. Dlatego teraz sprawdzimy powierzchnię wynikową:

1. Włącz w modyfikatorze *Subdivision Surface* tryby *Edit Mode* oraz *On Cage*.
2. Włącz widoczność rysunku referencyjnego **R.Wing (top)**.
3. Przełącz się na widok z góry, włącz cieniowanie *Wireframe* (Rysunek 5.3.7):

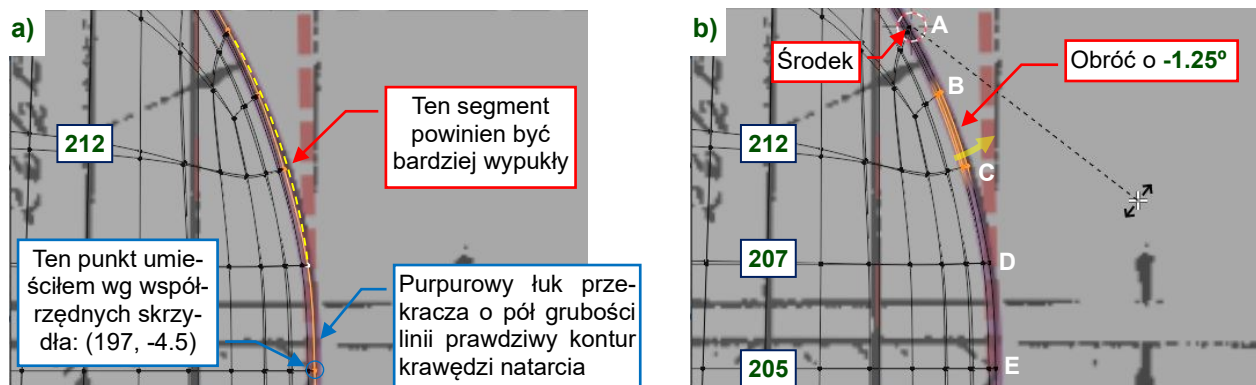


Rysunek 5.3.7 Sprawdzanie konturu powierzchni wynikowej w widoku z góry

¹ To samo dotyczy krzywych i powierzchni NURBS.

Obrys końcówki pokazanej przez Rysunek 5.3.7 pasuje do konturu z rysunku. Dostrzegłem tylko małe spłaszczenie na krawędzi natarcia przy sekcji **212**. To przypadek łatwy do poprawienia:

1. Umieść kursor 3D w wierzchołku **A** (*Cursor to Selected*, **Shift-S**, **2**), por. Rysunek 5.3.8b).
2. Przełącz aktualny tryb *Pivot* na *3D Cursor*.
3. Zaznacz pierwsze trzy wierzchołki siatki krawędzi natarcia, w **B** i **C**.
4. Obróć to zaznaczenie (Rysunek 5.3.8b):

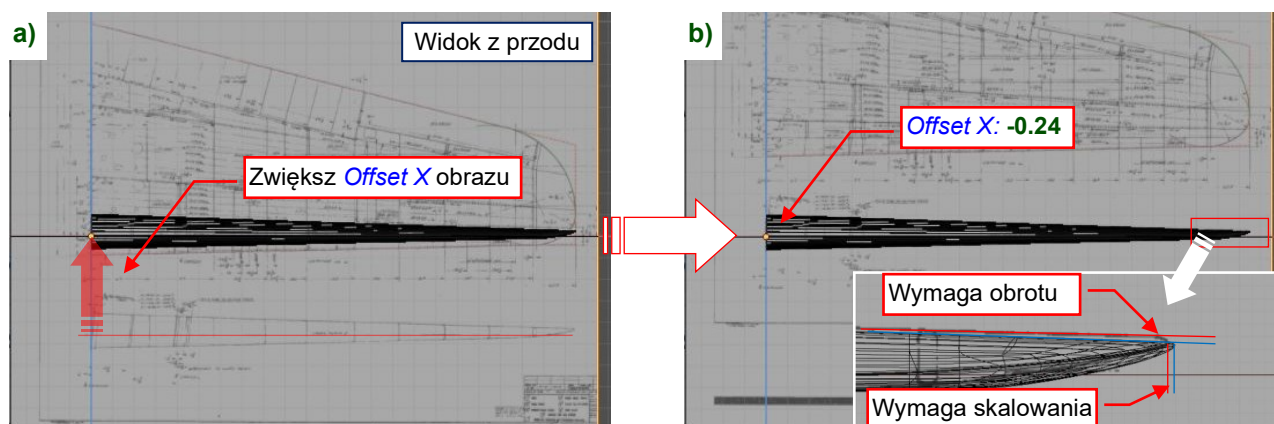


Rysunek 5.3.8 Poprawianie kształtu krawędzi natarcia

Dlaczego obróciliśmy końce tych dwóch sekcji zamiast tylko przesunąć wierzchołki w **C**? Ponieważ modyfikacja węzła **C** zmieni także kształt powierzchni podziałowej w **B** i **D** (por. str. 635, 642). Na szczęście, w tym przypadku wierzchołki w **D** są współliniowe z **E**, co „znieczuła” ten węzeł n a takie zmiany. (Nie są współliniowe na wynikowej powierzchni, pokazywanej przez Rysunek 5.3.8). Niewielki obrót **B** i **C** pozwala uniknąć wzajemnego dopasowywania, które byłoby niezbędne w przypadku przesunięcia samego węzła **C**.

W obrazie z rzutem z góry znajduje się także rzut skrzydła z przodu. Choć jego dokładność pozostawia wiele do życzenia, to wszystko, co mamy dla tej projekcji. Użyjmy go jako referencji dla widoku z przodu:

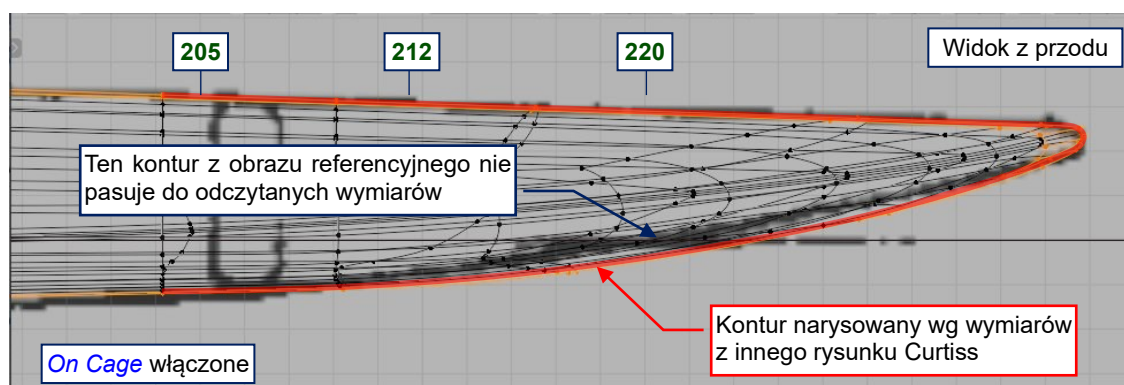
1. Przełącz się na *Object Mode* (**Tab**).
2. Skopiuj (*Duplicate*) obraz **R.Wing (top)**. Nazwij tę kopię **R.Wing (front)**.
3. Przełącz aktualny tryb *Pivot* na *Bounding Box Center*.
4. Obróć **R.Wing (front)** wokół osi **X** o **90°**.
5. Przełącz się na widok z przodu (**1**). Użyj pola *Offset X* (*Properties: Object Data*, panel *Empty*) do przesunięcia obrazu rzutu z przodu ponad model skrzydła (ustaw tę wartość na **-0.24**, por. Rysunek 5.3.9b):



Rysunek 5.3.9 Przygotowywanie obrazu z rzutem z przodu

6. Obróć obiekt **R.Wing (front)** wokół osi **Y** o **0.1°**, dopasowując kontur na obrazie do górnego i dolnego konturu skrzydła modelu.
7. Minimalnie powiększ (*Scale*, wspc. = **1.0025**), dopasowując obraz do nominalnej rozpiętości.

Jak nasz model pasuje do konturu końcówki skrzydła z tego rysunku? Cóż, w tym miejscu muszę użyć wymiarów, które znalazłem w bardziej szczegółowym rysunku z innego źródła¹:



Rysunek 5.3.10 Widok z przodu końcówki skrzydła

Według tych danych, kontur końca skrzydła na tym rysunku jest zbyt cienki (dolną część narysowano nieprawidłowo). Rysunek 5.3.10 pokazuje kształt wypukłości pod tą końcówką (dolne kontury sekcji 212 i 220).

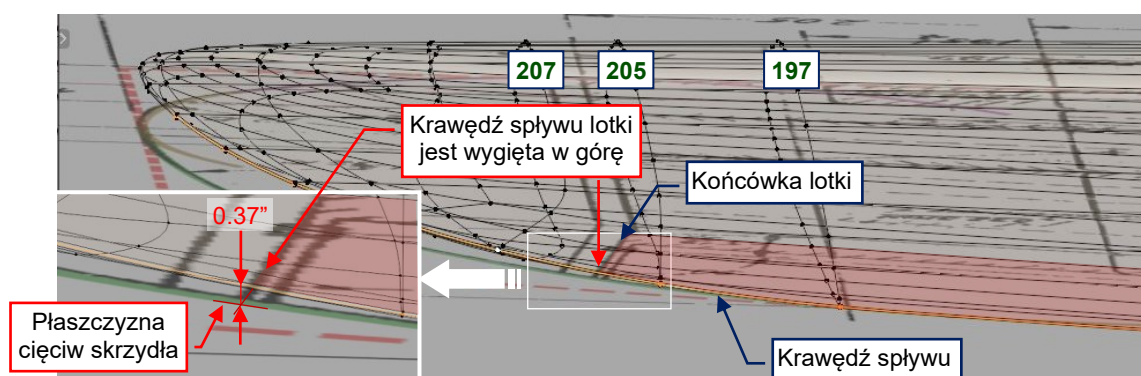
Omówmy teraz ostatnie z zagadnień: popatrz na krawędź spływu lotki na zdjęciach poniżej (Rysunek 5.3.11):



Rysunek 5.3.11 Krawędź spływu lotki w P-40

Krawędź spływu na tych zdjęciach jest płaska aż do końca lotki. Wykorzystałem tu zdjęcia dwóch różnych maszyn, aby wykluczyć możliwość, że jest to związane z pojedynczym odrestaurowanym egzemplarzem P-40.

A na naszym modelu? Obecnie koniec lotki przy sekcji 205 jest wygięty w górę o 0.37" (Rysunek 5.3.12):

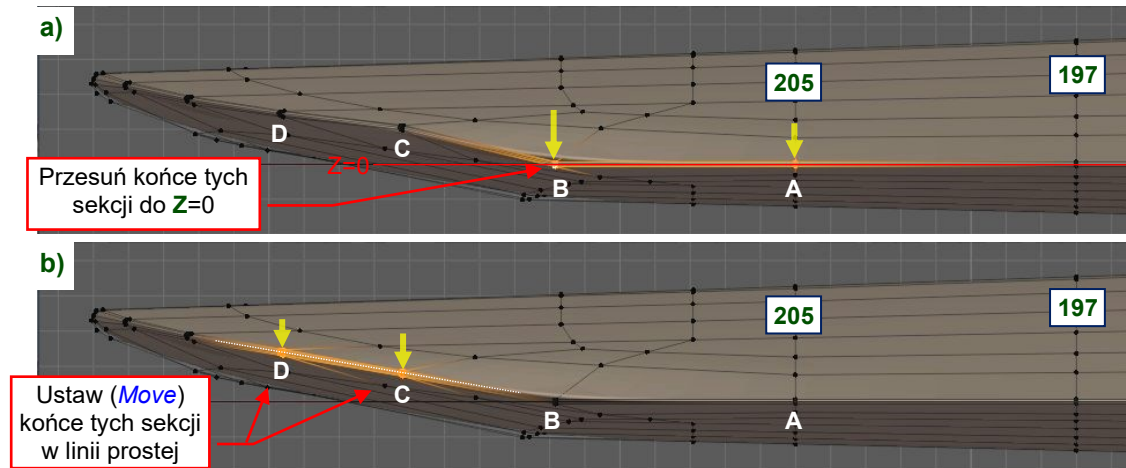


Rysunek 5.3.12 Krawędź spływu lotki w naszej końcówce skrzydła

Uzyskaliśmy ten kształt w rezultacie wycięcia obrysu końcówki z podstawowego „trapezu” skrzydła (por. str. 145). Jeżeli ta krawędź spływu na końcu lotki leżała na płaszczyźnie cięciw skrzydła, to musimy zmodyfikować tę część naszej siatki.

¹ Oryginalnego rysunku złożeniowego Curtiss nr [87-03-532](#)

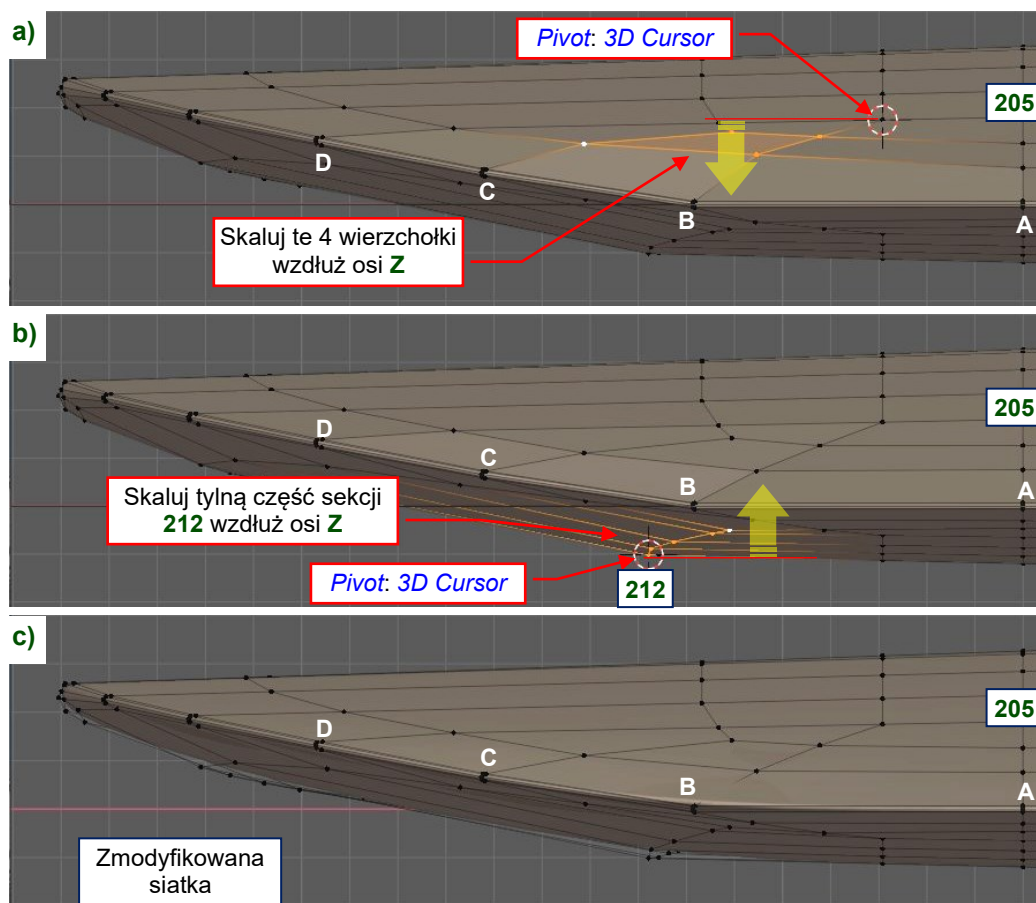
W sekcjach **A**, **B**, **C**, **D** (Rysunek 5.3.13) przesunąć w dół, wzdłuż osi **Z**, pięć wierzchołków krawędzi spływu:



Rysunek 5.3.13 Modyfikowanie krawędzi spływu

W sekcjach **A** i **B** umieścić środkowe wierzchołki na płaszczyźnie $Z=0$ (Rysunek 5.3.13a), a potem przesunąć w dół wierzchołki w **C** i **D**, by uformowały w widoku z tyłu linię prostą (Rysunek 5.3.13b).

Dopasuj położenie innych wierzchołków siatki poprzez skalowanie wzdłuż osi **Z** (Rysunek 5.3.14):

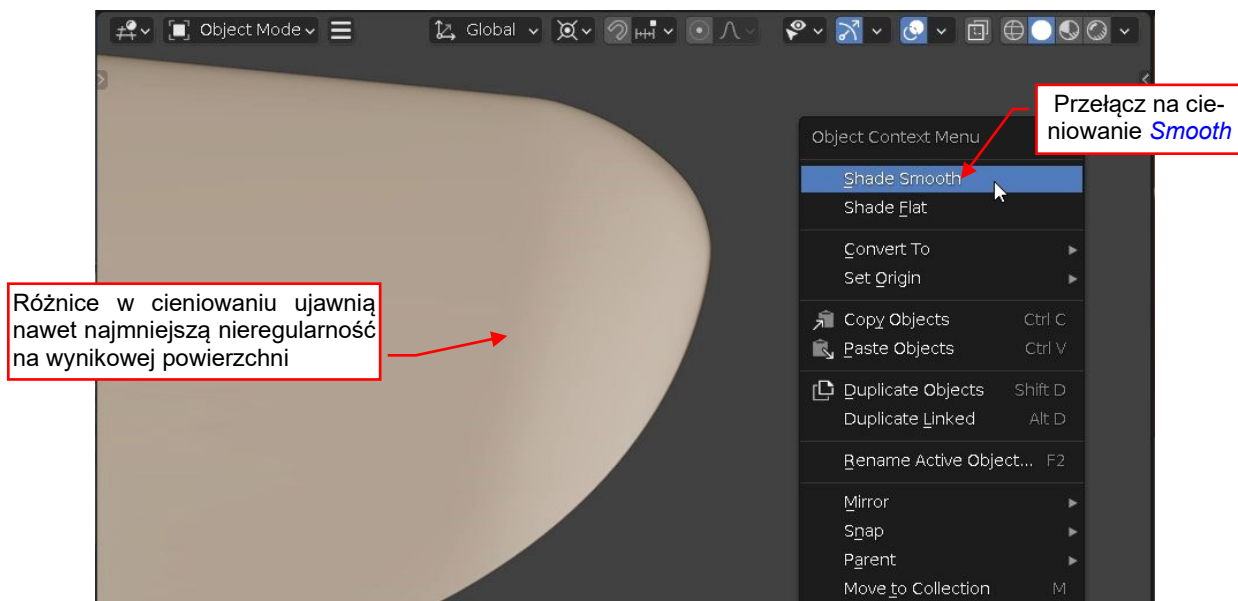


Rysunek 5.3.14 Modyfikowanie krawędzi spływu (c.d.)

Skaluj cztery górne wierzchołki sekcji **B** i **C** (Rysunek 5.3.14a) wykorzystując kursor 3D jako środek transformacji (ustawiony jak na tej ilustracji). Następnie umieść kursor w środku dolnego konturu sekcji **212** (Rysunek 5.3.14b) i skaluj tylną część tej sekcji (współczynnik: około 1.25 - 1.3). To poprawi kształt spodu końcówki skrzydła.

Rysunek 5.3.14c) pokazuje siatkę po tych zmianach.

Teraz możesz się przełączyć w **Object Mode** i przyrzeć wynikowej powierzchni pod różnymi kątami, szukając ewentualnych lokalnych wypukłości. Nie możesz dotknąć tego obiektu, ale możesz znaleźć nawet minimalne odchylenia śledząc cienie na jego powłoce. Dobrym pomysłem jest też ustawić kilka różnych **MatCap** (por. str. 51), ale osobiście uważam, że materiały „**clay_***” (głina) sprawdzają się w tym przypadku najlepiej. Czy zauważyłeś, że do tej pory nie przełączyliśmy tego obiektu na cieniowanie **Smooth**? Płaskie, kanciaste ściany lepiej się nadawały do edycji „surowej” siatki bazowej. Teraz jednak włącz to wygładzanie (Rysunek 5.3.15):



Rysunek 5.3.15 Sprawdzanie wynikowej powierzchni obiektu

Jeżeli zauważysz coś nieprawidłowego na tym skrzydle, przełącz się do **Edit Mode** i sprawdź na tym obszarze kąty pomiędzy ścianami siatki. Poprawka to zazwyczaj drobne przesunięcia jednego lub dwóch wierzchołków.



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: [model/p40/history/P40B-9.03.blend](#).

Moglibyśmy zakończyć tę sekcję na akapicie powyżej: końcówka skrzydła jest uformowana. Jednak, jak wspominałem (por. Rysunek 5.3.10), korzystam także z oryginalnej dokumentacji. Wymiary końcówki są rozproszone wśród jej wielu rysunków. Aby wykorzystać je wszystkie, „skompilowałem” te informacje w pomocniczy „szkielet 3D” (szczegóły: str. 605, 620). Gdy go porównałem z naszą końcówką, odkryłem, że się myliłem: jej krawędź spływu powinna być wyżej niż w naszym modelu (Rysunek 5.3.16):



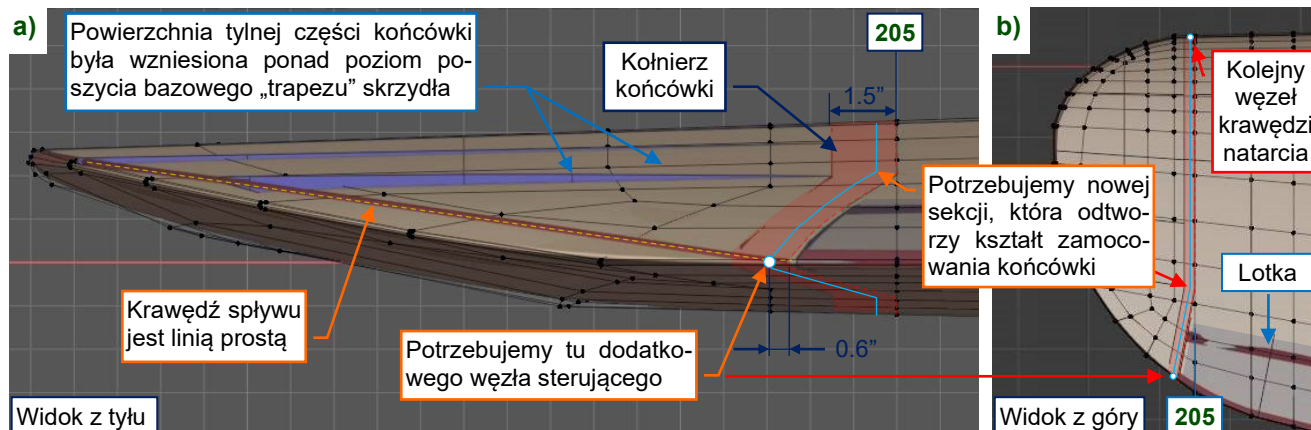
Rysunek 5.3.16 Krawędź spływu końcówki wg oryginalnych rysunków Curtiss i zdjęć

Oczywiście, sprawdziłem to także ze zdjęciami. Dość trudno jest porównywać taki wygięty obiekt, lecz różne ujęcia wydają się potwierdzać kształt z tego szkieletu 3D, przygotowanego wg oryginalnych wymiarów.



Gdy napotkasz taką drobną różnicę, możesz ją zignorować lub poprawić. Ignorowanie jest uzasadnione, gdy budujesz jakiś model na pilne zamówienie. Jeżeli jednak robisz to w ramach hobby, sugeruję korygować wszystkie znalezione różnice.

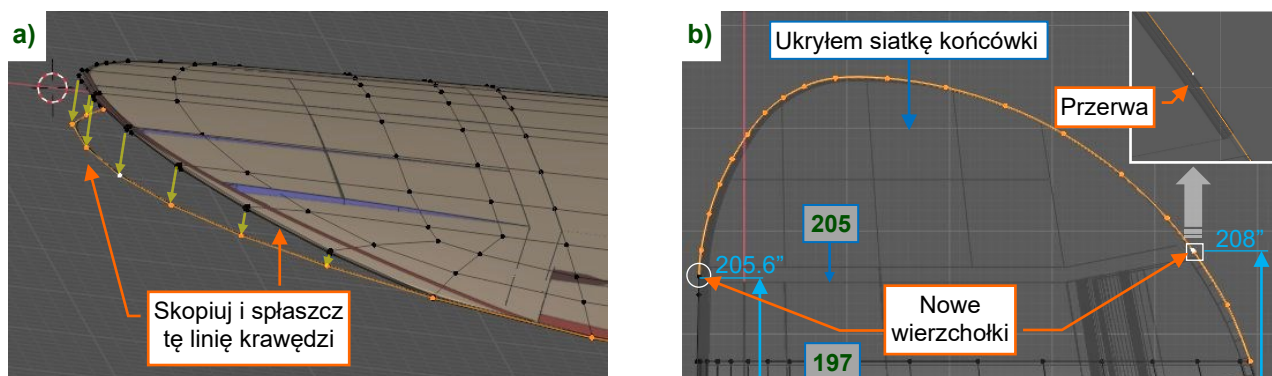
Zawsze jestem gotowy do wprowadzenia w moim modelu tego rodzaju poprawek¹. Zanim jednak cokolwiek zrobimy, przyjrzyjmy się bliżej tej nowej krawędzi spływu (Rysunek 5.3.17):



Rysunek 5.3.17 Analiza różnic

W widoku z tyłu, ta nowa krawędź końcówki jest linią prostą (Rysunek 5.3.17a). Kończy się 0.6" od końca lotki, na kośnym segmencie żebra 205. Pionowa odległość od obecnej krawędzi spływu nie przekracza jednego cala. Jednak rozłożenie istniejących węzłów sterujących (końcówek poszczególnych sekcji) nie pozwala uformować tu takiego ostrego załamania. Nie możemy przesunąć tych węzłów bez zaburzenia konturu końcówki w widoku z góry/dołu. By uzyskać taki kształt musimy dodać nową sekcję (Rysunek 5.3.17a). Myślę, że jej kształt powinien podążać za linią połączenia końcówki ze skrzydłem, czyli kołnierza biegnącego wzdłuż żebra 205. Aby oddzielić wpływ ukośnych krawędzi końcówki od trapezowej części skrzydła, zaznaczyłem tę nową krawędź jako ostrą (*Crease* – por. str. 539, 645). Nowa sekcja wprowadzi także dodatkowy węzeł na krawędź natarcia. Na szczęście, to nawet trochę poprawi układ tej części, przesuwając na zewnątrz sąsiedni węzeł sekcji 207.

Poniżej opisuję krótko, co zrobiłem. Najpierw skopiowałem (*Duplicate*) zewnętrzną linię wierzchołków końcówki skrzydła i spłaszczyłem ją (skalując) wzdłuż osi Z do 0 (Rysunek 5.3.18a). Potem wstawiłem (*Subdivide*) w tę linię dwa nowe wierzchołki. Poprawiłem położenie pozostałych, aby zachować kształt końcówki w rzucie z góry:

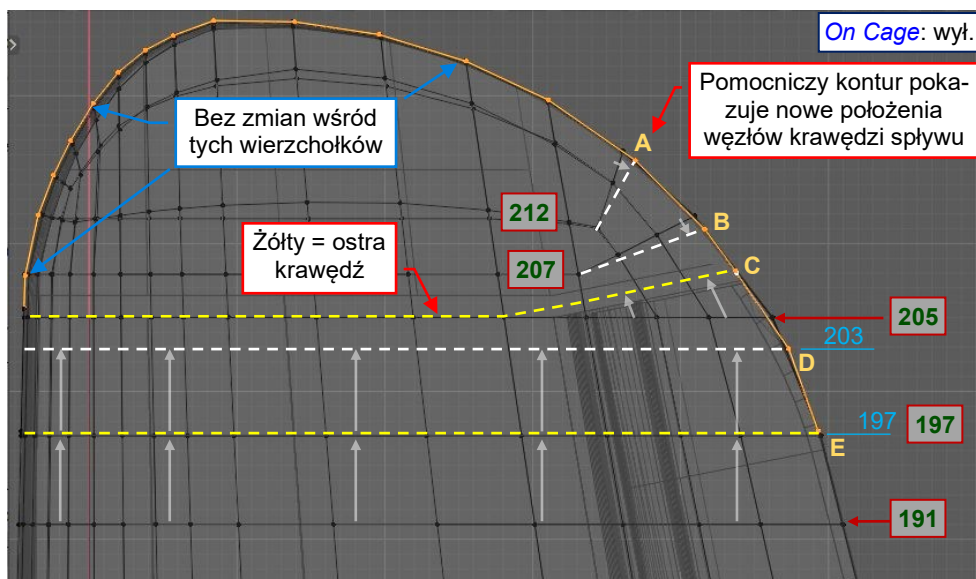


Rysunek 5.3.18 Określanie nowych pozycji węzłów sterujących kształtem konturu końcówki

Zasymulowałem na tej krzywej planowaną ostrą krawędź poprzez wprowadzenie przerwy w nowych węzłach (Rysunek 5.3.18b). Aby tak rozdzielić wierzchołki, użyj polecenia *Rip Vertices* (V, por. str. 520).

¹ Zawsze buduję model z myślą o ewentualnych poprawkach, wprowadzanych w ślad za nowymi danymi, które mogą się pojawić na każdym etapie projektu. Dlatego zawsze staram się zachować siatki w możliwie prostej postaci, wykorzystując jak najwięcej modyfikatorów.

Gdy zmodyfikowany kontur był gotowy, wyłączyłem opcję *Subdivision Surface:On Cage* i wzdłuż konturu końcówki porównałem położenie jego wierzchołków z aktualnymi węzłami. O dziwo, jedyne widoczne zmiany wystąpiły na krawędzi spływu (punkty: **A**, **B**, **C**, **D**). Patrząc na obecną topologię siatki zaplanowałem, jak dopasować końcówki sekcji do zmienionych punktów nowego konturu (Rysunek 5.3.19):



Rysunek 5.3.19 Planowanie zmian w topologii siatki

Pierwsze modyfikacje były oczywiste:

1. Obróciłem ostatnie wierzchołki sekcji **212**, dopasowując jej koniec do punktu **A**.
2. Obróciłem ostatnie wierzchołki sekcji **207**, dopasowując jej koniec do punktu **B**.
3. Obróciłem ostatnie wierzchołki sekcji **205**, dopasowując jej koniec do punktu **C**. Zaznaczyłem tę sekcję jako ostrą (*Crease* = 1, por. str. 539).

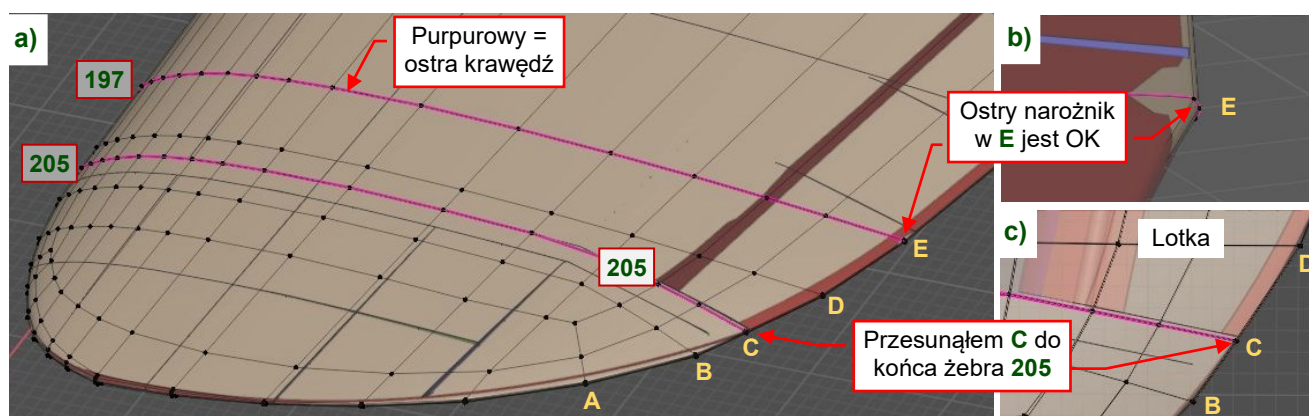
Następnie, zamiast tworzenia nowych linii krawędzi, przesunąłem istniejące sekcje w nowe miejsca:

4. Przesunąłem sekcję **197** o **6"**, do stacji **203** (punkt **D**). Zrobiłem to wzdłuż kontynuacji oryginalnych krawędzi trapezowej części skrzydła (polecenie *Edge Slide* bez opcji *Clamp*, jak na str. 140).
5. Przesunąłem (*Edge Slide*) sekcję **191** do stacji **197** (punkt **E**). Oznaczyłem ją jako ostrą (*Crease* = 1), aby zakończyć w tym miejscu zakrzywiony kontur narożnika lotki.



Zauważ, że punkty **B**, **C**, **D** są współliniowe. W ten sposób możesz otrzymać gładką powierzchnię podziałową nawet na „ostrej” krawędzi (*Crease* = 1), która kończy się w **C**.

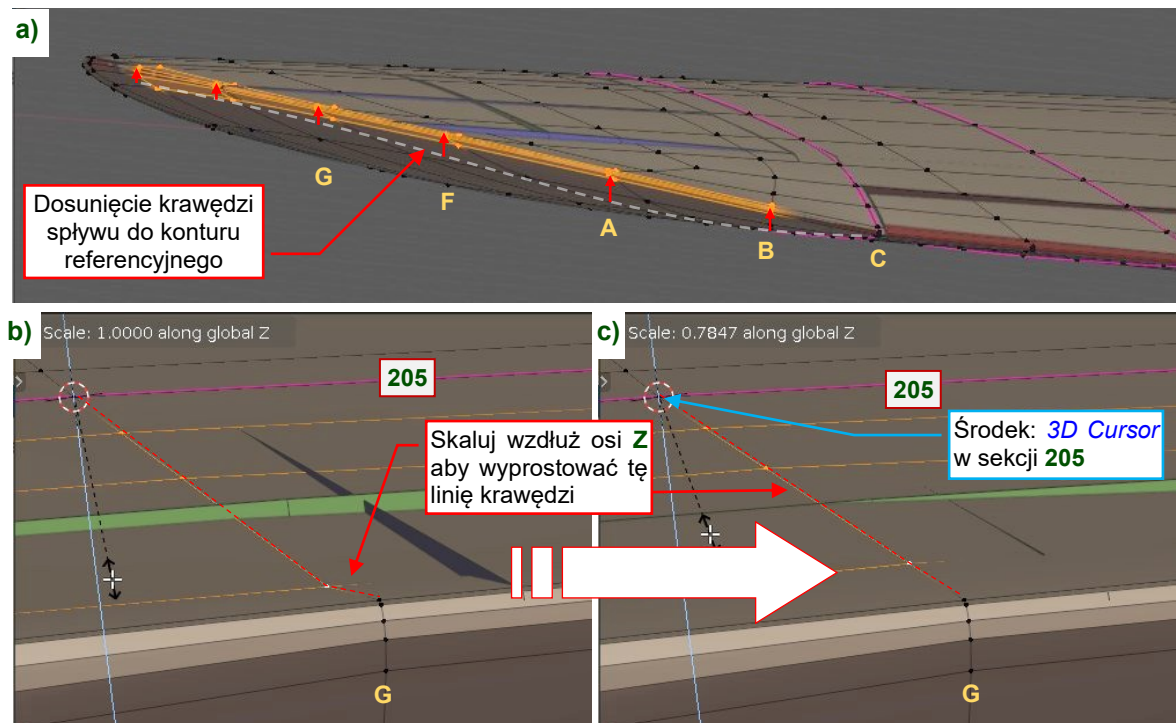
Rysunek 5.3.20 przedstawia siatkę końcówki po tych modyfikacjach:



Rysunek 5.3.20 Zmodyfikowana siatka końcówki skrzydła

Po analizie szczegółów technicznych kołnierza łączącego końcówkę z resztą skrzydła, zdecydowałem się przesunąć punkt **C** ponad końcówkę żebra **205** (por. Rysunek 5.3.20a, b)¹. Pozostawiłem także ostrą krawędź w punkcie **E** (w następnej sekcji wyjaśnię, dlaczego mogłem tam zostawić taki narożnik).

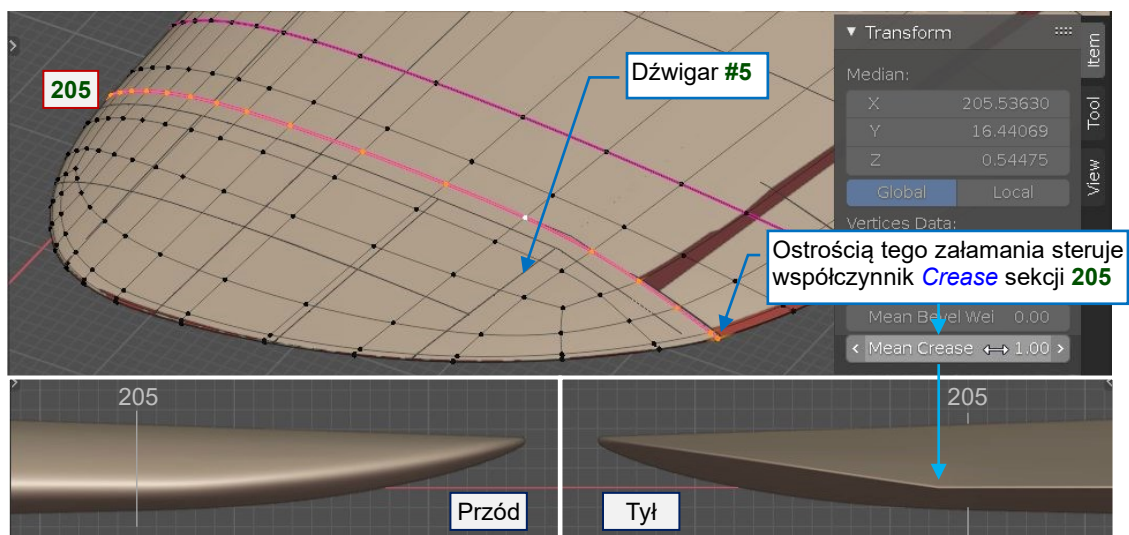
Gdy kształt tej zmienionej siatki jest dopasowany do zadanego konturu w widoku z góry/dółu, czas zadbać o jego kształt w pionie. Przesunąłem odpowiednio węzły krawędzi spływu wzdłuż osi **Z** (Rysunek 5.3.21a):



Rysunek 5.3.21 Korygowanie górnej powierzchni końcówki

Następnie podniosłem także wierzchołki górnej powierzchni końcówki. Skalałem tu każdą podłużną krawędź wzdłuż osi **Z**, aż stała się prosta (Rysunek 5.3.21b, c). Można tu też użyć polecenia **Vertex → Align** (str. 544).

Rysunek 5.3.22 pokazuje ukończoną siatkę końcówki skrzydła:



Rysunek 5.3.22 Gotowa końcówka skrzydła

¹ W „P-40 Erection & Maintenance Instructions” dla P-40N (str. 45-47) jest ilustrowana sekcja o montażu końcówki skrzydła. Widać tam, że aby nasunąć kołnierza końcówki skrzydła na kołnierz kończący trapezową część skrzydła (wokół żebra **205**) potrzebny był drewniany młotek. Górny i dolny pasek tego kołnierza był przecięty wzdłuż krawędzi spływu, czyniąc go podatnym na ewentualne wyginanie wzdłuż odchylonego do góry konturu końcówki. Poradni ostrzega, że końcówki są indywidualnie dopasowywane do skrzydeł.

Dokładny kształt krawędzi spływu w płaszczyźnie pionowej jest nadal kwestią otwartą. Ostatnie wymiary, jakie można znaleźć na oryginalnym rysunku końcówki opisują dźwigar #5 (por. Rysunek 5.3.22) i żebro 205. Odnoszę wrażenie, że kształt krawędzi pomiędzy tymi dwoma punktami różni się w odrestaurowanych P-40 i P-36. Na niektórych zdjęciach jest zbliżony do pierwszego wariantu naszej końcówki (tego ze str. 161), podczas gdy na innych przypomina drugi wariant. W każdym razie, jeżeli znajdziesz lepsze zdjęcie tej części, w poprawionym układzie siatki (pokazywany przez Rysunek 5.3.22) możesz łatwo uzyskać każdy z możliwych kształtów.

Podsumowanie

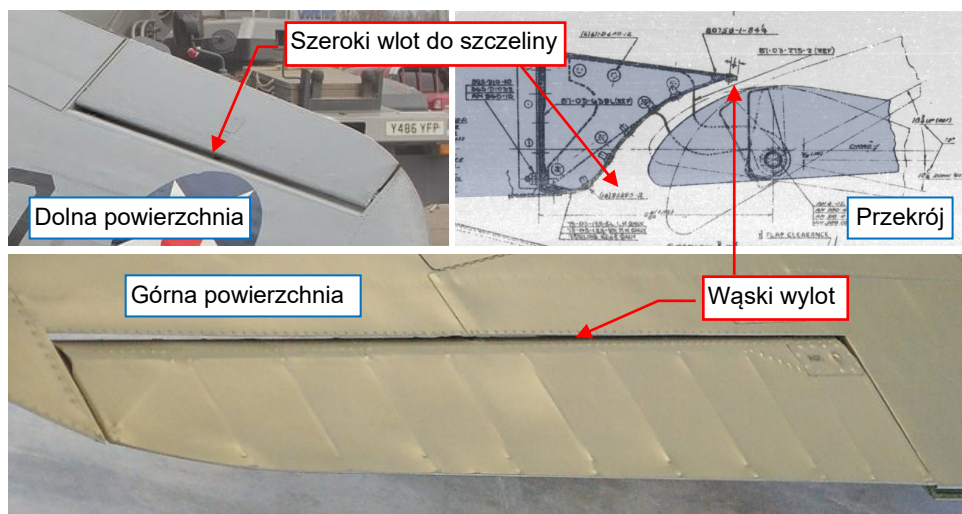
- W tej sekcji pokazałem, jak stworzyć ostrą krawędź na gładkiej powierzchni wykorzystując współczynnik *Crease* (str. 165, 164). W następnej sekcji tego poradnika „wyostrzymy” w ten sposób wiele krawędzi. Wspomniałem także, jak rozdzielić krawędź przy wierzchołku (*Rip Vertices*, str. 163).
- Poprawiliśmy kształt siatki stworzonej w sekcji 5.2: ujednoliciiliśmy grubość krawędzi spływu (str. 156), poprawiliśmy kształt krawędzi natarcia (str. 157-159) oraz dolny kontur końcówki skrzydła (str.).
- Traktuj widok z przodu tylko jako poglądowe przedstawienie modelowanego kształtu. Nawet w oryginalnych rysunkach złożeniowych Curtiss kształt końcówki skrzydła może być mylący (str. 160).
- Gdy modyfikujesz tak złożone siatki jak wygładzony powierzchnią podziałową koniec skrzydła, zawsze zaczynaj od przybliżonych transformacji całych segmentów (str. 161). Rób to tak długo, jak możesz, ograniczając krok po kroku modyfikowany obszar. Dopiero na samym końcu nanieś niezbędne drobne poprawki w kilku ostatnich wierzchołkach.
- Kształt krawędzi natarcia przysporzył nam kłopotów: pierwszy wariant końcówki (str. 161) nie pasował do wymiarów z oryginalnych rysunków fabrycznych (str. 162). Musiałem stworzyć drugi wariant (str. 163-165).
- Zawsze używam pomocniczych zakrzywionych konturów do określenia ostatecznego położenia sekcji siatki (str. 163-164). O wiele łatwiej jest przesuwać ich wierzchołki niż całe segmenty ścian.
- Przygotuj swój model na ewentualne przyszłe poprawki. Na str. 163-164 musiałem wykonać retopologię końcówki skrzydła, ponieważ w sekcji 5.2 nie umieściłem węzła przy krawędzi spływu żebra 205. To jeden z kluczowych punktów tego skrzydła, i powinienem to uwzględnić już na etapie planowania topologii tej siatki (str. 143).



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera z drugim wariantem końcówki ukończonej w tej sekcji: *model\p40\history\P40B-9.03a.blend*.

5.4 Lotka

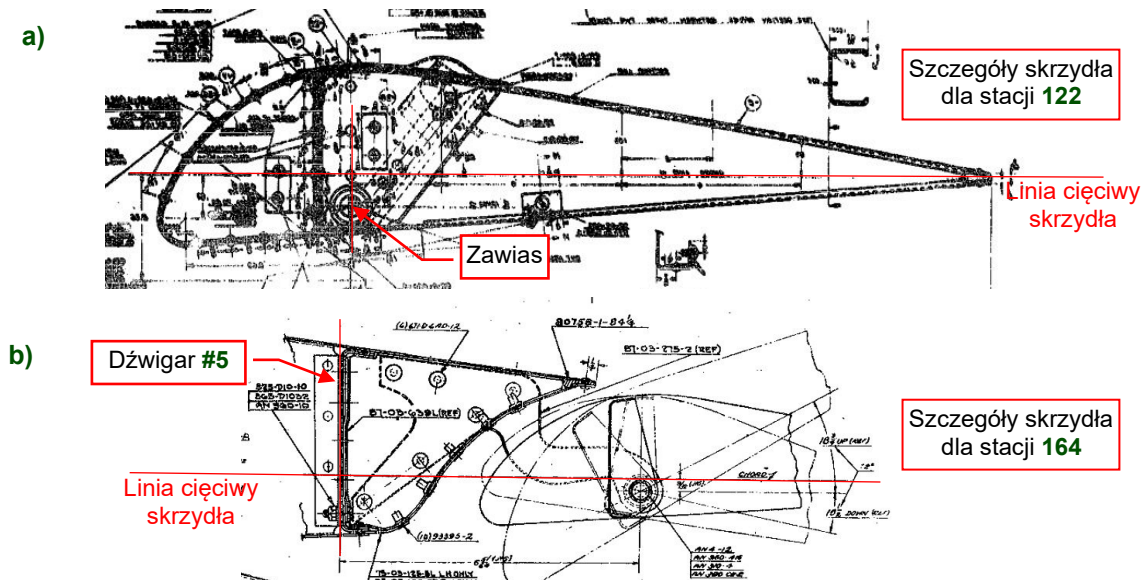
Zawsze modeluj skrzydło i jego lotkę jak dwa oddzielne obiekty. Dlaczego? Ponieważ w locie powierzchnie sterujące są w nieustannym ruchu. Twój model będzie wyglądał bardziej realistycznie z lekko wychylonymi lotkami. Poza tym, Curtiss użył w P-36 i P-40 tak zwanych lotek Frise (Rysunek 5.4.1):



Rysunek 5.4.1 Szczegóły lotek Frise w P-40

Lotki typu Frise wymagają dużej szczeliny (słotu) w dolnej powierzchni skrzydła, przed krawędzią natarcia lotki¹. Brak tego slotu w naszym modelu oznaczałby poważną niedokładność.

Niestety, plany Jumpei Temmy nie zawierają żadnego przekroju skrzydła i lotki. Dlatego użyjemy w tym celu obrazów wyciętych z dwóch oryginalnych rysunków opublikowanych na portalu p40warhawk.com:



Rysunek 5.4.2 Przekroje lotki (p40warhawk.com)

Rysunek 5.4.2a) wyciąłem z tego [rysunku złożeniowego lotki](#). To jest jej pierwsze żebro (zamykające lotkę przy stacji 122). Rysunek 5.4.2b) jest z kolei wycięty ze [złożenia skrzydła](#). Pokazuje kontury skrzydła za dźwigarem #5 i krawędź natarcia lotki przy stacji 164. Możesz znaleźć te pliki w danych towarzyszących tej książce (por. str. 19). To [Aileron \(#122\).jpg](#) i [Aileron \(#164\).jpg](#) z folderu: `source\reference\drawings\`.

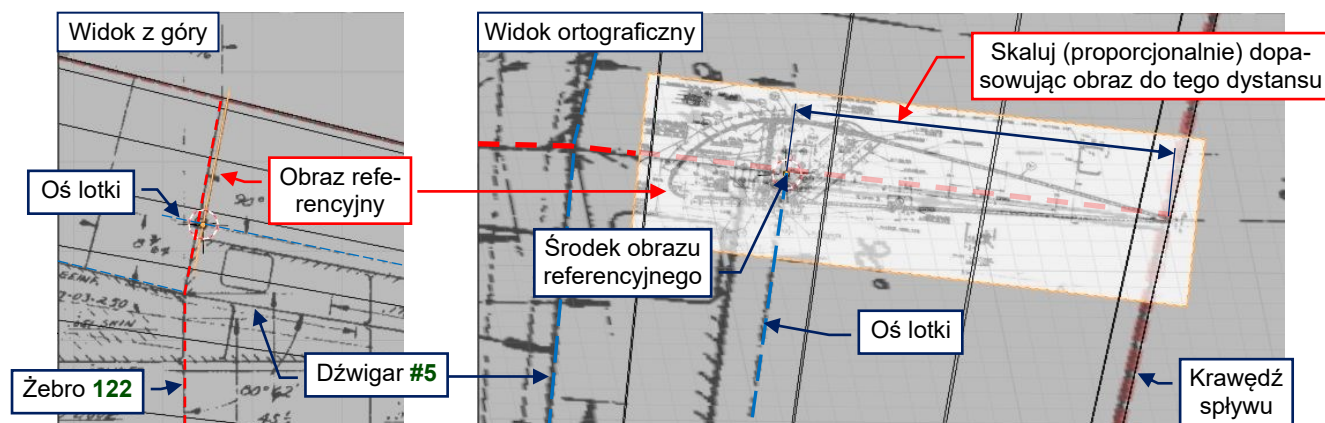
¹ Ten slot jest najszerszy na dolnej powierzchni skrzydła. W pewnych warunkach lotu (podczas lądowania lub w ostrym zakręcie) działa jak „dmuchawa” dostarczająca strumień świeżego powietrza na grzbiet skrzydła. To bardzo poprawia efektywność lotek.



Istnieje mnóstwo historycznych samolotów, dla których nie można znaleźć przekrojów lotek. W takim przypadku staraj się domyślić ich kształtu na podstawie zdjęć.

Dodaj do naszego modelu skrzydła obraz referencyjny pokazywany przez Rysunek 5.4.2a) :

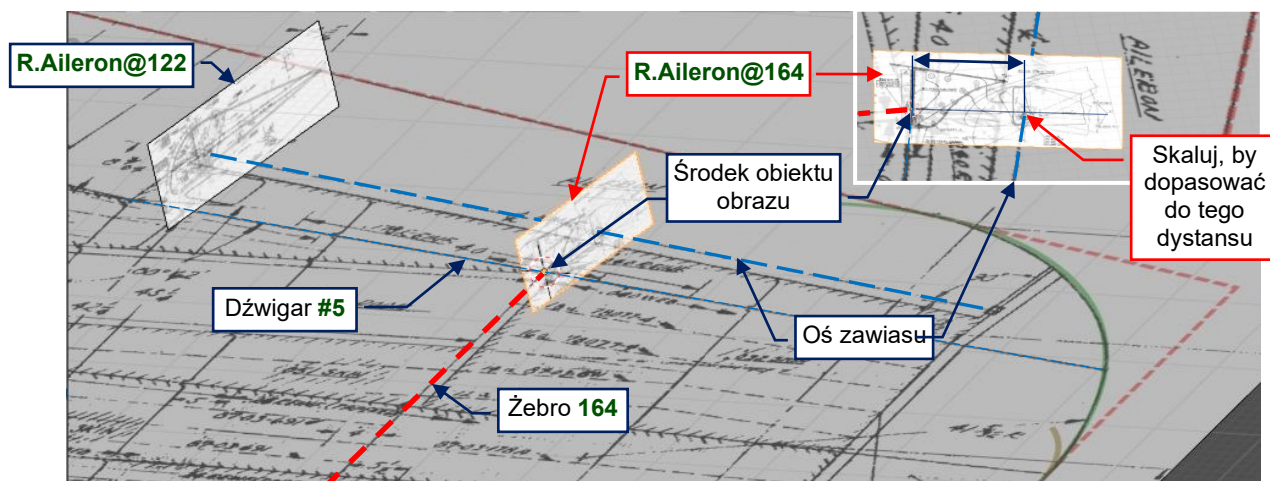
1. Przełącz się na **Object Mode**, cieniowanie **Wireframe**. Włącz tryb **Pivot** na **Bounding Box Center**.
2. Włącz widoczność obrazu referencyjnego **R.Wing (top)** (z kolekcji **1b.Wing**).
3. Stwórz nową kolekcję w **1b.Wing**, o nazwie **1b1.Aileron**.
4. Wstaw **Aileron (#122).jpg** w widok z boku. Nazwij ten obiekt **R.Aileron@122**.
5. Ustaw środek (**origin**) tego obiektu na przecięciu cięciwy skrzydła i pionowej płaszczyzny osi obrotu lotki (Rysunek 5.4.2a).
6. Obróć **R.Aileron@122** wokół osi Z o **11.13°** (to kąt osi obrotu zawiasów lotki w widoku z góry).
7. Umieść ten obraz referencyjny na przecięciu wewnętrznej krawędzi lotki i linii zawiasu, naniesionej na rysunku **R.Wing (top)**.
8. Skaluj ten obiekt, dopasowując go do linii widoku z góry (w szczególności: krawędzi spływu skrzydła).



Rysunek 5.4.3 Ustalenie pierwszego obrazu referencyjnego na stacji 122

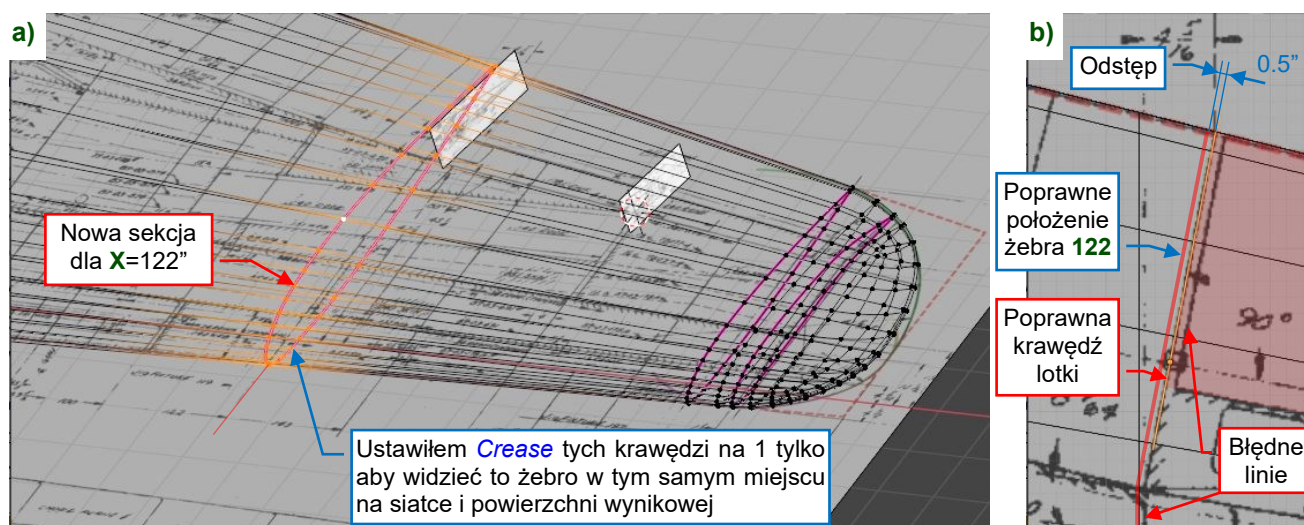
Teraz dodajmy do tego modelu obraz pokazywany przez Rysunek 5.4.2b):

1. Wstaw **Aileron (#164).jpg** w widok z boku. Nazwij ten obiekt **R.Aileron@164**.
2. Ustaw środek tego obiektu na przecięciu cięciwy skrzydła i dźwigara #5 (por. Rysunek 5.4.2b).
3. Umieść ten obraz referencyjny na przecięciu linii dźwigara #5 i żebra 164 (**X = 164**”).
4. Obróć ten obiekt **Empty (Image)** wokół osi Z o **11.13°** i skaluj, dopasowując do linii osi lotki.



Rysunek 5.4.4 Ustalenie drugiego obrazu referencyjnego na stacji 164

Teraz wstaw (*Loop Cut*) nową sekcję skrzydła i przesun ją (*Slide*) do stacji **122** (Rysunek 5.4.5a). Ustawilem jej współczynnik *Crease* na 1 tylko po to, by widzieć ją w tym samym miejscu na siatce i powierzchni wynikowej¹:

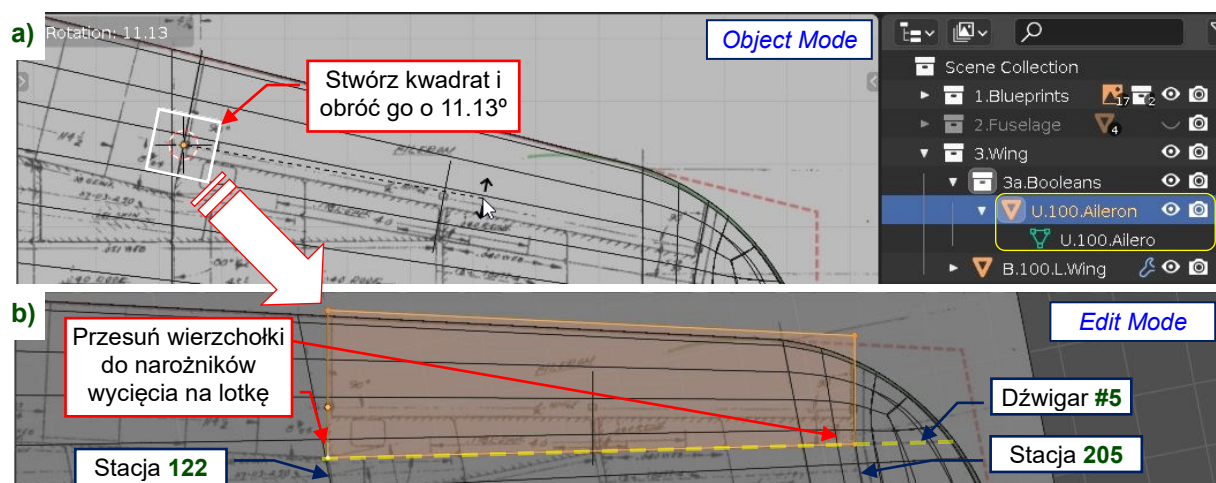


Rysunek 5.4.5 Dodatkowa linia krawędzi na stacji 122

Robiąc to, odkryłem drobną wadę w rysunku referencyjnym. W środku skrzydła jego linie nie pasują dokładnie do podanych wymiarów. W szczególności, odstęp pomiędzy żebrem **122** i lotką był bliżej osi samolotu niż ten z rysunku **R.Wing (top)** (Rysunek 5.4.5b). Aby to zaznaczyć, przesunąłem obiekt **R.Aileron@122** wzdłuż jego lokalnej osi **Z** od niewłaściwej linii (por. także Rysunek 5.4.2) o około 0.5".

Aby zachować stosunkowo prostą siatkę trapezowej części skrzydła, wytniemy miejsce na lotkę za pomocą modyfikatora *Boolean*. Przygotujmy do tego pomocniczy „obiekt tnący” :

1. Stwórz nową kolekcję w **3.Wing** i nazwij ją **3a.Booleans**. To będzie nasz kontener dla tego i innych pomocniczych obiektów „tnących”.
2. Umieść kursor 3D w środku obrazu referencyjnego **R.Aileron@122** (*Cursor to Selected*).
3. Przełącz się na widok z góry (7) i wstaw tam nowy kwadrat, 10x10" (*Add → Mesh → Plane*, str. 469).
4. Nazwij ten nowy obiekt **U.100.L.Aileron** i obróć wokół osi **Z** o **11.13°** (Rysunek 5.4.6a).
5. Przełącz się na *Edit Mode* (Tab) i umieść wierzchołki tej siatki w narożnikach wycięcia na lotkę (Rysunek 5.4.6b). Użyj lokalnych osi tego obiektu by przesunąć wierzchołki wzdłuż ukośnych żebier:



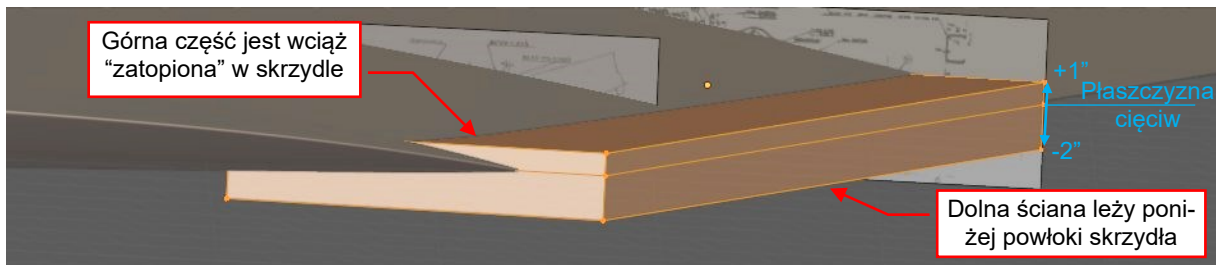
Rysunek 5.4.6 Formowanie pomocniczego obiektu tnącego (kontur dolny)

¹ Ta zmiana nie ma żadnego wpływu na kształt skrzydła, gdyż ta linia krawędzi leży w środku jego trapezu. Krawędzie podłużne po prawej i lewej stronie tej linii wierzchołków są współliniowe, i taka jest także wynikowa powierzchnia. Zmiana wartości *Crease* jest tu neutralna.

Przekształćmy tę płaską ścianę w bryłę:

1. Zmień aktualną projekcję, aby widzieć nową ścianę częściowo z boku.
2. Zaznacz całą ścianę (cztery wierzchołki) i wyciągnij je wzdłuż osi **Z** o **-2"**.
3. Zaznacz górną ścianę i wyciągnij ją wzdłuż osi **Z** o **+1"**.

Rysunek 5.4.7 pokazuje efekt (w cieniowaniu *Solid*):



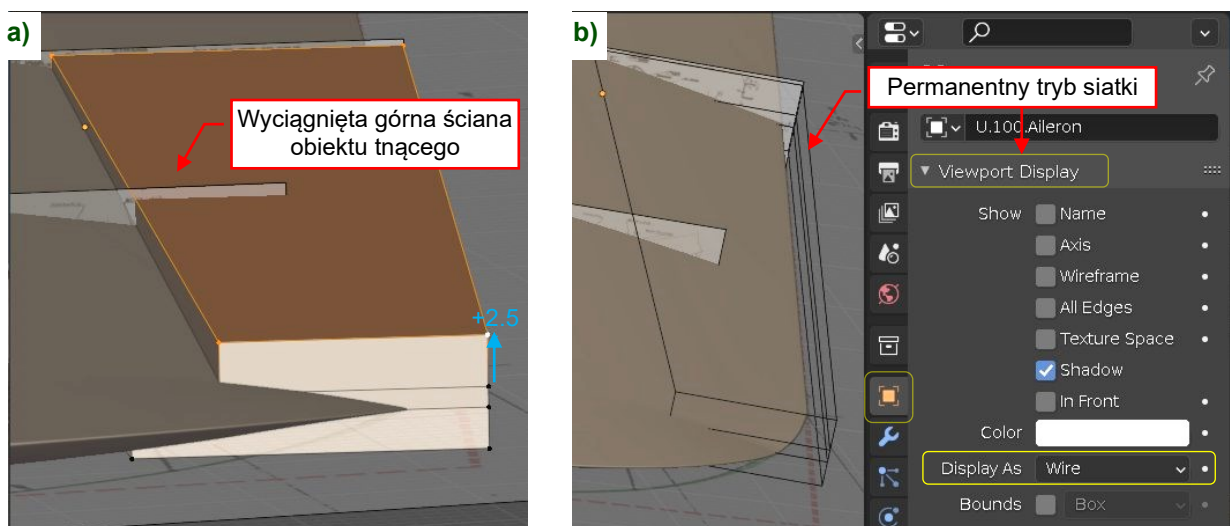
Rysunek 5.4.7 Formowanie pomocniczego obiektu tnącego: wyciągnięcie w górę

Przesuń dwa wierzchołki górnej ściany do narożników wycięcia w górnej powierzchni skrzydła (Rysunek 5.4.8):



Rysunek 5.4.8 Formowanie pomocniczego obiektu tnącego: przygotowanie górnej powierzchni

Wyciągnij górną ścianę wzdłuż osi **Z** o **+2.5"** (Rysunek 5.4.9a):



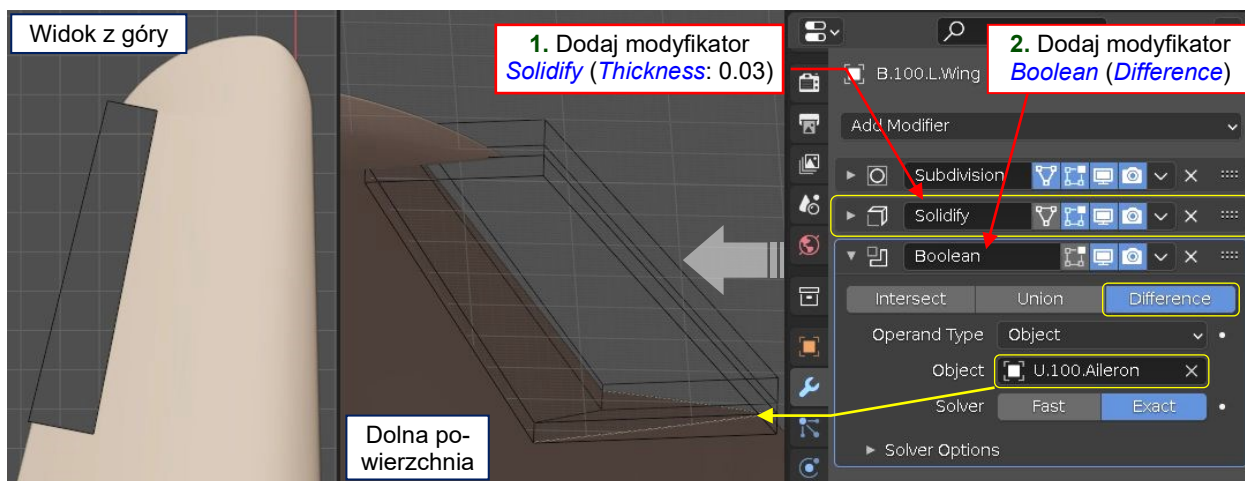
Rysunek 5.4.9 Formowanie pomocniczego obiektu tnącego: wyciągnięta powierzchnia górna

Nie zapomnij zaznaczyć całej siatki (**A**) i na wszelki wypadek wywołać **Mesh → Normals → Recalculate Outside**.

Aby lepiej widzieć efekt działania modyfikatora *Boolean*, możesz przełączyć tryb wyświetlania „obektu tnącego” na siatkę (na stałe). Aby to zrobić, w *Properties: Object* znajdź panel *Viewport Display* i ustaw listę rozwijalną *Display As* na *Wire* (Rysunek 5.4.9b).

Teraz możemy wyciąć w tym skrzydle miejsce na lotkę:

1. Dodaj do skrzydła (obiektu **B.100.L.Wing**) modyfikator **Solidify** (por. str. 521). Ustaw jego **Offset** na **-1** (do wnętrza) i **Thickness** na **0.03** (to typowa grubość poszycia samolotu).
2. Dodaj do tego skrzydła modyfikator **Boolean** (por. str. 552), ustaw jego funkcję na **Difference**, i wskaż **U.100.L.Wing** jako drugi **Object**:

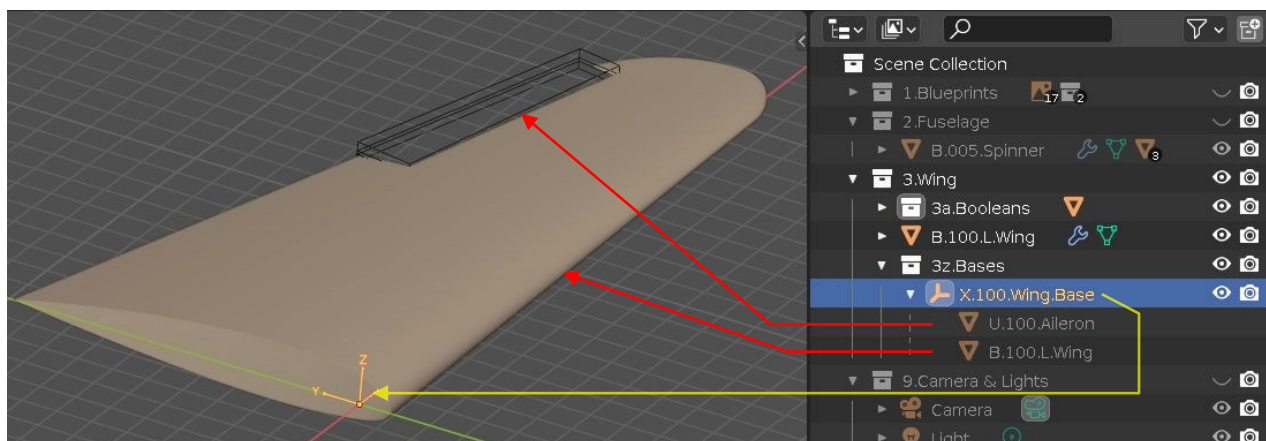


Rysunek 5.4.10 Wycinanie otworu na lotkę

Ten efekt jest dynamiczny: możesz zmienić kształt otworu zmieniając kształt „obiektu tnącego”. Dlatego praktyczne jest „przymocować” ten „przecinak” do skrzydła za pomocą hierarchii **parent/child**, tak jak to zrobiliśmy z łopatkami śmigła (por. str. 124). Jeżeli jednak zrobimy to dla obiektów powiązanych modyfikatorem **Boolean**, Blender zasygnalizuje „zależność cykliczną” (**cyclic dependency**). Taka „zależność” powoduje różne kłopoty, więc lepiej ją obejść: przypisać obydwa obiekty do wspólnego „rodzica”. Jeżeli taki nie istnieje – stwórzmy go.

Będzie to pomocnicza „baza”, umieszczona w środku układu współrzędnych. Przypisz do niej **B.100.L.Wing** i **U.100.L.Aileron**:

1. Wewnątrz kolekcji **3.Wing** stwórz kolekcję o nazwie **3z.Bases**. To będzie miejsce na ten i podobne obiekty pomocnicze.
2. Przełącz się na widok z góry (7).
3. Umieść kursor 3D w (0, 0, 0) (**Cursor to World Origin**).
4. Wstaw obiekt **Empty → Arrows** (por. str. 472), ustaw jego **Radius** na **10**, i nazwij **X.100.Wing.Base**.
5. Zaznacz **B.100.L.Wing** i **U.100.L.Aileron** i przypisz je do **X.100.Wing.Base** (**Ctrl-P**, **Object (Keep Transform)**) – por. str. 479):

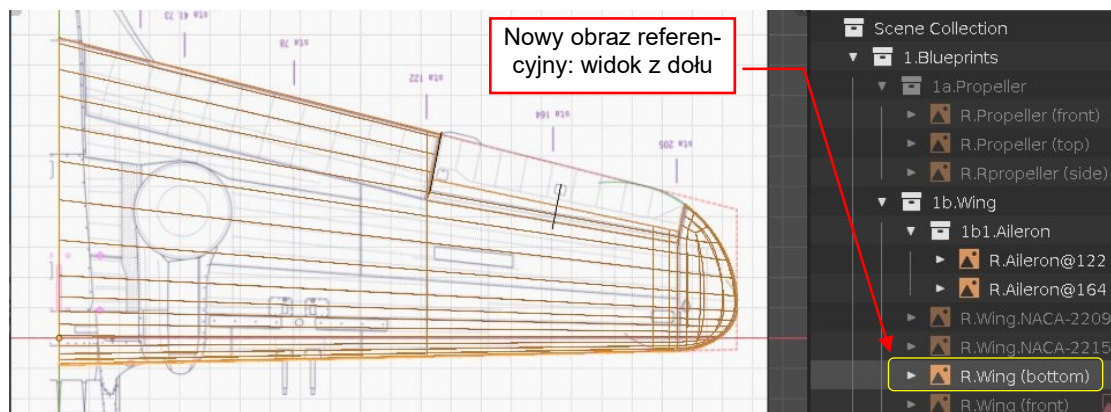


Rysunek 5.4.11 Początkowa hierarchia zespołu skrzydła

Teraz możesz ukryć te pomocnicze obiekty poprzez wyłączenie widoczności kolekcji **3a.Booleans** i **3z.Bases**.

Do uformowania lotki potrzebujemy rysunku referencyjnego, który pokazuje jej krawędź natarcia w widoku z dołu. Przygotowałem taki fragment planów Jumpei Temmy i dopasowałem go do „spłaszczonego” skrzydła. W danych, które towarzyszą tej książce, to plik [source\reference\drawings\temmaWing.png](#).

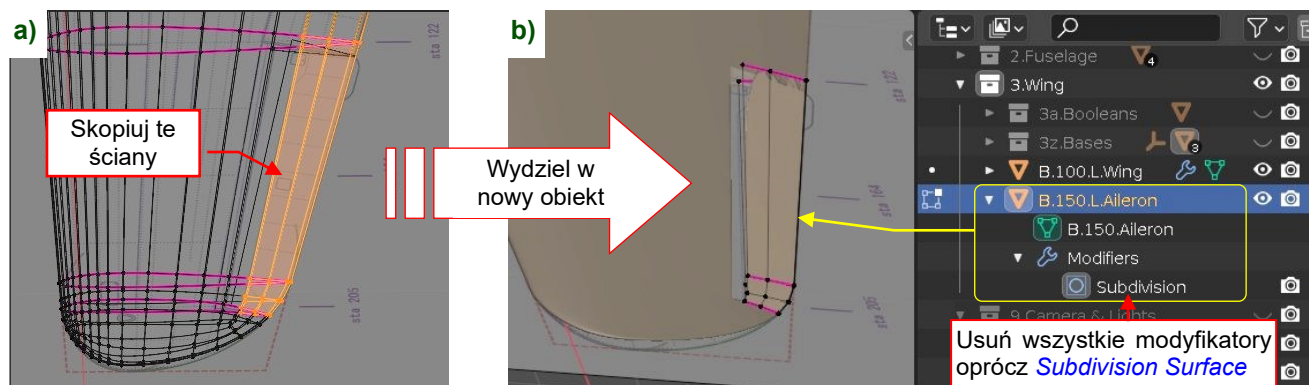
Stwórz kopię obrazu **R.Wing (top)** i zastąp jej zawartość obrazem [temmaWing.png](#) (jak to zrobiliśmy na str. 131). Nazwij ten nowy obiekt **R.Wing (bottom)** (Rysunek 5.4.12):



Rysunek 5.4.12 Nowy obraz referencyjny: widok skrzydła z dołu

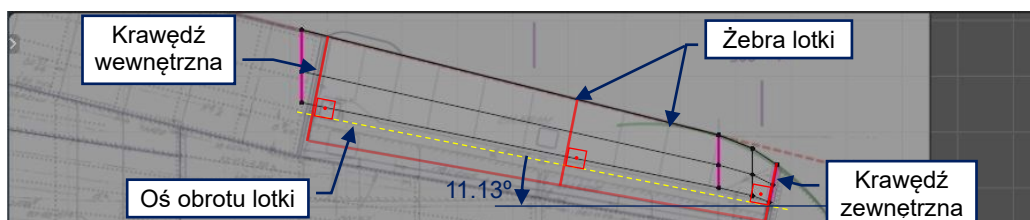
Najprostszą metodą stworzenia lotki jest zmodyfikowanie fragmentu siatki z krawędzi spływu skrzydła:

1. W **Edit Mode** zaznacz odpowiednią część siatki skrzydła (Rysunek 5.4.13a).
2. Skopuj (**Duplicate**) te ściany (**Shift-D** – por. str. 534) pozostawiając je w oryginalnym położeniu (**Esc**). W tym momencie Blender zaznacza skopiowane ściany.
3. Wydziel (**Separate**, lub **P** – por. str. 547) zaznaczone ściany w nowy obiekt. Nazwij go **B.150.L.Aileron**, a jego siatkę – **B.150.Aileron**.
4. Przełącz się w **Object Mode**, kliknij obiekt **B.150.L.Aileron** w oknie **Outliner**. W jego właściwościach (**Properties**) zakładce **Modifiers** usuń modyfikatory **Boolean** i **Solidify** (Rysunek 5.4.13b):



Rysunek 5.4.13 Kopiowanie początkowej siatki lotki

Zanim zaczniemy zmieniać tę siatkę: zwróć uwagę, że wszystkie żebra lotki w P-40 były prostopadłe do jej osi obrotu (Rysunek 5.4.14):

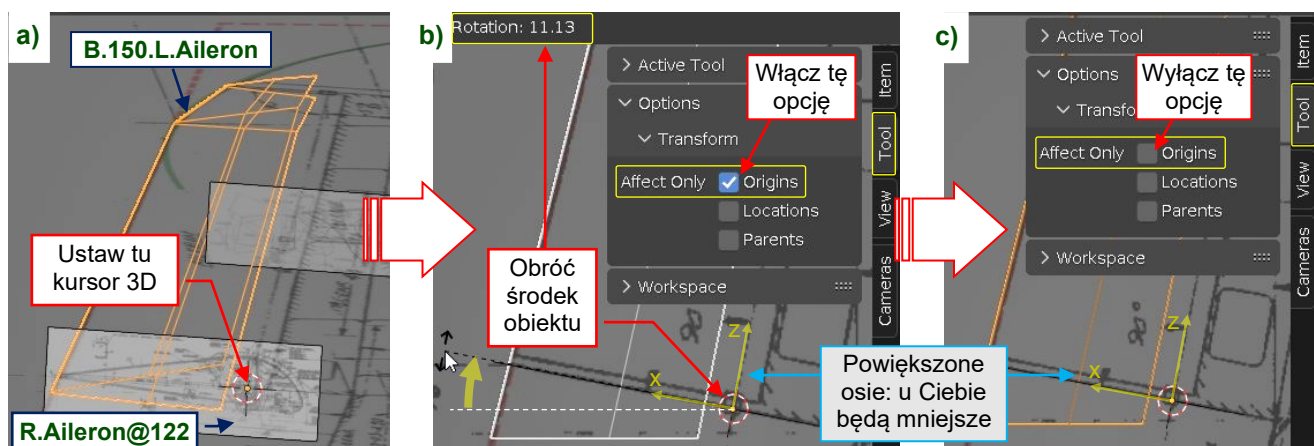


Rysunek 5.4.14 Szczegóły geometrii lotki

W dalszej pracy pomoże nam ustawienie lokalnego układu współrzędnych obiektu lotki wzdłuż jej osi obrotu.

Poniżej opisuję kroki, które wykonałem, aby zmienić orientację lokalnego układu współrzędnych obiektu lotki (zmieniając położenie jej środka i obracając lokalne osie na globalnej płaszczyźnie **XY** o **11.13°**).

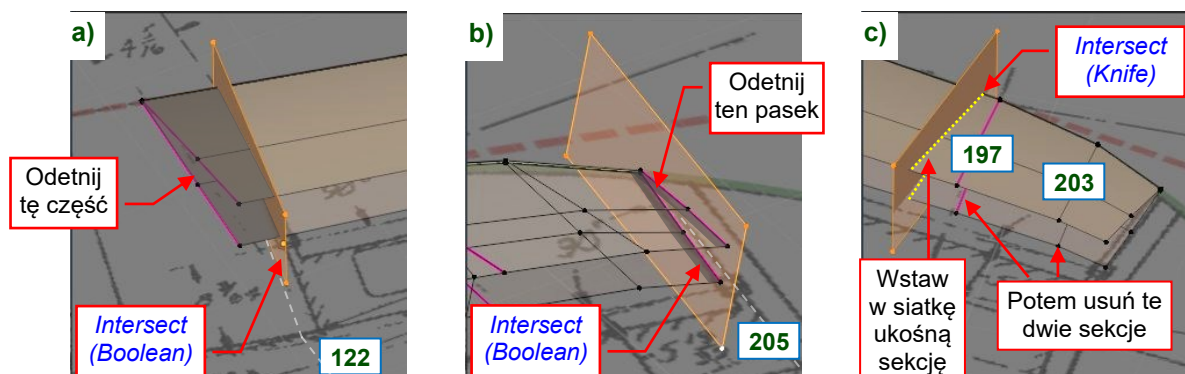
1. Ukryj na chwilę obiekt skrzydła (**B.100.L.Wing**).
2. Umieść kursor 3D w środku (*origin*) obrazu **R.Aileron@122** (*Cursor to Selected*) (Rysunek 5.4.15a).
3. Zaznacz obiekt **B.150.L.Aileron** i przesuń jego środek do aktualnego położenia kursora 3D. Zrób to poleceniem **Object → Set Origin → Origin to 3D Cursor** (por. str. 487).
4. Ustal *Pivot* na **3D Cursor**. W zakładce **Tool** przybornika zaznacz **Affect Only: Origins** (Rysunek 5.4.15b).
5. Obróć obiekt **B.150.L.Aileron** wokół globalnej osi **Z** o **+11.13°** (Rysunek 5.4.15b).
6. Wyłącz **Tool: Affect Only: Origins** (Rysunek 5.4.15c). (Inaczej nie będą działać transformacje obiektów).



Rysunek 5.4.15 Obrócenie lokalnego układu współrzędnych lotki

Przytnij ściany siatki lotki wzdłuż jej zewnętrznego i wewnętrznego żebra (Rysunek 5.4.16):

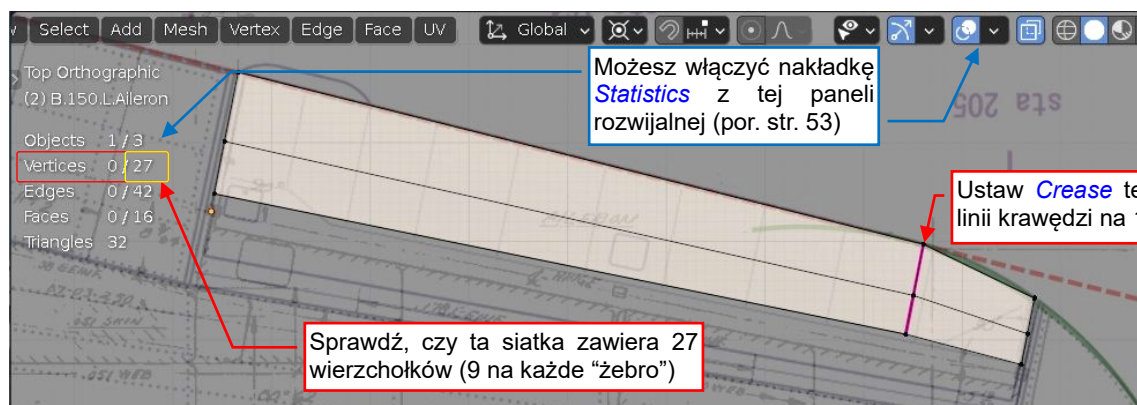
1. Ustaw aktualne okno 3D na projekcję wzdłuż lokalnej osi **Z** obiektu lotki (**Shift-7**).
2. Przełącz się w tryb edycji (**Tab**).
3. Stwórz na lokalnej płaszczyźnie **XY** (aktualny widok) prostokąt (**Add → Plane**, jak na str. 469) i przesuń jego wierzchołki na zewnątrz powierzchni lotki. Umieść ten prostokąt przy wewnętrznej krawędzi lotki (w pobliżu stacji **122**, gdzie lokalny **X** = 0). Pozostaw tę ścianę zaznaczoną (Rysunek 5.4.16a).
4. Odetnij zewnętrzne części ścian lotki poleceniem **Intersect (Boolean)** (Rysunek 5.4.16a). W jego parametrach (**F9**) przełącz się na metodę **Fast** (domyślna **Exact** tworzy jakieś dodatkowe wierzchołki).
5. Zrób to samo przy zewnętrznej krawędzi lotki, umieszczając „płaszczyznę tnącą” przy żebrze **205** (Rysunek 5.4.16b). Nie zapomnij przestawić kierunku normalnych tej ściany (**Mesh → Normals → Flip**).
6. Stwórz kolejny prostokąt na płaszczyźnie **XY** (**Add → Plane**) i umieść go przy żebrze **197** (Rysunek 5.4.16c). Stwórz nową linię krawędzi poleceniem **Intersect (Knife)** (por. str. 528) z metodą **Fast**.
7. Usuń (**Dissolve**) linie krawędzi żeber **197** i **203** (Rysunek 5.4.16c).



Rysunek 5.4.16 Przycinanie krawędzi lotki

W poleceniach *Intersect* wyliczonych powyżej sugeruję wybierać metodę *Fast* (por. str. 527). W tym najprostszym przypadku cięcia jedną ścianą, domyślna metoda *Exact* poprawnie usuwa ściany. Pozostawia jednak wzdłuż krawędzi cięcia kilkadziesiąt dodatkowych wierzchołków. To psuje topologię siatki, więc trzeba je znajdować i usuwać, jeden po drugim (jak na str. 529 - 530). Z kolei metoda *Fast* poprawnie tworzy krawędź przecięcia, ale nie usuwa żadnej ściany. Jej wynik dla metody *Intersect (Boolean)* wygląda tak samo, jak rezultat polecenia *Knife* pokazany na str. 528. Jednak o wiele łatwiej jest ręcznie usunąć tych kilka niepotrzebnych ścian z zewnętrznej strony krawędzi przecięcia niż „łowić” ukryte wierzchołki wygenerowane przez metodę *Exact*. (Opisane nieprawidłowości wystąpiły, gdy pracowałem w Blenderze 3.0).

Rysunek 5.4.17 pokazuje wynik: przyciętą siatkę lotki. Ustaw współczynnik *Crease* (por. str. 539) dla krawędzi zeber na **1**. Sprawdź w statystykach sceny, czy ta siatka zawiera obecnie 27 wierzchołków:

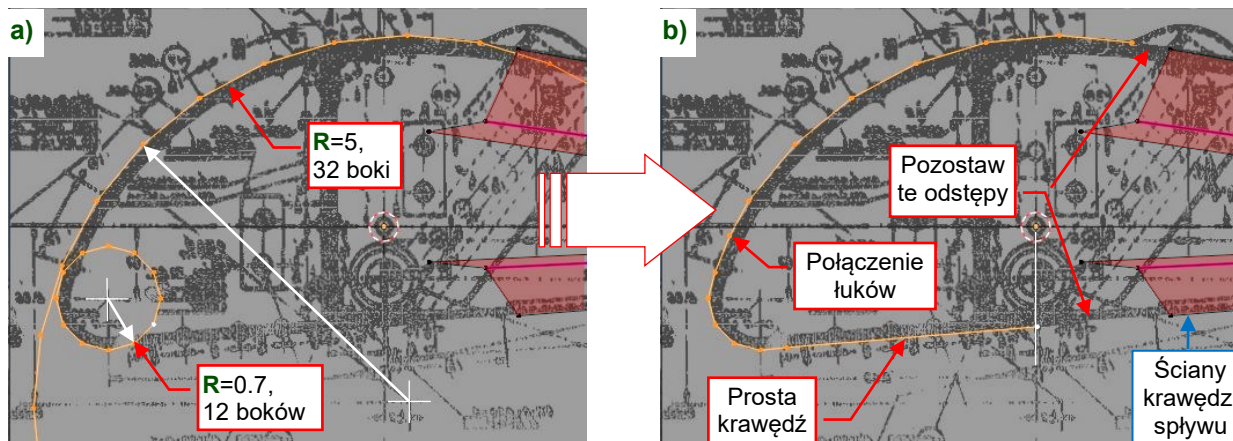


Rysunek 5.4.17 Przycięta siatka lotki

Jeżeli twoja siatka ma więcej niż 27 wierzchołków, a jej wygląda tak, jak na ilustracji powyżej – najprawdopodobniej są w niej jakieś niewykryte pozostałości polecenia *Intersect*. Znajdź je i usuń.

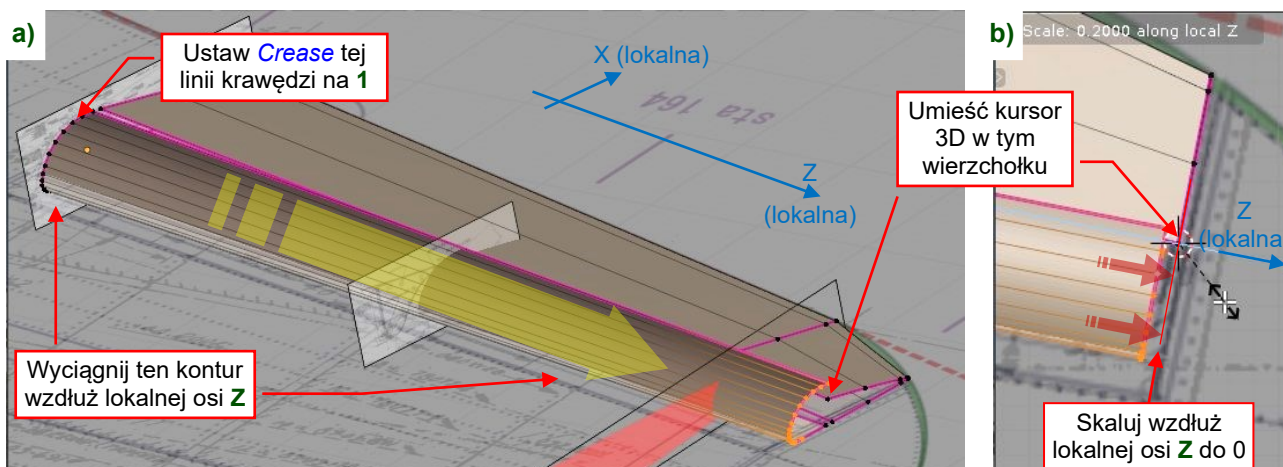
Teraz uformujmy krawędź natarcia lotki:

1. Przełącz się w *Object Mode* (**Tab**), ustaw aktualną projekcję wzdłuż osi **Z** obiektu lotki (**Shift-7**), umieść kursor 3D w jej środku (*Cursor to Selected*).
2. Przełącz się na *Edit Mode* (**Tab**) i ustaw tryb *Pivot* na *Bounding Box Center*.
3. Stwórz 12-krawędziowy „okrąg” (*Add → Circle*) o promieniu **0.7**”. Umieść go ponad czubkiem krawędzi natarcia lotki, widocznym na obrazie **R.Aileron@122** (Rysunek 5.4.18a).
4. Stwórz 32-krawędziowy „okrąg” (*Add → Circle*) o promieniu **5**”. Przesuń go do dołu, dopasowując do górnego konturu lotki z rysunku referencyjnego (Rysunek 5.4.18a).
5. Usuń niepotrzebne wierzchołki z tych okręgów i połącz je w jedną krawędź (Rysunek 5.4.18b).
6. Włącz tryb *Subdivision Surface:On Cage* i dopasuj wygładzoną wersję do konturu lotki.



Rysunek 5.4.18 Obrysowanie konturu krawędzi natarcia

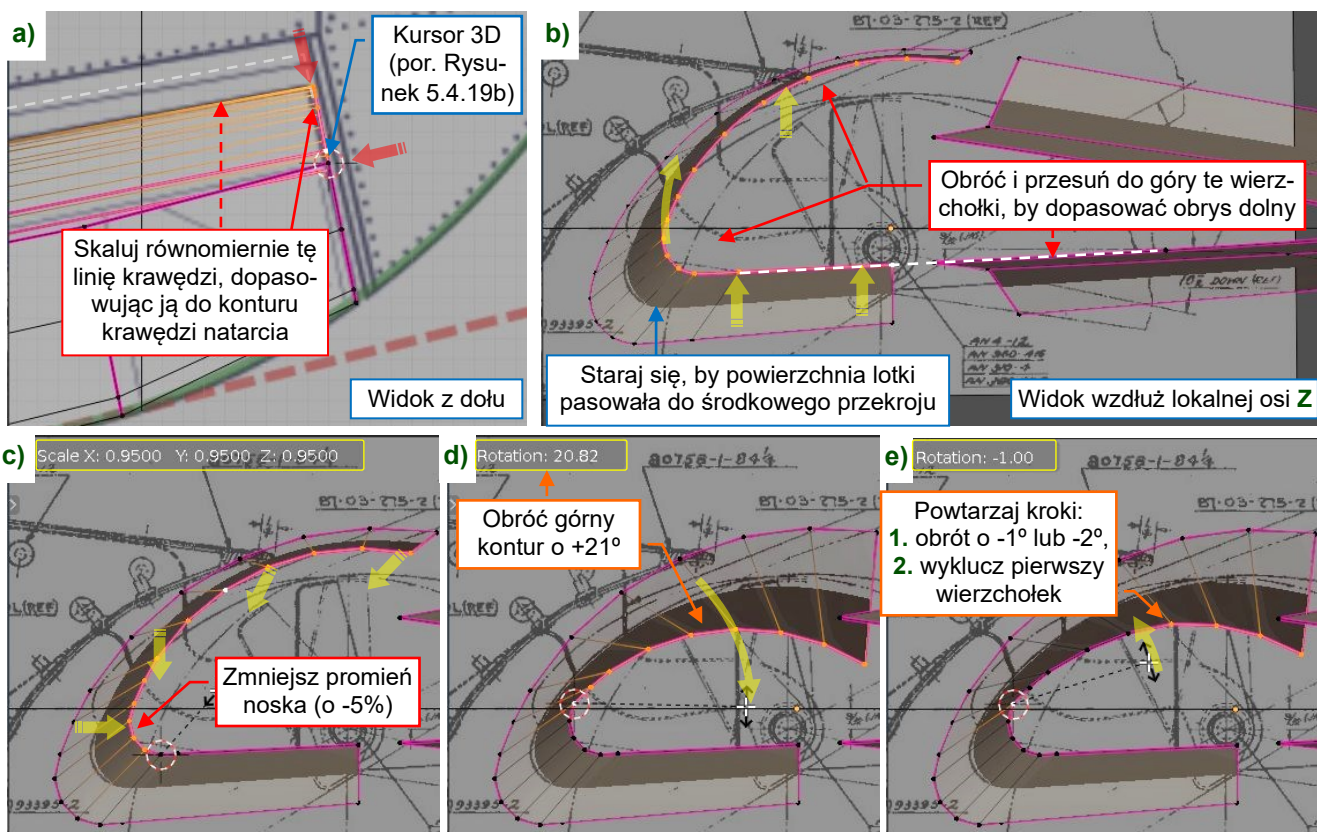
7. Ustaw **Crease** tego konturu na **1** i wyciągnij go wzdłuż lokalnej osi **Z** (**E**, **Z**, **Z**: Rysunek 5.4.19a).
8. Dopasuj wyciągniętą krawędź do końcowego żebra lotki: umieść kursor 3D w jednym z wierzchołków żebra, ustaw **Pivot** na **3D Cursor** i skaluj nową krawędź natarcia wzdłuż osi **Z** do **0** (Rysunek 5.4.19b).



Rysunek 5.4.19 Wyciąganie krawędzi natarcia lotki

Teraz musimy dopasować tę krawędź natarcia do cieńszego profilu końcówki skrzydła. To będzie wymagać trochę skalowania i obrotów różnych grup wierzchołków. Niestety, nie mamy żadnego rysunku referencyjnego tego końcowego żebra lotki. Możemy tylko przypuszczać, jak wyglądało.

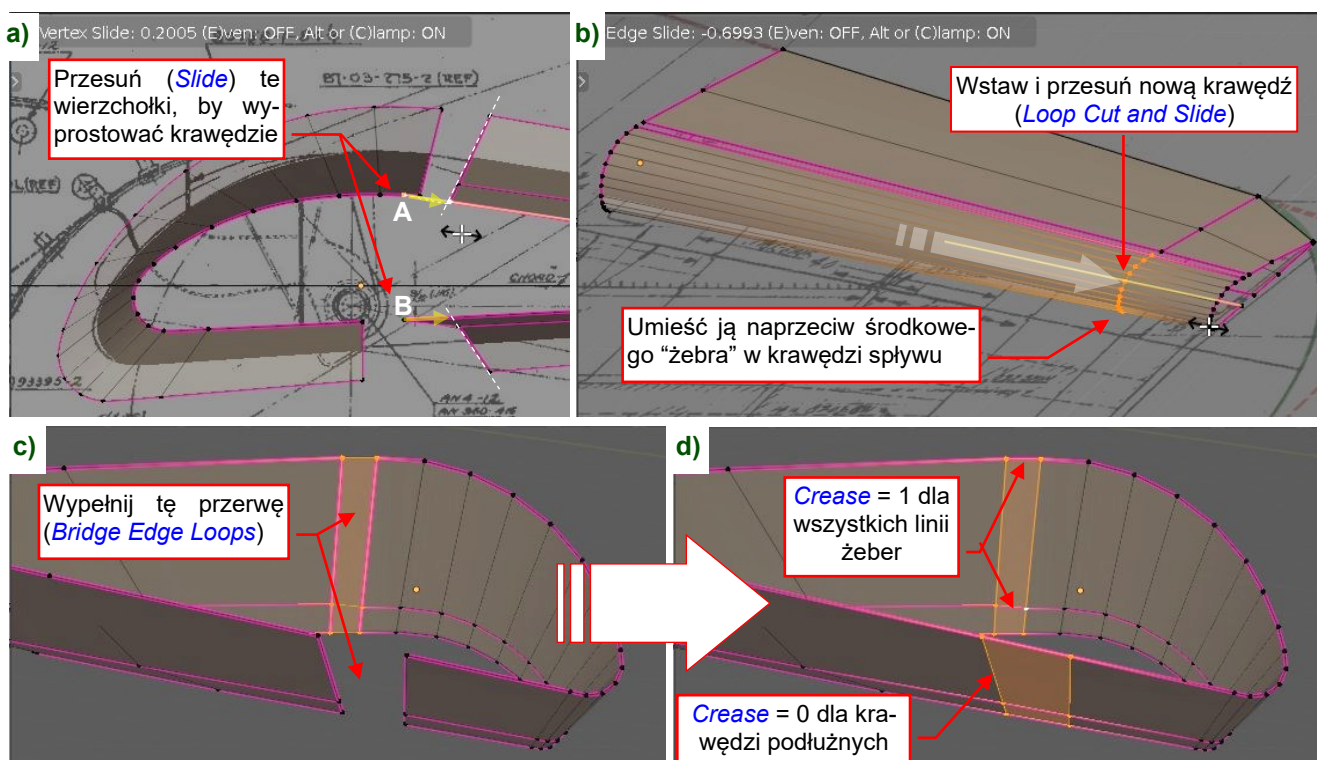
Na początek, zmniejsz (równomiernie) tę nową krawędź, dopasowując ją konturu lotki w rzucie z dołu (użyj rysunku referencyjnego **R.Wing (bottom)**), jak pokazuje to Rysunek 5.4.20a). Ukryj obraz **R.Aileron@122** i przełącz się na projekcję wzdłuż lokalnej osi **Z** obiektu lotki. Włącz tryb cieniowania **Solid**, aby widzieć przecięcie powierzchni lotki z obrazem **R.Aileron@164** (Rysunek 5.4.20b). Zaczynij od dopasowania dolnego, płaskiego konturu krawędzi natarcia i splywu (Rysunek 5.4.20b). Następnie dopasuj nosek tego profilu (Rysunek 5.4.20c), a potem górny kontur (Rysunek 5.4.20d, e):



Rysunek 5.4.20 Kształtowanie krawędzi natarcia zewnętrznego żebra lotki

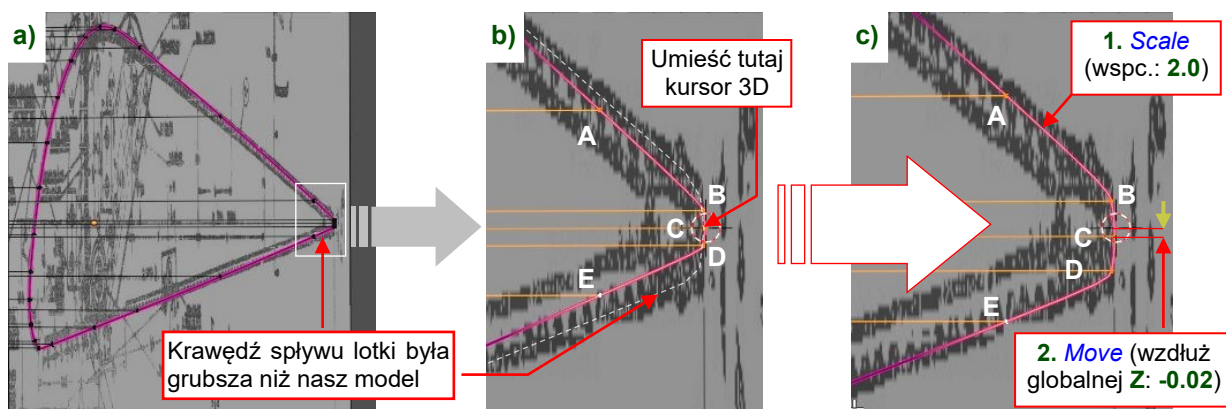
Gdy krawędź natarcia końcowego żebra pasuje do krawędzi spływu:

1. Przesuń (*Slide Vertices*) wierzchołki **A** i **B**, aby wyrównać przerwę pomiędzy tylną i przednią częścią siatki lotki (Rysunek 5.4.21a).
2. Wstaw (*Loop Cut*) w środek krawędzi natarcia nową sekcję. Przesuń ją (*Slide*) naprzeciwko odpowiadającej jej sekcji w siatce krawędzi spływu (Rysunek 5.4.21b).
3. Stwórz nowe ściany, wypełniające przerwę pomiędzy siatkami (Rysunek 5.4.21c).
4. Zmień ustawienia współczynników *Crease*: oznacza jako ostre (por. str. 539) wszystkie krawędzie „żebra”. Dla wszystkich krawędzi podłużnych ustal *Crease* = 0 (Rysunek 5.4.21d).



Rysunek 5.4.21 Łączenie krawędzi natarcia i spływu

Przed uformowaniem zaokrąglenia na konturze lotki, poprawmy drobny szczegół: promień zaokrąglenia jej krawędzi spływu. Z przyczyn technologicznych był większy od ostrej końcówki skrzydła. Możesz dostrzec tę różnicę na zdjęciach z muzeów, a także gdy porównasz jej rozmiar na naszej siatce i na rysunku referencyjnym **R.Aileron@122** (Rysunek 5.4.22a, b). Zaznacz wierzchołki **A, B, C, D, E** i powiększ je (*Scale*) x 2. Zrób to z kursorem 3D umieszczonym w **C** (Rysunek 5.4.22b). To zachowa kontur lotki w rzutach z góry/dółu:



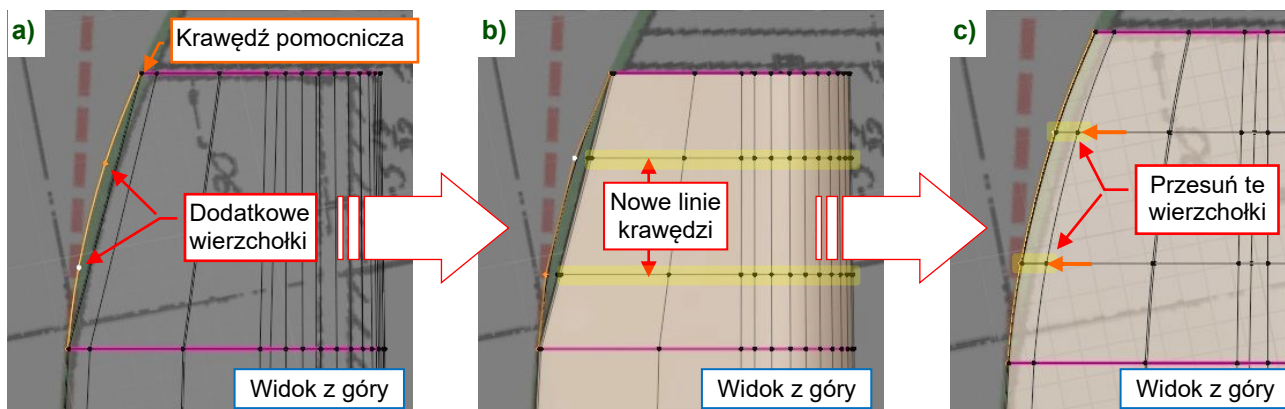
Rysunek 5.4.22 Powiększenie promienia krawędzi spływu

Po przeskalowaniu, przesuń tych pięć wierzchołków minimalnie w dół (wzdłuż globalnej osi **Z**) o **0.02**" (Rysunek 5.4.22c). Powtórz to skalowanie i przesuwanie dla każdej z trzech krawędzi „żebra” lotki.



Krawędź spływu skrzydła, biegnąca wzdłuż klap, będzie nawet grubsza i bardziej obniżona niż w tej lotce. Pokażę to w następnej sekcji.

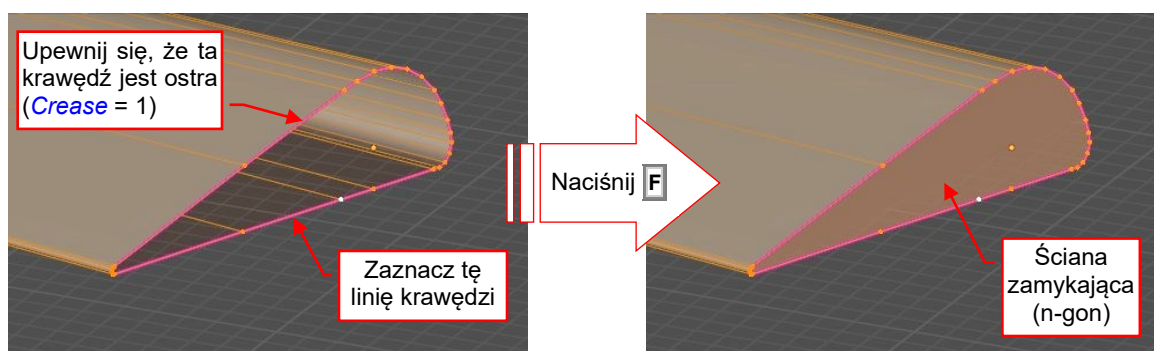
Skopiuj odcinek krawędzi spływu pomiędzy końcowym i środkowym żebrem (jak to zrobiłem na str. 163). Wstaw (*Subdivide*) w tę pomocniczą krzywą dwa nowe wierzchołki. W rzucie z góry użyj ich do odtworzenia łuku przy końcu narożnika lotki (Rysunek 5.4.23a):



Rysunek 5.4.23 Formowanie zaokrąglonego konturu końcówki

Wstaw (*Loop Cut and Slide*) nową sekcję "żebra" przy każdym z tych dwóch wierzchołków (Rysunek 5.4.23b). Dopasuj krawędź spływu do tego zakrzywionego konturu przesuwając po pięć ostatnich wierzchołków każdego żebra wzdłuż lokalnej osi **X** (Rysunek 5.4.23c). Potem usuń pomocniczą krawędź.

Na koniec zamknij wewnętrzny i zewnętrzny brzeg lotki za pomocą n-gonów (Rysunek 5.4.24):



Rysunek 5.4.24 Zamykanie żebra lotki



N-gony na płaszczyznach obramowanych ostrymi (*Crease* = 1) krawędziami nie zaburzają powłoki.

Rysunek 5.4.25 pokazuje ukończoną lotkę w skrzydle. Zwróć uwagę na jej płaską powierzchnię dolną:

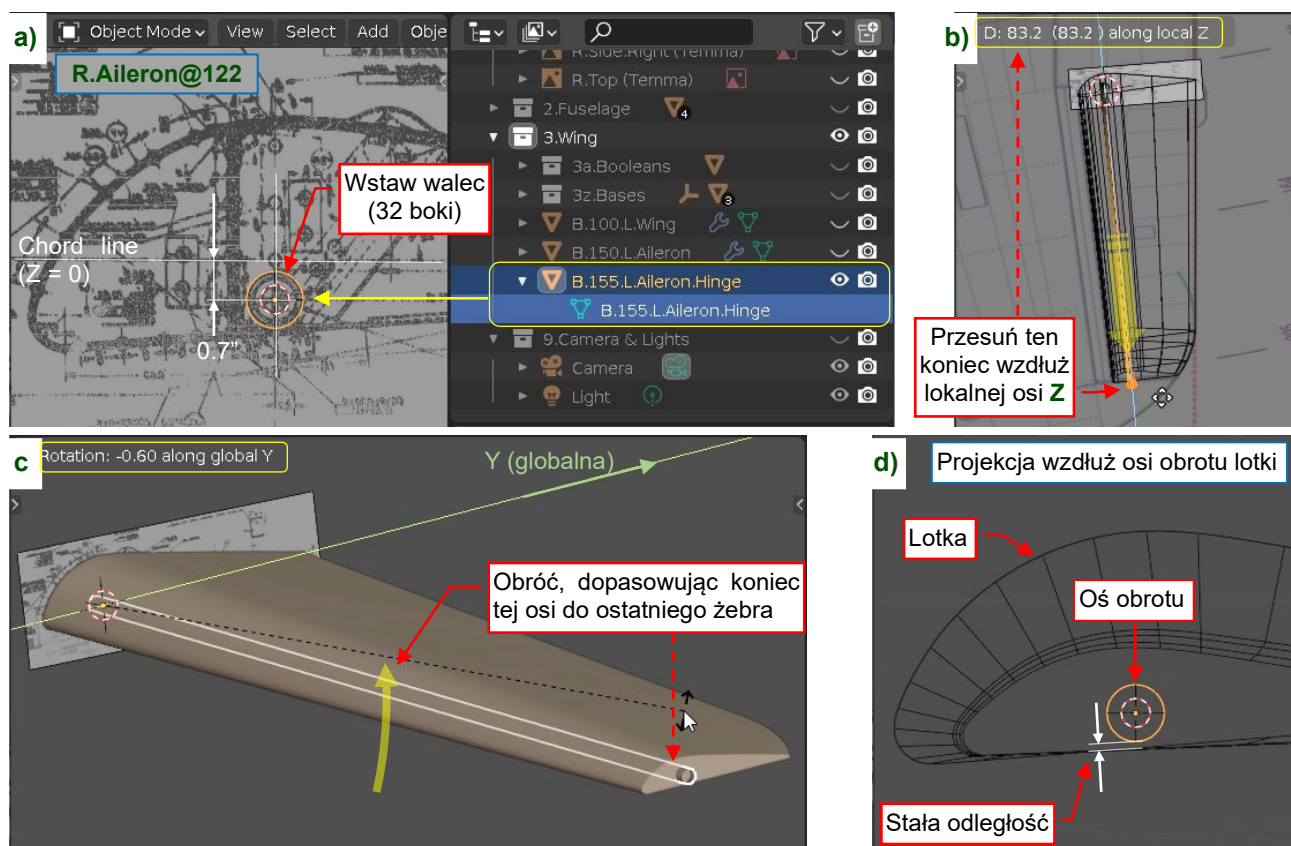


Rysunek 5.4.25 Kompletna lotka

Płaska dolna powierzchnia, pokazywana przez Rysunek 5.4.25, powstała w wyniku formowania grubszej krawędzi spływu lotki. Kontur lotki w widokach z góry/dołu odpowiada konturowi z rysunków. Odstęp pomiędzy żebrem zamykającym lotkę i żebrem **205** skrzydła „maskuje” ostry narożnik, który uformowaliśmy w poprzedniej sekcji (por. str. 165, widok z tyłu pokazywany przez Rysunek 5.3.22) – tak jak na zdjęciach.

Dodajmy teraz do tej lotki oś obrotu. Stwórz ją jako oddzielny obiekt:

1. Przełącz się na projekcję wzdłuż lokalnej osi **Z** lotki (**Shift-7**). Przełącz się na **Object Mode** (**Tab**).
2. Ukryj obraz **R.Aileron@164**, wyświetl z powrotem obraz **R.Aileron@122**.
3. Umieść kursor 3D w środku (**origin**) obiektu **R.Aileron@122**, a następnie ustaw współrzędną **Z** kursora na **-0.7**, umieszczając go w środku osi narysowanej na rysunku referencyjnym.
4. Stwórz nowy cylinder (**Add → Mesh → Cylinder**, por. str. 470): **32** ściany boczne, **Radius: 0.5"**, **Depth: 2"**, **Cap Fill Type: Nothing**. Nazwij ten obiekt **B.155.L.Aileron.Hinge** (Rysunek 5.4.26a).
5. Ustaw dla tego obiektu opcję **Shade Auto Smooth** (str. 517), ale nie dodawaj żadnego modyfikatora **Subdivision Surface** (taki prosty, ukryty pręt nie wymaga zaawansowanego wygładzania).
6. Przejdź do **Edit Mode** i przesun koniec walca wzdłuż lokalnej osi **Z** o **83.2"** (Rysunek 5.4.26b).
7. Przejdź do **Object Mode** i obróć tę oś lotki o **-0.6°** wokół globalnej osi **Y** (Rysunek 5.4.26c).



Rysunek 5.4.26 Dodanie obiektu – osi lotki

Żaden z rysunków referencyjnych (planów Jumpei Temmy, rysunków z p40warhawk.com) nie dostarcza żadnej wskazówki o pionowym położeniu osi obrotu na zewnętrznym końcu lotki. Na podstawie **R.Aileron@122** i **R.Aileron@164** założyłem, że ta oś biegła równolegle do dolnej powierzchni, jak pokazuje Rysunek 5.4.26d).

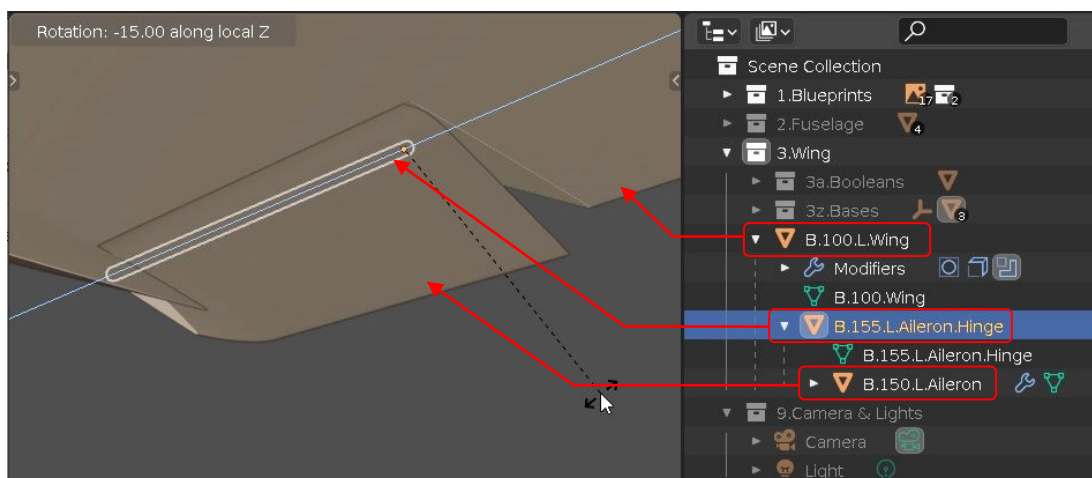


Większość planów nie dostarcza żadnych wskazówek na temat osi lotek, sterów kierunku czy wysokości. O ile jeszcze ich położenie dla sterów można odczytać z oryginalnych rysunków poglądowych (por. Tom I, sekcja 5.2), to dla lotek pozostają tylko domysły. Dokładne wymiary tych osi można znaleźć tylko z rysunków fabrycznych, które są dostępne tylko dla nielicznych maszyn.

Wykorzystując ten obiekt osi, stwórz prostą hierarchię *parent/child*:

1. Ustal **B.150.L.Aileron** jako potomka **B.155.L.Aileron.Hinge** (*Set Parent*, por. str. 479).
2. Ustal **B.155.L.Aileron.Hinge** jako potomka **B.100.L.Wing**.

Rysunek 5.4.27 pokazuje wygląd tej hierarchii w oknie *Outliner*:



Rysunek 5.4.27 Pozycja lotki w hierarchii

Teraz, gdy obrócisz pręt „zawiasu” wokół jego lokalnej osi **Z**, obróci się cała lotka (jak w samolocie).

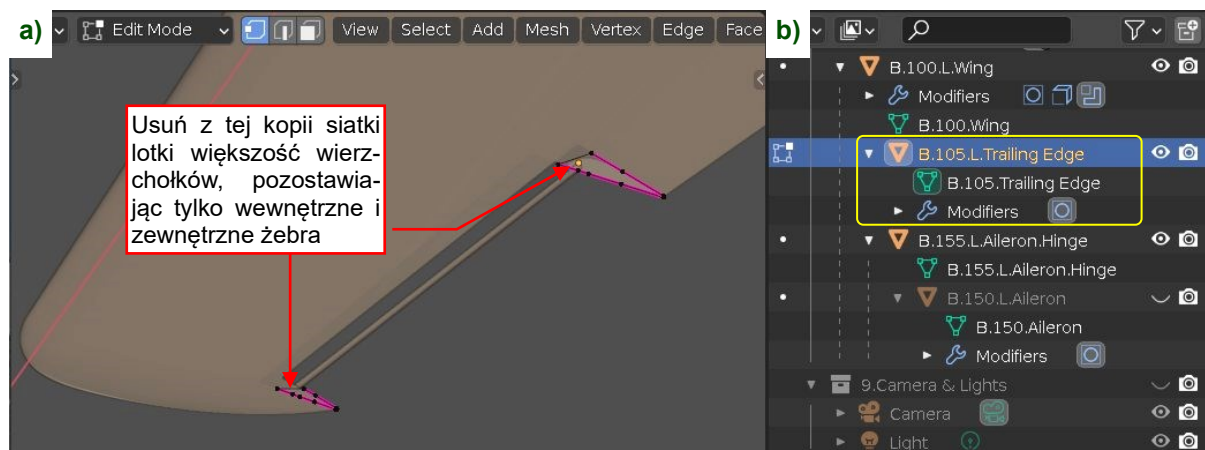


Aby zaznaczyć obiekt „zawiasu” wewnątrz lotki, rób to we włączonym trybie cieniowania **X-Ray**.

W tym modelu pojawi się więcej „zawiasów”: na przykład, klap skrzydła. Znajdowanie tych obiektów nie jest łatwe, gdyż są ukryte w środku hierarchii sceny. Co więcej, nie jest to intuicyjne. Gdy powrócisz do tego projektu za rok lub dwa, nie będziesz pamiętał, że jest taki pomocniczy obiekt jak ten zawias. Aby poprawić „czytelność” struktury modelu, sugeruję stworzyć kolejną kolekcję w **3.Wing**, o nazwie **3y.Handles**. Podłącz (*Link*, albo **Shift-M**, por. str. 451) zawias lotki do kolekcji **3y.Handles**, tak że w przyszłości będziesz w stanie szybko odnaleźć i zaznaczyć ten kluczowy obiekt.

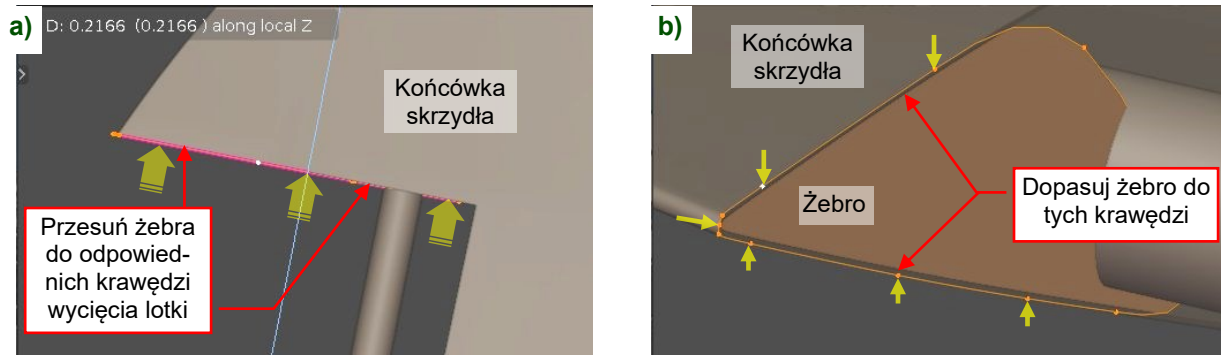
Musimy jeszcze odtworzyć powierzchnię skrzydła wokół tej lotki:

1. Skopiuj (*Duplicate*, **Shift-D**) lotkę (obiekt **B.150.L.Aileron**) i nazwij ją **B.105.L.Trailing Edge**. Nazwij jej siatkę **B.105.Trailing Edge**.
2. Ukryj **B.150.L.Aileron** i ustal **B.105.L.Trailing Edge** jako potomka **B.100.L.Wing** (Rysunek 5.4.28b).
3. Przejdź do *Edit Mode* i usuń większość wierzchołków tego nowego obiektu. Pozostaw tylko tylne części żeber, które zamykały lotkę (Rysunek 5.4.28a):



Rysunek 5.4.28 Tworzenie dodatkowej krawędzi spływu skrzydła

4. Przesuń żebra wzdłuż lokalnej osi **Z**, umieszczając je na krawędziach wycięcia lotki (Rysunek 5.4.29).
5. Zaznacz wszystkie wierzchołki (**A**) i ustaw ich **Crease** na 0 („ostre” kontury rozłączonych n-gonów nie są wygładzane).
6. Dopasuj zewnętrzne żebro do końcówki skrzydła (Rysunek 5.4.29b). Możesz zacząć od odwrócenia pogrubienia krawędzi spływu, którą wykonaliśmy na stronie 176.



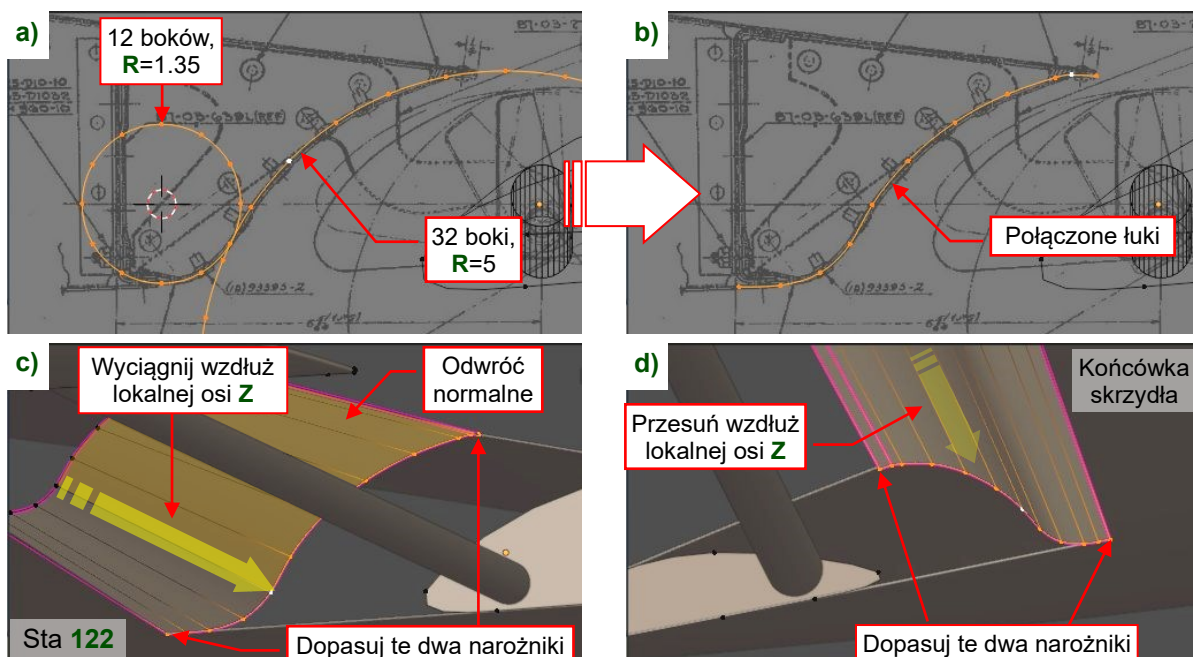
Rysunek 5.4.29 Dopasowanie końcowego żebra pomiędzy krawędzie wycięcia na lotkę



Dopasuj tylko grzbiet żebra ze stacji **122**. Jego prosta dolna krawędź jeszcze się przyda (str. 190).

Teraz uformuj część siatki pomiędzy żebrowymi. Zrób to tak samo, jak formowaliśmy krawędź natarcia lotki:

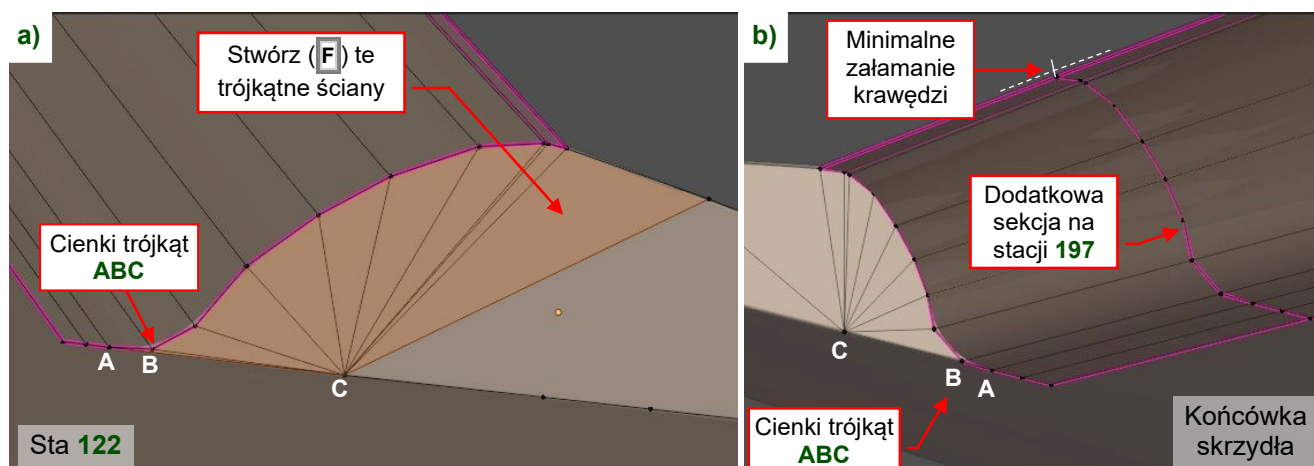
1. Włącz widoczność obrazu **R.Aileron@164**.
2. Przełącz się na **Object Mode**. Ustaw projekcję wzdłuż lokalnej osi **Z** obiektu **B.105.L.Trailing Edge**.
3. Umieść kursor 3D w środku obiektu **R.Aileron@164** (**Cursor to Selected**). To jest szybki sposób na umieszczenie go na właściwym lokalnym **Z**. Od tej chwili możesz go swobodnie przesuwać po ekranie.
4. Przełącz się w **Edit Mode**. Stwórz dwa okręgi, jak te pokazywane przez Rysunek 5.4.30a).
5. Połącz łuki tych okręgów w pojedynczy kontur Rysunek 5.4.30b).
6. Wyciągnij ten kontur wzdłuż lokalnej osi **Z** do stacji **122**. Dla zewnętrznych krawędzi tego wycinka siatki ustaw **Crease** = 1. Użyj metod ze str. 175 by dopasować je do krawędzi wycięcia (Rysunek 5.4.30c).
7. Przesuń kontur ze stacji **164** do stacji **205** i dopasuj go do krawędzi wycięcia (Rysunek 5.4.30d).



Rysunek 5.4.30 Formowanie powierzchni skrzydła przed lotką

Dodaj do obiektu **B.105.L.Trailing Edge** modyfikator **Solidify** (str. 521). Ustaw jego **Offset** na **1** (do wnętrza skrzydła), a **Thickness** na **0.03** (taka sama „grubość blachy”, jaka ustawialiśmy wcześniej). Grubość, nadana tym ścianom, pomaga w precyzyjnym dopasowaniu ich krawędzi do wycięcia w skrzydle.

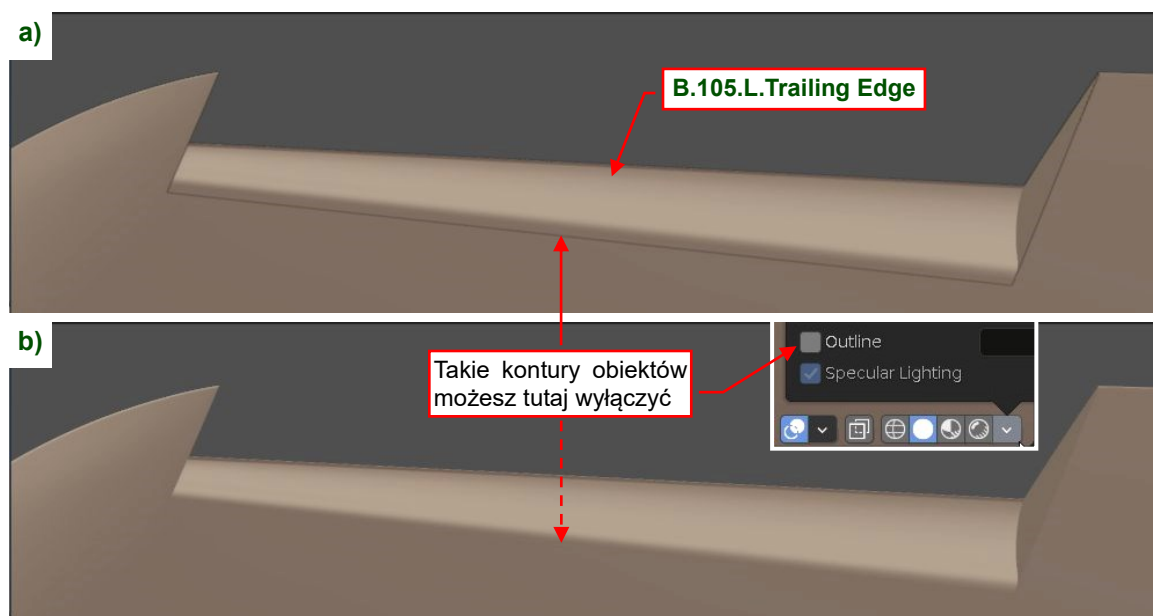
Na koniec połącz rozetami z trójkątów ściany żebra ze ścianami zakończenia skrzydła (Rysunek 5.4.31):



Rysunek 5.4.31 Łączenie żebrow z tylnymi ścianami

Taka nieregularna rozeta nie jest specjalnie estetyczna, lecz doskonale się sprawdza w tym przypadku. Zdecydowałem się umieścić jej środek w wierzchołku **C**, na dolnym konturze żebra. To nie przypadek: najważniejszą częścią tej rozety jest mały trójkąt, oznaczony jako **ABC** (Rysunek 5.4.31). Bez tej drobnej ściany ostra linia krawędzi pomiędzy tyłem skrzydła i żebrem traci swój dolny kontur. **ABC** jest bardzo niskim trójkątem – przy końcówce skrzydła jego wysokość wynosi tylko 0.015". Byłby jeszcze cieńszy, gdybym zdecydował się umieścić **C** gdzieś wyżej, wewnątrz konturu żebra!

Rysunek 5.4.32 pokazuje ukończony obiekt **B.105.L.Trailing Edge**, dopasowany do wycięcia na lotkę:



Rysunek 5.4.32 Gotowa wnęka na lotkę

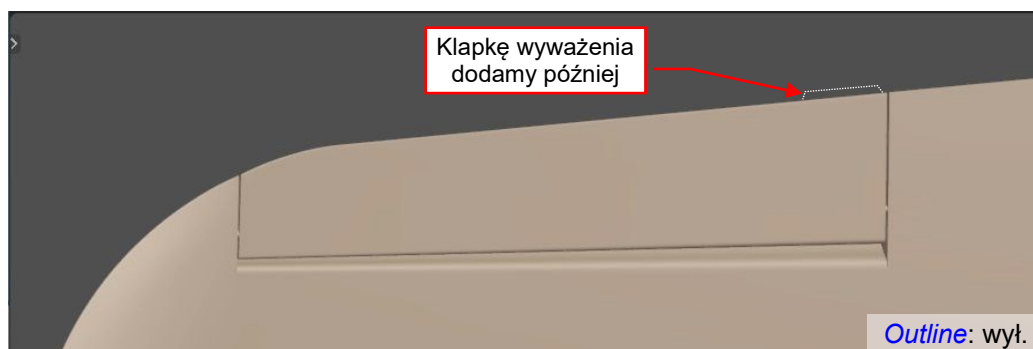
Nie sugeruj się konturem, który Blender rysuje wokół obiektów (Rysunek 5.4.32a). Gdy je wyłączysz (w panelu rozwijalnym **Viewport Shading**), ta oddzielna część wygląda tak samo, jak reszta skrzydła.



Blender rysuje te kontury, abyś mógł łatwiej znaleźć obiekty na scenie (podczas zaznaczania).

Zamiast tworzenia obiektu, który zamyka otwór na lotkę, moglibyśmy wyciąć jego kształt z „litej” bryły skrzydła wykorzystując modyfikator **Boolean**. W takim przypadku, należałoby pominąć dodanie efektu „grubości blachy” za pomocą modyfikatora **Solidify** (str. 171), pozostawiając skrzydło w stanie „domyślnie wypełnionym”. Potem musielibyśmy wyprofilować przednią część „obiektu tnącego” użytego przez modyfikator **Boolean**. Powinniśmy w nim uzyskać taki sam przekrój o profilu „S” jaki uformowaliśmy w **B.105.L.Trailing Edge**. Jednak nie zdecydowałem się na tę metodę, ponieważ mogłaby pozostawić różne drobne geometryczne artefakty na tym odcinku dolnej powierzchni skrzydła, gdzie tylny panel gładko przechodzi w dolny obrys profilu płata (por. Rysunek 5.4.30b). Z mojego doświadczenia wynika, że najlepsze przecięcia narzędziem **Boolean** uzyskuje się pod kątem prostym, co wykorzystałem w tej sekcji.

Rysunek 5.4.33 pokazuje ukończony zespół lotki:



Rysunek 5.4.33 Zespół lotki

Występowała tu różnica w kłapkach wyważenia aerodynamicznego (trymera). W „Warhawkach” USAAC trymer lotki był elektryczny, sterowany w locie, a w brytyjskich „Tomahawkach” (i samolotach AVG) był małym paskiem blachy, wyginanym na ziemi. Tymi wariantami zajmiemy się później, podczas uszczegóławiania modelu.

Efekt napiętego wzdłuż żeber lotki płótna poszycia (por. Rysunek 5.4.1) odtworzymy za pomocą tekstur¹. Zrobimy to w kolejnej fazie naszego projektu.

¹ Możesz napotkać prace wielu modelarzy 3D, którzy modelują w siatce te drobne szczegóły poszycia. To ma sens, jeżeli przygotowujesz model do wydruku 3D. Tekstury są lepszym rozwiązaniem dla wizualizacji i symulatorów/gier komputerowych.

Podsumowanie

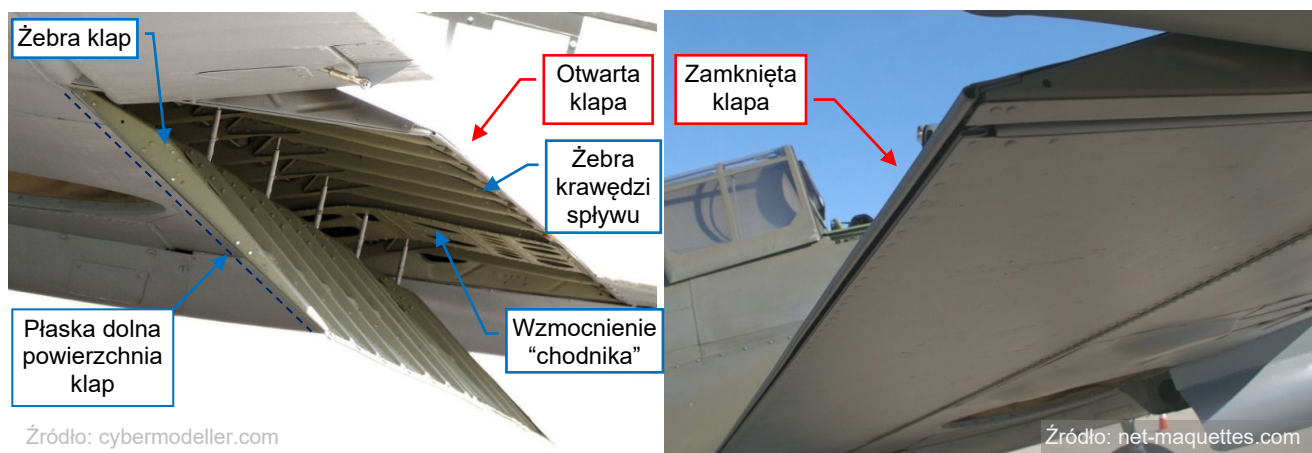
- W tej sekcji pokazuję, jak stworzyć modyfikowalne („dynamiczne”) wycięcie w powierzchni obiektu za pomocą modyfikatora **Boolean** (str. 171). Dowiedziałeś się także, jak ustawić permanentne cieniowanie obiektu na **Wire** dla „narzędzi tnących” (str. 170) i jak użyć pustego obiektu (**Empty**) nadrzędny w celu uniknięcia „zależności cyklicznych” w strukturze modelu (str. 171). Zastosowaliśmy polecenie **Separate** do wyodrębnienia części siatki w nowy obiekt (str. 172) i zmieniliśmy położenie jego środka (**origin**) poleceniem **Origin to 3D Cursor** (str. 173). Do uzyskania krawędzi przecięcia w środku siatki możesz użyć polecenia **Intersect (Knife)** (str. 173). Często stosowaliśmy współczynnik **Crease** do formowania ostrych krawędzi w powierzchniach podziałowych (str. 174-177, 180). Do stworzenia zawiasu lotki posłużyliśmy się nowym rodzajem obiektu: **Cylinder** (str. 178).
- Zaczęliśmy od wycięcia otworu na lotkę w krawędzi spływu skrzydła (str. 169-171). Pod koniec tej sekcji zamknęliśmy to wycięcie używając przekształconej siatki lotki (str. 179-181).
- Lotka powstała z kopii odpowiedniej części krawędzi spływu skrzydła (str. 169-171). Po skopiowaniu przycięliśmy zewnętrzne krawędzie jej siatki (str. 173). Uformowaliśmy jej krawędź natarcia z dwóch połączonych łuków (str. 174-175). Wyciągnęliśmy ten profil i połączyliśmy go z krawędzią spływu (str. 176). Ukształtowaliśmy zaokrągloną sekcja krawędzi spływu lotki w taki sam sposób, jak to robiliśmy w sekcji 5.3 (wykorzystując tymczasową krzywą – por. str. 177).
- Gotowa lotka jest dołączona do pomocniczego obiektu „zawiasu” za pomocą relacji **parent/child** (str. 178-179). Dzięki temu można nią obracać jak w prawdziwym samolocie.
- Większość planów samolotów nie dostarcza wiarygodnych przekrojów lotki lub położenia jej osi obrotu. Spróbuj ich szukać na oryginalnych rysunkach fabrycznych (str. 167, 178). W najgorszym przypadku, pozostaje zrobić jakieś założenia w oparciu o zdjęcia.
- W tej sekcji często używaliśmy lokalnego systemu współrzędnych edytowanego obiektu (str. 169-170, 173-175, 178-180). Gdy zidentyfikujesz kluczową „konceptę geometryczną” modelowanej części (por. str. 172), takie dodatkowe osie są bardzo przydatne. Aby zmienić lokalny system współrzędnych, możesz wykonać transformację tylko na jego środku (**origin**) (str. 173).
- Użyliśmy poleceń **Intersect (Boolean)** do przycięcia „nadmiaru” ścian siatki lotki (str. 173). Moglibyśmy to także zrobić narzędziem **Knife** (por. str. 532). To narzędzie zawsze tworzy „czyste” krawędzie, bez nadmiarowych wierzchołków. Jednak **Knife** jest mniej dokładne od pomocniczych „płaszczyzn cięcia”, które przygotowaliśmy dla tych poleceń **Intersect**.
- Możesz użyć skalowania wzdłuż pojedynczej osi jako sposobu na ustalenie dokładnej pozycji płaskiej sekcji siatki (jak to zrobiliśmy na str. 175).
- Scalenie (ustawienie) dwóch obiektów tak, że nie widać ich krawędzi połączenia jest możliwe. Zrobiliśmy to ze ścianami zamykającymi wycięcie lotki w skrzydle (str. 181).
- Gdy zawartość Twojej sceny jest zorganizowana w pojedynczą, rozgałęzioną hierarchię (**parent/child**), wyeksponuj (uczynij łatwo dostępnymi) kluczowe obiekty poprzez umieszczenie ich w specjalnych kolekcjach pomocniczych (str. 171, 179).



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: **model\p40\history\P40B-9.04.blend**.

5.5 Wycięcie na kłapy

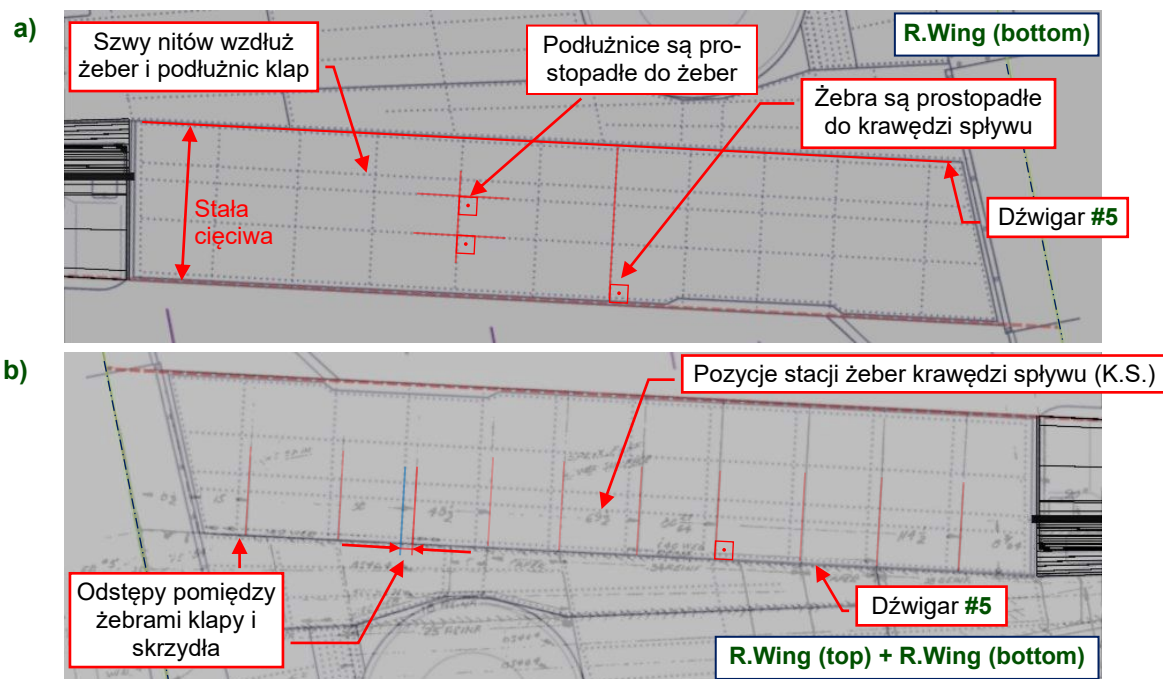
Kłapy w skrzydłach są używane do zwiększenia siły nośnej podczas startu i lądowania. W P-40 wykorzystano tzw. kłapy krokodylowe, które w pozycji otwartej ujawniają wewnętrzne elementy skrzydła (Rysunek 5.5.1):



Rysunek 5.5.1 Kłapa krokodylowa w P-40

W tej sekcji odtworzymy to wycięcie na kłapy, wraz z żebrami i podłużnicami. To prostsze niż myślisz.

Zacznijmy od przyjrzenia się geometrii tej części skrzydła (Rysunek 5.5.2) :



Rysunek 5.5.2 Geometria kłapy w P-40

Rysunek 5.5.2a) pokazuje widok z dołu (to fragment obrazu **R.Wing (bottom)**). Zwróć uwagę, że cięciwa (szerokość) kłapy jest stała. Linie nitów, widoczne na rysunku, ujawniają położenie żeber i podłużnic. Wydaje się, że żebra kłapy były prostopadłe, a podłużnice – równoległe do krawędzi spływu skrzydła i dźwigara #5.

Rysunek 5.5.2b) dodaje do tego półprzezroczysty obraz **R.Wing (top)**, z widokiem skrzydła z góry. Widać na nim położenie żeber krawędzi spływu. Oryginalny szkic Curtiss podaje ich stacje (odległości od osi samolotu, mierzone wzdłuż dźwigara #5). Zwróć uwagę, że te żebra także są prostopadłe do tego dźwigara, i równoległe do żeber kłapy. Są jednak od nich przesunięte w bok (na zewnątrz).

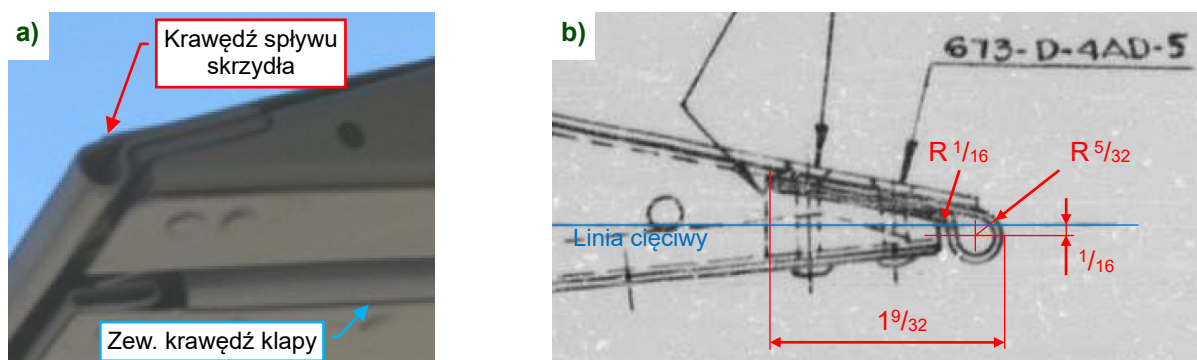
Fotografie pokazywane przez Rysunek 5.5.1 ujawniają także płaską dolną powierzchnię kłapy. Znajduje to potwierdzenia na licznych zdjęciach z innych źródeł. Ten płaski kontur pasuje także do spodu lotki (str. 177).

Na p40warhawk.com znajdziesz trzy części oryginalnego rysunku złożeniowego kłapy. To białe/czarne skany, w niskiej rozdzielczości. Widać na nich, że krawędź spływu jest dla tego zespołu bazą wymiarową. Na nieszczęście, wymiary są na nich nieczytelne z powodu niskiej jakości tych obrazów¹. Możesz użyć ich tak, jak użyliśmy wycinków ze złożenia lotki (por. str. 167). Żadne plany modelarskie nie pokazują szczegółów żeber i podłużnic, widocznych we wnętrzu luku kłapy (Rysunek 5.5.1). Do opracowania tej sekcji użyłem rysunków z portalu aircorpslibrary.com². Podążaj za ilustracjami, na których pokażę wszystkie potrzebne wymiary.



Bez rysunków fabrycznych, musielibyśmy określić proporcje modelowanego fragmentu na podstawie zdjęć. Dla wielu historycznych samolotów to jedyna możliwa metoda.

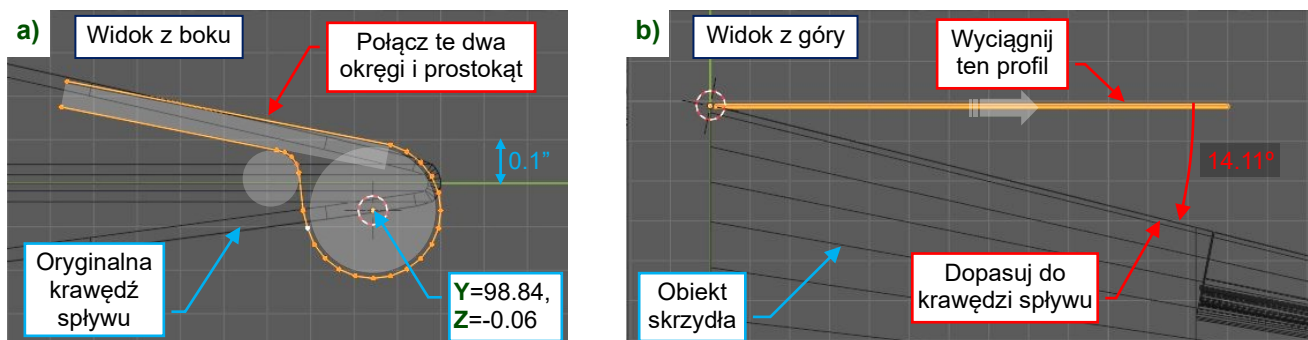
Zacznijmy od krawędzi spływu. Rysunek 5.5.3a) to powiększony fragment prawego zdjęcia pokazywanego przez Rysunek 5.5.1. Widać tu, że skrzydło P-40 było zakończone otwartym profilem z duralu. Przyglądając się mu bliżej można oszacować grubość ścianek na **0.03"** (jest podobna do grubości innych elementów skrzydła z tego obrazu). Kluczowe wymiary tego profilu podaje Rysunek 5.5.3b):



Rysunek 5.5.3 Szczegóły krawędzi spływu

Zachowałem w tych wymiarach ułamki, używane w oryginalnych rysunkach Curtiss³. Gdy w polu Blendera wpiszesz „7/8”, zostanie to automatycznie zmienione na postać dziesiętną (0.875), więc to nie jest kłopot. Wysokość „15/64” była mierzona w żebrze bazowym (stacja 000) – za chwilę do tego wrócimy.

Stwórz w widoku z boku (globalna płaszczyzna **YZ**: **X=0**) ten profil jako nowy obiekt. Zacznij od okręgu (24 boki, $R=27/32$), umieszczonego w **Y=99-R (98 27/32)**, **Z = -1/16** (Rysunek 5.5.4a). Następnie wyciągnij go wzdłuż lokalnej osi **Z** o **129.25"** i obróć (w **Object Mode**) wokół globalnej osi **Z** o **14.11°** (Rysunek 5.5.4b):



Rysunek 5.5.4 Formowanie profilu zakończenia krawędzi spływu skrzydła

¹ Wśród zasobów aircorpslibrary.com możesz znaleźć dwa bardziej czytelne skany, o wysokiej rozdzielczości, tego samego złożenia. To rysunki: [75-08-001](#) lub [87-08-501](#).

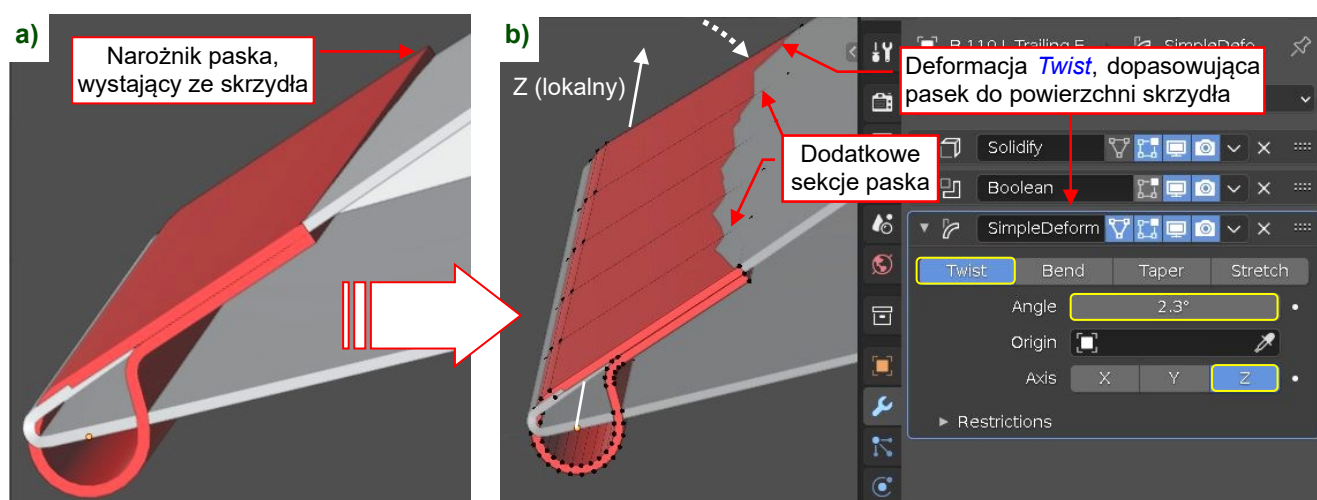
² To złożenie krawędzi spływu (rys. nr. [87-03-826](#)), złożenie dźwigara ([75-03-015](#)), i kilka rysunków żeber ([75-03-074](#), [-217](#), [-226](#),...).

³ Użyłem w tych wymiarach ułamków zwykłych, ponieważ dokładność rysunków P-40 jest rzędu 1/64. W postaci dziesiętnej (0.015625) stworzyłoby to fałszywe wrażenie co do ogólnej dokładności tych wymiarów. Na przykład, gdyby Rysunek 5.5.3b) podał liczbę „0.234375” zamiast „15/64”, mógłbyś założyć, że ten samolot był wykonany z tolerancją 0.0000001”, co jest niemożliwe.

Nazwij ten nowy obiekt **B.100.L.Trailing Edge**, a jego siatkę – **B.110.Trailing Edge**. Przypisz go relacją *parent/child* do obiektu **B.100.L.Wing**.

Teraz zmieńmy parę właściwości tego obiektu i dodajmy modyfikatory:

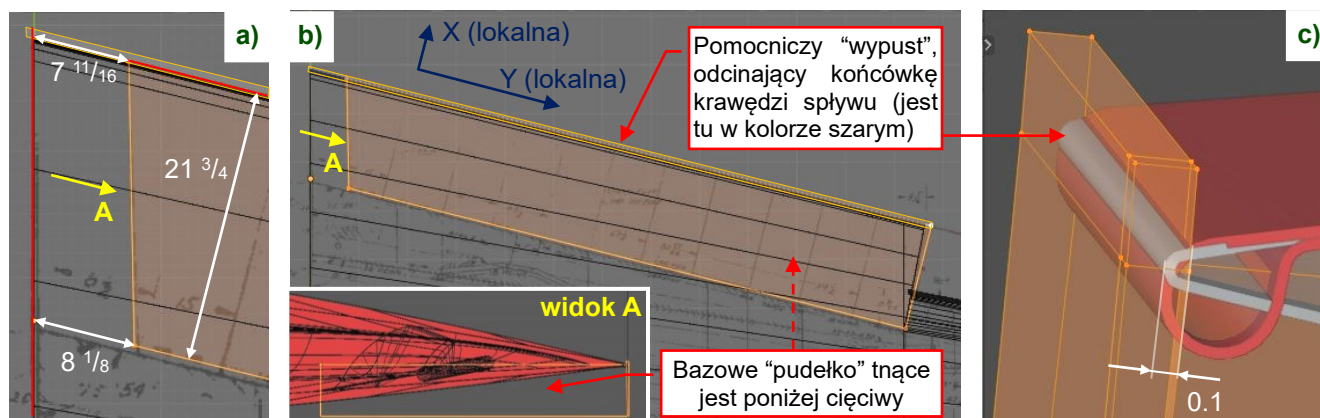
1. Ustal tryb cieniowania obiektu na **Shade Smooth** (por. str. 515), ale nie dodawaj modyfikatora **Subdivision Surface**. Dla tak małego obiektu jak ten, 24 wierzchołki podstawowego okręgu wystarczą do stworzenia wrażenia gładkiej powierzchni.
2. Zaznacz całą siatkę (**A**) i wywołaj **Mesh → Normals → Recalculate Outside** (na wszelki wypadek).
3. Dodaj modyfikator **Solidify: Thickness = 0.03, Offset = -1**.
4. Dodaj modyfikator **Boolean** (aby odciąć krawędź zewnętrzną przy lotce): zaznacz tryb **Difference** i wskaż jako drugi **Object U.100.Aileron**.
5. Gdy porównujesz dwa nakładające się obiekty, możesz je łatwiej odróżnić, gdy są w kontrastujących kolorach. Ustal „techniczny” kolor obiektu **B.110.L.Trailing Edge** na czerwony (por. Rysunek 5.5.5a), tworząc w tym celu nowy materiał (por. str. 575) .



Rysunek 5.5.5 Skręcanie paska, który zamyka krawędź spływu skrzydła

Gdy pasek jest czerwony, możesz łatwiej dostrzec jego zewnętrzny narożnik wystający z powierzchni skrzydła (Rysunek 5.5.5a). To z powodu cieńszego profilu skrzydła na stacji **122**. Mógłbyś obrócić koniec tego paska, ale wtedy za bardzo by „zatonała” w skrzydle jego środkowa część. Aby temu zaradzić, wstaw w ten pasek (**Loop Cut**) kilka nowych sekcji. Potem, zamiast „statycznie” obracać pojedyncze sekcje, skręć cały obiekt modyfikatorem **Simple Deform** (str. 554) wzdłuż lokalnej osi **Z**, o **2.3°** (Rysunek 5.5.5b) .

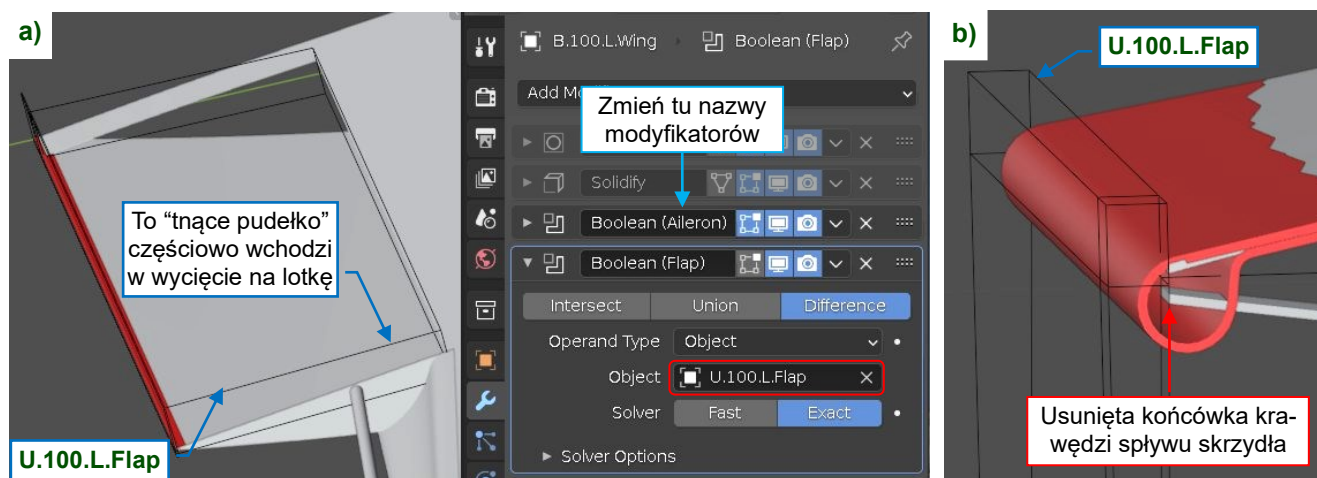
Teraz stwórz pomocniczy „obiekt tnący” o nazwie **U.100.L.Flap**. Wytniemy nim otwór kłapy (Rysunek 5.5.6a, b). Rozszerz jego tylną ścianę o nowy segment, odcinający końcówkę krawędzi spływu skrzydła Rysunek 5.5.6c):



Rysunek 5.5.6 Pomocniczy obiekt, wycinający otwór na klapę w skrzydle

Umieść ten nowy obiekt w kolekcji **3a.Booleans** (por. str. 169), przełącz jego tryb wyświetlania na **Wire** (jak na str. 170) i przypisz jako potomka do obiektu nadrzędnego **X.100.Wing.Base** (str. 171).

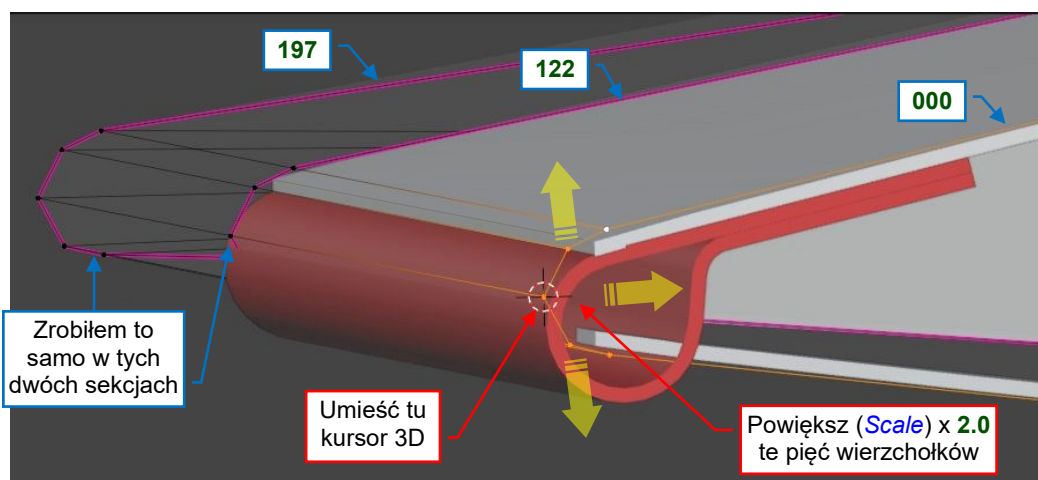
Dodaj do skrzydła kolejny modyfikator **Boolean (Difference)** i wskaż **U.100.L.Flap** jako drugi obiekt. W efekcie powstanie wycięcie klapy (Rysunek 5.5.7):



Rysunek 5.5.7 Wycięcie w skrzydle na klapę

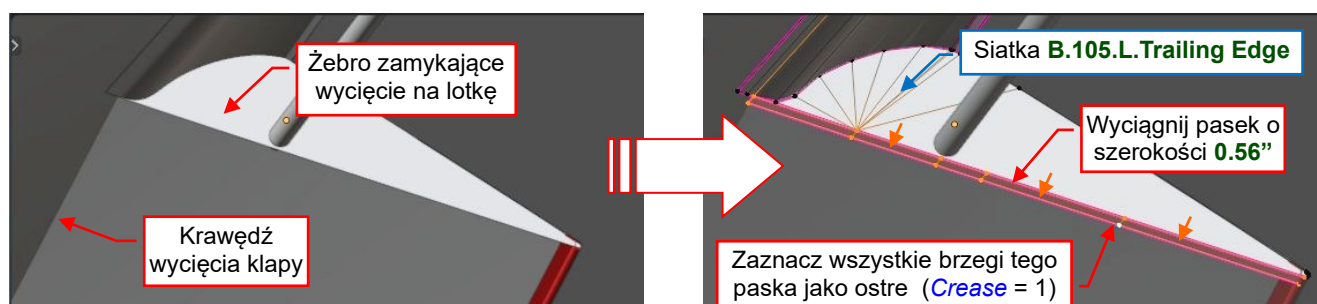
Rysunek 5.5.7a) pokazuje nowy otwór w dolnej powierzchni skrzydła. Rysunek 5.5.7b) przedstawia usuniętą końcówkę oryginalnej krawędzi spływu.

Oczywiście, ta końcówka nadal istnieje w oryginalnej siatce skrzydła. Użyjemy jej teraz do podniesienia pozostałej „blachy poszycia” skrzydła ponad czerwony pasek, jak pokazał to Rysunek 5.5.3. Powiększ teraz 2x promień ostatnich pięciu wierzchołków sekcji **000**, **122** i **197** siatki skrzydła, tak jak to robiliśmy na str. 176:



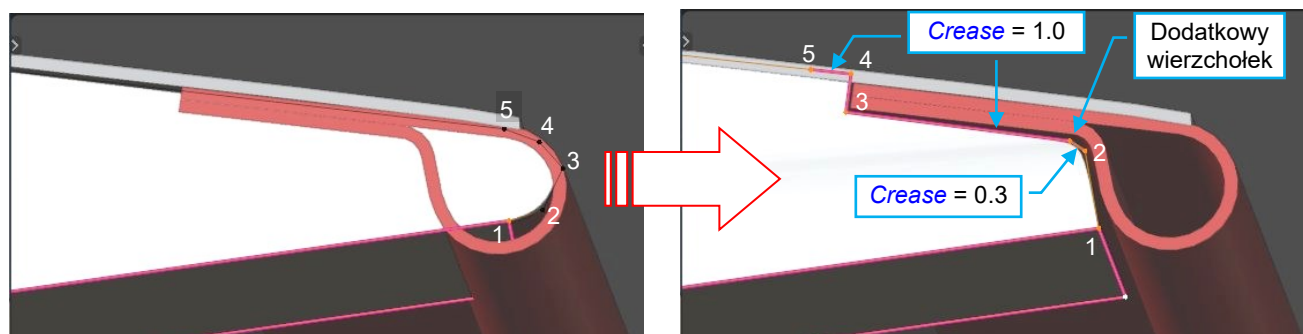
Rysunek 5.5.8 Zwiększanie promienia krawędzi spływu w B.100.Wing

Tworząc wycięcie klapy, usunęliśmy dolną część skrzydła aż do lotki. Aby odtworzyć wąski pasek poszycia wzdłuż krawędzi lotki, wyciągnij o $\frac{9}{11}$ dolną krawędź żebra zamykającego jej wycięcie (Rysunek 5.5.9):



Rysunek 5.5.9 Odtwarzanie paska powierzchni skrzydła przy wewnętrznej krawędzi lotki

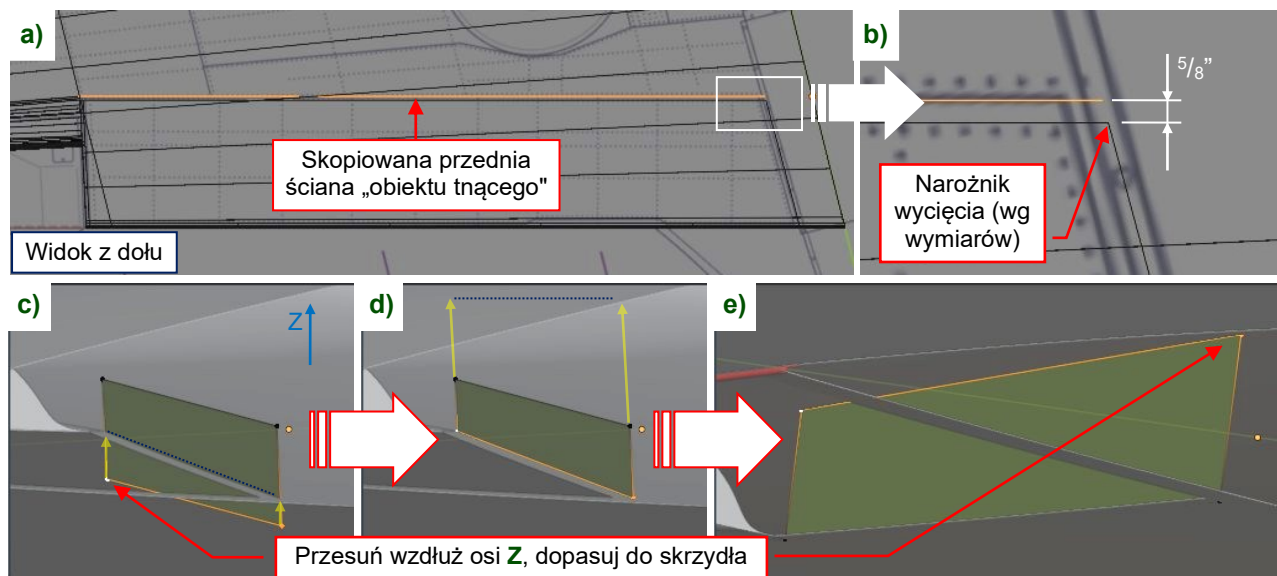
Możemy także przekształcić końcówkę tego żebra, upodabniając ją do oryginału (Rysunek 5.5.3). Rysunek 5.5.10 pokazuje, jak poprzesuwałem 5 ostatnich wierzchołków żebra. Zrobiłem to przesuwając je poleceniami *Slide* lub *Move* (na lokalnej płaszczyźnie **XY** obiektu). Ostre narożniki **4** i **3** stworzyłem ustawiając *Crease* ich krawędzi na 1. Krótki odcinek [**5 4**] pozwala uniknąć rozciągnięcia prostych krawędzi nad całym górnym konturem. Dodałem jeden dodatkowy wierzchołek (*Subdivide*) by zaokrąglić narożnik przy wierzchołku **2**.



Rysunek 5.5.10 Dalsze modyfikacje krawędzi spływu żebra 122

Aby zamknąć przestrzeń wewnątrz otworu na klapę, stwórzmy dźwigar **#5** (por. Rysunek 5.5.2):

1. Skopiuj (*Duplicate*) i wydziel (*Separate* – por. str. 172) przednią ścianę obiektu **U.100.L.Flap**¹.
2. Nazwij ten obiekt **B.115.L.Web#5**, a jego siatkę – **B.115.Web#5**. Przenieś go do kolekcji 3.Wing i przypisz (*Set Parent*) do **B.100.L.Wing**.
3. Przełącz tryb wyświetlania tego obiektu (*Viewport Display*) na *Textured* (por. str. 170). Przypisz temu dźwigarowi nowy, zielony materiał (nazwij go: **Artificial.Green**) – tak, jak to zrobiliśmy na str. 575.
4. Ten dźwigar miał profil „C” i zawias klapy przymocowany do zewnętrznej krawędzi jego dolnej półki. Szerokość tej półki to $\frac{5}{8}$ ". Skopiowana ściana to pionowa część dźwigara. W tej chwili jednak leży ona na osi zawiasu klapy. Aby zrobić miejsce na półkę dźwigara, przesun ten obiekt o **-0.644** wzdłuż globalnej osi **Y**² (Rysunek 5.5.11a,b).
5. Dopasuj wierzchołki ściany dźwigara do wewnętrznej powierzchni skrzydła (Rysunek 5.5.11ac,d,e).



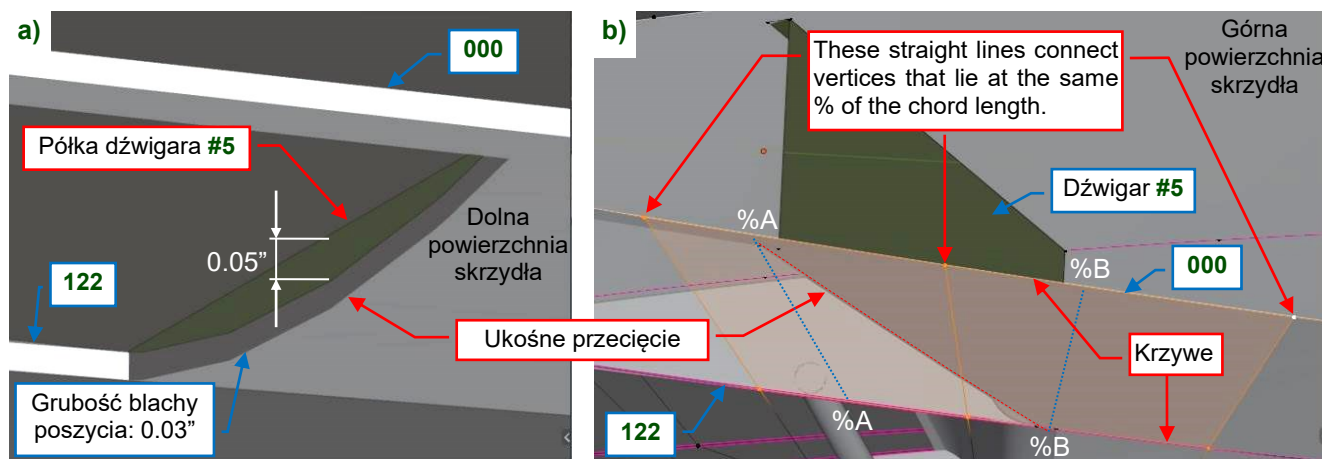
Rysunek 5.5.11 Tworzenie tylnej ściany otworu klapy (dźwigara #5)

¹ Zakładam, że ustawiłeś układ współrzędnych tego obiektu wzdłuż krawędzi spływu (por. Rysunek 5.5.6b). Kopiując tę ścianę w nowy obiekt, kopiujemy także lokalny układ współrzędnych.

² Podaję ten wymiar przeliczony wzdłuż osi globalnej. Otrzymałem go jako $(5/8)/\cos(14.11^\circ) = 0.625/\cos(14.11^\circ) = 0.6444$. W tej postaci jest on dokładny nawet w przypadku, gdybyś nie obrócił lokalnego układu współrzędnych obiektu dźwigara.

Zwróć uwagę, że w planach Jumpei Temmy pokazywanych przez Rysunek 5.5.11b), narożnik wycięcia kłapy nie pasuje do narożnika odtworzonego wg oryginalnych wymiarów. Temma umieścił zawias tej kłapy $22 \frac{3}{8}$ " od krawędzi spływu skrzydła (pod ścianą dźwigara #5). Prawdziwe kłapy były węższe: $21 \frac{3}{4}$ " od krawędzi spływu.

Wyciągnij dolną półkę z dolnej krawędzi dźwigara #5 i umieść jej brzeg ponad krawędzią wycięcia kłapy. Zwróć uwagę, że ta podłużna krawędź otworu kłapy jest minimalnie wygięta do dołu (Rysunek 5.5.12):



Rysunek 5.5.12 Zakrzywiony kontur otworu kłapy w skrzydle

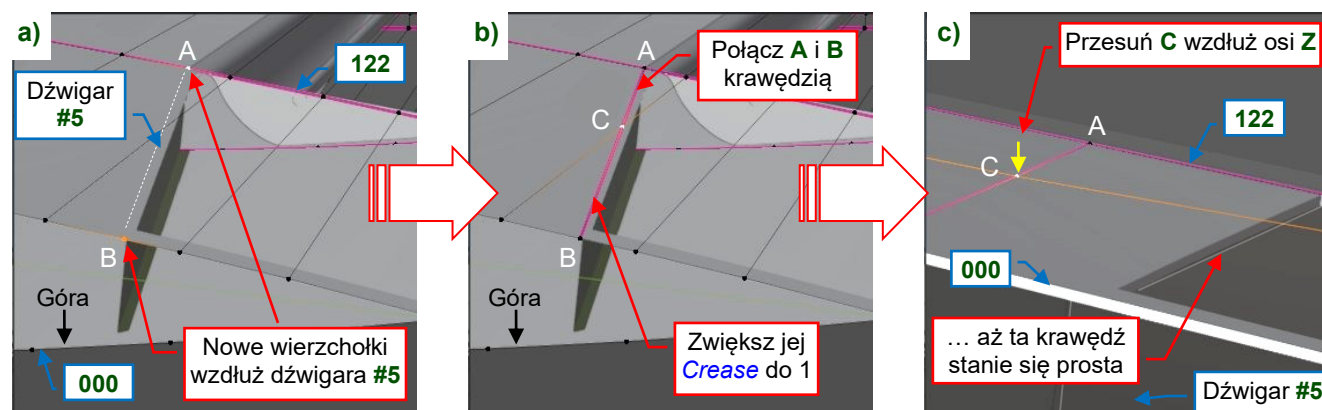
Podobna szczelina istnieje między górną półką dźwigara i powierzchnią skrzydła. Odchylenia są małe – max. 0.05" na dolnej szczelinie (Rysunek 5.5.12a) i 0.07" na górnej. To nie błąd: profil skrzydła jest zakrzywiony i proste podłużnice łączące żebra skrzydła muszą leżeć w takiej samej % odległości wzdłuż ich cięciw. Ukośne wycięcie, którego krawędź biegnie od %A do %B (Rysunek 5.5.12b) odtwarza wzdłuż swojej długości krzywą profilu skrzydła pomiędzy tymi dwoma miejscami na cięciwie.



Każda przekrój skrzydła, który nie łączy miejsc o tych samych % cięciwy, odtwarza krzywą łączącego je fragmentu profilu. Pamiętaj o tym przy wycięciach na lotki i kłapy.

Gdy szerokość takich szczelin była znaczna – projektanci dodawali na szczycie półek dźwigarów dodatkowe kształtki. W P-40 te różnice są małe, więc inżynierowie Curtiss minimalnie spłaszczyli powierzchnię skrzydła na tym obszarze. Tak zmodyfikowane przekroje żeber pasują do prostych półek dźwigara #5.

Zdecydowałem się odtworzyć tę modyfikację poprzez dodanie nowych wierzchołków do „zeber” siatki na stacjach 000 i 122. To przekształci sąsiednie ściany w n-gony. Ocenilem, że ich obecność nie zepsuje powierzchni skrzydła, bo ta jest tutaj niemal płaska. Najpierw dodałem (*Subdivide*) wierzchołki A i B (Rysunek 5.5.13a). Następnie połączyłem je nową krawędzią (J) i zwiększyłem jej *Crease* do 1 (Rysunek 5.5.13b). To automatycznie stworzyło wierzchołek C. Poprawiłem jego położenie (przesunięcie wzdłuż osi Z o +0.06" – Rysunek 5.5.13c):



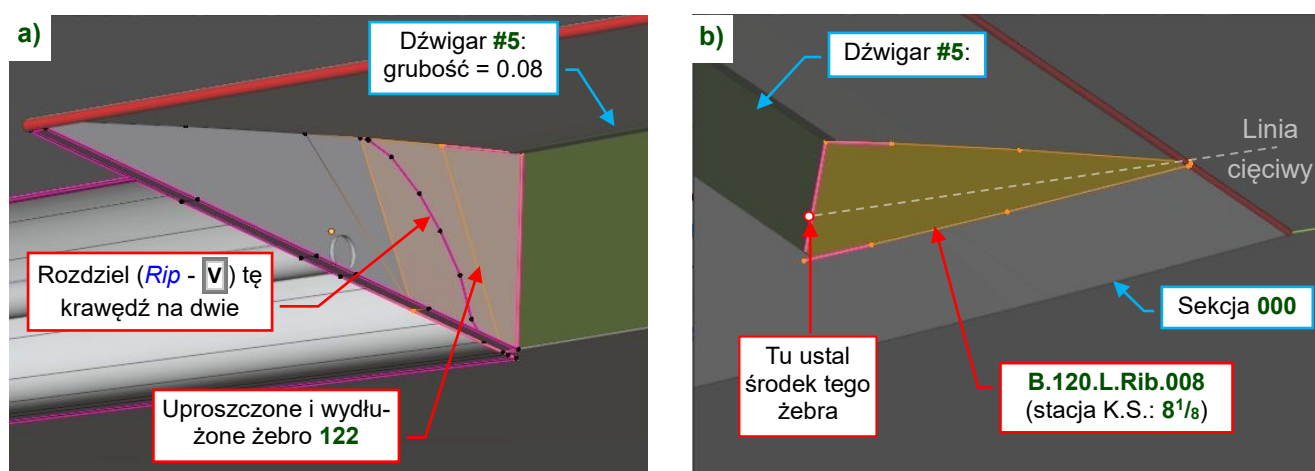
Rysunek 5.5.13 Spłaszczanie dolnej powierzchni skrzydła wzdłuż dźwigara #5

Wykonaj podobną modyfikację na górnej powierzchni skrzydła pomiędzy żebrami **000** i **122**, dopasowując ją do górnej półki dźwigara **#5**¹.

Przypisz do **B.115.L.Web#5** modyfikator **Solidify** i ustaw jego **Thickness** na 0.08 (Rysunek 5.5.14a). Możesz także obrócić tę pionową ścianę wokół lokalnej osi **Y** o 1° (zakładam kierunki jak pokazane przez (Rysunek 5.5.14b). To dlatego, że skrzydło P-40 było zaklinowane do kadłuba pod kątem 1°, i w tym położeniu ściany wszystkich dźwigarów były pionowe. Widać to na rysunku referencyjnym **R.Side.Left (compiled)**.

Teraz odwórzmy dwa żebra zamykające otwór klapy. Większą część żebra **122** już mamy (Rysunek 5.5.9). Teraz doprowadźmy je do dźwigara **#5**:

1. Rozdziel (**Rip**) wierzchołki siatki **B.105.Trailing Edge** wzdłuż „narożnika” pomiędzy krawędzią spływu i żebrem **122** (por. str. 525).
2. Uprość topologię żebra **122**, ponieważ nie łączy się już z zakrzywioną krawędzią spływu. Możesz usunąć „rozetę” trójkątów, którą przyłączyliśmy żebro z krawędzią spływu (por. Rysunek 5.5.9)².
3. Stwórz dodatkowe ściany, wydłużając żebro **122** do dźwigara **#5** (Rysunek 5.5.14a):



Rysunek 5.5.14 Tworzenie zewnętrznych i wewnętrznych żeber otworu klapy.

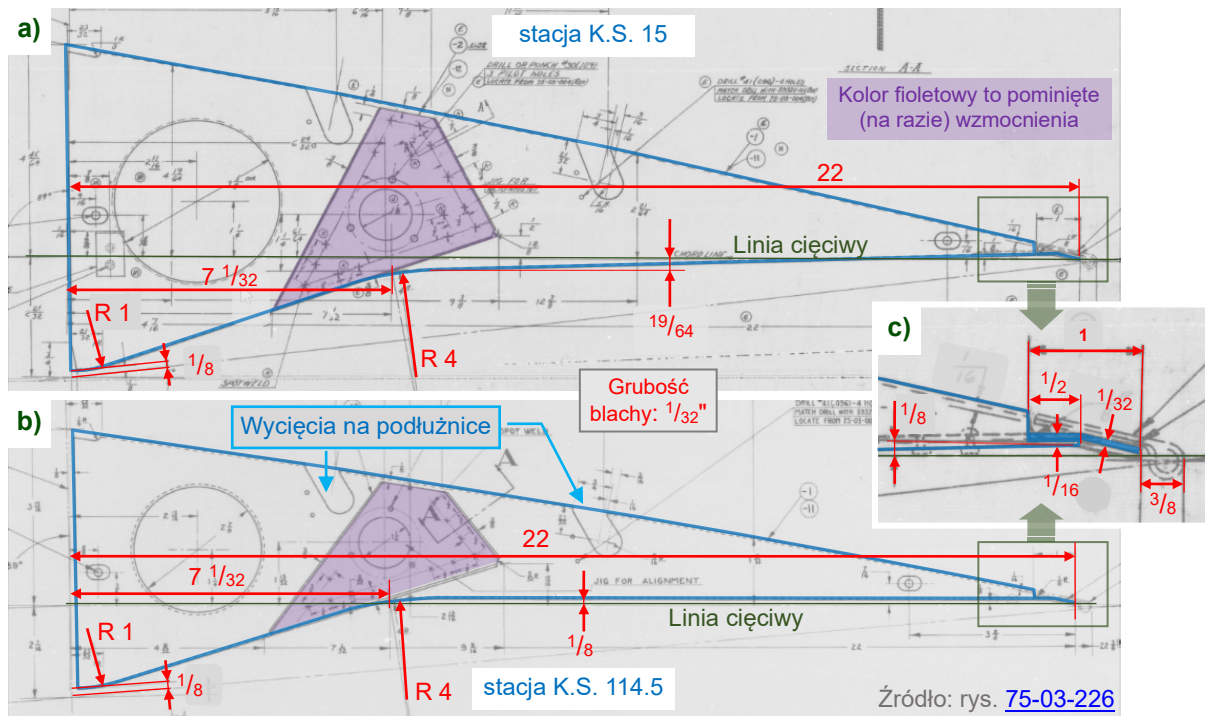
Stwórz żebro zamykające otwór klapy od wewnątrz. Użyj do tego tylnej części sekcji skrzydła ze stacji **000**:

1. W siatce skrzydła (**B.100.Wing**) zaznacz kontur krawędzi spływu sekcji **000**. Zaczynij to zaznaczanie od wierzchołka oznaczonego przez Rysunek 5.5.13a) jako **B**.
2. Skopiuj (**Duplicate**) i oddziel (**Separate**) tę linię krawędzi w nowy obiekt.
3. Przełącz się w **Object Mode**, znajdź ten nowo utworzony obiekt w oknie **Outliner** (będzie się nazywał **B.100.L.Wing. 001**) i usuń z niego wszystkie modyfikatory **Boolean** (inaczej będzie niewidzialny).
4. Nazwij tę nową siatkę **B.120.Rib.008**, a obiekt **B.120.L.Rib.008**. Przypisz go (**Set Parent**) do obiektu **B.100.L.Wing**.
5. Stwórz ścianę pomiędzy wierzchołkami skopiowanej krzywej (**F**).
6. Aby ułatwić dalsze kroki, przypisz temu obiektowi inny kolor: **Artificial.Green** (użyj materiału dźwigara).
7. Dopasuj tę siatkę pomiędzy dźwigar **#5**, wewnętrzną krawędź otworu klapy i górną powierzchnię skrzydła (Rysunek 5.5.14b). Ostre narożniki przy dźwigarze uzyskasz, zmieniając **Crease** ich krawędzi na 1.

¹ Po tej modyfikacji, gdy przyjrzyj się górnej powierzchni skrzydła ustawionej pod światło, pod pewnymi kątami będziesz widział nikielne cienie biegnące wzdłuż dźwigara **#5**. Pamiętaj jednak, że skrzydła w prawdziwym samolocie nie są idealne. Ta szczególna deformacja była „zakodowana” w wymiarach podanych przez oryginalne rysunki wykonawcze. Jest tylko zbyt mała, by była widoczna na zdjęciach.

² W siatce **B.105.Trailing Edge** możesz także uprościć, w sposób pokazany przez Rysunek 5.5.14a), przeciwległe żebro **205**. Powinieneś zrobić to od razu, w poprzedniej sekcji! Takie rozłączone płaszczyzny nie powodują problemów na wizualizacjach. Jeżeli jednak budujesz model do wydruku 3D, Twoja siatka powinna być „szczelna”. To zmusza do stosowania innych topologii, nie omawianych w tej książce.

Zanim zaczniemy modelowanie żebrow krawędzi spływu, przyjrzymy się ich wymiarom. Rysunek 5.5.15a) pokazuje pierwsze żebro (ze stacji K.S.¹ 15), a Rysunek 5.5.15b) – ostatnie, ze stacji K.S. 114.5. Rysunek 5.5.15c) przedstawia szczegóły krawędzi spływu, identyczne dla wszystkich żebrow. Kluczowe wymiary zaznaczyłem na czerwono. Uproszczony kształt żebra, który odtworzymy w modelu, jest zaznaczony na niebiesko:

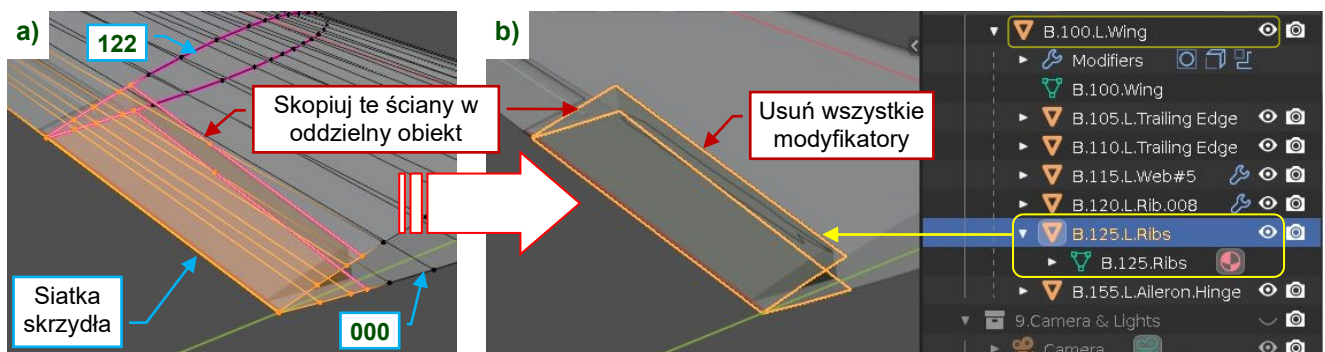


Rysunek 5.5.15 Geometria żebrow krawędzi spływu

Wszystkie te żebra są dochodzą do dźwigara #5. Ich górny kontur kształtował poszycie skrzydła. Podaję także wymiary ich dolnych konturów. Kształt pozostałych żebrow jest liniową interpolacją tych dwóch obrysów.

Stworzymy te wręgi z kopii fragmentu siatki skrzydła. Po niezbędnych przygotowaniach, „potniemy” ten skopio- wany fragment „na plasterki” (żebra). Zaczniemy:

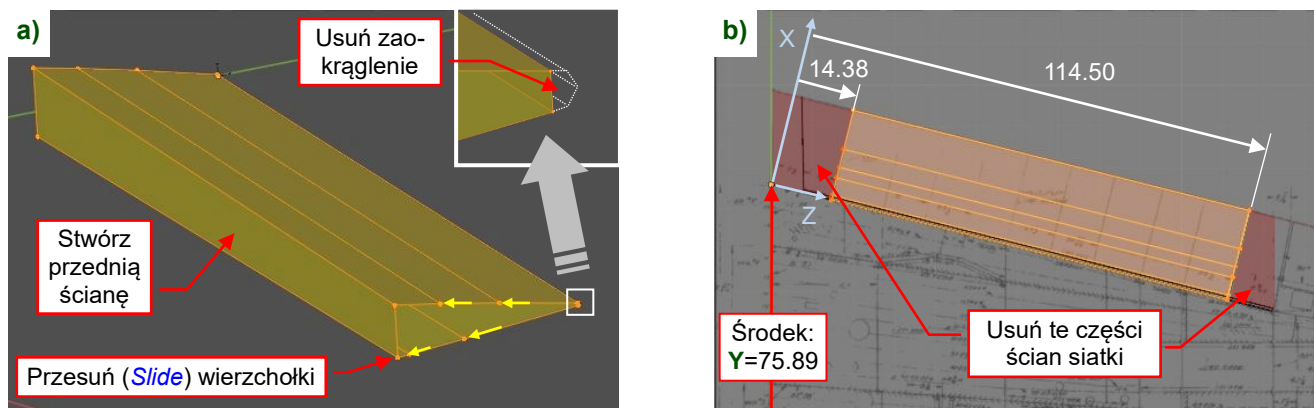
1. Zaznacz krawędzie spływu żebra 000 i 122 (Rysunek 5.5.16a).
2. Skopiuj (*Duplicate*) i rozdziel (*Separate*) zaznaczone ściany siatki w nowy obiekt.
3. Przełącz się w *Object Mode*, znajdź ten nowo stworzony obiekt w oknie *Outliner* (będzie się nazywał **B.100.L.Wing.001**) i usuń wszystkie jego modyfikatory.
4. Nazwij tę nową siatkę **B.125.Ribs**, a obiekt – **B.125.L.Ribs**. Przypisz go (*Set Parent*) do **B.100.L.Wing** (Rysunek 5.5.16b):



Rysunek 5.5.16 Kopiowanie fragmentu siatki krawędzi spływu w nowy obiekt

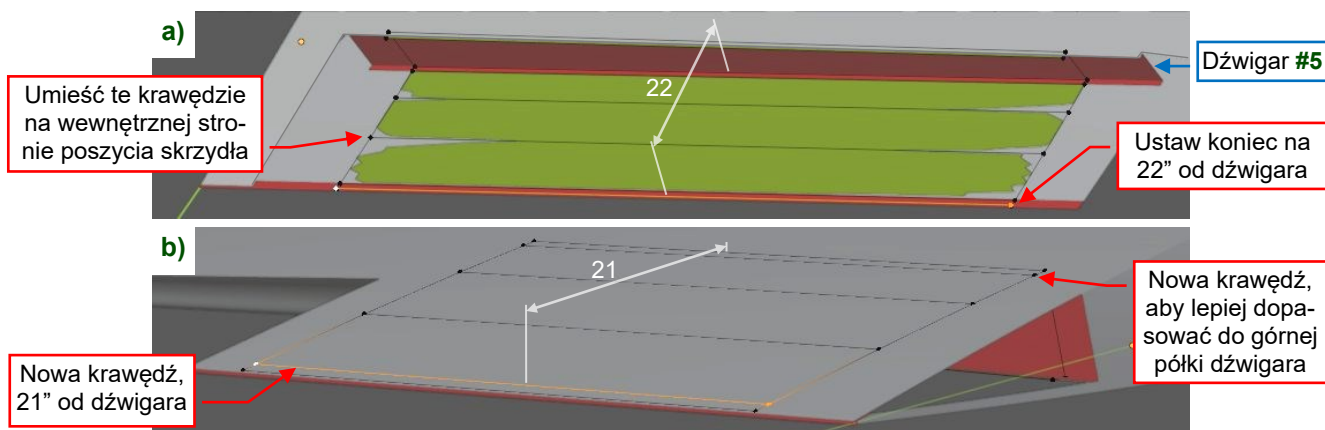
¹ „K.S.” oznacza „krawędź spływu”. Te stacje są odmierzone wzdłuż dźwigara #5 – por. Rysunek 5.5.17b) na następnej stronie.

- Przypisz do tego obiektu materiał **Artificial.Green**, aby łatwiej dostrzec jego ściany.
- Ustaw środek tego obiektu na przecięciu żebra **000** i dźwigara **#5** (**X:0, Y:75.89, Z:0**). Obróć jego lokalny układ współrzędnych wokół globalnej osi **Z** o **14.11°**, ustawiając lokalną oś **Z** wzdłuż krawędzi spływu skrzydła (Rysunek 5.5.17b). Zrób to tak samo, jak obróciliśmy lokalny układ lotki (por. str. 173). Bazą wymiarową dla tego zespołu była płaszczyzna ściany dźwigara **#5**.
- Uprość siatkę: usuń (**Dissolve**) wierzchołki w środku jej rozpiętości (wierzchołek **C** z Rysunek 5.5.13b). Usuń zaokrąglenie krawędzi spływu, stwórz ścianę z przodu. Przesuń (**Slide**) wierzchołki po konturze żebier, aby krawędzie podłużne były równoległe do dźwigara **#5** (Rysunek 5.5.17a).
- Przytnij wewnętrzne i zewnętrzne fragmenty ścian wzdłuż stacji K.S. **114 1/2** i **14 3/8**¹ (Rysunek 5.5.17b). Zrób to w ten sam sposób, jak odcinaliśmy krańce ścian lotki (por. str. 173).



Rysunek 5.5.17 Wstępna modyfikacja siatki żebier

Ukryj (**H**) dolną powierzchnię tej siatki, a potem dopasuj pozostałe widoczne ściany do górnej powłoki skrzydła i dźwigara **#5** (Rysunek 5.5.18). By lepiej widzieć różnice, przypisałem dźwigarowi **#5** materiał **Artificial.Red**:



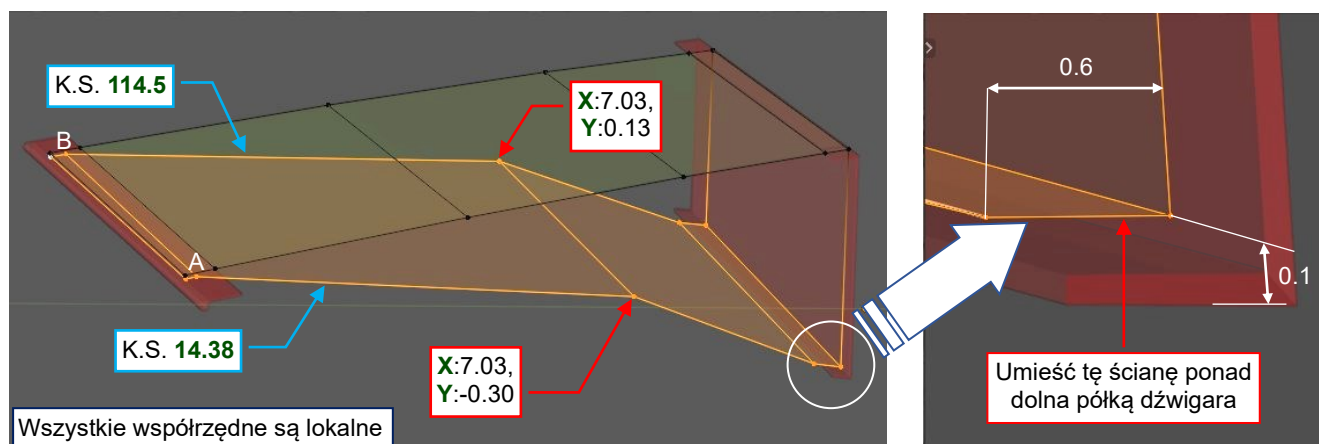
Rysunek 5.5.18 Dopasowywanie ścian siatki do powierzchni skrzydła i dźwigara

Oczywiście, tymi trzema płaskimi ścianami możesz tylko przybliżyć krzywiznę powłoki skrzydła. Przesuwaj ich wierzchołki wzdłuż globalnej osi **Z** aż będą wyglądać na częściowo „zatopione” w wewnętrznej stronie poszycia górnej powierzchni płata (Rysunek 5.5.18a). Gdy później pogrubisz te ściany modyfikatorem **Solidify**, stworzy to wystarczająco dobre wrażenie krawędzi żebier „dotykających” powłokę skrzydła.

Zgodnie z wymiarami (Rysunek 5.5.15) dopasowałem położenie wierzchołków krawędzi spływu, umieszczając je na lokalnej płaszczyźnie **X = 22** (Rysunek 5.5.18a). Wstawiłem także (**Loop Cut**) dwie nowe krawędzie. Jedną dodałem przy dźwigarze **#5**, dopasowując się do jego górnej półki. Druga jest przy krawędzi spływu (**X** lokalne = **21**). To miejsce ważnej przerwy w konturach żebier. Rysunek 5.5.15c) pokazuje, że była 1" od końca żebra.

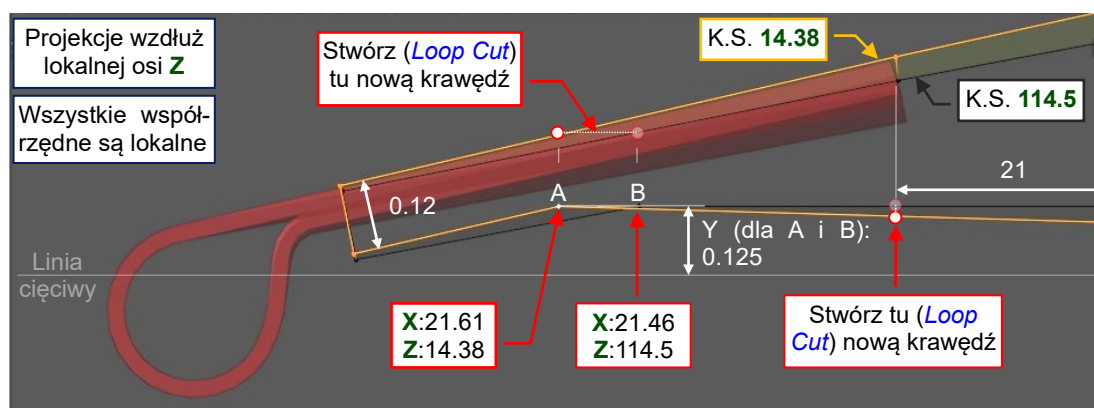
¹ W istocie, stacja **14 3/8** to stacja **(15 - 5/8)** (5/8 jest szerokością kołnierza, wygiętego wzdłuż krawędzi żebra)

Gdy siatka pasuje do wycięcia kłapy, odkryj (**Alt-H**) jej dolne ściany. Ustaw ich wierzchołki zgodnie z wymiarami podawanymi przez Rysunek 5.5.15. Dla wewnętrznej sekcji (stacja K.S. **14 3/8**) użyj wymiarów żebra położonego na stacji K.S. **15** (Rysunek 5.5.15a). Rysunek 5.5.19 pokazuje moją implementację tych danych:



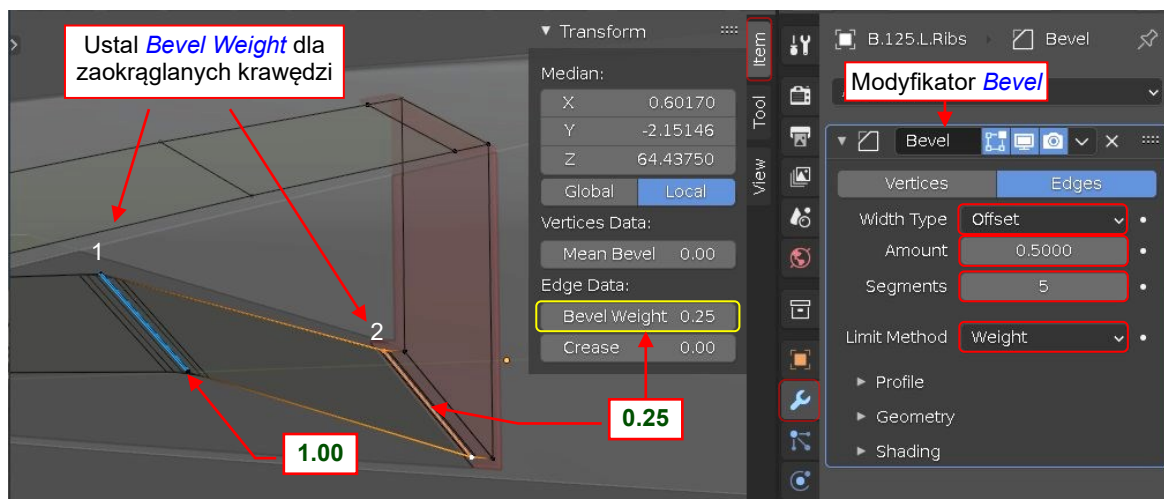
Rysunek 5.5.19 Formowanie dolnej powierzchni

Krawędź spływu wymaga dodatkowej uwagi. Rysunek 5.5.20 pokazuje, jak ustawiłem jej wierzchołki. Jest to projekcja wzdłuż lokalnej osi **Z**. Krawędź **14.38** jest tu pomarańczowa, a krawędź **114.5** – czarna:



Rysunek 5.5.20 Szczegóły krawędzi spływu

Możesz stworzyć dwie zaokrąglone krawędzie (R **1**, R **4** – por. Rysunek 5.5.15) za pomocą modyfikatora **Bevel**, w trybie **Weight** (por. str. 562). Ustaw **Width Type** na **Offset**, **Amount** na **0.5** i liczbę **Segments** na **5**. Następnie ustaw współczynnik **Bevel Weight** krawędzi **1** i **2** pokazywanych przez Rysunek 5.5.21:

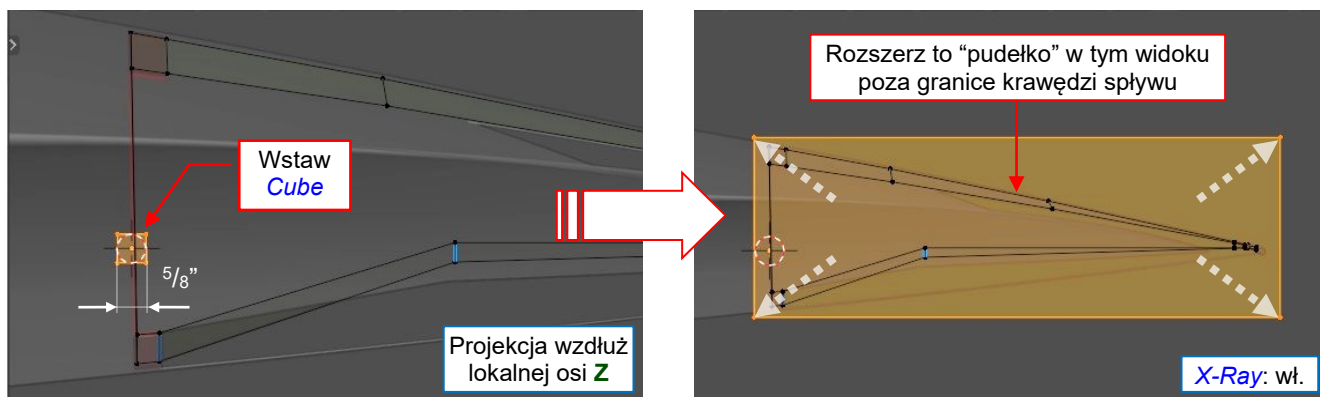


Rysunek 5.5.21 Zaokrąglanie wybranych krawędzi

Waga (*Bevel Weight*) krawędzi 2 ($=0.25$) pochodzi z proporcji pomiędzy promieniami tych dwóch krawędzi ($1:4 = 0.25$). W modyfikatorze *Bevel* ustawiłem *Amount* na większy z tych promieni ($4''$)¹, odpowiadający krawędzi 1.

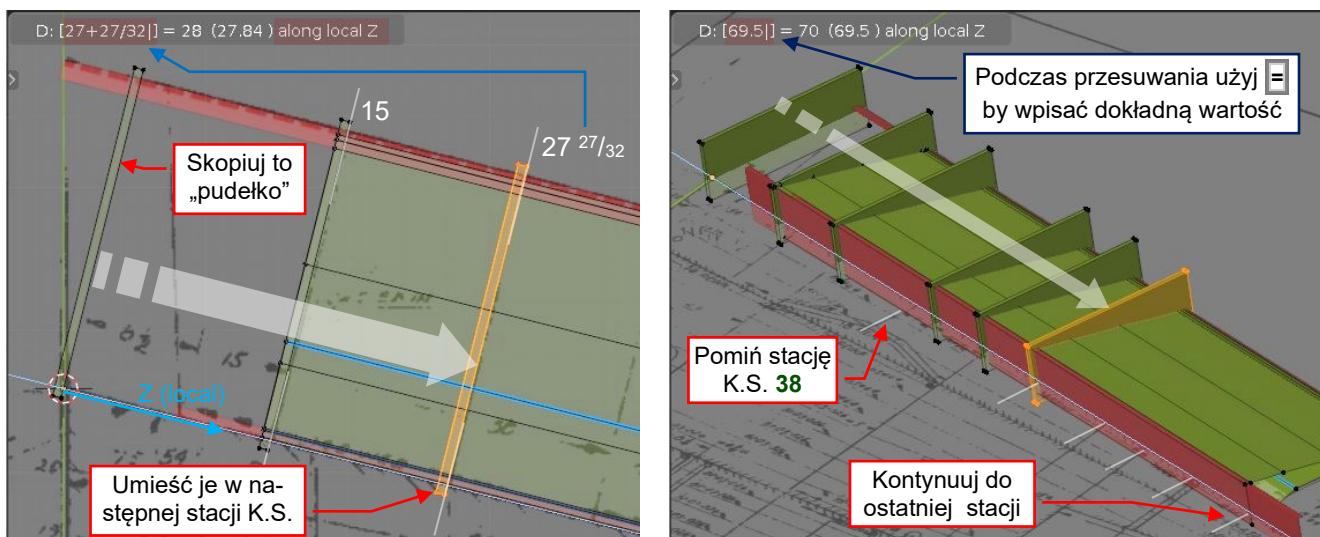
Teraz stwórzmy pomocnicze „pudełko”, które użyjemy do wycięcia z tej siatki żeber:

1. Przełącz się na *Object Mode*, ustaw projekcję okna 3D wzdłuż lokalnej osi **Z** obiektu (**Shift-7**).
2. Ustaw kursor 3D w środku obiektu (*Cursor to Selected*) i wróć do *Edit Mode*.
3. Stwórz sześciian (*Add→Cube*, str. 473), ustaw jego *Size* na $\frac{5}{8}''$ ($0.625''$ – szerokość kołnierza żebra).
4. Włącz opcję cieniowania *X-Ray*. Zaznacz i przesuń (*Move*) narożniki tego „pudełka” po lokalnej płaszczyźnie **XY**, aby stało się szersze i wyższe od siatki krawędzi spływu (Rysunek 5.5.22). Nie zmieniaj „grubości” tej bryły – jej rozmiar wzdłuż lokalnej osi **Z** powinien pozostać równy $0.625''$.



Rysunek 5.5.22 Tworzenie pomocniczego „pudełka tnącego”

5. Przesuń (*Move*) to „pudełko” wzdłuż lokalnej osi **Z** o pół szerokości (-0.3125) – tak, aby jego prawa ściana leżała na lokalnej płaszczyźnie odniesienia ($Z=0$).
6. Skopiuj tę bryłę (**Shift-D**) i przesuń wzdłuż lokalnej osi **Z** o $15''$ (to ją ustawi w sekcji K.S. 15).
7. Powtarzaj p. 6, przesuwać kopiowane pudełka do następujących stacji K.S.²: 27^{27}_{32} , 49^{1}_{8} (to żebro ma kołnierz po przeciwnej stronie) 58^{49}_{64} , 69^{1}_{2} , 80^{27}_{64} , 92^{13}_{32} , 103^{3}_{32} , 114^{1}_{2} (Rysunek 5.5.23):



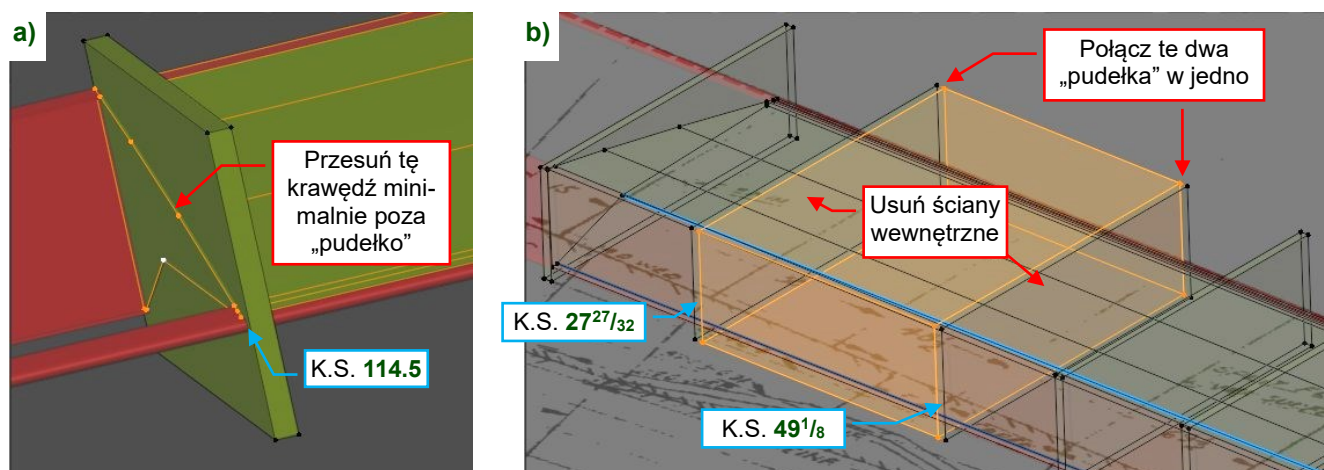
Rysunek 5.5.23 Ustawianie „pudełek tnących” na kolejnych stacjach żeber

¹ Niestety, w Blenderze nie można podać wprost promienia zaokrąglenia krawędzi. Dla kątów łuku jego przekroju zbliżonych do 90° używaj metody *Offset*. W tej metodzie, dla krawędzi łączącej ściany pod kątem prostym, wartość *Amount* jest promieniem zaokrąglenia. Dla łuków $< 45^\circ$ (jak w Rysunek 5.5.21) użyj metody *Width*, a *Amount* przybliż jako: [promień zaokrąglenia]*[kąt (średni, w stopniach)] * $3.14/180$.

² Na rysunku R.Wing (top) brakuje niektórych stacji K.S., więc podaję tutaj ich pełną listę. Przesuwaj te „pudełka” wzdłuż lokalnej osi **Z** wpisując te odległości w Blenderze jak np. „ $27+27/32$ ” (por. Rysunek 5.5.23). Blender sam obliczy takie wyrażenia.

Przed operacją cięcia, wprowadźmy ostatnie poprawki:

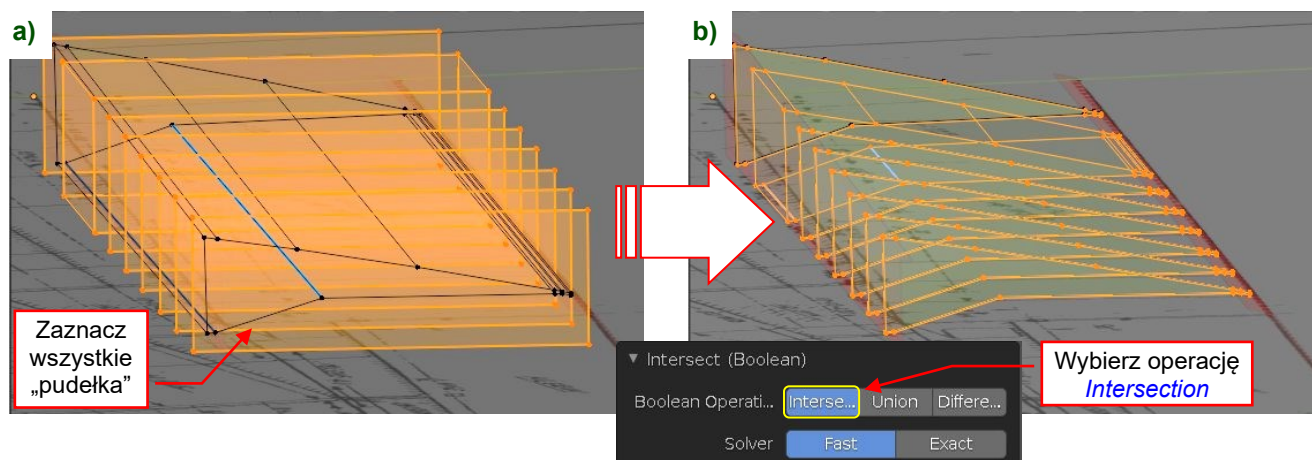
1. Usuń oryginalne „pudełko” ze stacji **Z = 0** (nie będziemy już go potrzebować).
2. Przesuń linię krawędzi ze stacji K.S. **114.5** na minimalną odległość na zewnątrz ostatniego „pudełka”. Zrób to poleceniem *Edge Slide* z wyłączoną opcją *Clamp* (por. str. 140). W ten sposób staram się nie dać poleceniu *Intersect* szansy na pominięcie tego miejsca (Rysunek 5.5.24a).
3. Usuń przeciwległe ściany z „pudełek” umieszczonych na stacjach K.S. **27²⁷/32** i **49¹/8**.
4. Połącz „pudełka” ze stacji **27²⁷/32** i **49¹/8** w jedną bryłę (Rysunek 5.5.24b). Stworzą wzmocnienie pod chodnikiem na skrzydle¹.



Rysunek 5.5.24 Końcowe dopasowania „pudełek” tnących

Teraz jesteśmy gotowi na wycięcie żeber z tej krawędzi spływu:

1. Wyłącz wszelkie zaznaczenia (**Alt-A**, to bardzo ważne, więc na wszelki wypadek przypominam).
2. Włącz opcję cieniowania *X-Ray* (aby nie pominąć przez pomyłkę żadnego wierzchołka).
3. Zaznacz wszystkie „pudełka tnące” (Rysunek 5.5.25a). Aby to zrobić szybko i precyzyjnie, ustaw aktualną projekcję wzdłuż lokalnej osi **Z**. W tym widoku narożniki „pudełek” tnących leżą jeden za drugim. Jednocześnie, są daleko od reszty siatki. Użyj *Circle Select* do zaznaczenia tych czterech rogów.
4. Wywołaj *Intersect (Boolean)*. Domyślnie, Blender wykonuje operację *Difference*. Po tym „pierwszym strzale” otwórz parametry tego polecenia (**F9**) i zmień operację na *Intersect*. Aby uniknąć problemów z dodatkowymi wierzchołkami, zmień także metodę (*Solver*) na *Fast* (Rysunek 5.5.25b):



Rysunek 5.5.25 Wycięcie żeber z siatki krawędzi spływu

¹ Dodatkowe wzmocnienie struktury skrzydła, widoczne na zdjęciach pomiędzy stacjami K.S. **27²⁷/32** i **49¹/8** (str. 286, zdjęcie po lewej)

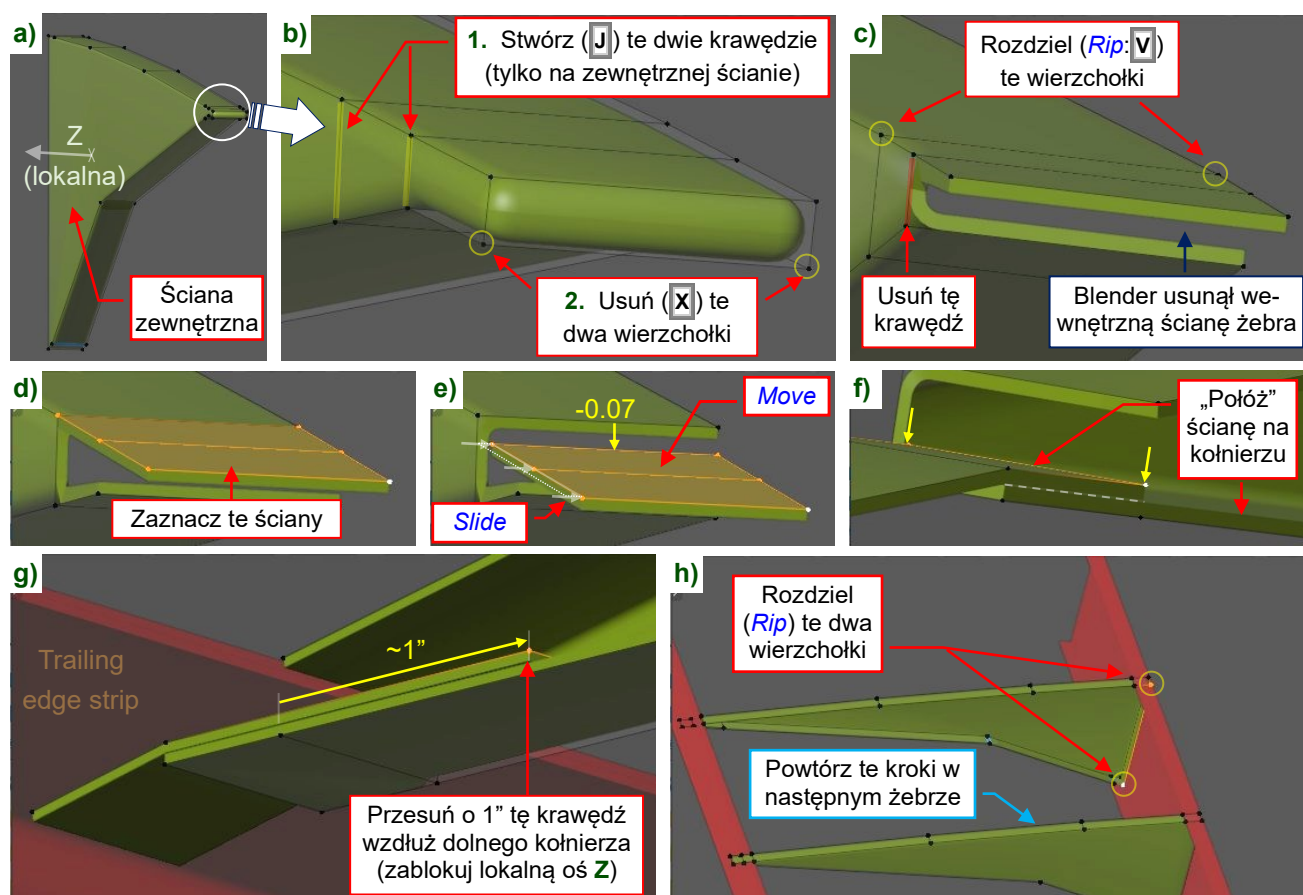
Wyłącz zaznaczenie wszystkich wierzchołków (**Alt-A**) i wykonaj poniższe kroki:

1. Ustal cieniowanie tej siatki na *Shade Smooth*.
2. Dodaj kolejny modyfikator *Bevel*, zaokrąglający krawędzie kołnierzy żeber¹. Ustal *Width Type* na *Offset*, *Amount* na **0.10**, *Segments* na **5**. Pozostaw domyślną *Limit Method* (*Angle*, min. **30°**).
3. Dodaj modyfikator *Solidify*, ustal jego *Offset* na -1, a *Thickness* na grubość blachy tych żeber: **0.03**. Dla lepszego efektu możesz także włączyć opcję *Even Thickness*.
4. Wydziel (**P**, str. 547) wzmocnienie chodnika (żebra K.S. $27^{27}/_{32}$ i $49^1/_8$ wraz z łączącymi ścianami) w nowy obiekt. Ta część wymaga innej „obróbki” niż pozostałe żebra, więc łatwiej będzie to przeprowadzić na wydzielonej siatce. Nazwij ten nowy obiekt **B.130.L.Reinforcement**.



W tym momencie opcja *Geometry:Clamp Overlap* ogranicza efektywny promień krawędzi zaokrąglonych tym modyfikatorem *Bevel* do 0.06 (por. str. 561). Przyczyną jest geometria końca krawędzi spływu: zawiera ścianę o wysokości 0.12" (por. Rysunek 5.5.20). Jednak po zakończeniu kroków przedstawionych poniżej, ten promień uzyska nominalną wartość.

Każde z nowo stworzonych żeber wymaga kilku poprawek, pokazywanych przez Rysunek 5.5.26:

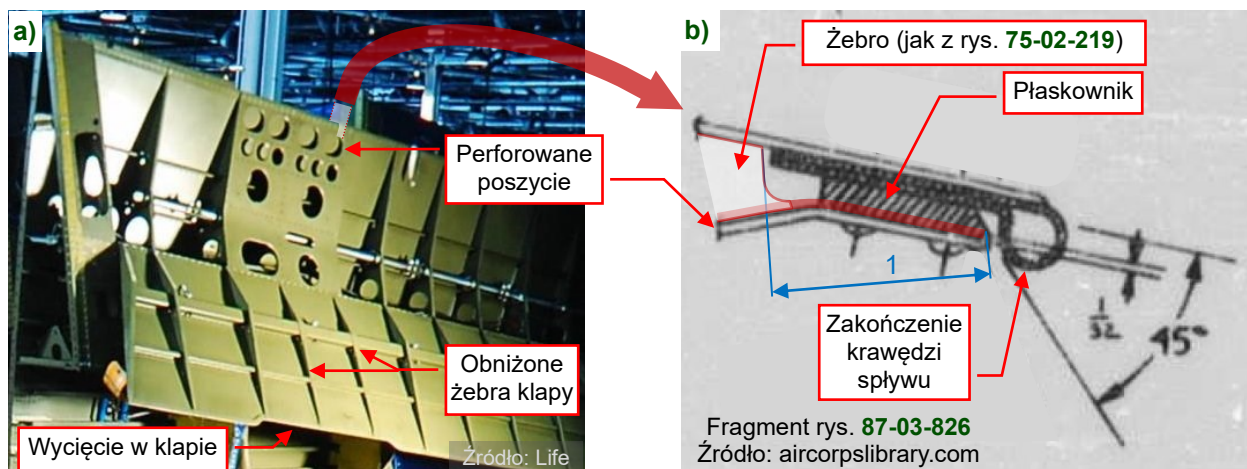


Rysunek 5.5.26 Końcowe poprawki siatki żeber

Wszystkie kroki powyżej, oprócz **h)**, przekształcają „bryły” końcówki żebra w dwa paski blachy. Wykonaj kroki pokazywane przez Rysunek 5.5.26b) w podanej kolejności. W przeciwnym razie usuniesz obydwie boczne ściany żebra, zamiast ściany wewnętrznej. W kroku **c)** świadomie usuwam krawędź stworzoną w kroku **b)** (1). Powtórz kroki pokazane przez Rysunek 5.5.26 dla każdego z żeber krawędzi spływu.

¹ W arkuszu blachy nie można uzyskać idealnie ostrego narożnika. Zawsze będzie mniej lub bardziej zaokrąglony. Jeżeli promień tego zaokrąglenia jest zbyt mały, na krawędzi zagięcia pojawi się pęknięcie. Aby go uniknąć, inżynierowie używają specjalnych tablic minimalnych promieni zaokrąglenia. Ta wartość zależy od materiału i grubości blachy.

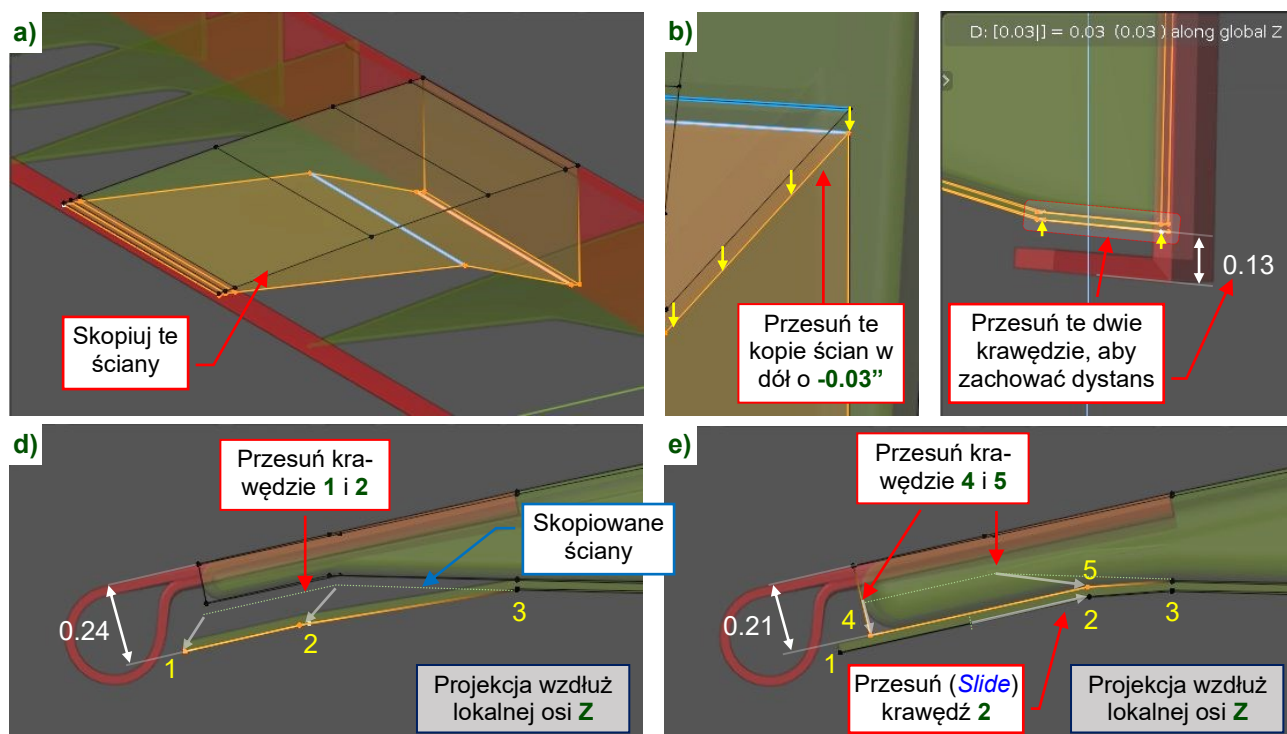
A co ze wzmocnieniem chodnika skrzydła? Na zdjęciach można dostrzec, że jego dolna powierzchnia miała dodatkowe, perforowane poszycie (Rysunek 5.5.27a). Rysunki fabryczne ujawniają tu solidny, duraluminiowy płaskownik przynitowany pod paskiem zamykającym krawędź spływu (Rysunek 5.5.27b):



Rysunek 5.5.27 Szczegóły wzmocnienia chodnika na skrzydle

Zmodyfikujmy siatkę **B.130.Reinforcement**, dopasowując ją do tych zauważonych szczegółów:

1. Skopiuj jej pięć dolnych ścian (Rysunek 5.5.28a) i przesun je wzdłuż globalnej osi **Z** o **-0.03** (to grubość blachy), jak pokazuje to Rysunek 5.5.28b). Ta dodatkowa powierzchnia stanie się dolnym poszyciem tego wzmocnienia.
2. Dopasuj dwie ściany przy dźwigarze **#5**, przesuwając je wzdłuż globalnej osi **Z** o **+0.03**. To stworzy prześwit pomiędzy wzmocnieniem i dolną półką dźwigara (Rysunek 5.5.28c).
3. Przesun (**Move**) w dół krawędzie **1** i **2** (Rysunek 5.5.28d), umieszczając je **0.24**” od górnej powierzchni.
4. Zblíž (**Edge Slide, Clamp**: wył.) krawędź **2** do krawędzi **3** (Rysunek 5.5.28e).
5. Przesun w dół krawędzie **4** i **5** (Rysunek 5.5.28e), umieszczając je **0.21**” od górnej powierzchni.

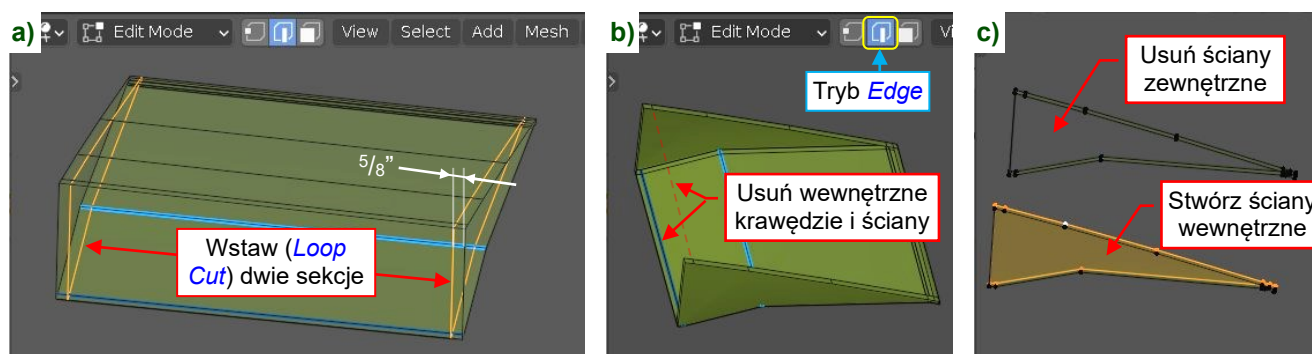


Rysunek 5.5.28 Wstępne modyfikacje siatki wzmocnienia

Proporcje, pokazywane przez Rysunek 5.5.28d i e) różnią się nieco od tych z dokumentacji (Rysunek 5.5.27b). To był mały szczegół z wielkiego rysunku złożeniowego, więc może to być wynikiem błędu kreślarza.

Kontynuujemy:

1. Wydziel (*Separate*) pięć ścian dolnego poszycia wzmocnienia w nowy obiekt i nazwij go **B.135.L.Skin** (siatka: **B.135.Skin**). Usuń z niego drugi modyfikator *Bevel* (ten z *Limit Method = Angle*).
2. Wstaw dwie linie krawędzi (*Loop Cut*) i przesun je (*Slide*) do $\frac{5}{8}$ " od zewnętrznych krawędzi siatki (Rysunek 5.5.29a). Te dwa paski będą kołnierzami bocznych żeber wzmocnienia.
3. Usuń środkowe ściany tej siatki poprzez usunięcie ich krawędzi wewnętrznych. Aby było łatwiej, możesz się przełączyć w tryb zaznaczania krawędzi (Rysunek 5.5.29b).
4. Usuń zewnętrzne ściany żeber, stwórz podobne n-gony po drugiej stronie kołnierzy (Rysunek 5.5.29c).



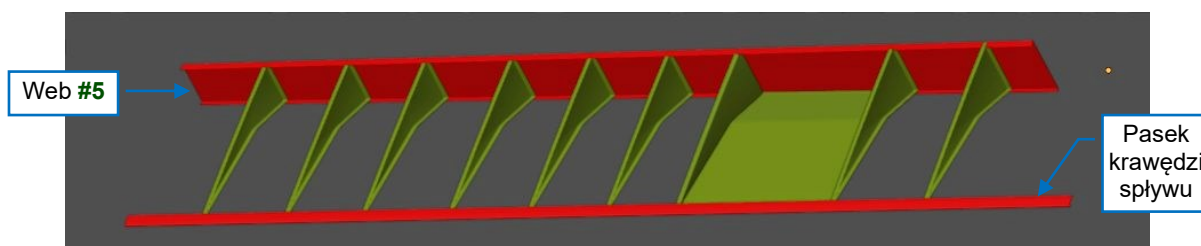
Rysunek 5.5.29 Tworzenie kołnierzy i żeber bocznych

5. Zmodyfikuj końcówki krawędzi spływu żeber jak pokazuje to Rysunek 5.5.30.
6. Rozdziel (*Rip*) zewnętrzne wierzchołki przy dźwigarze #5, jak pokazywał to Rysunek 5.5.26h).



Rysunek 5.5.30 Szczegóły końcówki żeber wzmocnienia chodnika

Rysunek 5.5.31 pokazuje gotowe części szkieletu krawędzi spływu:



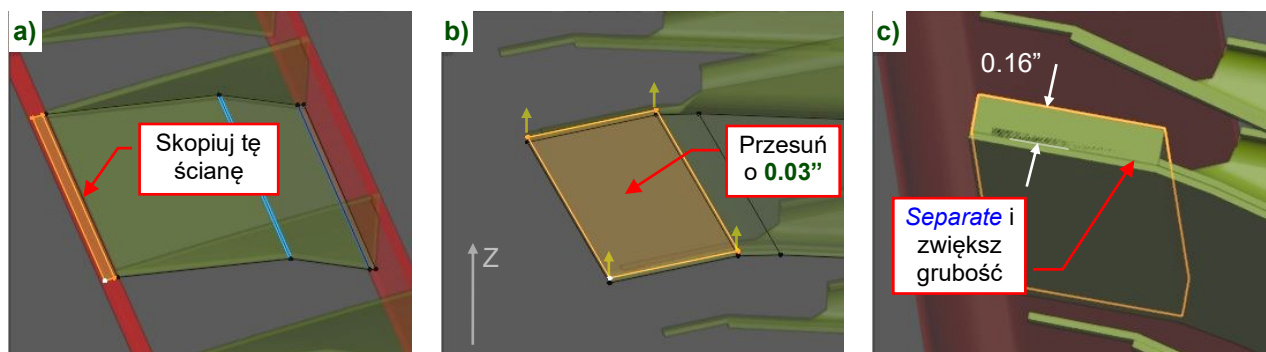
Rysunek 5.5.31 Gotowe części szkieletu krawędzi spływu

Zwróć uwagę, że po tych wszystkich zmianach, żebra wzmocnienia chodnika przypominają pozostałe żebra. Połącz w jeden obiekt **B.130.L.Reinforcement** z **B.125.L.Ribs**, poleceniem *Join* (**Ctrl-J**, str. 485). Rozdzieliłem je tylko po to, by lepiej widzieć „pudełko” wzmocnienia podczas modyfikacji, także w *Object Mode*. Teraz, gdy rozdzieliśmy je na żebra i poszycie, nie ma już powodu do utrzymywania tych dwóch żeber oddzielnie¹.

¹ Staraj się utrzymywać wszystkie podobne części, jak te żebra, w jednym obiekcie. Jeżeli bym je pozostawił jak obecnie, podczas dalszych faz projektu mógłbym często popełniać denerwujące pomyłki w zaznaczaniu. Na przykład: zaznaczyłbym wszystkie żebra krawędzi spływu do rozwinięcia UV, oprócz żeber wzmocnienia chodnika – bo po tylu tygodniach nie pamiętałbym, że są innym obiektem!

Płaskownik na końcu wzmocnienia (por. Rysunek 5.5.27b) można stworzyć z ostatniej ściany jego poszycia:

1. Skopiuj ostatnią ścianę poszycia wzmocnienia (Rysunek 5.5.32a) i przesunij jej wierzchołki wzdłuż globalnej osi **Z** o **+0.03"**. To umieści ten pasek na wewnętrznej powierzchni skrzydła (Rysunek 5.5.32b).
2. Wydziel (*Separate*) tę ścianę w nowy obiekt, o nazwie **B.130.L.Strip** (siatka: **B.130.Strip**). Przypisz go (*Set Parent*) jako potomka do obiektu **B.135.L.Skin**.
3. Przełącz się na *Object Mode*, zaznacz nowo stworzony obiekt i usuń jego modyfikator *Bevel*. Jednocześnie zwiększ *Thickness* modyfikatora *Solidify* w tym obiekcie do **0.16"** (Rysunek 5.5.32c):

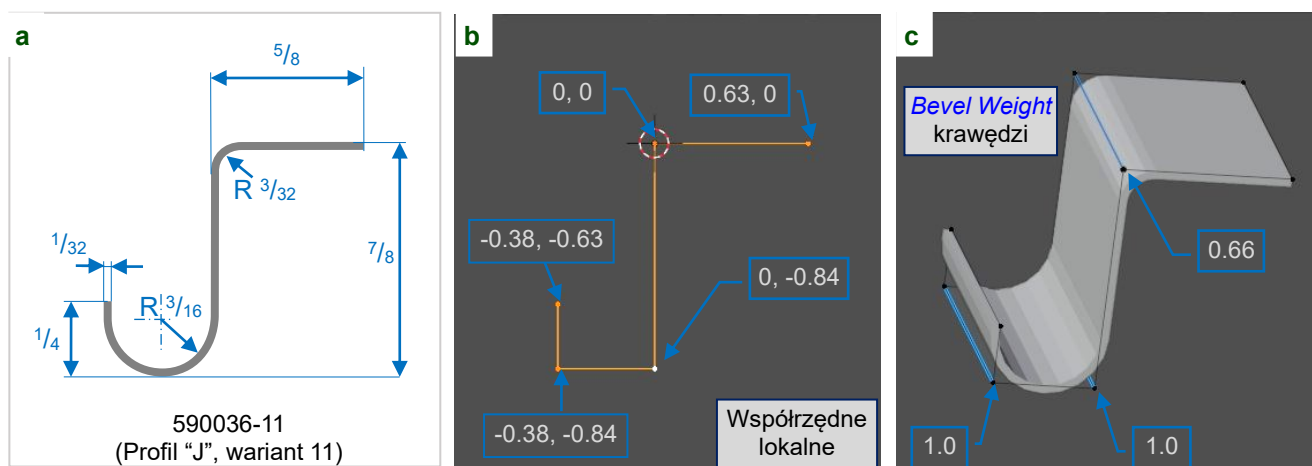


Rysunek 5.5.32 Wstawienie płaskownika do wzmocnienia chodnika

Jako ostatni element w tej sekcji stworzymy dwie podłużnice przymocowane do górnej powierzchni skrzydeł (ich wycięcia widać w żebrach pokazywanych przez Rysunek 5.5.15). W przemyśle lotniczym profile podłużnic są standaryzowane (przynajmniej wewnętrznie, przez producenta). Rysunek złożeniowy krawędzi spływu podaje numery tych części: **59036-11-....**. Szybko znalazłem ten profil „59036” w zasobach aircorpslibrary.com, i zidentyfikowałem wymiary jego wariantu „11” (Rysunek 5.5.33a).

Stworzymy pierwszą podłużnicę, a potem wykorzystamy tę samą siatkę w drugiej. Zaczniemy:

1. Przełącz się na projekcję wzdłuż lokalnej osi **Z** paska krawędzi spływu i umieść kursor 3D na górnej krawędzi **B.120.L.Rib.008**, **5.81"** od dźwigara **#5** (mierzone prostopadle do krawędzi spływu).
2. Wstaw nowy *Plane* i nazwij ten obiekt **B.140.L.Stringer.001**. Nazwij tę nową siatkę **B.S01.Stringer#J11** (będziemy jej używać jako „standardowej części” w innych obiektach).
3. Przetwórz krawędzie tej siatki jak pokazuje Rysunek 5.5.33b). Uwzględniłem tu grubość materiału ($1/32$ ”).
4. Wyciągnij tę siatkę o +1.0 (długość jednostkowa) wzdłuż lokalnej osi **Z**.
5. Dodaj modyfikator *Bevel*, ustaw *Limit Method* na *Weight*, *Width Type* na *Offset* i *Amount* na **0.1875** ($3/16$), *Segments* na **5**. Ustaw *Bevel Weight* krawędzi siatki jak pokazuje to Rysunek 5.5.33c).
6. Dodaj modyfikator *Solidify*, ustaw jego *Thickness* na **0.03** ($1/32$ ”). Jeżeli trzeba, uporządkuj normalne.

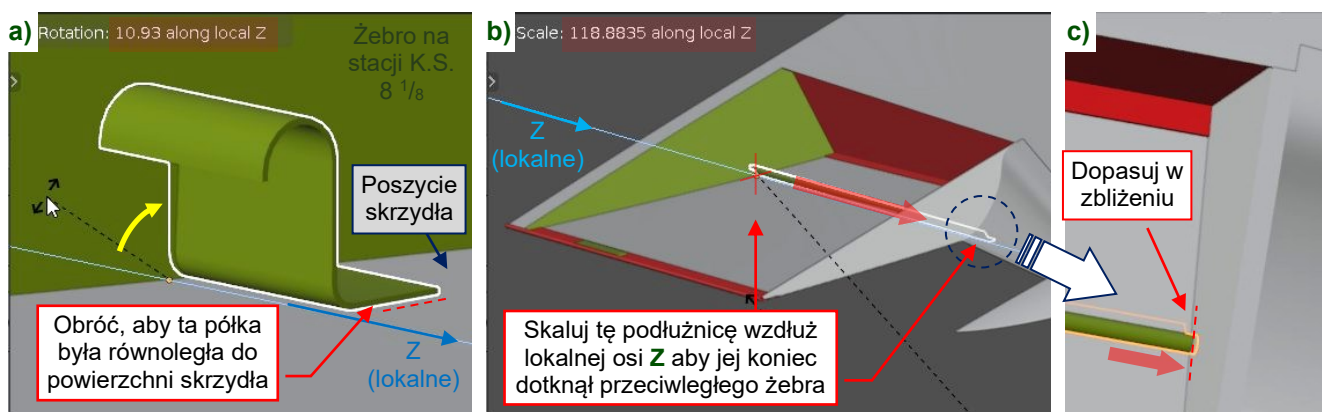


Rysunek 5.5.33 Formowanie profilu podłużnicy

- Przestaw renderowania tej siatki na **Shade Smooth** i przypisz do obiektu materiał **Artificial Green**.
- Przełącz się w **Object Mode** i przypisz **B.140.L.Stringer.001** do obiektu **B.100.L.Wing**.

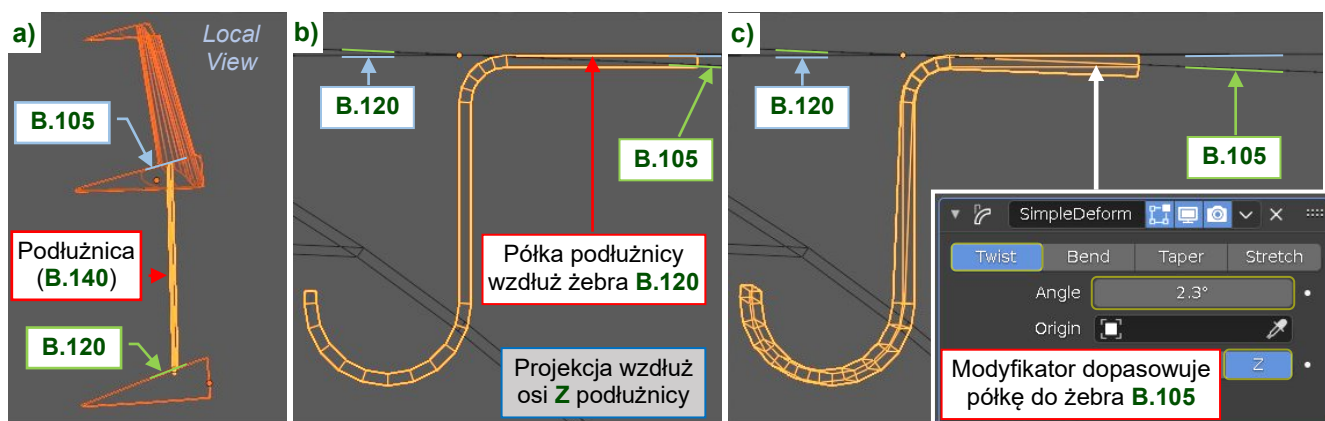
Teraz możesz dopasować tę podłużnicę do wewnętrznej powierzchni skrzydła:

- Przełącz się w **Object Mode**. Przestaw tryb **Transformation Pivot** na **Bounding Box Center**.
- Umieść środek (**origin**) podłużnicy na górnej krawędzi żebra zamykającego otwór klapy od strony kadłuba (**B.120.L.Rib.008**), **5.81"** od dźwigara **#5**.
- Obracaj podłużnicę wokół lokalnej osi **Z** aż jej półka zagłębi się w skrzydło (Rysunek 5.5.34a).
- Aby dopasować długość podłużnicy się do szerokości wycięcia klapy, skaluj ten obiekt wzdłuż lokalnej osi **Z** (Rysunek 5.5.34b). Oczywiście, wykonaj zbliżenie na obszar z końcówką, aby precyzyjnie określić współczynnik tego powiększenia (Rysunek 5.5.34c). W moim przypadku było to 118.92.
- Po skalowaniu, koniec podłużnicy jest częściowo zatopiony w powierzchni skrzydła (Rysunek 5.5.34c). Obróć ją wokół lokalnej osi **X**, aby lepiej dopasować ten obiekt.



Rysunek 5.5.34 „Położenie” podłużnicy na powierzchni skrzydła

Dla końcowego dopasowania, przełącz tryb cieniowania okna 3D na **Wireframe**. Zaznacz podłużnicę i żebra zamykające wycięcie klapy (obiekty: **B.105**, **B.120**, **B.140**) i wywołaj **View → Local View → Toggle Local View** (**[L]**). W tym trybie Blender pokazuje tylko zaznaczone obiekty (Rysunek 5.5.35a), co teraz ułatwi pracę. (W przeciwnym razie w naszym widoku byłoby zbyt wiele linii, i trudno byłoby wśród nich odnaleźć kontury żeber). Zaznacz podłużnicę i ustaw projekcję okna 3D wzdłuż jej lokalnej osi **Z** (Rysunek 5.5.35b):



Rysunek 5.5.35 Końcowe dopasowanie kształtu obiektu podłużnicy

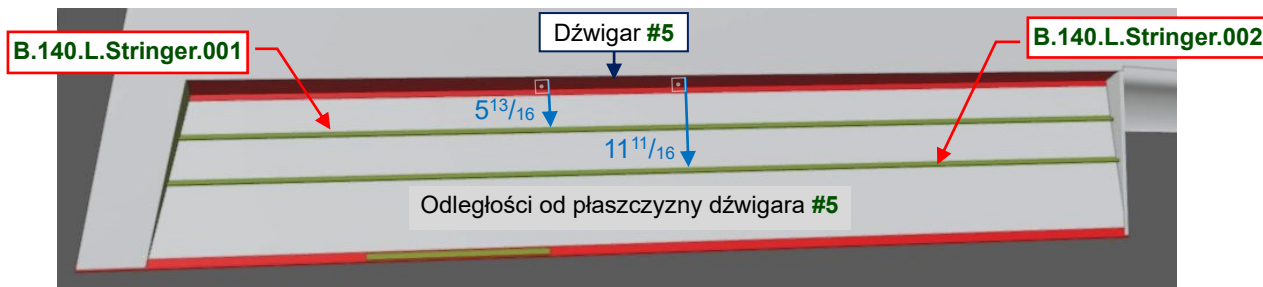
Wykonaj zbliżenie, by lepiej widzieć profil podłużnicy i krawędzie obydwu żeber. W tej projekcji możesz łatwo dopasować podłużnicę do tych konturów (Rysunek 5.5.35b). Jednak te krawędzie żeber nie są równoległe. Skręć obiekt podłużnicy, aby pasował do obydwu (Rysunek 5.5.35c). Użyj do tego modyfikatora **Simple Deform (Twist)** – tak samo, jak zrobiliśmy to dla paska zamykającego krawędź natarcia (str. 186).

Powróć do widoku „globalnego” za pomocą tego samego polecenia **Toggle Local View** lub jego skrótu (**[L]**).



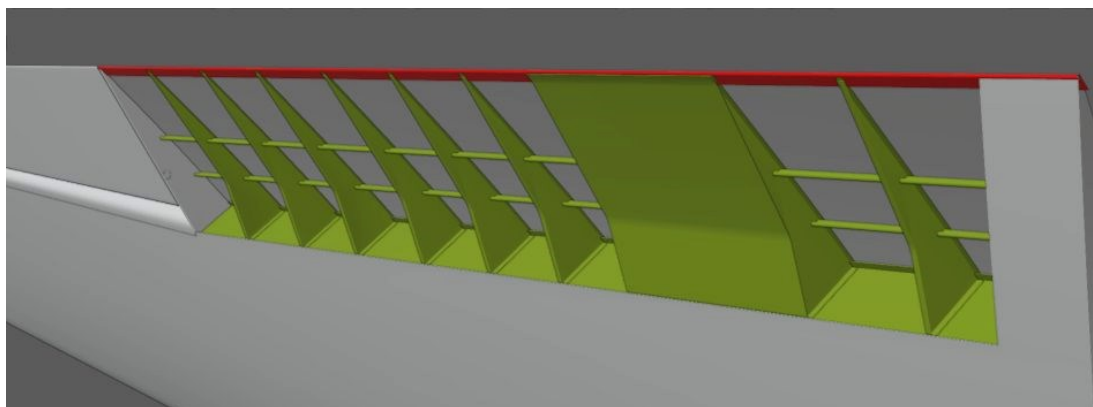
W zespołach złożonych z wielu części czasami trzeba lepiej się przyjrzeć tym z nich, które są zasłonięte przez pozostałe. Służy do tego przełącznik **Local View** (w **Object Mode**) – dostępny także pod klawiszem **/**. **Local View** wyświetla aktualne zaznaczenie w tymczasowej („lokalnej”) przestrzeni, w której dobrze widać wszystkie szczegóły. Aby wrócić do widoku całości, naciśnij powtórnie **/**.

Sklonuj tę podłużnicę (**Duplicate Linked** – **Alt-D**) w nową, o nazwie **B.140.L.Stringer.002**. Umieść ją **11.69"** od dźwigara **#5**⁽¹⁾ (Rysunek 5.5.36) i dopasuj do powierzchni skrzydła w sposób opisany na poprzedniej stronie:



Rysunek 5.5.36 Podłużnice, dopasowane do wewnętrznej strony górnej powierzchni skrzydła

To wszystko: odtworzyliśmy szkielet zespołu krawędzi spływu P-40, widoczny w otworze klapy. Twój model powinien wyglądać tak, jak ten pokazywany przez Rysunek 5.5.37:



Rysunek 5.5.37 Gotowa wewnętrzna struktura otworu klapy

Okrągłe otwory ulżeniowe i wycięcia na podłużnice w pojawią się na żebrach później, gdy namalujemy je na tzw. „teksturze przejrzystości”. To samo dotyczy nitów (pojawią się na teksturze nierówności). Zrobimy to podczas kolejnej fazy tego projektu, związanej z materiałami i teksturami. Jeszcze później, podczas uszczegóławiania modelu, odtworzymy popychacze klap i ich mechanizm. Dodamy wówczas wzmocnienia na tych żebrach (elementy, które Rysunek 5.5.15 oznaczył na fioletowo).

¹ Jeżeli wolisz użyć odległości wzdłuż globalnej osi **Y**, użyj trygonometrii: w tym skrzydle krawędź spływu i dźwigar **#5** są pochylone pod kątem 14.11° (por. str. 287). Jeżeli odległość wzdłuż lokalnej osi **Y** tego dźwigara wynosi 5.81, to odpowiada to $5.81 \cdot \cos(14.11^\circ) = 5.63$ wzdłuż globalnej osi **Y**.

Podsumowanie

- W tej sekcji nauczyłeś się, jak odtwarzać wewnętrzną strukturę samolotu: dźwigary, wręgi, podłużnice. Użyliśmy do tego relatywnie prostych siatek i wiele dodatkowych modyfikatorów. Zastosowaliśmy *Solidify* do odtworzenia grubości blachy, *Bevel* zaokrąglenia ostrych krawędzi (str. 196, 199), *Simple Deform* do skrećania obiektów (str. 186, 200). Aby lepiej odróżniać modelowane części, pokolorowaliśmy je wykorzystując proste, kontrastowe materiały (str. 186, 188). Miałeś także okazję stworzyć nowy typ obiektu: *Cube* (str. 194). Czasami łączyliśmy dwa obiekty w jeden, używając funkcji *Join* (str. 198). Poznaliśmy także przełącznik *Local View*, który pozwala wyłączać na chwilę zaznaczone obiekty z zatłoczonej sceny głównej (str. 200).
- Zanim zaczniesz modelować nowy podzespół samolotu, spróbuj zidentyfikować użyte przez jego projektantów płaszczyzny bazowe. W przypadku tej kłapy i jej otworu, była to linia krawędzi spływu (str. 184). Użyliśmy jej do ustawienia lokalnego systemu współrzędnych dla modelowanych części. Jednak taki wybór bazy wymiarowej nie jest oczywisty, szczególnie jeżeli patrzysz na klasyczny widok z góry całego P-40¹. Podobne wątpliwości można by mieć w stosunku do innych szczegółów, których rysunków brakuje na popularnych planach tego samolotu. Aby uprościć mój opis tego procesu, podałem kluczowe wymiary z oryginalnej dokumentacji Curtiss (str. 185, 186, 188, 189, 191, 192, 194, 197, 199, 201)².
- Zaczęliśmy od stworzenia paska zamykającego krawędź spływu (str. 185-186). Podczas dalszej pracy często używaliśmy projekcji wzdłuż lokalnej osi **Z** jako płaszczyzny odniesienia. Następnie wycięliśmy w skrzydle otwór na klapę (str. 186-188), i stworzyliśmy zamykające ściany: dźwigar **#5** (str. 188) oraz żebro: wewnętrzne i zewnętrzne (str. 190). Podczas dopasowywania półek dźwigara **#5** do poszycia skrzydła dokonaliśmy drobnych poprawek w geometrii krawędzi spływu (str. 189).
- „Wykroiliśmy” żebra krawędzi spływu ze skopiowanego fragmentu siatki skrzydła (str. 191-195). Ich końcówki wymagały dodatkowej „obróbki” (str. 196, 198). Podłużnice to proste siatki złożone z czterech ścian (str. 199), sklonowane i dopasowane do górnej powierzchni poszycia skrzydła (str. 200-201).
- W większości elementów tego szkieletu nie używaliśmy do wygładzania modyfikatora *Subdivision Surface*. Dla płaskich krzywych, jakie występują na przekrojach krawędzi spływu, ten efekt nie był potrzebny. Został częściowo zastąpiony modyfikatorem *Bevel*. Używaliśmy *Bevel* do uzyskania większych łuków na konturach żeber (str. 193) oraz do „naturalnego” zaokrąglania krawędzi łączących wygięte powierzchnie (np. pomiędzy kołnierzami i ścianami żeber – str. 196, 199).
- Dopasowywanie dwóch obiektów w Blenderze często przypomina „zatapianie” ścian jednej siatki w wynikowej powierzchni drugiej (str. 192, 186). Zazwyczaj, mają się tylko stykać. Nadaj tym dopasowywanym ścianom niewielką grubość („blachy”) za pomocą modyfikatora *Solidify*. Ta grubość pozwala od razu zorientować się w aktualnej „głębokości zanurzenia” ścian siatki. W takim dopasowywaniu pomaga także użycie dwóch materiałów o kontrastowych kolorach.



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: [model/p40/history/P40B-9.05.blend](#).

¹ Z powodu znacznego wzniosu skrzydeł P-40, linie nitów biegnące wzdłuż żeber na tych rysunkach nie są prostopadłe do krawędzi spływu. Nie wspomnę już nawet o ewentualnych innych błędach, które mogą się pojawić na typowych planach modelarskich.

² Bez tych wymiarów, musielibyśmy się opierać wyłącznie na zdjęciach. To oznaczałoby długi proces znajdowania najlepszego przybliżenia metodą prób i błędów. Wyobraź sobie wielokrotną zmianę dolnej powierzchni żeber krawędzi spływu, spowodowaną zmianami założeń opartych na różnych zdjęciach. Wynik byłby mniej dokładny. Jednak czasami jest to jedyna droga do odtworzenia wnętrza samolotu. Co więcej, pozwala uzyskać zadowalający rezultat. Popatrz, na przykład, na [ten model P-36](#). Powstał w oparciu o zdjęcia, głównie odrestaurowanych egzemplarzy. Gdy w przyszłości będziesz musiał robić coś podobnego, użyj podanych tu grubości blachy i promieni zaokrągleń.

5.6 Kłapy

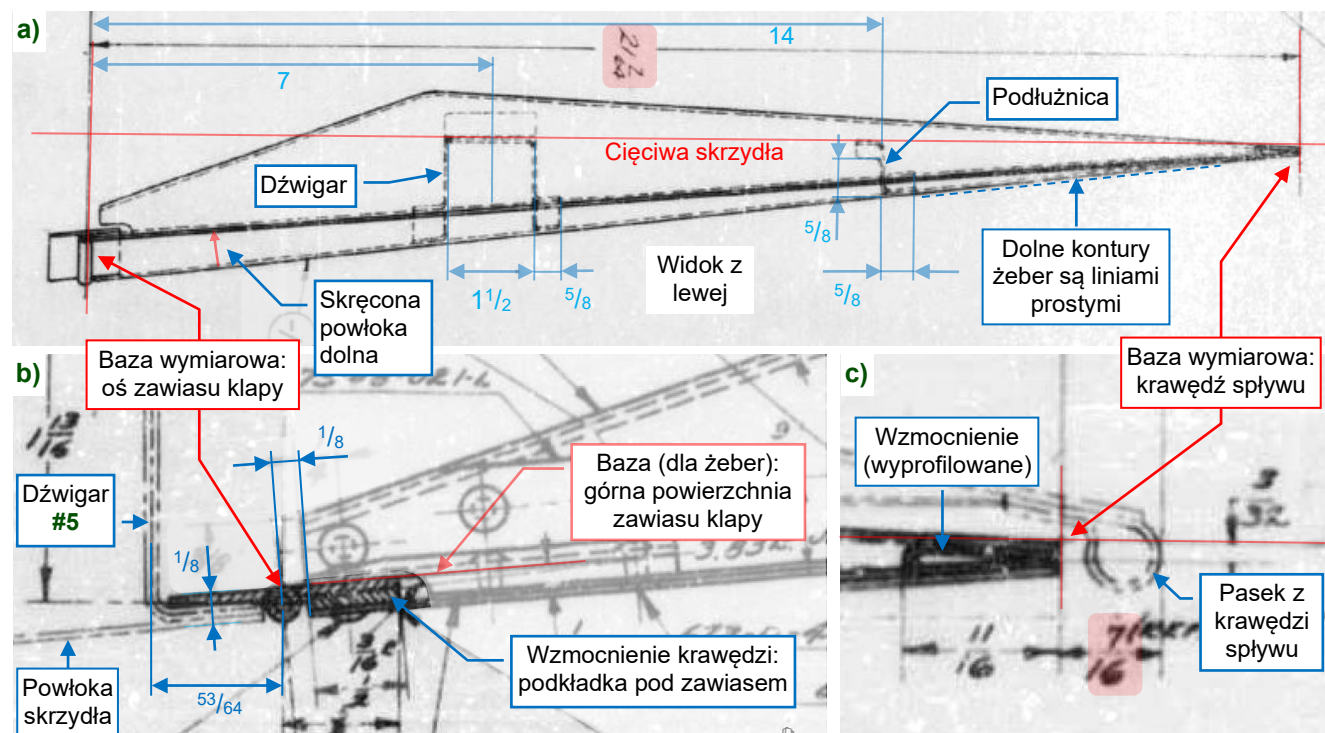
Na początku poprzedniej sekcji omówiliśmy już podstawową geometrię kłapy skrzydła (por. str. 184, 197). Jak dodatkowy rysunek referencyjny możesz użyć trzech skanów oryginalnego rysunku złożeniowego tego zespołu. Te trzy czarno-białe (B/W) pliki niskiej rozdzielczości (Rysunek 5.6.1) można pobrać z p40warhawk.com:



Rysunek 5.6.1 Kolejne ramki mikrofilmu z rysunkiem złożeniowym kłapy

Lepsze skany tego samego zespołu (rys. nr: [75-08-001](#) lub [87-08-501](#)) są dostępne na aircorpslibrary.com. Wymiary podane w tej sekcji pochodzą z tego rysunku złożeniowego lub kilku innych rysunków szczegółowych.

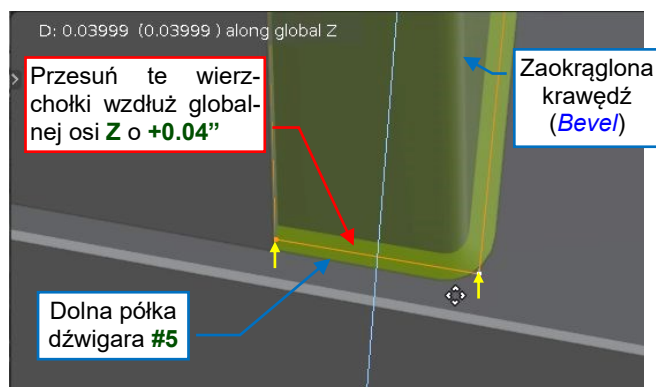
W zasadzie ta kłapa to prostokątna „krata” zbudowana z identycznych (z kilkoma wyjątkami) trójkątnych żebier, jednego dźwigara, jednej podłużnicy, i dwóch wzmocnień krawędzi. Są one przynitowane do cienkiego (0.025”), paska z płaskiej dolnej powierzchni skrzydła. Rysunek 5.6.2a) pokazuje widok kłapy z boku. Są tu dwie bazy: krawędź spływu skrzydła (wszystkie żebra są do niej prostopadłe) i oś obrotu. Te dwie linie nie są równoległe, bo przednie skrzydło zawiasu kłapy jest przymocowane do dolnej półki dźwigara #5 (Rysunek 5.6.2b). Całkowita długość cięciwy tej kłapy wynosi $21 \frac{7}{64}$ ”. Rysunek 5.6.2c) pokazuje, jak dopasowano końcówkę kłapy do paska zamykającego krawędź spływu skrzydła. Końcówka kłapy jest odległa o $22 \frac{3}{8}$ ” od dźwigara #5.



Rysunek 5.6.2 Kłapa skrzydła: widok z boku i szczegóły

Dolne krawędzie wszystkich żebier są liniami prostymi. Jednak zawias kłapy leży na dolnej powierzchni skrzydła. Z powodu różnic w profilu u podstawy i w połowie skrzydła (stacji 122), żebra i poszycie kłapy są skręcone (Rysunek 5.6.2a). Końcówki dźwigara i podłużnicy są podniesione, zgodnie z kształtem poszycia kłapy, ale ich ściany boczne pozostają pionowe (prostopadłe do cięciwy skrzydła).

Zanim zaczniemy modelować pierwszą część klapy, popraw przekrój dźwigara #5 (siatkę obiektu **B.115.Web#5**). Rysunek 5.6.2b) pokazuje, że jego dolna półka była wzmocniona dodatkową kształtką. Ta belka o profilu „L” pogrubiała go o 0.08”. Aby być gotowym na ewentualne dalsze zmiany, zdecydowałem się przestawić jego modyfikator **Solidify**. Ustawiłem jego **Thickness** na **0.08** i **Offset** na **0**⁽¹⁾. Aby skompensować zmianę w grubości półek, przesunąłem wzdłuż globalnej osi **Z** dolną ścianę siatki dźwigara o **+0.04”**, a górną ścianę o **-0.04”**. Zaokrągliłem także narożniki dźwigara za pomocą typowego modyfikatora **Bevel (Angle)**: ustawiłem jego **Limit Method** na **Offset**, a **Amount** na **0.125**⁽²⁾.



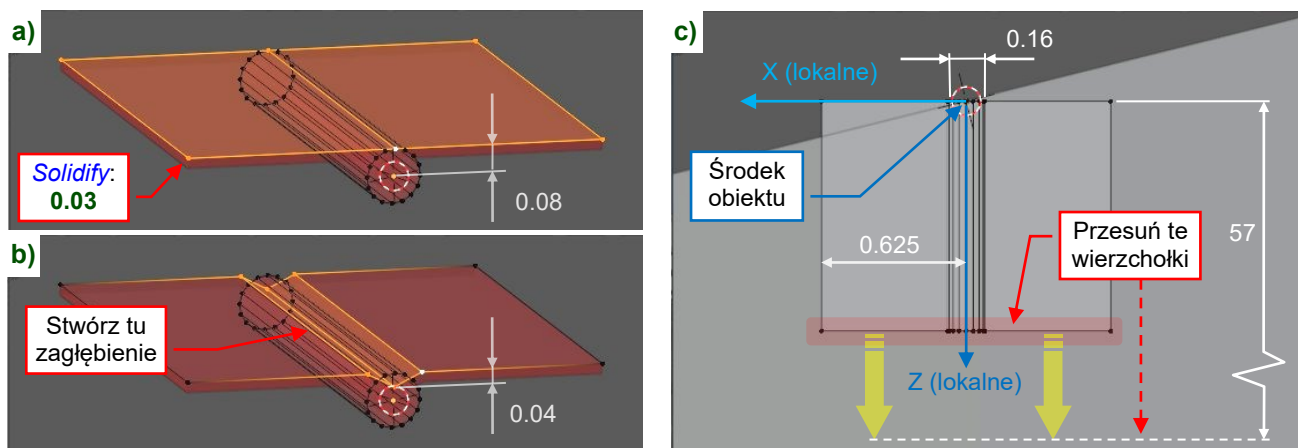
Rysunek 5.6.3 Zmiana położenia półki dźwigara #5



Na liście modyfikatorów obiektu zawsze umieszczaj **Bevel** przed (tj. ponad) modyfikatorem **Solidify**. To samo dotyczy modyfikatora **Subdivision Surface**: zawsze poprzedza **Solidify**.

Zacznijmy tworzenie tej klapy od jej zawiasu taśmowego:

1. Umieść kursor 3D w środku dźwigara #5. Ustaw aktualną projekcję wzdłuż jego lokalnej osi **Y** (**Shift**-**1**).
2. Stwórz nowy cylinder o **16** bokach (**Vertices**), i promieniu (**Radius**) = **0.08”**. przełącz się na **Edit Mode** i wstaw kwadrat (**Plane**) o boku **1.25”**, prostopadłe do tego cylindra. To będą skrzydła zawiasu. Podziel je wstawiając (**Loop Cut**) krawędź w środek. Utwórz kształt pokazany przez Rysunek 5.6.4a).
3. Dodaj do tego obiektu modyfikator **Solidify** i ustaw jego **Thickness** na **0.03**.
4. Wstaw w skrzydła zawiasu dwie dodatkowe krawędzie i stwórz zagłębienie wzdłuż cylindra (Rysunek 5.6.4b). To nie jest specjalnie realistyczne, ale przynajmniej sygnalizuje, że to zawias.
5. Zmień lokalną współrzędną **Z** wszystkich wierzchołków zaznaczonych przez Rysunek 5.6.4b) na **57”**⁽³⁾.
6. Przypisz temu obiektowi kontrastowy materiał: **Arifical.Red**. Ustaw jego cieniowanie na **Shade Smooth**.
7. Nazwij ten nowy obiekt **B.200.L.Flape Hinge**, a jego siatkę – **B.200.Flape Hinge**.



Rysunek 5.6.4 Tworzenie zawiasu taśmowego

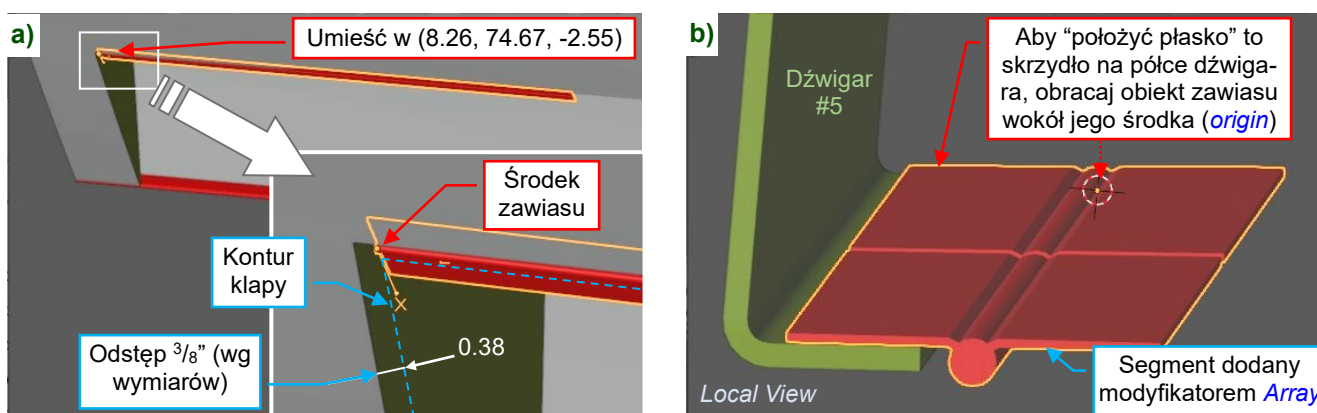
¹ Podczas uszczegóławiania dodam do tej siatki dwie nowe ściany imitujące tę dodatkową belkę i ustawię ich normalne w przeciwną stronę. Następnie ustawię w modyfikatorze **Solidify** tego obiektu: **Thickness** na 0.04 i **Offset** na +1. W ten sposób wysokość dźwigara nie zmieni się.

² Czyli $R = 1/8$ – to typowy promień zaokrąglenia krawędzi blach w tym samolocie.

³ To była długość tego zawiasu. Możesz tę wartość wpisać w przyborniku (czasami tak jest szybciej niż przesuwać te wierzchołki).

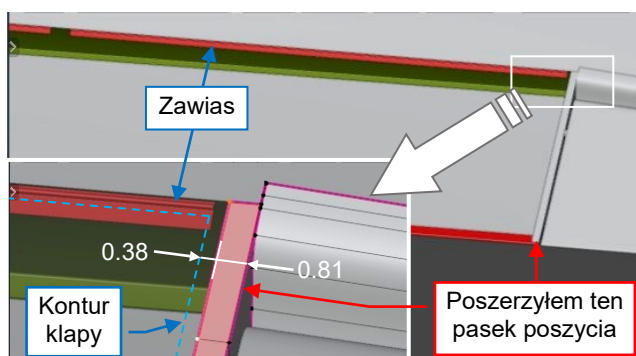
Teraz dopasuj ten zawias do otworu kłapy:

1. Przełącz się w **Object Mode** i umieść ten obiekt w **X**: 8.265, **Y**:74.667, **Z**:-2.551⁽¹⁾. Ten punkt określa położenie wewnętrznego narożnika kłapy (Rysunek 5.6.5a).
2. Rysunki fabryczne pokazują, że ten zawias był podzielony: pomiędzy dwoma odcinkami po 57" każdy jest przerwa: 2 1/4". Dodaj do tego obiektu modyfikator **Array** (str. 564), i umieść go na szczycie listy modyfikatorów. Ustaw jego **Constant Offset:Z** na $57+2.25 = 59.25$. To stworzy drugi segment zawiasu.
3. Zaznacz dźwigar **#5** i zawias, przełącz się na **Local View** (I). Obróć obiekt zawiasu tak, by jego przednie skrzydło leżało na dolnej półce dźwigara. Przełącz **Pivot** na **Bounding Box Center** i zmień kąty nachylenia zawiasu. Zacznij od obrotu wokół jego lokalnej osi **X**. Potem wykonaj zbliżenie na koniec zawiasu (jak w Rysunek 5.6.5b) i dopasuj ją do półki drobnymi obrotami wokół wszystkich lokalnych osi.
4. Aby ten zawias lepiej „leżał” na dźwigarze, ustaw projekcję wzdłuż lokalnej osi **Z** zawiasu, jak to robiliśmy z podłużnicami (por. str. 200). Użyj modyfikatora **Simple Deform (Twist)** aby dopasować skręcenie skrzydeł zawiasu do skręcenia półki dźwigara. Ustaw ten modyfikator jako ostatni (poniżej **Solid**).

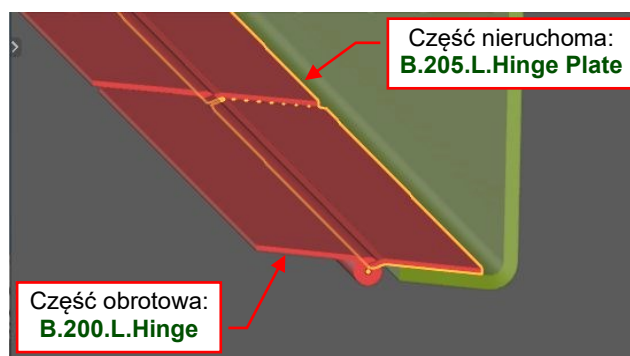


Rysunek 5.6.5 Dopasowanie zawiasu do krawędzi otworu kłapy

Ten zawias rozciąga się wzdłuż całej kłapy, więc jego końcówka pojawia się w stacji zewnętrznego żebra kłapy. Sprawdź szerokość szczeliny pomiędzy kłapą i krawędzią jej otworu. W moim modelu ten otwór wyszedł za szeroki. Po sprawdzeniu dokumentacji założyłem, że wąski pasek poszycia skrzydła, przynitowany do kołnierza żebra **122** (str. 187) miał szerokość $13/16"$. To pozostawia dystans $3/8"$ od kłapy (Rysunek 5.6.6):



Rysunek 5.6.6 Poprawienie krawędzi otworu kłapy



Rysunek 5.6.7 Rozdzielenie skrzydeł zawiasu

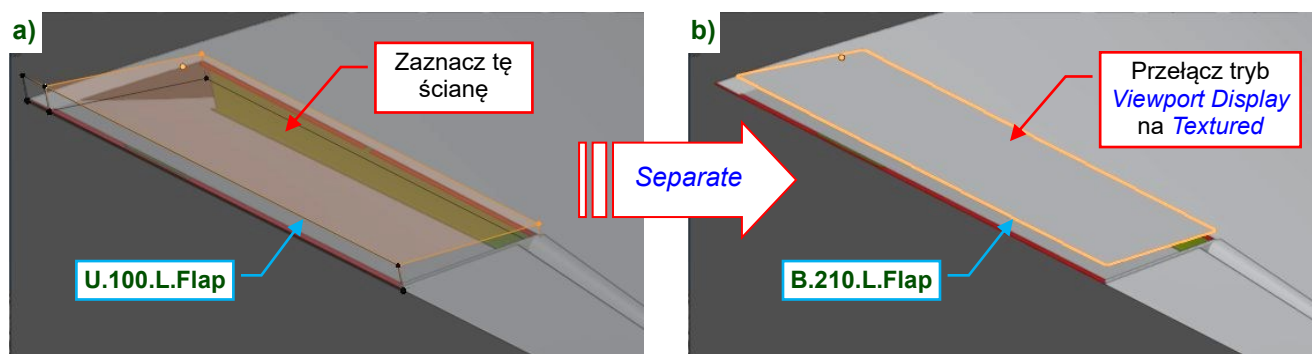
W przyszłości animujemy mechanizm kłapy. Przygotowując się do tego, wydziel (**Separate**) przednie skrzydło zawiasu (to leżące na półce dźwigara **#5** – por. Rysunek 5.6.7). Nazwij ten nowy obiekt **B.205.L.Hinge Plate**.

¹ Podaję tu wynikowe współrzędne, aby nie wydłużać opisu. Uzyskałem ten punkt podążając za „ścieżką” znanych wymiarów. Zacząłem od umieszczenia środka zawiasu w środku obiektu dźwigara **#5**. Potem przesunąłem zawias o $53/64"$ (wymiar z Rysunek 5.6.2b) wzdłuż lokalnej osi **X**. Potem przesuniecie wzdłuż lokalnej osi **Z** do krawędzi wycięcia kłapy (wymiar z poprzedniej sekcji). Obniżyłem także ten zawias przesuwając wzdłuż lokalnej osi **Y** dopóki krawędź jego skrzydła nie „dotknęła” dolnej półki dźwigara **#5**. Wreszcie przesunąłem zawias wzdłuż lokalnej osi **Z** o kolejne 0.4". To odstęp pomiędzy kłapą i żebrzem zamykającym ($3/8"$, wg 75-08-001) rzutowany na oś **Z** zawiasu.

Przypisz (**Set Parent**) **B.205.L.Hinge Plate** do obiektu **B.115.L.Web #5**. Przypisz także resztę zawiasu (obiekt **B.200.L.Hinge**) jako „potomka” jej nieruchomej części.

Stwórzmy teraz dolne poszycie klapy:

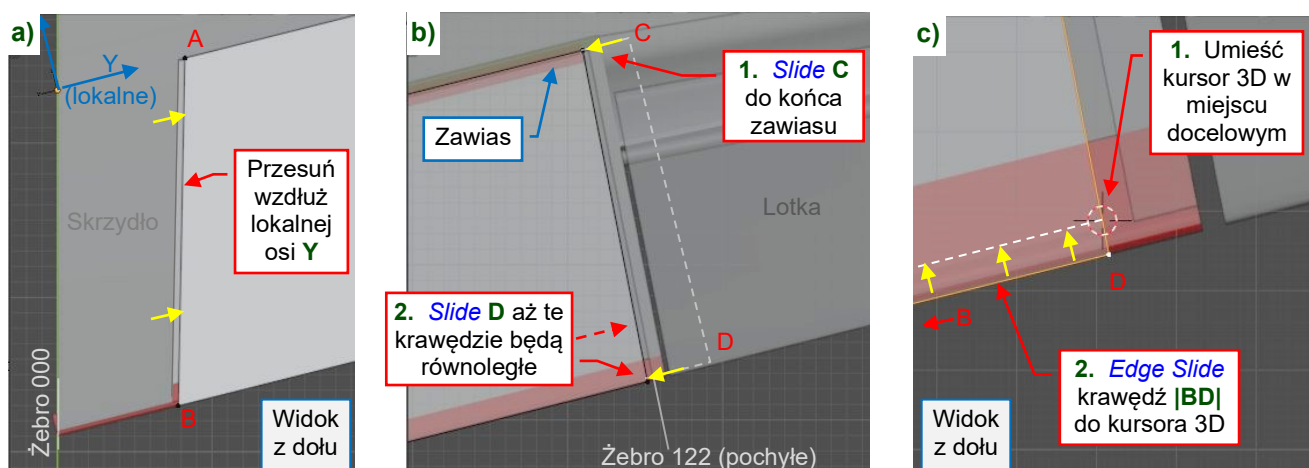
1. Włącz widoczność kolekcji **3a.Booleans**.
2. Wydziel (**Separate**) dolną ścianę obiektu **U.100.L.Flap¹** (Rysunek 5.6.8a) w nowy obiekt, o nazwie **B.210.L.Flap** (siatka: **B.210.Flap**). Przełącz jego tryb **Viewport Display** na **Textured** (Rysunek 5.6.8b).
3. Przenieś **B.210.L.Flap** do kolekcji **3.Wing**. Przypisz ją jako potomka do obiektu **B.200.L.Hinge**.
4. Wyłącz widoczność kolekcji **3a.Booleans**.



Rysunek 5.6.8 Tworzenie siatki poszycia klapy

Teraz przestaw projekcję w widok z dołu, przejdź do **Edit Mode** i odsuń krawędzie tej ściany od konturu otworu na klapę. Tworzysz w ten sposób szczeliny wspomniane na poprzednich stronach:

1. Krawędź wzdłuż wewnętrznego żebra (**|AB|** – por. Rysunek 5.6.9a) jest najprostszym przypadkiem. Przesuń ją wzdłuż lokalnej osi **Y** tego obiektu (czyli wzdłuż krawędzi spływu – por. str. 186) o $-3/8''$.
2. Krawędź wzdłuż zewnętrznego żebra (**|CD|** – Rysunek 5.6.9b): Przesuń **C** wzdłuż lokalnej osi **Y** do końca zawiasu. Przesuwaj (**Slide**) **D** wzdłuż krawędzi spływu aż **|CD|** będzie równoległe do żebra **122**.
3. Krawędź spływu (**|BD|** – Rysunek 5.6.9c): Zaznacz kursorem 3D docelowe miejsce dla **D**: $7/16''$ od krawędzi spływu² (Rysunek 5.6.9c). Potem przesuń (**Slide**) krawędź **|BD|** do tego punktu.
4. Metodą z pkt. 3 odsuń krawędź **|AC|** o $1/8''$ od osi zawiasu (por. Rysunek 5.6.9b).

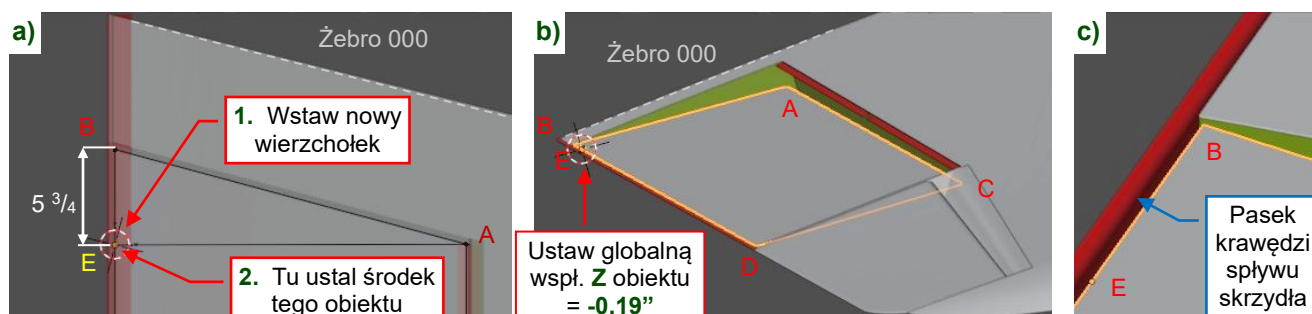


Rysunek 5.6.9 Poprawianie konturu poszycia klapy w rzucie z góry

¹ To pomocniczy „obiekt tnący”, który użyliśmy na str. .

² Aby umieścić kursor 3D $7/16''$ (0.44) od krawędzi spływu, oblicz współrzędną **Y** wektora przesunięcia: $0.44 \cdot \cos(14.11^\circ) = 0.42$. Potem umieść kursor 3D w wierzchołku **D** (**Cursor to Selected**). W przyborniku, zakładce **View**, panelu **3D Cursor**, dopisz w polu **Location:Y** wyrażenie: „-0.42” (przesuwa kursor 3D wzdłuż globalnej osi **Y** o -0.42). Potem zmniejszaj **Location:X**, aż kursor 3D będzie nad krawędzią **|CD|**.

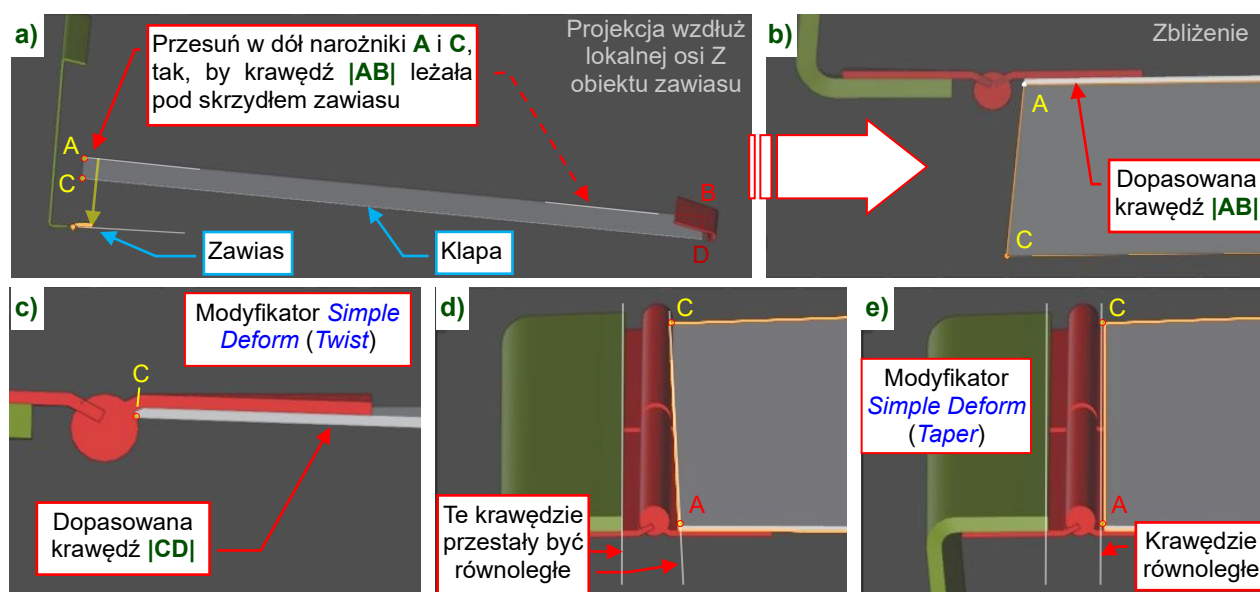
5. Stwórz (*Subdivide*) na krawędzi **|BD|** nowy wierzchołek **E** (Rysunek 5.6.10a). Umieść go **7.75"** od **B**. Połącz (**J**) **A** i **E** nową krawędzią (na wszelki wypadek, by nie tworzyć n-gona).
6. Umieść kursor 3D w wierzchołku **E**, przełącz się na *Object Mode*, i ustaw ten punkt jako nowy środek obiektu (*Origin to 3D Cursor*, por. str. 487)¹.
7. Dodaj do tego obiektu modyfikator *Solidify* (*Thickness*: **0.025**, *Offset*: **-1**).
8. Ustal współ. **Z** obiektu na **-0.19** (Rysunek 5.6.10b), by pasował do krawędzi spływu (Rysunek 5.6.10c):



Rysunek 5.6.10 Ustalanie środka (*origin*) i położenia kłapy

Aby zachować oryginalną orientację bazy tej kłapy², zdecydowałem dopasować jej poszycie do skrzydła zawiasu przez prostą modyfikację siatki i zespół dwóch modyfikatorów *Simple Deform*:

1. Zaznacz zawias i klapę. Przełącz się na *Local View* (**V**) i ustaw projekcję wzdłuż lokalnej osi **Z** zawiasu.
2. Zaznacz klapę i przejdź do *Edit Mode*. Przesuń wierzchołki **A** i **C** wzdłuż globalnej osi **Z** (Rysunek 5.6.11a) dopóki wierzchołek nie „dotknie” skrzydła zawiasu (Rysunek 5.6.11b).
3. Dodaj do obiektu kłapy modyfikator *Simple Deform (Twist)*, ustaw go wzdłuż osi **Y**, i ustal taki kąt skręcenia, by narożnik **C** także „dotknął” skrzydła zawiasu (Rysunek 5.6.11c).
4. W wyniku skręcenia, przednia krawędź tej kłapy przestała być równoległa do osi zawiasu: narożnik **C** jest minimalnie przesunięty do przodu (Rysunek 5.6.11d). Skompensuj ten efekt kolejnym modyfikatorem *Simple Deform*: wybierz funkcję *Taper* wzdłuż osi **Y**. Zmieniaj *Factor* tego modyfikatora aż krawędź **|AC|** będzie równoległa do zawiasu (Rysunek 5.6.11e). To minimalna deformacja: *Factor* to ok. 0.0035.



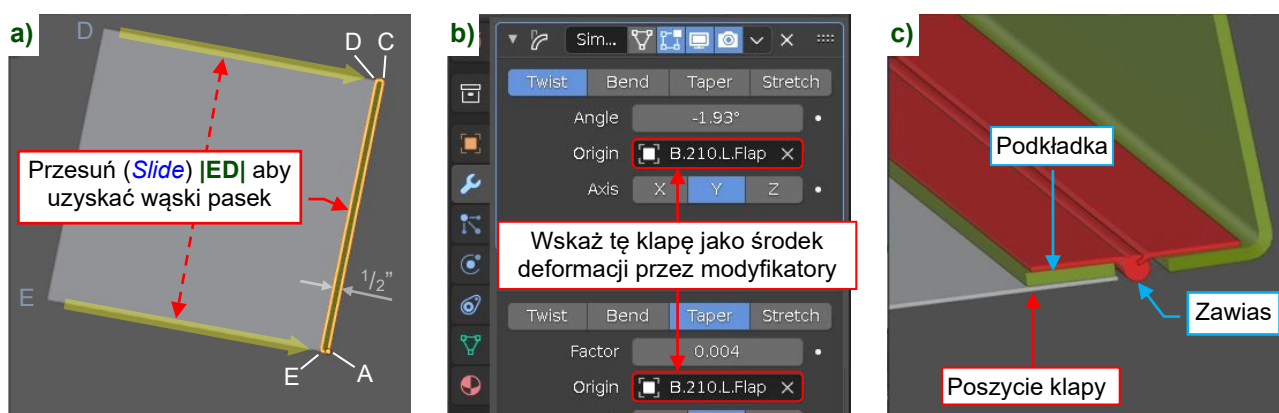
Rysunek 5.6.11 Dopasowanie poszycia kłapy do skrzydła zawiasu

¹ To jest jedna z baz wymiarowych („**ST**Ation 1”) na rysunku złożeniowym kłapy.

² Podłużna oś (baza) wymiarowa tej kłapy jest równoległa do krawędzi spływu i leży na płaszczyźnie cięciw skrzydła – por. Rysunek 5.6.2a)

Och, podczas tych dopasowań zapomniałem dodać podkładkę pomiędzy poszycie klapy a skrzydło zawiasu! (Pokazuje ją Rysunek 5.6.2b). Skopiujmy teraz ten drobiazg z obiektu klapy:

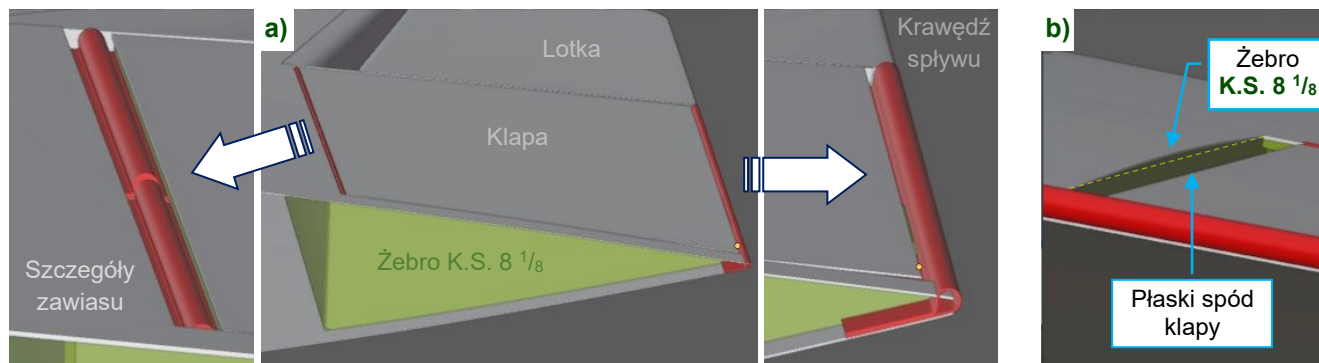
1. Skopiuj i wydziel (*Separate*) ścianę **EACD** (jest pokazywana przez Rysunek 5.6.10b) w nowy obiekt, o nazwie **B.215.L.Washer**. Przypisz go jako potomka (*Set Parent*) do **B.210.L.Flap**.
2. Aby lepiej widzieć tę część, przypisz obiektowi podkładki materiał **Artificial.Green**.
3. W *Edit Mode* przesun (*Slide*) krawędź **[ED]** do **[AC]**, tworząc szeroki na **0.5"** pasek (Rysunek 5.6.12a).
4. Przesun obiekt podkładki wzdłuż globalnej osi **Z** o **+0.025** (grubość poszycia klapy). To przesunięcie powinno umieścić wierzchołki **A** i **E** podkładki na powierzchni skrzydła zawiasu.
5. Zmień „intensywność” obydwu modyfikatorów *Simple Deform* tej podkładki, aby dopasować jej krawędź **[CD]** do skrzydła zawiasu¹. Wskaż **B.210.L.Flap** jako *Origin* obydwu deformacji (Rysunek 5.6.12b).
6. Zmień ustawienia modyfikatora *Solidify: Offset: +1, Thickness: 0.08*.
7. Zaznacz obiekt **B.210.L.Flap** i powtórz poprzednią listę kroków², dopasowując narożniki **A** i **C** klapy do dolnej powierzchni podkładki zamiast do skrzydła zawiasu (Rysunek 5.6.12c):



Rysunek 5.6.12 Dodanie podkładki pod zawiasem klapy

Dla większej „czytelności” modelu, możesz także ustalić środek obiektu podkładki w jej narożniku **A**. Ten dodatkowy krok nie zmieni tego paska, ponieważ przełączyliśmy środki deformacji jego modyfikatorów *Simple Deform* na środek obiektu klapy (por. krok 5 z listy powyżej).

W ten sposób „zamontowaliśmy” tę klapę do skrzydła (Rysunek 5.6.13a). Zwróć uwagę, że jej płaski dolny kontur trochę odstaje do lekko wygiętej dolnej powierzchni skrzydła w stacji **K.S. 8 1/8** (Rysunek 5.6.13b).



Rysunek 5.6.13 „Zamontowana” w skrzydle klapa

To drobne niedopasowanie nie jest wynikiem błędu – można je dostrzec na szczegółowych zdjęciach P-40.

¹ Nie wiem dlaczego, ale po wydzieleniu podkładki te same modyfikatory umieściły jej końcówkę (krawędź **[CD]**) nieco ponad płaszczyznę zawiasu. Skompensowałem tę różnicę zmniejszając w modyfikatorze *Simple Deform* kąt skręcenia o około -0.1° .

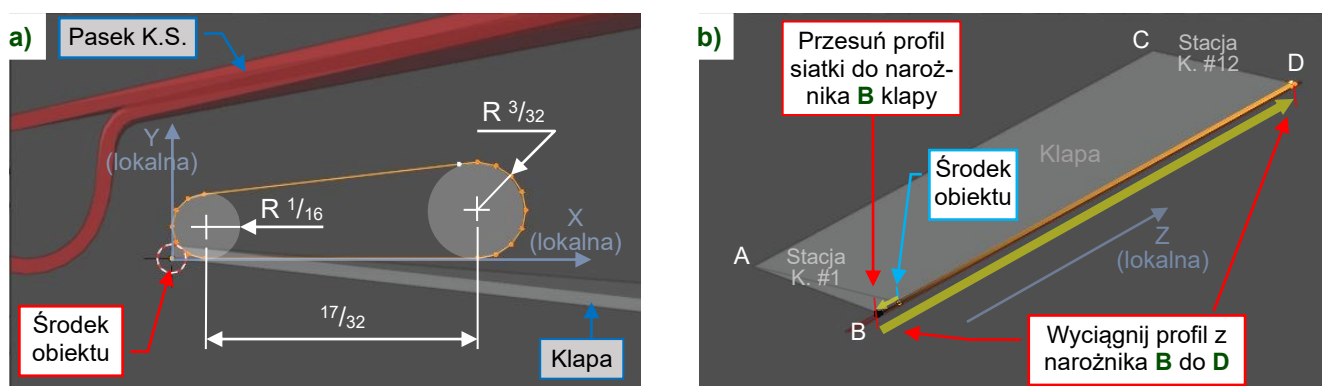
² Chodzi o listę ze str. 309: wykonaj z niej kroki. 1, 2, i zmień kąt skręcenia modyfikatora z kroku 3.

Obiekt klapy (**B.210.L.Flap**) wciąż nie jest przypisany do żadnego obiektu nadrzędnego. Co więcej, jego ściany są wciąż wyświetlane z płaskim cieniowaniem. Zróbmy z tym porządek:

1. Ustaw cieniowanie obiektu klapy (w *Object Mode*) na *Shade Auto Smooth* (por. str. 517).
2. Przypisz (*Set Parent*) **B.210.L.Flap** jako obiekt potomny do **B.200.L.FlapHinge**.

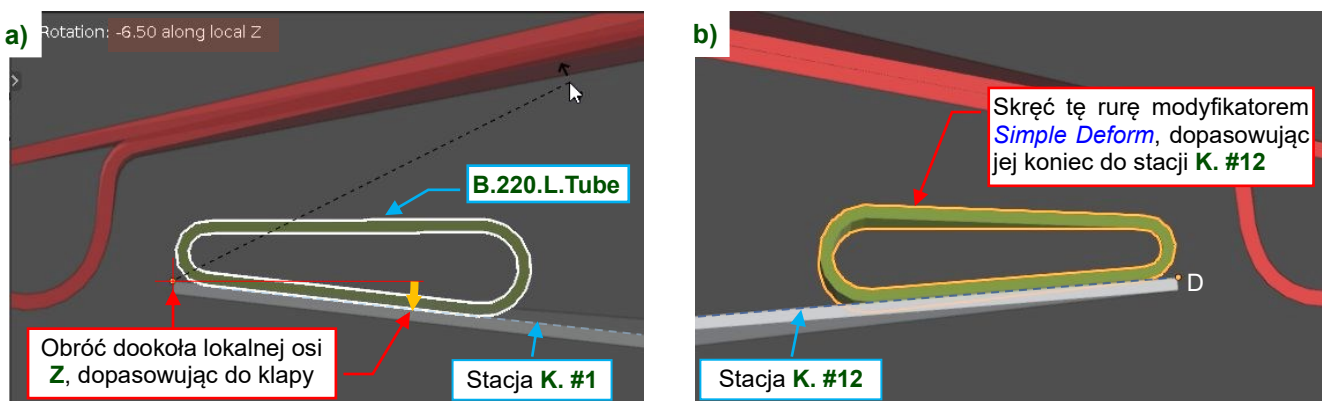
Podkładka pod skrzydłem zawiasu była wzmocnieniem przedniej krawędzi klapy. Stwórzmy teraz wzmocnienie tylnej krawędzi: odcinek cienkiego, zamkniętego (trójkątnego) profilu:

1. Ustaw projekcję okna 3D wzdłuż lokalnej osi **Z** paska krawędzi spływu skrzydła. Zaznacz obiekt klapy i umieść kursor 3D w jego środku (*Cursor to Selected*).
2. Wstaw pierwszy, **16-boczny okrąg** (*Radius: $\frac{3}{16}$*). Przełącz się w *Edit Mode* i wstaw obok mniejszy, **12-boczny okrąg** (*Radius: $\frac{1}{16}$*). Połącz ich krawędzie, tworząc profil jak pokazany przez Rysunek 5.6.14a).
3. Przesuń ten profil wzdłuż lokalnej osi **Z** do narożnika **B** klapy (Rysunek 5.6.14a).
4. Wyciągnij ten profil wzdłuż lokalnej osi **Z** i umieść nowo utworzoną sekcję końcową ponad przeciwnym narożnikiem klapy (**D** – por. Rysunek 5.6.14b):



Rysunek 5.6.14 Tworzenie wzmocnienia krawędzi spływu klapy

5. Nazwij ten obiekt **B.220.L.Tube** (siatka: **B.220.Tube**) i przypisz go jako potomka do **B.210.L.Flap**.
6. Przypisz temu obiektowi kontrastowy materiał – **Artificial.Green**.
7. Dodaj do obiektu modyfikator *Solidify* (*Thickness: 0.025*, *Offset: -1*). Jeżeli trzeba, użyj *Flip Normals*.
8. W *Object Mode* przesuń obiekt wzdłuż globalnej osi **Z** o **+0.025**. Obróć go wokół lokalnej osi **Z**, „układając” dolną krawędź profilu na powierzchni poszycia klapy w stacji **K.1 #1** (Rysunek 5.6.15a).
9. Dodaj modyfikator *Simple Deform* (*Twist*) i dopasuj skrócenie końca profilu do wewnętrznej powierzchni końca klapy (na stacji **K. #12** – to punkt **D** pokazywany przez Rysunek 5.6.15b):

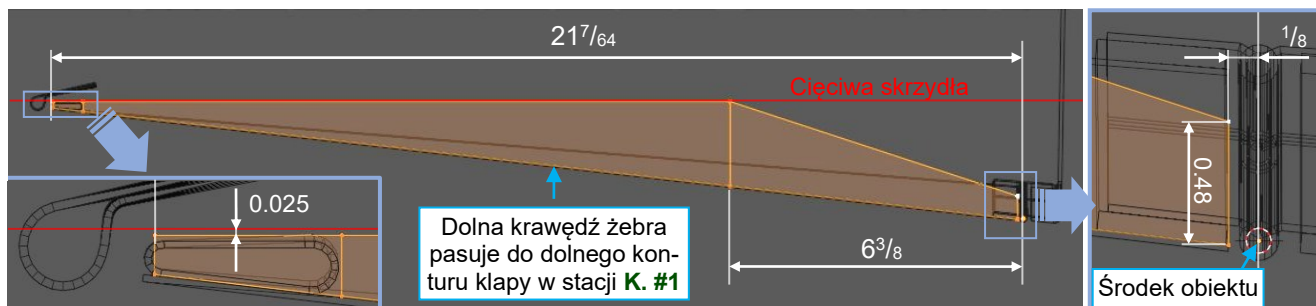


Rysunek 5.6.15 Dopasowanie wzmocnienia do powierzchni klapy

¹ „K.” = „Klapy”. W dalszym tekście będę używał tego skrótu do zasygnalizowania, że chodzi o jedną ze stacji klapy. Na oryginalnym rysunku złożeniowym są ponumerowane od 1 do 12.

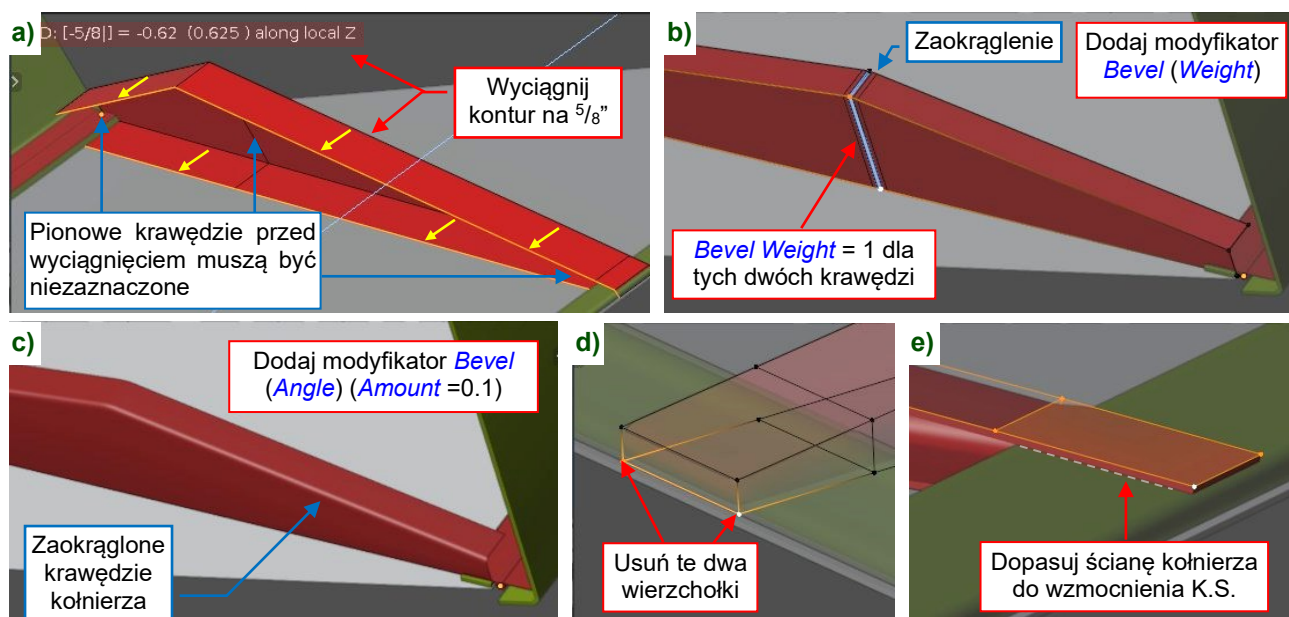
Stwórzmy teraz żebra, zaczynając od umieszczonego na wewnętrznej krawędzi kłapy (**[AB]**, por. Rysunek 5.6.14b). Kontur wszystkich to prosty pięciokąt. Najważniejszą rzeczą w tym przypadku jest dobrze wybrać właściwą powierzchnię bazową i punkt środkowy (*origin*) takiego obiektu:

1. Ustaw projekcję w oknie 3D wzdłuż lokalnej osi **Z** paska krawędzi spływu (jak na poprzedniej stronie). Zaznacz obiekt zawiasu i umieść kursor 3D w jego środku (*Cursor to Selected*).
2. Wstaw nowy *Plane*, nazwij ten obiekt **B.225.L.Ribs** (siatka: **B.225.Ribs**). przypisz go (*Set Parent*) jako potomka do obiektu kłapy (**B.210.L.Flap**).
3. Ustaw barwę (materiał) tego obiektu na **Artificial.Red**.
4. Przełącz się na *Edit Mode* i przekształć ten kwadrat w trzy ściany pokazywane przez Rysunek 5.6.16⁽¹⁾:



Rysunek 5.6.16 Wymiary żebra kłapy ze stacji K. #1

5. Wyciągnij (wzdłuż lokalnej osi **Z**) z tej ściany kołnierz szeroki na $\frac{5}{8}$ " (Rysunek 5.6.17a).
6. Górny narożnik żebra był zaokrąglony ($R = \frac{3}{4}$ "). Przypisz *Bevel Weight* = **1.0** wg Rysunek 5.6.17b) i dodaj do tego obiektu modyfikator *Bevel*. W panelu modyfikatora ustaw parametry: *Limit Method*: *Weight*, *Width Type*: *Width*, *Amount*: **0.25**, *Segments*: **3**. Ustaw cieniowanie na *Shading Smooth*.
7. Dodaj drugi modyfikator *Bevel*. Pozostaw ustawienia metody (*Limit Method*: *Angle*, *Width Type*: *Offset*). Ustaw *Amount* na **0.1**, *Segments* na **5** (Rysunek 5.6.17c).
8. Dodaj modyfikator *Solidify* (*Thickness*: **0.025**, *Offset*: **-1**).
9. Usuń z krawędzi spływu żebra dwa wierzchołki pokazane przez Rysunek 5.6.17d) i dopasuj ostatnią ścianę górnego kołnierza do wzmocnienia krawędzi spływu (Rysunek 5.6.17e):

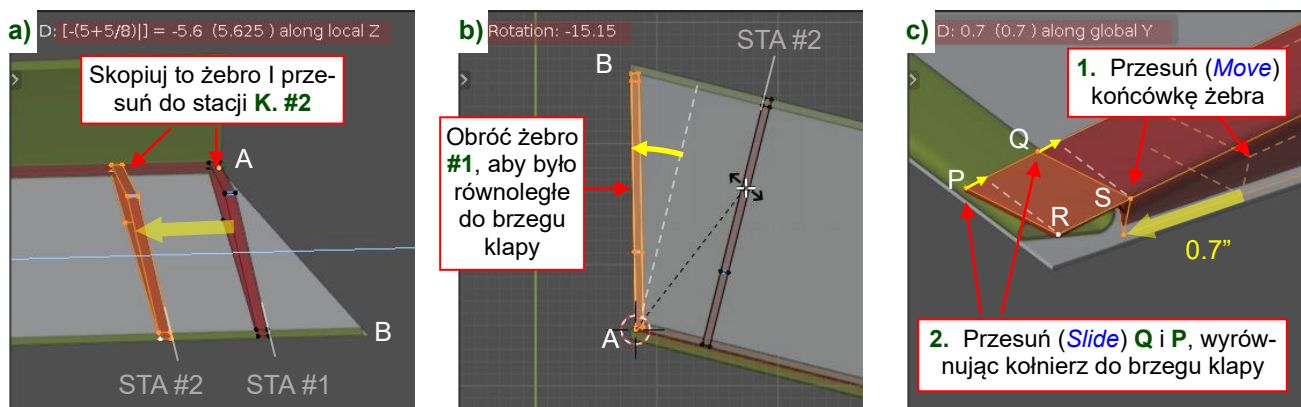


Rysunek 5.6.17 Modelowanie szczegółów żebra kłapy

¹ Pomijam szczegóły tworzenia tych trzech ścian, ponieważ jestem pewien, że poradzisz już sobie z tym bez moich podpowiedzi.

Stwórz kolejne żebro i dopasuj je do wewnętrznego brzeg kłapy:

1. Skopiuj (*Duplicate*) całą siatkę żebra i przesunij je wzdłuż lokalnej osi **Z** o $5 \frac{3}{8}$ " (Rysunek 5.6.18a). To jest stacja **K. #2**. Stworzymy wszystkie żebra tej kłapy jako pojedynczy obiekt (pojedynczą siatkę).
2. Ustaw żebro ze stacji **K. #1** wzdłuż krawędzi kłapy (**|AB|** z Rysunek 5.6.18b). Aby to zrobić, obróć pierwsze żebro wokół globalnej osi **Z** o -15.15° .
3. Przesunij wierzchołki krawędzi spływu obróconego żebra wzdłuż globalnej osi **Y** o 0.7 " (Rysunek 5.6.18c). To dopasuje żebro **#1** do innej długości krawędzi **|AB|**.
4. Przesunij (*Slide*) wierzchołki **P** i **Q** (Rysunek 5.6.18c), aby ustawić krawędzie **|PR|** i **|QS|** równoległe do wzmocnienia krawędzi spływu kłapy:



Rysunek 5.6.18 Dopasowanie żebra #1 do brzegu kłapy

Po tym obrocie dolny kołnierz żebra **#1** nie jest idealnie dopasowany do powierzchni kłapy. Te różnice są jednak tak małe, że nie umieściłem ich korekty na liście kroków powyżej. Sprawdź i popraw to samodzielnie.

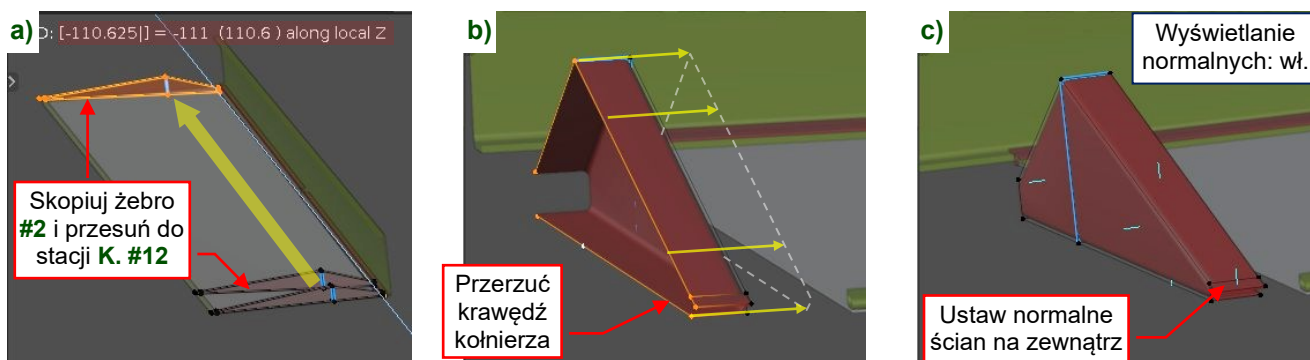
We wszystkich pozostałych żebdach kłapy górny narożnik znajdował się w nieco innym miejscu cięciwy niż ten z żebra **#1**. Przesunij tę krawędź w żebrze **#2** wg wymiarów pokazanych przez Rysunek 5.6.19:



Rysunek 5.6.19 Zmiany w geometrii żebra #2

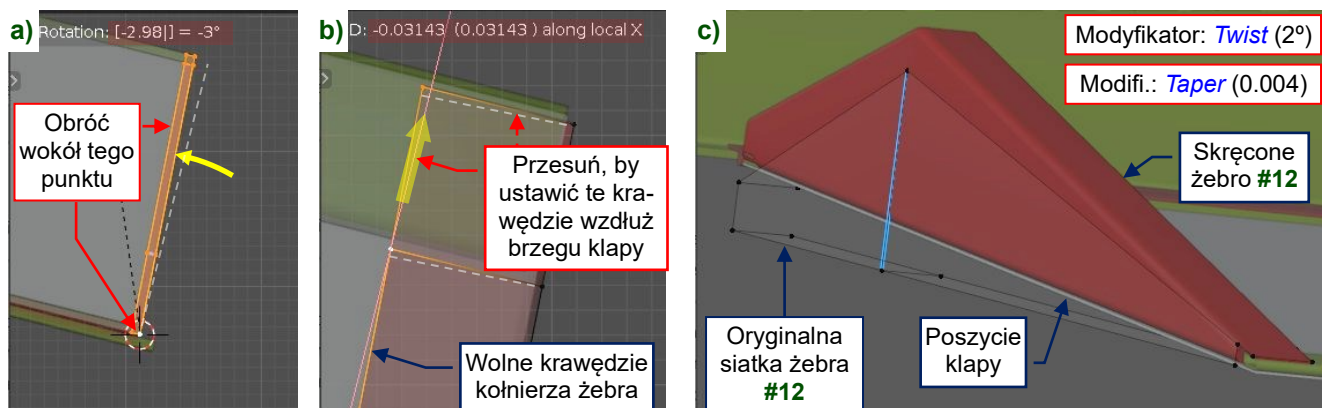
Skopiuj żebro **#2** w żebro **#12**, zamykające przeciwny koniec kłapy (stację **K. #12**):

1. Skopiuj żebro **#2** i przesunij tę kopię wzdłuż lokalnej osi **Z** o $-110 \frac{5}{8}$ (Rysunek 5.6.20a). To żebro **#12**.
2. Przerzuć kołnierza żebra **#12** na przeciwną stronę: przesunij zewnętrzną krawędź kołnierza wzdłuż lokalnej osi **Z** o $-5/4$ " (Rysunek 5.6.20b).
3. Przełącz normalne (*Flip Normals*) tego żebra, aby były skierowane na zewnątrz (Rysunek 5.6.20c).



Rysunek 5.6.20 Tworzenie żebra #12 na drugim końcu kłapy

4. W widoku z góry, obróć żebro **#12** wokół globalnej osi **Z** o **-2.98°**. W ten sposób ustawisz je równoległe do zewnętrznej krawędzi klapy (Rysunek 5.6.21a).
5. Zaznacz zewnętrzne krawędzie kołnierza żebra **#12** i przesunij je wzdłuż lokalnej osi **X** o **0.03"**⁽¹⁾. To uczyni krawędzie poprzeczne równoległymi do brzegów klapy (Rysunek 5.6.21b).
6. Dodaj do tego obiektu żebra (**B.225.L.Ribs**) dwa modyfikatory **Simple Deform**. Ustaw je tak, jak pokazuje Rysunek 5.6.12b): obiekt **B.210.L.Flap** jako **Origin**, **Axis: Y**. Zmień kąt skręcenia na **2°** zamiast 1.93° podanego na rysunku. To dopasuje żebro **#12** do powierzchni klapy (Rysunek 5.6.21c):



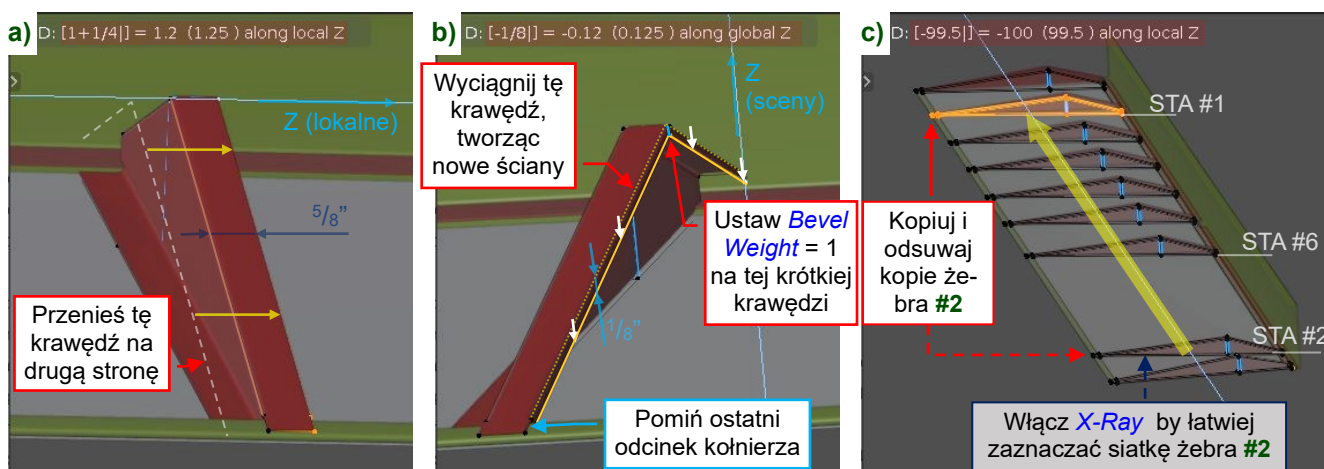
Rysunek 5.6.21 Dopasowanie żebra #12 do powierzchni klapy



Modyfikator **Simple Deform** tworzy ten sam rezultat dla siatek o takim samym rozmiarze (mierzonym wzdłuż osi transformacji). Dlatego stworzyłem na początku obydwie krańcowe żebra: ich obecność nadaje siatce **B.225.Ribs** taką samą długość, jak długość klapy.

Gdy krawędzie klapy są już obramowane, możemy stworzyć żebra środkowe:

1. W żebrze **#2** przesunij wolną krawędź górnego kołnierza wzdłuż lokalnej osi **Z** o **1 1/4"** (Rysunek 5.6.22a), a potem wyciągnij ją o **-1/8"** wzdłuż lokalnej osi **Y** (Rysunek 5.6.22b). To nada żebrowi profil „S”.
2. Po tej transformacji, sprawdź kierunki normalnych tego żebra. Aby uniknąć problemów z modyfikatorem **Bevel**, wywołałem **Flip Normals** dla całego żebra **#2**. Potem podniosłem dolny kołnierz o **+0.025"**.
3. Kopiuj żebro **#2** i odsuwasz te kopie wzdłuż lokalnej osi **Z** na następujące odległości (mierzone od stacji **K. #2**²): **42⁴⁹/64"**, **54¹/2"**, **65³³/64"**, **77"**, **88³/32"**, **99¹/2"**. To będą żebra **#6 - #11** (Rysunek 5.6.22c):



Rysunek 5.6.22 Tworzenie środkowych żebier

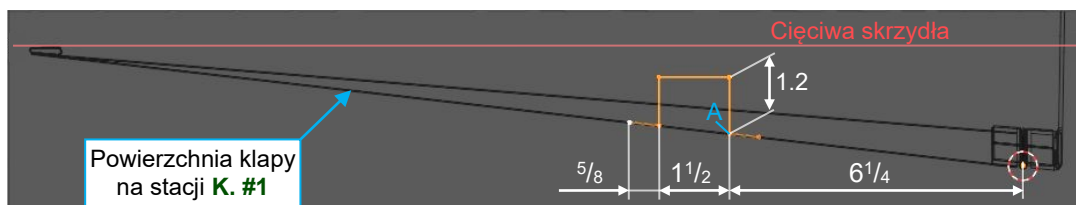
¹ To przybliżony ekwiwalent obrotu o 2.98°. Dla tak małej odległości (0.03") różnica pomiędzy tymi transformacjami jest pomijalna.

² Obliczyłem te odległości odejmując od położenia stacji **K. #6 ... K. #11** dystans pomiędzy stacjami **K. #1** i **K. #2** (**5⁵/8"**)

Trzy żebra pod wzmocnieniem chodnika skrzydła (#3, #4, #5) stworzymy na końcu tej sekcji.

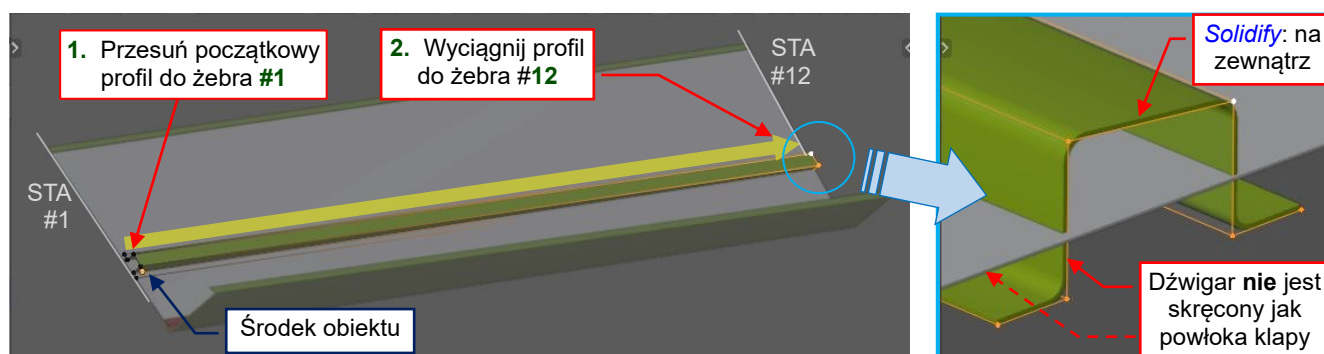
Teraz odtworzymy dźwigar i podłużnicę (por. Rysunek 5.6.2). Zaczniemy od dźwigara:

1. Ustal w oknie 3D projekcję wzdłuż lokalnej osi **Z** paska krawędzi spływu (lub obiektu żeber). Zaznacz obiekt zawiasu i umieść kursor 3D w jego środku (*Cursor to Selected*).
2. Wstaw nowy kwadrat (*Plane*). Nazwij ten nowy obiekt **B.230.L.Flap Longeron** (siatka: **B.230.Flapp Longeron**). Przypisz go (*Set Parent*) jako potomka obiektu **B.210.L.Flapp**.
3. Przypisz temu obiektowi kolor (materiał) **Artificial.Green**.
4. Przełącz się w *Edit Mode* i przekształć kwadrat w otwarty profil pokazywany przez Rysunek 5.6.23:



Rysunek 5.6.23 Profil dźwigara klapy (wymiary uwzględniają grubość materiału: 0.04")

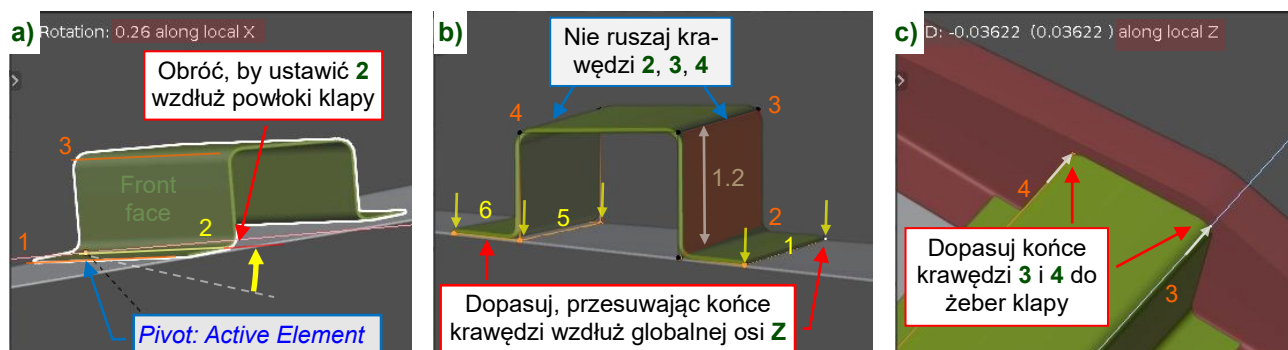
5. Ustal w punkcie **A** (Rysunek 5.6.23) nowy środek (*origin*) tego obiektu. (Umieść w tym wierzchołku kursor 3D, przełącz się w *Object Mode*, a dalej – jak na str. 487. Potem wróć do *Edit Mode*).
6. Przesuń profil dźwigara wzdłuż lokalnej osi **Z** do żebra #1, potem wyciągnij go do żebra #12.
7. Dodaj modyfikator *Bevel* do obiektu. Pozostaw jego domyślne ustawienia (*Limit Method: Angle*, *Width Type: Offset*). Ustaw *Amount* na **0.16**, *Segments* na **5**. Zmień cieniowanie dźwigara na *Shade Smooth*.
8. Dodaj modyfikator *Solidify* (*Thickness: 0.04*, *Offset: na zewnątrz*, jak pokazuje to Rysunek 5.6.24):



Rysunek 5.6.24 Formowanie dźwigara klapy

Teraz dopasuj ten dźwigar do żeber i powierzchni klapy:

1. W *Object Mode*, obróć dźwigar wokół lok. osi **X**, by krawędź 2 pasowała do klapy (Rysunek 5.6.25a).
2. Przejdź do *Edit Mode* i dopasuj końce krawędzi 1, 5, 6 do powierzchni klapy (Rysunek 5.6.25b).
3. Przesuń górne wierzchołki wzdłuż lokalnej osi **Z**, dopasowując je do żeber #1 i #12 (Rysunek 5.6.25c).



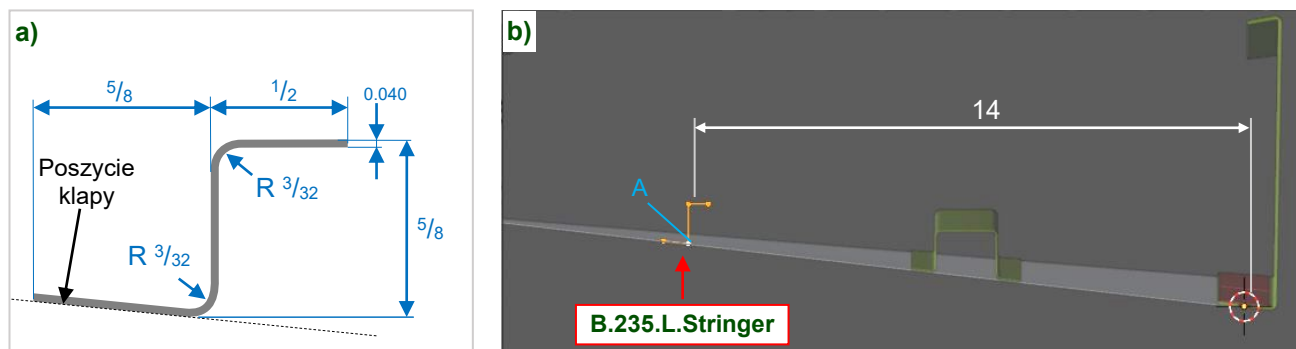
Rysunek 5.6.25 Dopasowanie ścian dźwigara do poszycia i żeber klapy



Nie skręcam tego dźwigara, ponieważ w dokumentacji jego ściany między krawędziami **2-3** i **4-5** (Rysunek 5.6.25b) są pionowe, a boki ściany **3-4** – równoległe do cięciwy skrzydła.

Siatka tego dźwigara jest tak prosta, że jej dopasowanie do skręconej powierzchni kłapy nie było problemem.

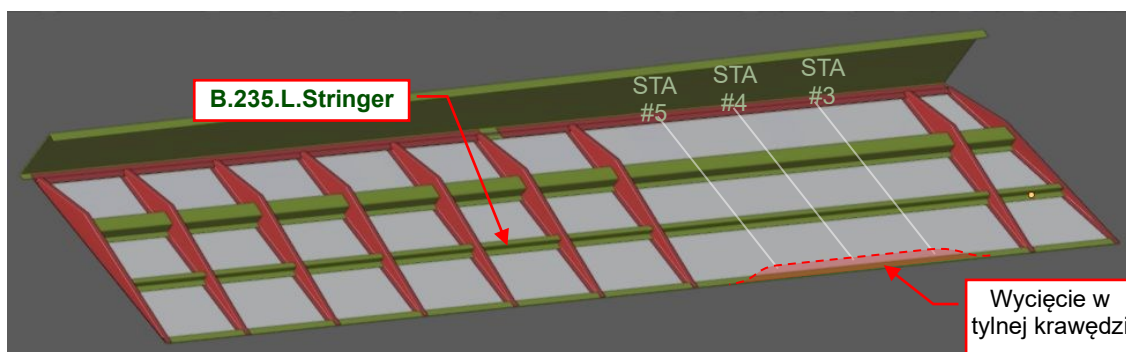
Stwórz tylną podłużnicę tak samo, jak stworzyliśmy na poprzedniej stronie dźwigar. Rysunek 5.6.26a) pokazuje szczegóły jej profilu „S”, a Rysunek 5.6.26b) wymiar jej położenia na powierzchni kłapy:



Rysunek 5.6.26 Szczegóły przekroju podłużnicy

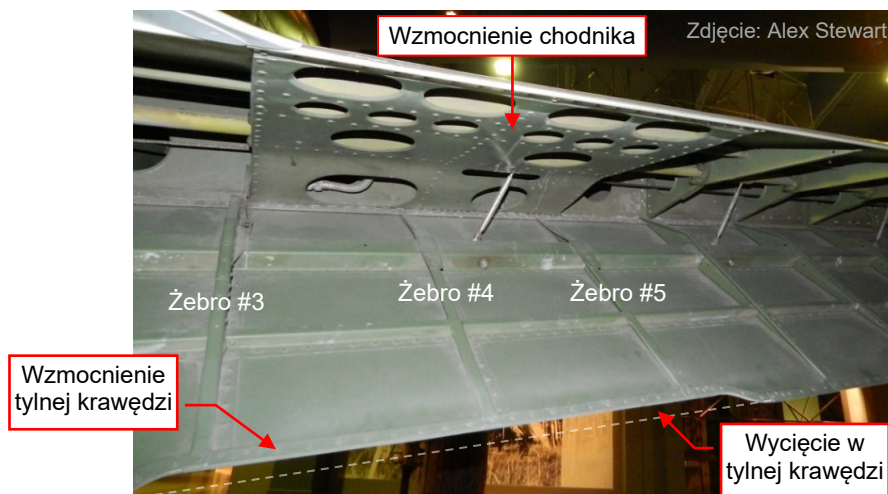
Nazwij ten obiekt **B.235.L.Stringer** (siatka: **B.235.Stringer**). przypisz go jako potomka obiektowi **B.210.L.Flap**.

Rysunek 5.6.27 pokazuje aktualny stan naszego modelu kłapy. Jest bliski ukończenia:



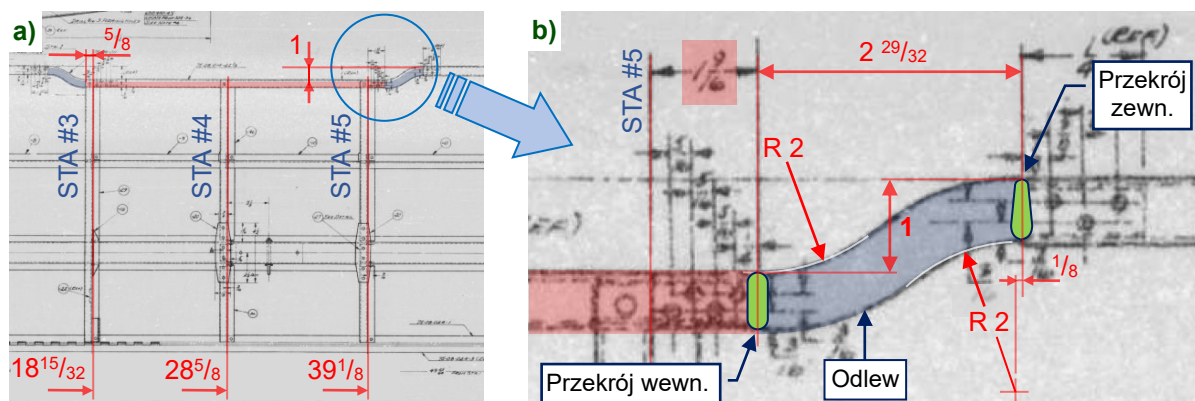
Rysunek 5.6.27 Aktualny stan modelu

Ostatnimi brakującymi elementami są żebra **#3**, **#4**, **#5**. Znajdują się pod „pudełkiem” wzmacniającym chodnik na górnej powierzchni skrzydła (por. str. 197). Pomiędzy tymi żebrami widać także wycięcie w tylnej krawędzi kłapy, dopasowane do tego wzmocnienia (Rysunek 5.6.28):



Rysunek 5.6.28 Wycięcie w krawędzi spływu kłapy

Poniżej podaję kluczowe wymiary tego fragmentu kłapy (Rysunek 5.6.29):



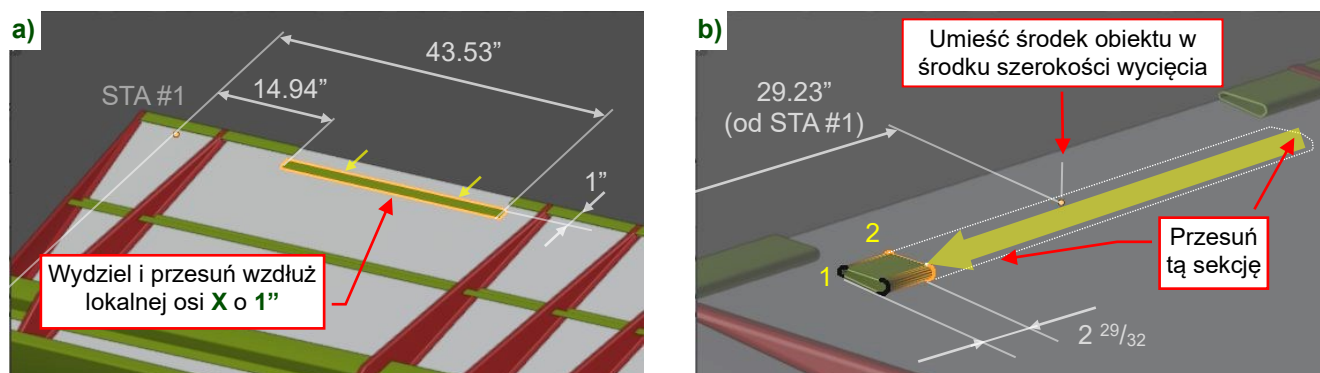
Rysunek 5.6.29 Szczegóły wycięcia w klapie

Stacje kłapy wymiarowane przez Rysunek 5.6.29a) są odległościami od stacji **K. #1** (to narożnik **A** pokazywany przez Rysunek 5.6.18b). Wzmocnienie tylnej krawędzi wokół wycięcia składa się z dwóch identycznych odlewów w kształcie litery „S” (Rysunek 5.6.29 oznacza je na niebiesko) i profilu w środku (oznaczony na czerwono). Rysunek 5.6.29b) pokazuje szczegóły odlewów (są symetryczne). Zwróć uwagę na różnicę ich końcowych przekrojów poprzecznych. Zewnętrzny kraniec pasuje do obecnego profilu wzmocnienia (Rysunek 5.6.14a). Profil wewnętrzny to zaokrąglony z obydwu stron prostokąt, o wymiarach $1\frac{1}{16}'' \times 3\frac{3}{16}''$.

Takie wycięcie można stworzyć na wiele sposobów. W najbardziej oczywistym wariancie, możesz to zrobić poprzez zmianę siatek: kłapy i wzmocnienia jej tylnej krawędzi. Ja jednak zdecydowałem się posłużyć krzywą. Ta metoda pozwoli mi przedstawić w tej sekcji dwa użyteczne modyfikatory.

Zacznijmy od przygotowania odpowiedniego segmentu wzmocnienia tylnej krawędzi kłapy:

1. Wstaw (**Loop Cut**) w siatkę **B.220.Tube** dwóch nowych linii krawędzi: w **Z** (lokalnym) = $14\frac{15}{16}''$ i w $43\frac{17}{32}''$. To odległości do przeciwnych końców wycięcia, obliczone z wymiarów podanych przez Rysunek 5.6.29.
2. Wydziel ściany pomiędzy tymi sekcjami w nowy obiekt, o nazwie **B.240.L.Tube** (siatka: **B.240.Tube**).
3. Przejdź do **Object Mode**, zaznacz ten obiekt, w jego modyfikatorze **Simple Deform** przestaw **Angle** na **0**.
4. Przesuń **B.240.L.Tube** o **-1''** wzdłuż jego lokalnej osi **X** (Rysunek 5.6.30a).
5. Przesuń środek (**origin**) tego obiektu do środka segmentu: wzdłuż lokalnej osi **Z** o $-29\frac{15}{64}''$ (¹).
6. Przesuń sekcję **2** o $+25\frac{11}{16}''$ wzdłuż lokalnej osi **Z** (Rysunek 5.6.30b):

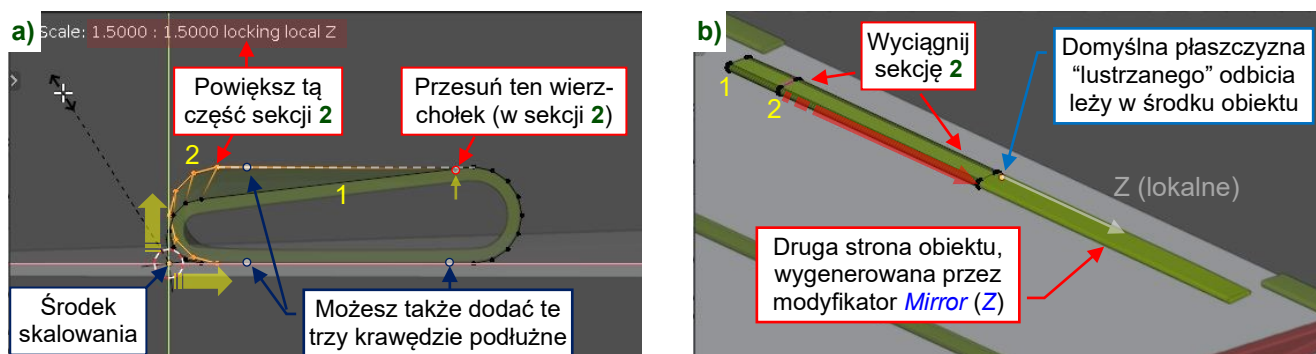


Rysunek 5.6.30 Wydzielenie ze wzmocnienia tylnej krawędzi kłapy segmentu wokół wycięcia

¹ W **Object Mode** otwórz przybornik (**N**) i wybierz jego zakładkę **Tool**. W panelu **Transform** zaznacz opcję **Affect only: Origins**. Następnie naciśnij **G** i przesun środek tego obiektu o podaną odległość wzdłuż lokalnej osi **Z**. Nie zapomnij wyłączyć tej opcji **Affect only** po tej transformacji! (Przeprowadzi275liśmy już podobną operację na str. 275).

Przygotuj tę nową część do wygięcia wzdłuż krzywej:

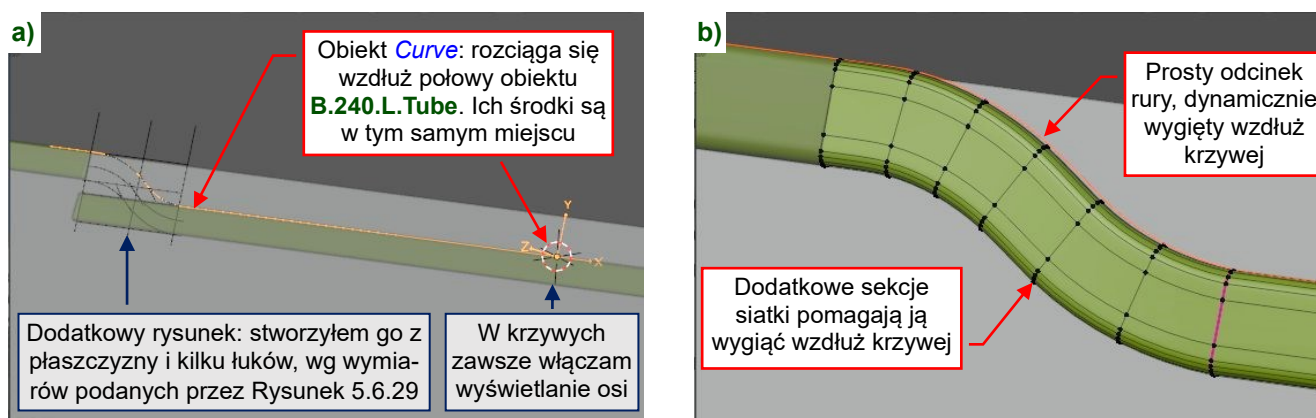
1. Dodaj modyfikator **Subdivision Surface** (**Subdivisions: 2**) i umieść go powyżej modyfikatora **Solidify**.
2. Zmień przekrój krawędzi **2**: umieść środek transformacji (**3D Cursor**) w środku obiektu, a potem powiększ (**Scale**, współczynnik: **1.5**) tylny łuk z zablokowaną lokalną osią **Z** (Rysunek 5.6.31a).
3. Wyciągnij krawędź **2** wzdłuż lokalnej osi **Z** aż do środka obiektu (tam, gdzie **Z_{lokalne}** = 0).
4. Oznacz sekcję **2** jako ostrą (**Crease** = 1).
5. Dodaj modyfikator **Mirror** (por. str. 548). Wybierz odbicie wzdłuż osi **Z** i umieść na liście pomiędzy modyfikatorami **Subdivision** i **Solidify**. To wygeneruje symetryczną drugą połowę obiektu (Rysunek 5.6.31b):



Rysunek 5.6.31 Modyfikacje wzmocnienia tylnej krawędzi kłapy przed wygięciem wzdłuż krzywej

Stwórz krzywą wzdłuż połowy konturu wycięcia:

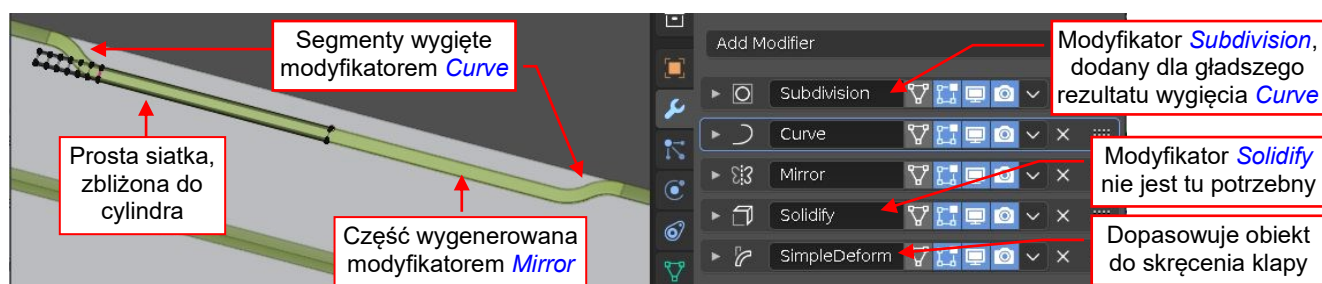
1. W kolekcji **3.Wing** stwórz nową kolekcję o nazwie **3x.Curves**.
2. Umieść kursor 3D w środku obiektu **B.240.L.Tube**. Ustaw projekcję wzdłuż jego osi **Y** (**Shift-3**).
3. Stwórz nową ścieżkę (**Path**) wg opisu ze str. 490. Nazwij ten nowy obiekt **Q.240.L.Tube**. Jego blok danych (**Curve**) nazwij **Q.240.Tube**. Przypisz **Q.240.L.Tube** jako potomka do obiektu **B.200.L.Flap Hinge**.
4. Upewnij się, że środek (**origin**) obiektu krzywej leży w środku obiektu **B.240.L.Tube**, i że ich osie mają takie same kierunki i orientacje (Rysunek 5.6.32a):



Rysunek 5.6.32 Wygięcie wzdłuż krzywej (modyfikator **Curve**)

5. Dodaj do obiektu **B.240.L.Tube** modyfikator **Curve Deform**, wg opisu ze str. 555. Umieść go pomiędzy modyfikatorami **Subdivision** i **Solidify**. Wybierz oś wygięcia **Z** i wskaż **Q.240.L.Tube** jako **Curve**.
6. Wstaw (**Loop Cut**) 5 nowych segmentów pomiędzy sekcjami **1** i **2** (gęstsza siatka lepiej się „wygina”). Wynik powinien wyglądać tak, jak pokazuje to Rysunek 5.6.32b).
7. Dopasuj skrócenie tego wygiętego profilu, dopasowując go do reszty wzmocnienia kłapy (obiektu **B.220.L.Tube**). Użyj do tego modyfikatora **Simple Deform** (**Twist**), który wyłączyliśmy na str. 215 (krok 3). Przed ponowną zmianą jego skrócenia, wskaż jako **Origin** obiekt **B.220.L.Tube**.

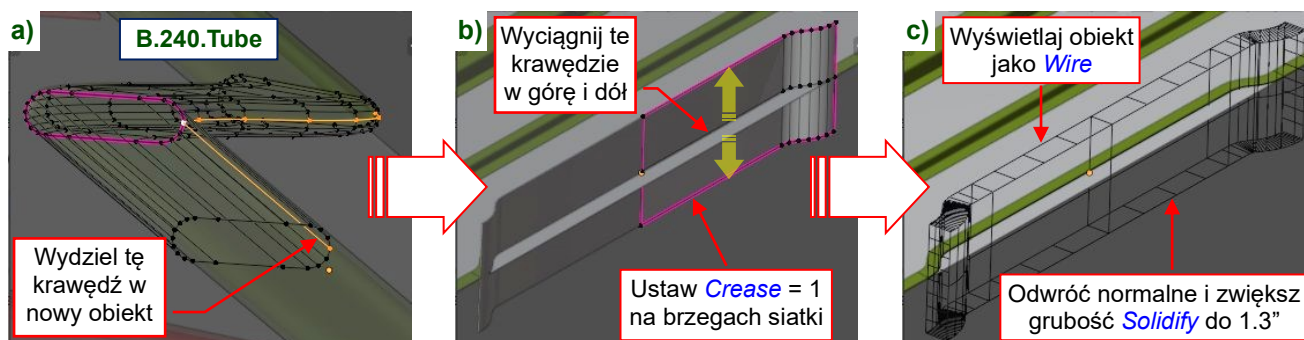
Rysunek 5.6.33 pokazuje gotowe wzmocnienie krawędzi wycięcia, stworzone na dwóch poprzednich stronach. Ta stosunkowo prosta cylindryczna siatka jest znacznie przekształcona przez modyfikatory:



Rysunek 5.6.33 Obiekt wzmocnienia wokół wycięcia klapy i jego modyfikatory

W tym obiekcie rezultat modyfikatora **Solidify** nie jest nigdzie z zewnątrz widoczne. Szczercze mówiąc, nie zauważyłem, że przestał być potrzebny. Jednak zanim go usunę, stwórzmy pomocniczy „obiekt tnący” dla wycięcia w wgłębieniu w tylnej krawędzi poszycia klapy:

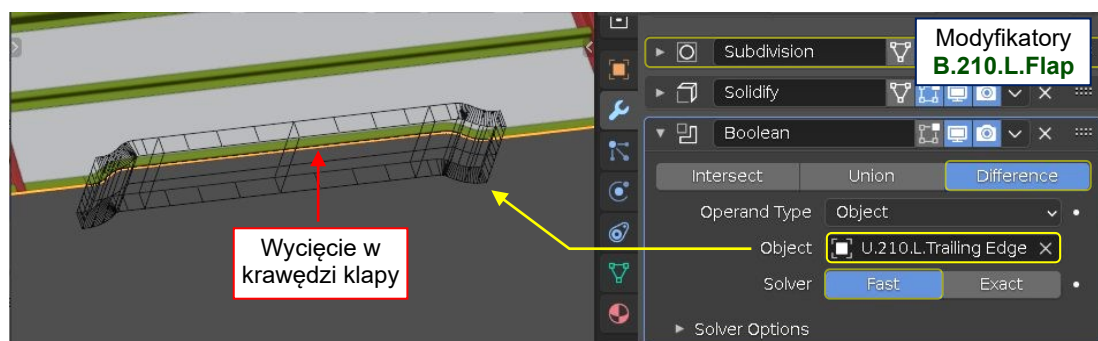
1. Wydziel (**Separate**) z siatki obiektu **B.240.L.Tube** linię krawędzi zaznaczoną przez Rysunek 5.6.34a).
2. Nazwij ten nowy obiekt **U.210.L.Trailing Edge** (siatka: **U.210.Trailing Edge**). Przypisz go jako potomka do **B.200.L.Hinge**. Przenieś ten obiekt do kolekcji **3a.Booleans**.
3. Zaznacz nowo stworzony obiekt, przełącz się w **Edit Mode** i wyciągnij jego krawędzie w górę i w dół, wzdłuż lokalnej osi **Y**, o +/- **3"**. Oznacz zewnętrzne krawędzie tej siatki jako „ostre” (Rysunek 5.6.34b).
4. W modyfikatorze **Solidify** tego obiektu: ustaw **Offset** na **1** i **Thickness** na **1.3"** (jak trzeba: **Flip Normals**).
5. Przełącz tryb **Viewport Display:Display As** na **Wire** (Rysunek 5.6.34c):



Rysunek 5.6.34 Tworzenie pomocniczego „obektu tnącego” (**U.210.L.Trailing Edge**)

Użyj tego nowego obiektu do wycięcia wgłębienia w tylnej krawędzi klapy:

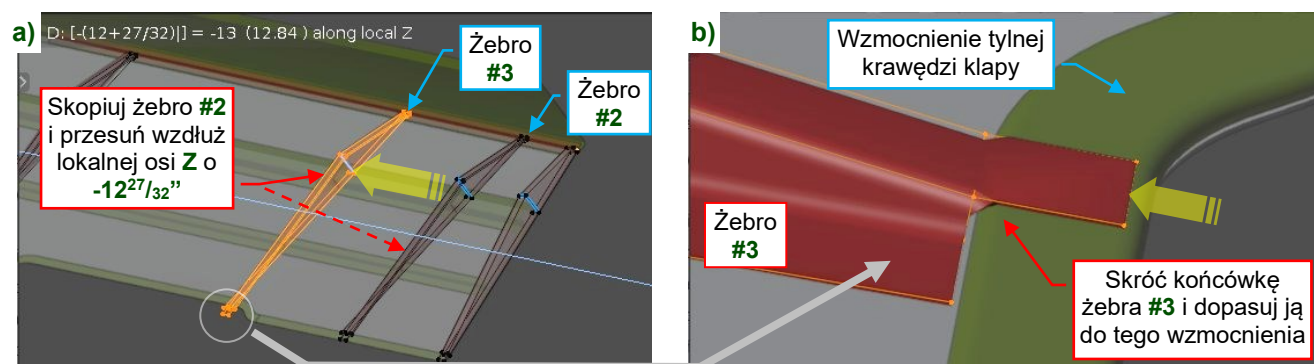
1. Ustaw wszystkie zewnętrzne krawędzie siatki klapy jako ostre (**Crease** = 1) i dodaj na szczyt listy modyfikatorów modyfikator **Subdivision Surface**. Ten krok tworzy więcej elementarnych ścian dla operatorów Boole’a, co zmniejsza szansę na pojawienie się jakichś artefaktów.
2. Dodaj do obiektu klapy modyfikator **Boolean** i umieść go poniżej **Solidify**. Wybierz operator **Difference** i wskaż jako **Object** **U.210.L.Trailing Edge** (Rysunek 5.6.35):



Rysunek 5.6.35 Wycięcie wgłębienia w tylnej krawędzi klapy

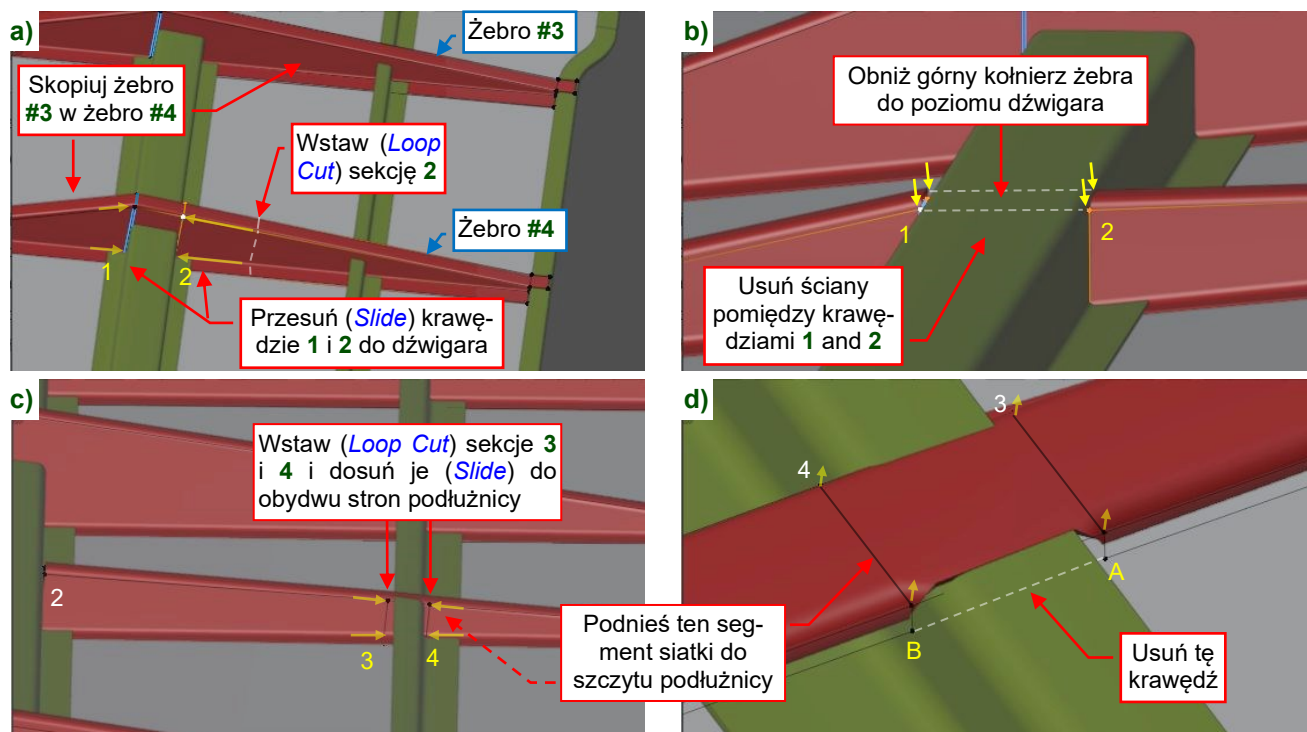
Gdy wycięcie w tylnej krawędzi kłapy jest gotowe, możemy stworzyć brakujące żebra **#3**, **#4** i **#5** (por. str. 214) :

1. Zaznacz obiekt **B.225.L.Ribs** i przejdź do *Edit Mode*.
2. Skopiuj żebro **#2** i przesun je wzdłuż lokalnej osi **Z** o $-12^{27/32}$ " (Rysunek 5.6.36a). To żebro **#3**. Dopasuj w nim wierzchołki krawędzi spływu do bliższego obramowania wycięcia w klapie (Rysunek 5.6.36b):



Rysunek 5.6.36 Tworzenie żebra **#3**

3. Skopiuj żebro **#3** i przesun je wzdłuż lokalnej osi **Z** o $-10^{5/32}$ ". To żebro **#4**.
4. Wstaw (*Loop Cut*) w żebrze **#4**, za dźwigarem, nową linię krawędzi. Przesun (*Slide*) tę sekcję (krawędź **2** z Rysunek 5.6.37a) do tylnej ściany dźwigara. Przesun sekcję **1** do przedniej ściany dźwigara.
5. Obniż segment górnego kołnierza żebra pomiędzy krawędziami **1** i **2** wzdłuż globalnej osi **Z** do poziomu szczytu dźwigara. Potem usuń wszystkie ściany pomiędzy **1** i **2** (Rysunek 5.6.37b).
6. Wstaw (*Loop Cut*) sekcje **3** i **4** z obu stron podłużnicy kłapy (Rysunek 5.6.37c). Podnieś segment górnego kołnierza żebra pomiędzy tymi sekcjami do poziomu szczytu podłużnicy¹.
7. Usuń krawędź pomiędzy punktami **A** i **B** (Rysunek 5.6.37d):

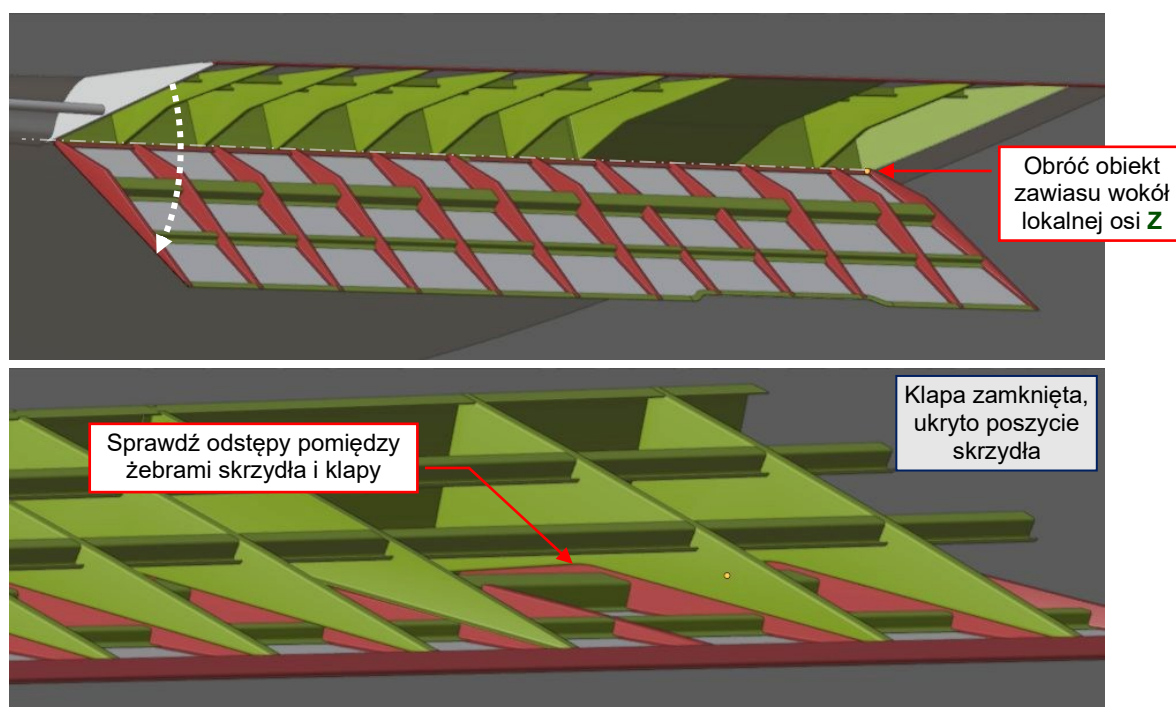


Rysunek 5.6.37 Tworzenie żebra **#4**

8. Skopiuj żebro **#4** i przesun je wzdłuż lokalnej osi **Z** o $-10^{1/2}$ ". To jest żebro **#5**.

¹ Na szczegółowych zdjęciach widać, że ta podłużnica była podzielona żebrowi **#4** i **#5**. W naszym modelu pominiemy ten drobny szczegół.

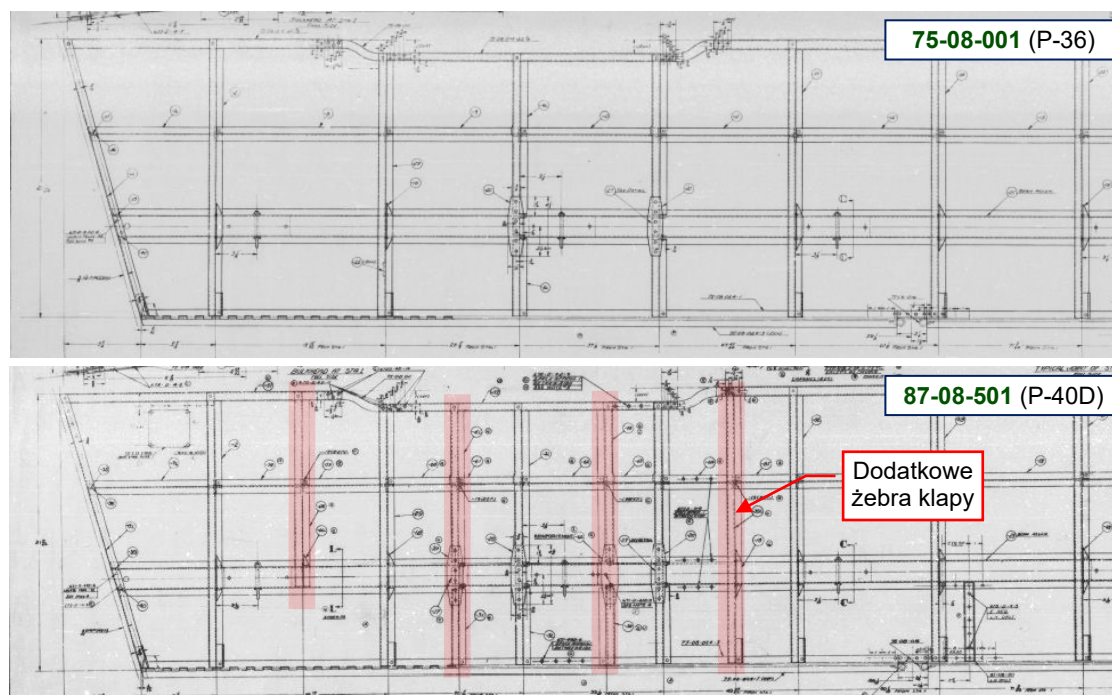
Rysunek 5.6.38 pokazuje ukończoną klapę skrzydła. Jeżeli połączyłeś jej wszystkie części w prawidłową hierarchię, to obrót obiektu **B.200.L.Hinge** wokół lokalnej osi **Z** otwiera i zamyka całą klapę:



Rysunek 5.6.38 Gotowa klapa skrzydła

Możesz także ukryć na chwilę poszycie skrzydła i sprawdzić, czy żebra skrzydła i klapy nie kolidują ze sobą.

Na koniec, drobna uwaga o moich źródłach. Na stronie 203 wspomniałem, że niemal wszystkie wymiary podane w tej sekcji pochodzą z rysunków **75-08-001** i **87-08-501**. Korzystałem głównie z pierwszego (**75-***), opisującego klapę P-36. Drugi z nich (**87-***) był stworzony latem 1941 r. Na tym późniejszym rysunku wokół wycięcia w klapie wstawiono dodatkowe żebra (Rysunek 5.6.39):



Rysunek 5.6.39 Różnice pomiędzy rysunkami źródłowymi

Tabela rysunku **87-08-501** podaje, że dotyczy on wariantu P-40D (lub typu H87-A1 w wewnętrznej nomenklaturze Curtiss). Policzyłem żebra klapy na zdjęciu wykonanym w połowie 1940 w na linii produkcyjnej P-40 w Buffalo (por. str. 197). Okazuje się, że w P-40-cu/B/C montowano prostsze klapy z P-36 (te z rys. **75-08-001**).

Gdy sprawdzałem te kłapy na zdjęciach odrestaurowanych P-40, odkryłem, że P-40B (biała „284”) z Duxford ma kłapy z dodatkowymi żebrami. Z drugiej strony, na zdjęciach z Australian War Memorial, które otrzymałem od Alexa Stewarta, znajdujący się tam P-40E ma kłapy jak z P-36. Czy w egzemplarzu z Duxford wykorzystano klapę z późniejszego wariantu? A może Curtiss miał nadmiar wcześniejszych, 12-żebrowych kłap, które montował na wczesnych P-40E, takich jak ten z Australii? Nie mam pojęcia.

Podsumowanie

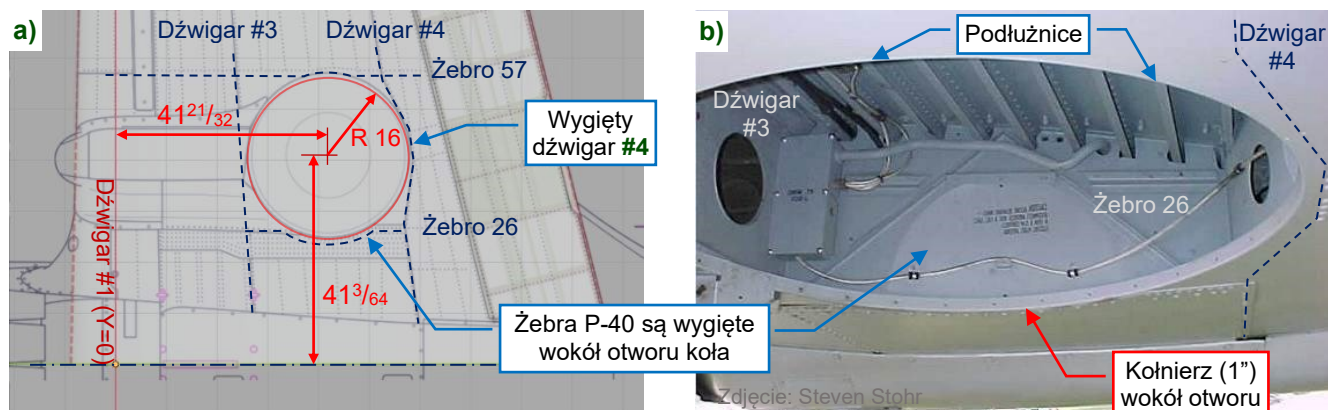
- W tej sekcji kontynuowaliśmy „wirtualne blacharstwo”, odtwarzając klapę skrzydła wraz ze szkieletem. Tak jak poprzednio, zrobiliśmy to za pomocą prostych siatek z modyfikatorami. Większość z nich poznałeś już poprzednio. Nowy modyfikator **Array** (str. 205) przydaje się do powielenia siatki w obrębie jednego obiektu. Ponieważ klapa była lekko skrzywiona, używaliśmy często modyfikatorów **Simple Deform**. W tym przypadku, często łączyliśmy je w pary: jeden z funkcją **Twist**, drugi z funkcją **Taper** (str. 207). Modyfikator **Simple Deform (Taper)** kompensuje niewielkie różnice w szerokości, pojawiające się w wyniku skrzywienia. Korzystaliśmy także z innego niż domyślny środek tych transformacji (str. 208). Innym modyfikatorem, który będziemy często używać w modelu samolotu jest **Mirror** (str. 216). Poznałeś także modyfikator **Curve**, związany z obiektem typu **Path** (krzywą NURBS), którego użyliśmy do kształtowania wycięcia w krawędzi kłapy (str. 216, 217).
- Zaczęliśmy modelowanie tej kłapy od jej zawiasu. Podzieliliśmy ten element na część „stałą” i „ruchomą”. Zawias kłapy zapewnił ważną bazę wymiarową (str. 203). Ściana pomocniczego „obektu tnącego” otworu kłapy posłużyła nam do stworzenia wstępnej wersji poszycia (str. 206). Najpierw zmodyfikowaliśmy jej obrys w rzucie z dołu (str. 207), potem ustawiliśmy jej środek w drugiej bazie – krawędzi spływu (por. str. 207). W kolejnym kroku skrzyliśmy za pomocą modyfikatora powierzchnię kłapy w widoku z boku. Dopasowaliśmy ją do skrzydła zawiasu (str. 207-208). Następnie odtworzyliśmy wzmocnienie wzdłuż jej tylnej krawędzi (str. 209) oraz żebra (str. 210-212). Potem dodaliśmy dźwigar (str. 213) i podłużnicę (str. 214). Na koniec uformowaliśmy wycięcie w tylnej krawędzi kłapy (str. 215-218).
- W rozwiązaniu zaproponowanym na str. 216-217, kształt wycięcia w klapie i jego wzmocnienia zależy od tej samej krzywej (**Q.240.L.Tube**). Taka zależność jest niezwykle przydatna w przypadku ewentualnych modyfikacji: zmiana kształtu krzywej zmienia w odpowiedni sposób wszystkie powiązane elementy.
- Ta i poprzednia sekcja dostarczają przykładu precyzyjnego modelowania wg wymiarów. Podobne metody wykorzystuje się w prawdziwych konstrukcjach. Mogłeś się przekonać, jak ważne są w tym procesie bazy wymiarowe. Czasami są one podane w sposób domyślny (jak na str. 203).



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: [model/p40/history/P40B-9.06.blend](#).

5.7 Otwór na koło główne

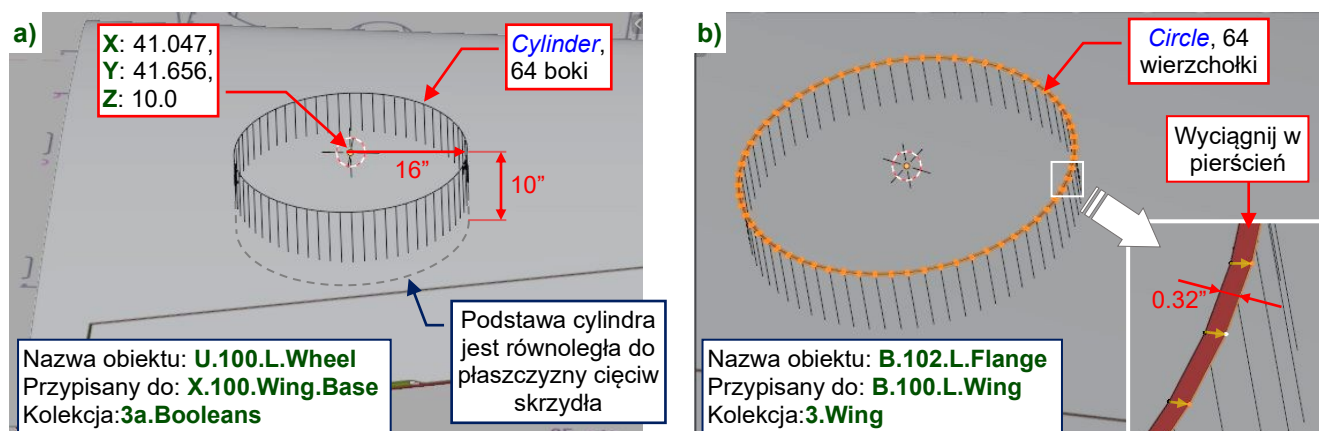
P-36 i P-40 używały do składania podwozia rozwiązanie licencjonowane przez Boeing. Wymaga ono otworu na koło w tylnej części skrzydła. W P-36 ten obszar był częściowo zakryty, gdy podwozie było schowane. Jednak w samolotach operujących z polowych pasów startowych te opływowe owiewki były przyczyną różnych kłopotów. Dlatego w P-40 z nich zrezygnowano. Rysunek 5.7.1 pokazuje szczegóły komory podwozia w tym samolocie:



Rysunek 5.7.1 Otwór na koła podwozia głównego

Wycięcie w dolnej powierzchni skrzydła otwiera przestrzeń pomiędzy żebrowymi 26 i 57 oraz dźwigarami 3 i 4 (Rysunek 5.7.1a). Ponieważ koła P-40 były większe niż koła P-36, Curtiss wygiął w P-40 żebra i dźwigar 4 by uzyskać większy otwór. Dlatego na zdjęciu (Rysunek 5.7.1b) widać segment stożka w żebrowym 26, a dźwigar 4 jest wygięty wokół koła (Rysunek 5.7.1a). Krawędź otworu jest otoczona 1-calowym kołnierzem (Rysunek 5.7.1b), wytłoczonym w panelu poszycia. Krawędź kołnierza jest zaokrąglona (R zewnętrzne: 0.16"). W fabrycznie nowych P-40 wewnątrz otworu było wyłożone tekstylną osłoną, przymocowaną do kołnierza i górnych podłużnic skrzydła. Ta osłona chroniła wnętrze skrzydła przed kurzem i brudem z kół. Jednak na zdjęciach archiwalnych widać otwory kół bez tych osłon, tak jak pokazuje to Rysunek 5.7.1b)¹.

Tak jak w przypadku klapy i lotki, wytniemy w tym skrzydle otwór za pomocą pomocniczego cylindra (Rysunek 5.7.2a). Jednak nie można wyciągnąć nowych ścian z krawędzi utworzonej modyfikatorem **Boolean**. Dlatego stworzymy ten kołnierz jako oddzielny obiekt, a potem „wpasujemy” go w powierzchnię skrzydła tak, jak to zrobiliśmy na str. 181 z wnętrzem wycięcia lotki. Zaczniemy od koła o 64 wierzchołkach i promieniu 16" (to promień otworu). Następnie wyciągniemy z tego okręgu krawędź zewnętrzną, powiększając ją o współczynnik 1.02. Użyjemy w ten sposób pierścienia o szerokości 0.32". Rysunek 5.7.2b) oznacza ten obiekt na czerwono:

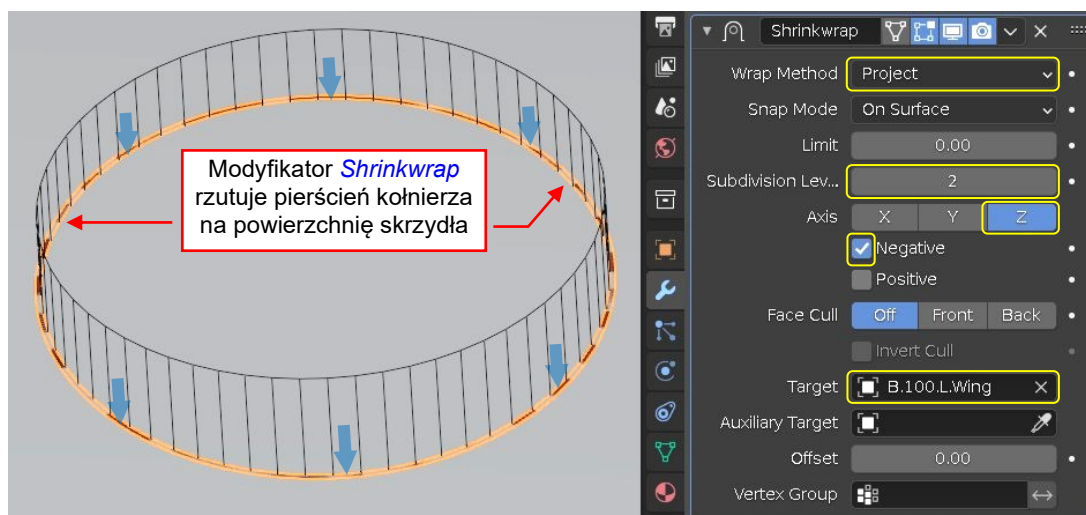


Rysunek 5.7.2 Formowanie bryły tnącej i początkowej siatki kołnierza otworu

¹ Przypuszczam, że wystarczyło kilka razy zapomnieć o zablokowaniu kół po starcie (hamulcami). Ich bezwładny obrót szybko porwał te tekstylne osłony na strzępy.

Najbardziej pracochłonną część tej operacji: wygięcie tego płaskiego pierścienia tak, aby dopasować go do dolnej powierzchni skrzydła – wykona za nas modyfikator:

1. Dodaj do obiektu **B.102.L.Flange** modyfikator **Shrinkwrap** (por. str. 565).
2. Ustaw **Wrap Method** tego modyfikatora na **Project**, a jego **Axis** na **Z**. Włącz opcję **Negative** i ustaw jego **Subdivision Levels** na **2**.
3. Wskaż jako **Target** obiekt **B.100.L.Wing** (Rysunek 5.7.3):



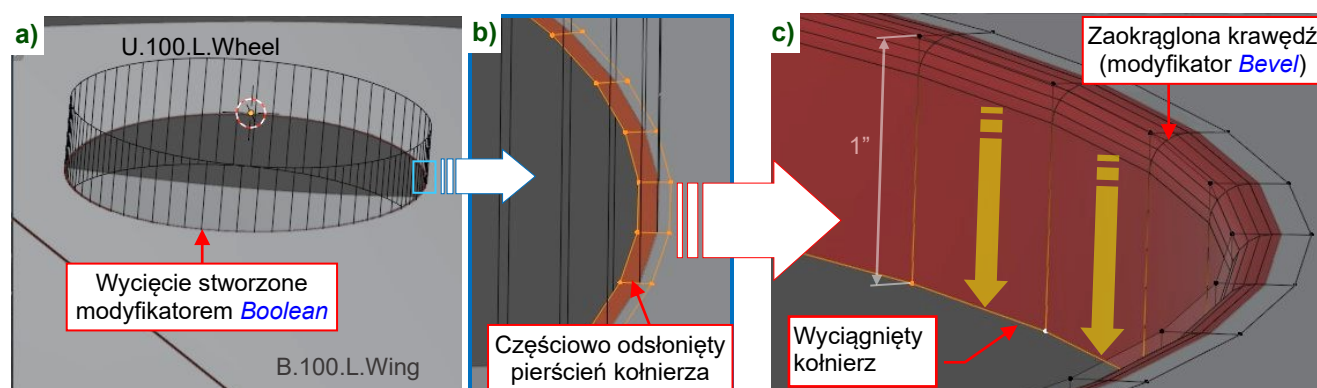
Rysunek 5.7.3 Rzutowanie pierścienia kołnierza na powierzchnię skrzydła

Ten **Shrinkwrap** rzutuje pierścień na skrzydło wzdłuż lokalnej osi **Z** deformowanego obiektu. Możemy także wyciągnąć z tej siatki pionową część kołnierza i użyć drugiego modyfikatora **Shrinkwrap** do jej uformowania (ograniczając jego obszar za pomocą **Vertex Group** – por. str. 566). Jednak cały ten efekt zniknie, gdy wytniemy w skrzydle otwór na koło. Dlatego teraz „utrwalimy” tę deformację w siatce:

4. Wybierz w modyfikatorze **Shrinkwrap** polecenie **Apply** (por. str. 572).
5. Ustaw cieniowanie obiektu w tryb **Shading Smooth**.

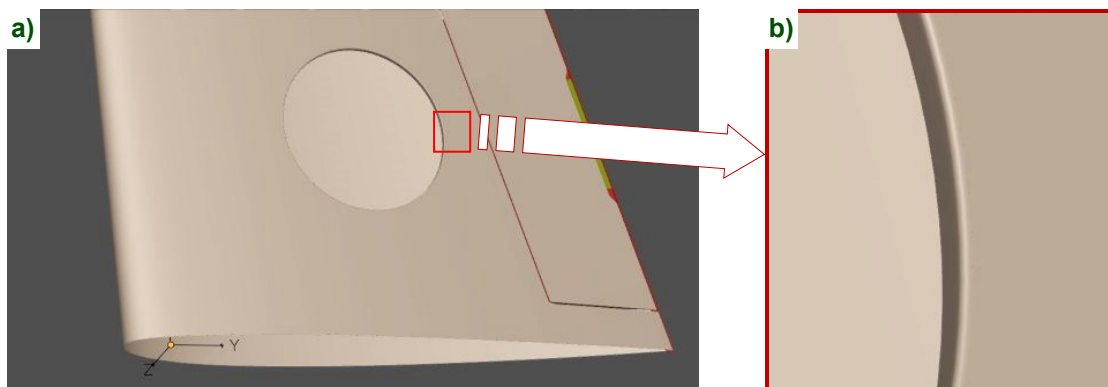
Teraz możemy kontynuować dopasowywanie podstawy kołnierza do powierzchni skrzydła:

6. Zwiększ średnicę cylindra **U.100.L.Wheel** do **32.4"** (możesz wpisać tę wartość w zakładce **Item** przybornika, panelu **Dimensions**).
7. Dodaj do obiektu **B.100.L.Wing** kolejny modyfikator **Boolean (Difference)**. Wskaż obiekt **U.100.L.Wheel** jako drugi (w polu **Object** – por. Rysunek 5.7.4a). To odsłoni część kołnierza (Rysunek 5.7.4b).
8. Przejdź do edycji siatki kołnierza. Wyciągnij jej wewnętrzną krawędź wzdłuż globalnej osi **Z** o **+1"**.
9. Dodaj zaokrąglenie do wewnętrznej krawędzi kołnierza (Rysunek 5.7.4c): dodaj do obiektu modyfikator **Bevel**. Ustaw jego **Width Type** na **Offset**, **Amount** na **0.16**, **Segments** na **5**.



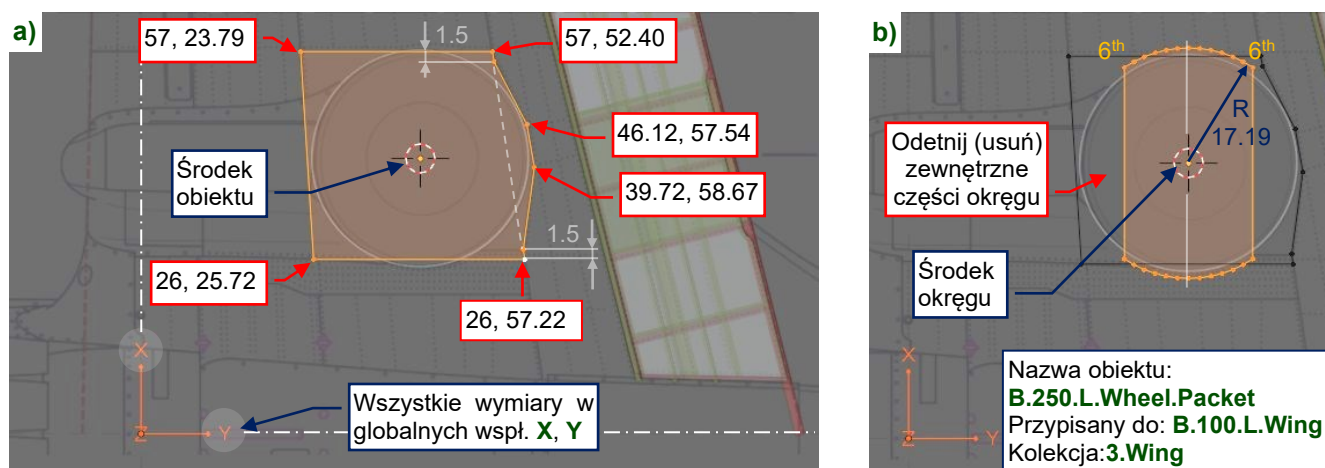
Rysunek 5.7.4 Formowanie wycięcia w skrzydle

Opcjonalnie, możesz jeszcze wygładzić ten kołnierz modyfikatorem *Subdivision Surface* (*Subdivisions*: 1). Rysunek 5.7.5a) pokazuje uzyskany efekt. Gdy wyłączysz obrysowywanie konturów obiektów (str. 181), to ten kołnierz wygląda jak naturalna część powłoki skrzydła (Rysunek 5.7.5b):



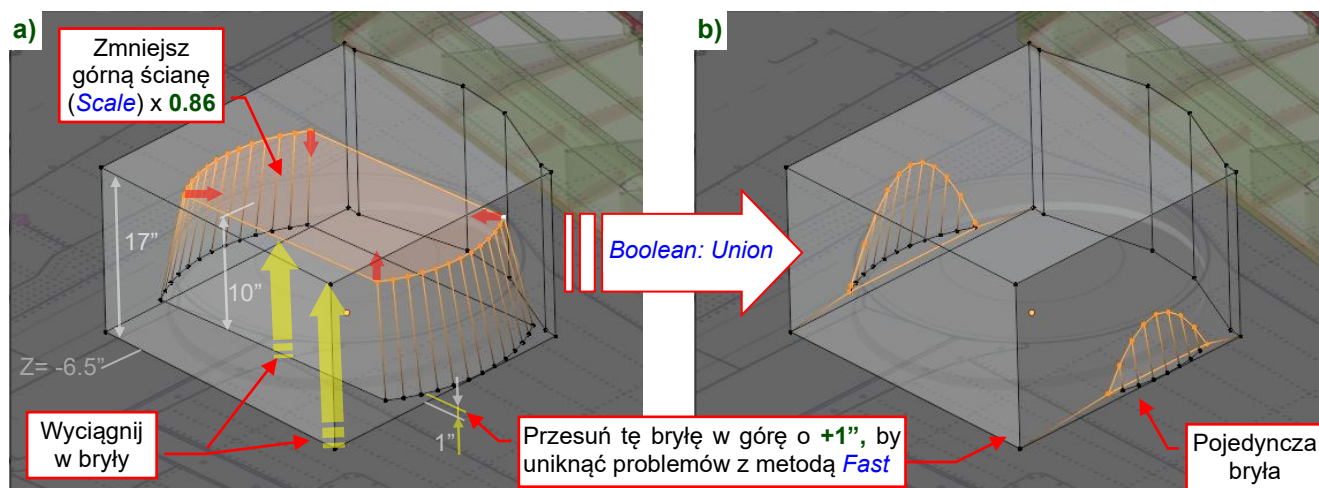
Rysunek 5.7.5 Wycięcie w skrzydle, wraz z kołnierzem

Sugeruję odtworzyć wewnętrzne ściany tej komory jako jedną siatkę (pomimo tego, że w samolocie każda z nich należała do innego żebra lub dźwigara). Zaczniemy od ich konturów w rzucie z dołu. Stwórz w tej projekcji nowy obiekt (*Plane*) i przekształć go w kształt pokazany przez Rysunek 5.7.6a). Potem wstaw w tą siatkę okrąg (*Vertices*: 64, *Radius*: $17\frac{3}{16}$ ") i przytnij go tak, jak pokazuje to Rysunek 5.7.6b):



Rysunek 5.7.6 Formowanie wewnętrznych ścian komory koła: kontury w widoku z dołu

Umieść podstawę tego obiektu w $Z = -6.5$ (mniej niż 2" poniżej powierzchni skrzydła). Wyciągnij (*Extrude*) te dwa kontury w bryły i zmniejsz średnicę ściany zamykającej cylindra (Rysunek 5.7.7a). Następnie scal je funkcją *Union* polecenia *Intersect* (*Boolean*), wykorzystując *Solver*: *Fast* (Rysunek 5.7.7b):

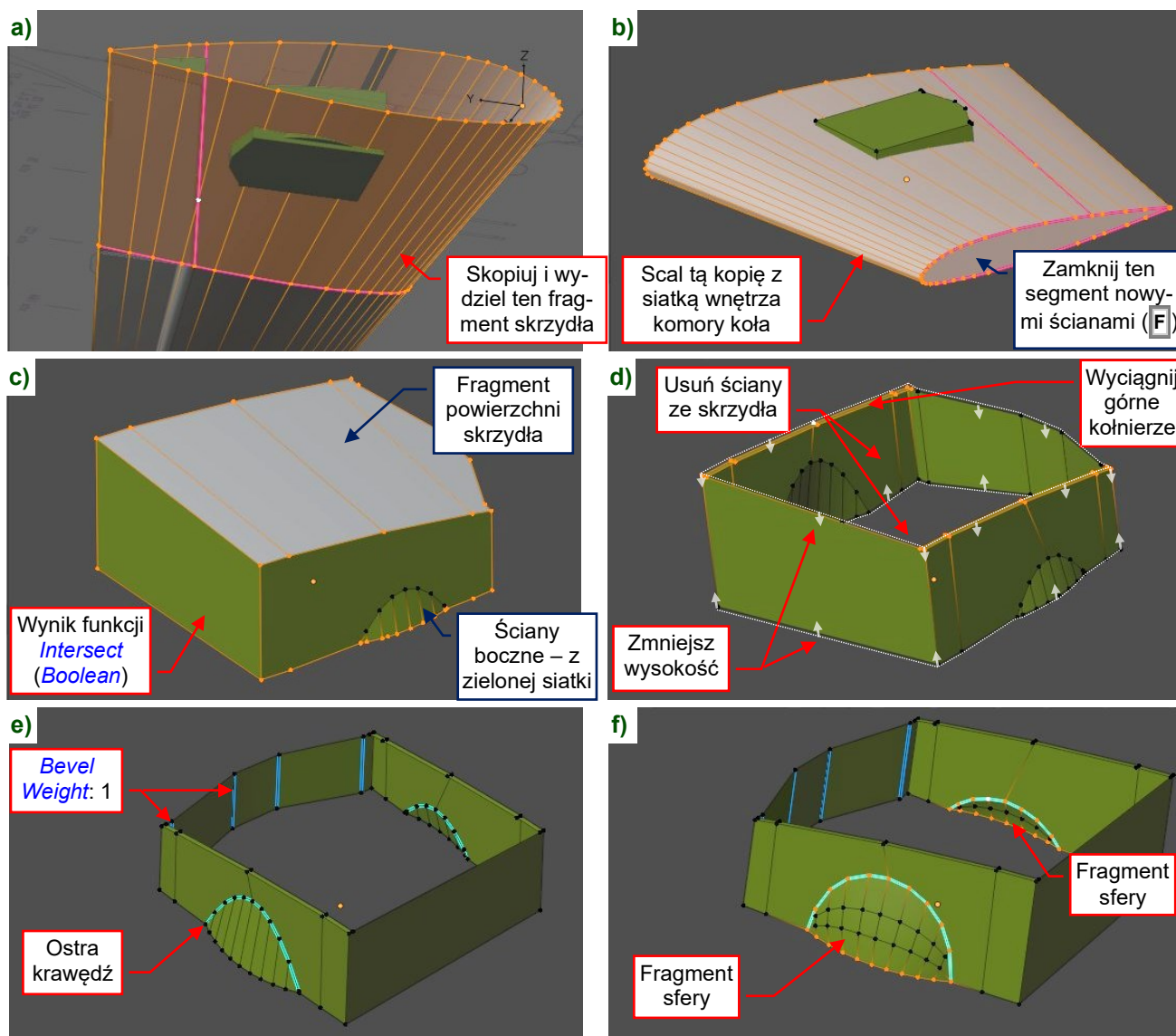


Rysunek 5.7.7 Formowanie wewnętrznych ścian komory koła: scalenie w jedną bryłę

Przypisz temu obiektowi **B.250.L.Wheel.Packet** kontrastowy kolor: materiał **Artificial.Green**.

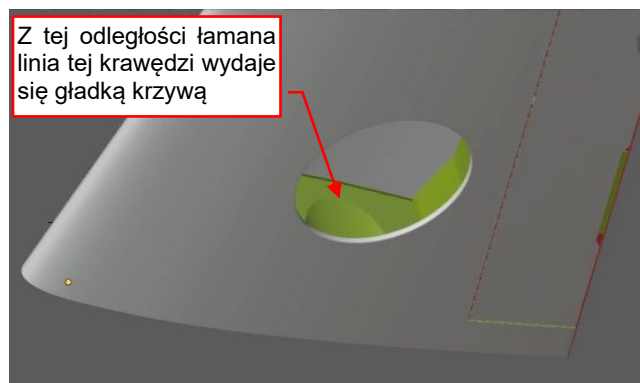
Teraz dopasuj te ściany do skrzydła:

1. Przejdź do edycji obiektu **B.100.L.Wing**, skopiuj (**Duplicate**) i wydziel (**Separate**) ściany pomiędzy sekcjami **000** i **122** (Rysunek 5.7.8a).
2. Scal (**Join**) ten nowo stworzony obiekt z **B.250.L.Wheel.Packet** (zaznacz **B.250.L** jako ostatni). To usunie wszystkie modyfikatory ze skopiowanego fragmentu siatki, w szczególności **Subdivison Surface**.
3. Zamknij krawędzie sekcji **000** i **122** ścianami (Rysunek 5.7.8b), by uniknąć kłopotów z funkcją **Boolean**.
4. Zaznacz skopiowany fragment skrzydła (Rysunek 5.7.8b) i wywołaj polecenie **Intersect (Boolean)**. Aby uzyskać wynik pokazany przez Rysunek 5.7.8c), wybierz funkcję **Intersect** i **Solver = Fast**.
5. Usuń górne i dolne ściany (to „otwórz” tę bryłę). Obniż (wzdłuż globalnej osi **Z**) górne krawędzie ścian o **-0.1**” (bo wystawały ponad wygładzoną powierzchnią skrzydła). Podobnie, podnieś ich dolne krawędzie o **+0.05**”. Wciągnij górne krawędzie żeber, tworząc kołnierze o szerokości $\frac{5}{8}$ ” (Rysunek 5.7.8d).
6. Zaznacz jako ostre krawędzie powierzchni stożkowych (**Mark Sharp**, str. 541) i ustaw cieniowanie obiektu na **Shade Smooth**. Przypisz **Bevel Weight** = 1 do pionowych krawędzi dźwigara **#4** (Rysunek 5.7.8e) i dodaj modyfikator **Bevel (Weight)** ustawiając **Width Type** na **Width**, **Amount**: **1.1**, **Segments**: **3**.
7. Według dokumentacji, wgłębienia w żebrach były fragmentami sfery. Zmodyfikuj je odpowiednio, wstawiając do ich siatek (**Loop Cut**) i powiększając dodatkowe krawędzie „równoleżników” (Rysunek 5.7.8f).

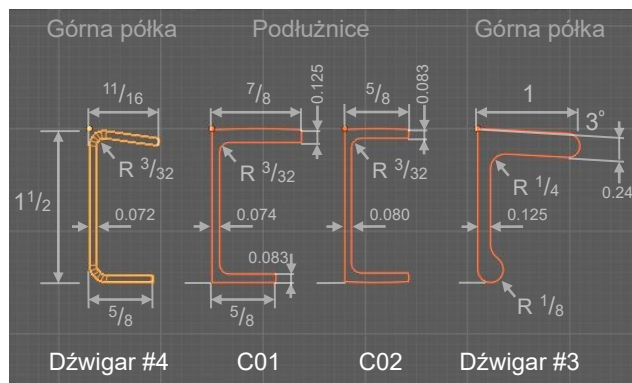


Rysunek 5.7.8 Wykończenie wewnętrznych ścian komory koła

Rysunek 5.7.9 pokazuje gotowe ściany wewnątrz komory:



Rysunek 5.7.9 Wewnętrzne ściany komory podwozia



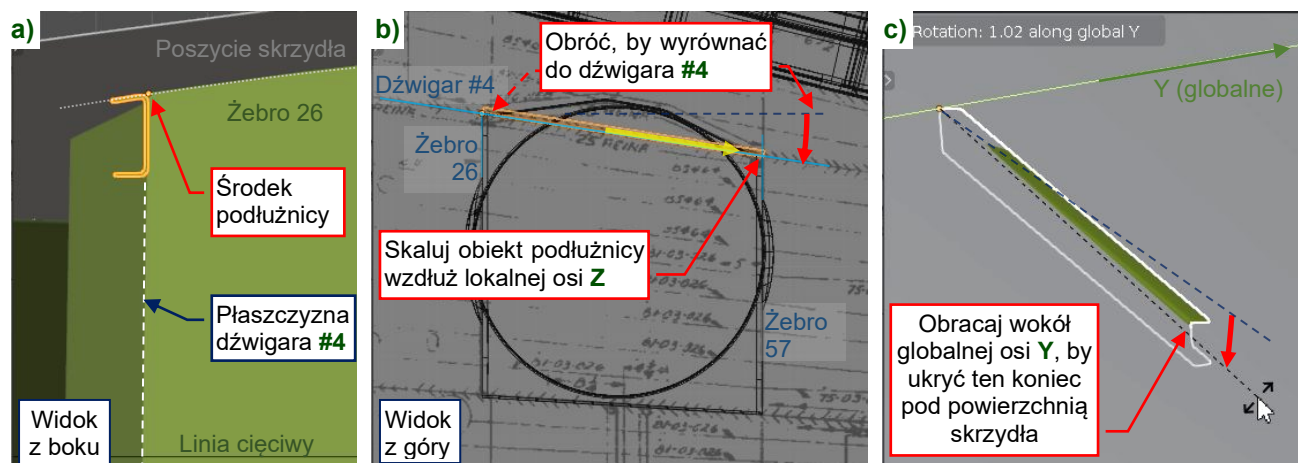
Rysunek 5.7.10 Profile podłużnic skrzydła

Nie wygładzam tego obiektu modyfikatorem *Subdivision Surface*, ponieważ w renderowanych ujęciach zawsze te ściany zawsze będą się pojawiać jako dość odległe, a w dodatku w cieniu. W takich warunkach ostre krawędzie stożkowych wytłoczeń w żebrach wyglądają jak gładkie krzywe, choć składają się z prostych odcinków.

Z drugiej strony, sugeruję odtworzyć inny, bardziej widoczny szczegół: podłużnice, biegnące pod górnym poszyciem skrzydła. Widać je na zdjęciach (por. Rysunek 5.7.1). Przygotuj cztery profile podłużnic o wysokości **1.5"** wg wymiarów podanych przez Rysunek 5.7.10. Pierwszy z nich to górna półka dźwigara **#4**, a ostatni – dźwigara **#3**. Pochylenie ich górnych kołnierzy jest dopasowane do górnej krzywizny profilu skrzydła. Profil dźwigara **#4** można odtworzyć jak na str. 199. W pozostałych profilach grubości ścian są różne, więc zamiast używać modyfikatora *Solidify* stwórz je jako zamknięte obrysy. Niektóre z ich narożników były „ostre” (w zakresie technologicznych możliwości) więc użyłem w tych obiektach modyfikatora *Bevel* (*Weight*) do zaokrąglenia.

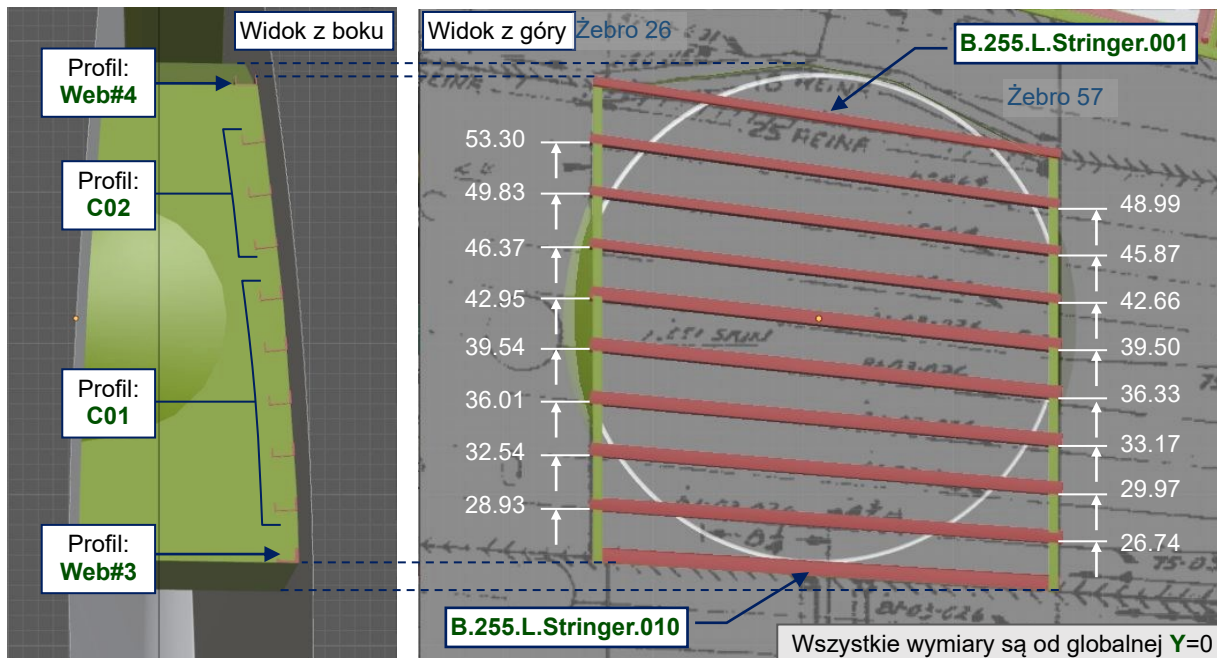
Półka dźwigara **#4** jest unikalna, więc nazwałem jej siatkę **B.255.Web#4.U.Flange**. Podobnie, siatkę czwartego profilu nazwałem **B.255.Web#3.U.Flange**. Profile **C01** i **C02** wystąpią w wielu obiektach, więc nazwałem ich siatki **B.S02.Stringer#C01** i **B.S03.Stringer#C02**. Wszystkie obiekty podłużnic w tej komorze podwozia będą się nazywać **B.255.L.Stringer.<###>**. Na przykład: obiekt, który zawiera siatkę **B.255.Web#4.U.Flange** nosi nazwę **B.255.L.Stringer.001**. dopasujmy go do powierzchni skrzydła:

1. Umieść środek (*origin*) tego profilu pod górnym poszyciem skrzydła, w narożniku pomiędzy żebrem **26** i dźwigarem **#4** (Rysunek 5.7.11a).
2. Przełącz *Transformation Pivot* na *Bounding Box Center*. W widoku z góry wydłuż tę podłużnicę do żebra **57** skalując ją wzdłuż lokalnej osi **Z**. Potem ją obróć, dopasowując do dźwigara **#4** (Rysunek 5.7.11b).
3. Obracaj tę podłużnicę wokół globalnej osi **Y** dopóki jej koniec nie zniknie pod powierzchnią skrzydła (Rysunek 5.7.11c).



Rysunek 5.7.11 Dopasowywanie podłużnicy do powierzchni skrzydła

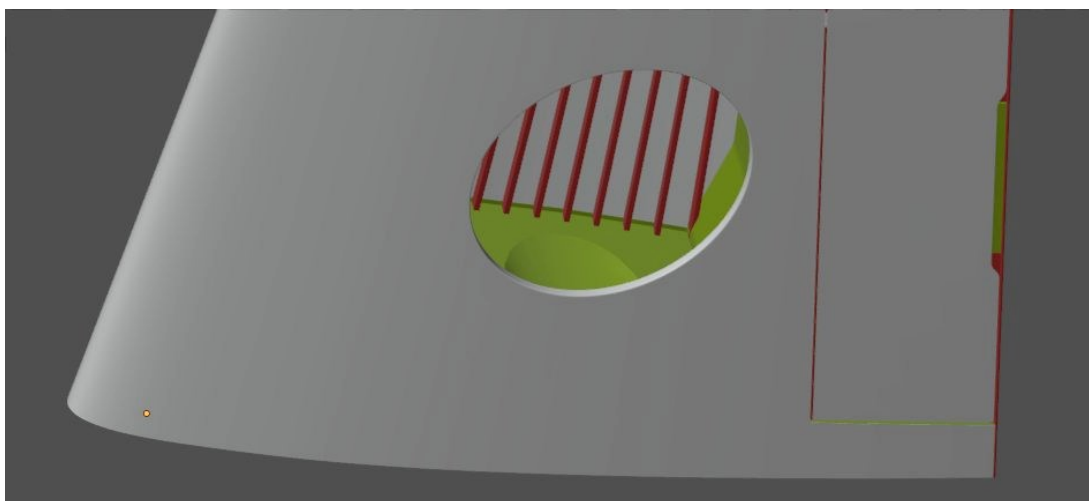
Dopasuj w ten sam sposób górną półkę dźwigara **#3**. Sklonuj profile „C” pokazywane przez Rysunek 5.7.10 i dopasuj je do górnej powierzchni skrzydła, odtwarzając pozostałe 8 podłużnic widocznych w komorze koła. Aby określić ich położenia i kąty, użyj rysunku **R.Wing (top)**, jak to zrobiliśmy na poprzedniej stronie (Rysunek 5.7.11b). Jednak, gdy sprawdziłem dokumentację żeber **26** i **57**, okazało się, że ten rysunek koncepcyjny nie jest dokładny. Rysunek 5.7.12 podaje wymiary z tych szczegółowych rysunków żeber¹, oraz informację o typie profilu użytego w poszczególnych podłużnicach:



Rysunek 5.7.12 Podłużnice pod górną powierzchnią skrzydła

Na czas pracy zmieniłem kolor tych podłużnic na **Artificial.Red**, aby były widoczne na szarym poszyciu skrzydła i zielonych ścianach komory koła. Przypisz te podłużnice jako obiekty potomne do obiektu **B.100.L.Wing**.

Rysunek 5.7.13 pokazuje gotową komorę podwozia:



Rysunek 5.7.13 Ukończona (dla tej fazy projektu) komora koła głównego

Później użyjemy tekstur, aby odtworzyć otwory ulżeniowe w jej ścianach i szwy nitów w jej podłużnicach. Podczas ostatniej fazy tego projektu (uszczegóławiania) dodamy drobne elementy ze zdjęcia na początku tej sekcji (Rysunek 5.7.1). Będą to części systemu hydraulicznego oraz wzmocnienia żebra **26**.

¹ Oryginalne rysunki używały w stacjach **26** i **57** jako bazy wymiarowej lokalnego punktu przecięcia płaszczyzny dźwigara **#3** z cięciwą profilu skrzydła. Wg pomiarów, to globalne punkty: (X=26, Y=25.63) oraz (X=57, Y=23.70). Oryginalne wymiary przeliczyłem z tych współ. Y.

Podsumowanie

- W tej sekcji użyliśmy modyfikatora [Shrinkwrap](#) do dopasowania pierścienia wokół otworu koła do wygiętej powierzchni skrzydła (str. 222). W odróżnieniu od poprzednich modyfikatorów, tym razem użyliśmy go jako narzędzia modelowania, natychmiast „utrwalając” ten efekt w wierzchołkach siatki (poleceniem [Apply](#)).
- Rozpoczęliśmy od formowania kołnierza wokół otworu koła (str. 221, 222), ponieważ modyfikator [Shrinkwrap](#) potrzebował oryginalnej powierzchni skrzydła, bez otworu. Następnie wycięliśmy okrągły otwór w skrzydle (str. 222) w ten sam sposób, jak to robiliśmy w poprzednich sekcjach. Gdy już się pojawił, dokończyliśmy formowanie otaczającego go, pionowego kołnierza. Jest to oddzielny obiekt, ale dopasowaliśmy go do skrzydła tak, że wydaje się tworzyć z nim jedną całość (str. 223).
- Gdy otwór w skrzydle był gotowy, stworzyliśmy wewnętrzne szczegóły komory podwozia. Zaczęliśmy od formowania jej ścian, rysując ich kontury w widoku z góry (str. 223). Potem wyciągnęliśmy je i połączyliśmy w jedną bryłę (str. 223), wystającą z górnej i dolnej powierzchni skrzydła. W kolejnym kroku użyliśmy kopii powierzchni skrzydła do „przycięcia” tej bryły (str. 224). Gdy ściany komory były gotowe, przygotowaliśmy profile jej podłużnic (str. 225). Na koniec dopasowaliśmy te podłużnice do dźwigarów i górnej powierzchni skrzydła (str. 226).



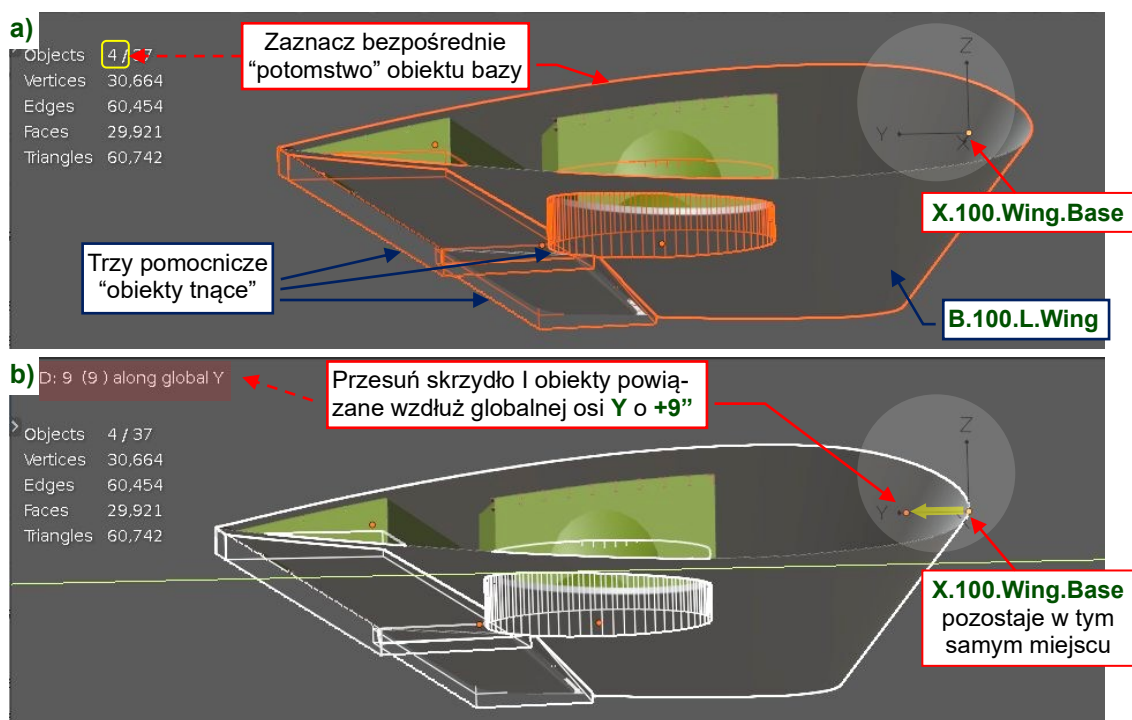
W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: [model/p40/history/P40B-9.07.blend](#).

5.8 Wykończenia

Skrzydło jest już niemal gotowe (dla tej fazy projektu). W tej sekcji ustawimy je w położeniu docelowym, poniżej osi śmigła. Obrócimy je także o odpowiednie kąty wzniosu i zaklinowania. Dodatkowo, w oknie *Outliner* pogrupujemy obiekty stworzone w poprzednich sekcjach w nowe kolekcje.

Najpierw musimy poprawić kilka powiązań pomiędzy obiektami stworzonymi w tym rozdziale:

1. Przypisz (*Set Parent*) wszystkie obrazy referencyjne z kolekcji **1b.Wing** i jej podkolekcji jako obiekty potomne do obiektu **B.100.L.Wing**. Robimy to tylko na wszelki wypadek – aby zawsze były „na miejscu”.
2. Włącz widoczność kolekcji **3a.Booleans** i **3z.Bases**, i upewnij się, że żaden z ich obiektów nie jest ukryty (ukrytych obiektów nie można zaznaczyć).
3. Zaznacz obiekt **X.100.Wing.Base** i wywołaj polecenie *Select → Select Grouped → Immediate Children*. To powinno zaznaczyć skrzydło i jego trzy „obiekty tnące”. Upewnij się, że licznik zaznaczonych obiektów w statystykach sceny wynosi **4** (Rysunek 5.8.1a).
4. Przesuń zaznaczone obiekty wzdłuż globalnej osi **Y** o **+9”** (Rysunek 5.8.1b). To umieści obiekt **X.100.Wing.Base** na krawędzi natarcia bazowego żebra skrzydła (**000**). W rysunkach złożeniowych ten punkt jest bazą wymiarową, wykorzystywaną do określenia położenia skrzydła (por. Tom I, sekcja 5.2)¹.



Rysunek 5.8.1 Poprawienie względnej pozycji pomocniczego obiektu „bazy” skrzydła

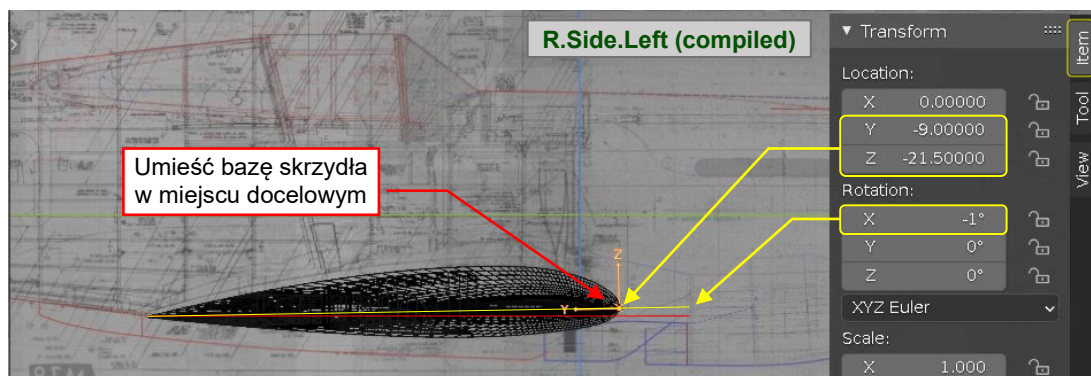
5. Dodaj w nazwie obiektu **X.100.** literę **L**: **X.100.L.Wing.Base**. (Uświadomiłem sobie, że w przyszłości będziemy potrzebować podobnej bazy dla prawego skrzydła. Wtedy utworzymy drugi obiekt z „R”).

Szczerze mówiąc, powinienem umieścić ten obiekt bazowy w krawędzi natarcia skrzydła od razu, gdy tylko stworzyłem go w sekcji 5.4 (por. str. 171). Teraz naprawiam tę pomyłkę.

Gdy używasz modyfikatorów *Boolean*, jak w tym skrzydle, wykonuj takie operacje z dużą uwagą. To ważne, aby przesunąć wszystkie powiązane obiekty razem. Jeżeli się pomylisz – wygenerujesz dziury nie tam, gdzie trzeba.

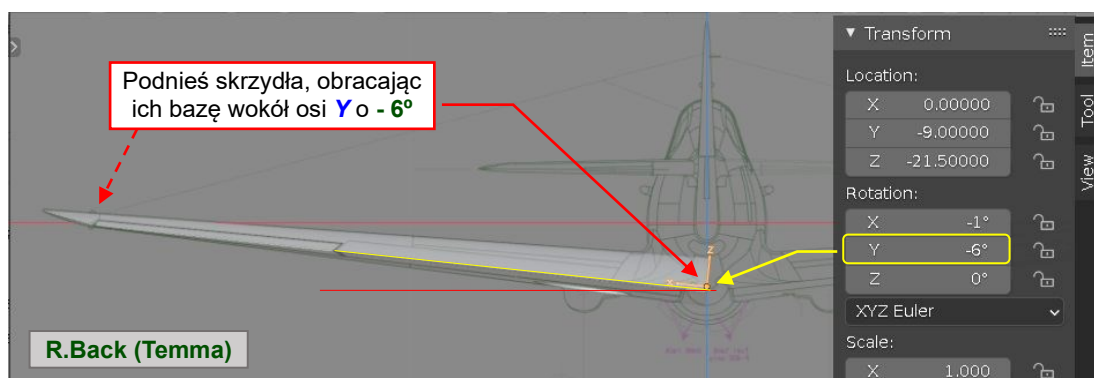
¹ Na tych rysunkach jest jeszcze inna baza: koniec krawędzi spływu. Bazę na krawędzi natarcia jest trudno fizycznie odnaleźć, gdyż w profilu NACA 2215 geometryczny „czubek” noska profilu jest 0.5” ponad linią cięciwy (i bazą wymiarową). Na krawędzi spływu nie ma takiej niejednoznaczności. Jednak w jej przypadku łańcuch wymiarowy na rysunkach złożeniowych jest bardziej skomplikowany.

Teraz możesz umieścić ten obiekt bazowy w **Y=-9, Z=-21.5**. Najlepiej wpisz te współrzędne wprost w zakładce **Item** przybornika (Rysunek 5.8.2). Możesz tam także ustawić kąt zaklinowania na **1°** (technicznie – to ustawienie pola **Rotation:X** na **-1°**):



Rysunek 5.8.2 Umieszczenie skrzydła w położeniu docelowym

W podobny sposób ustal kąt wzniosu: **6°** (Rysunek 5.8.3):

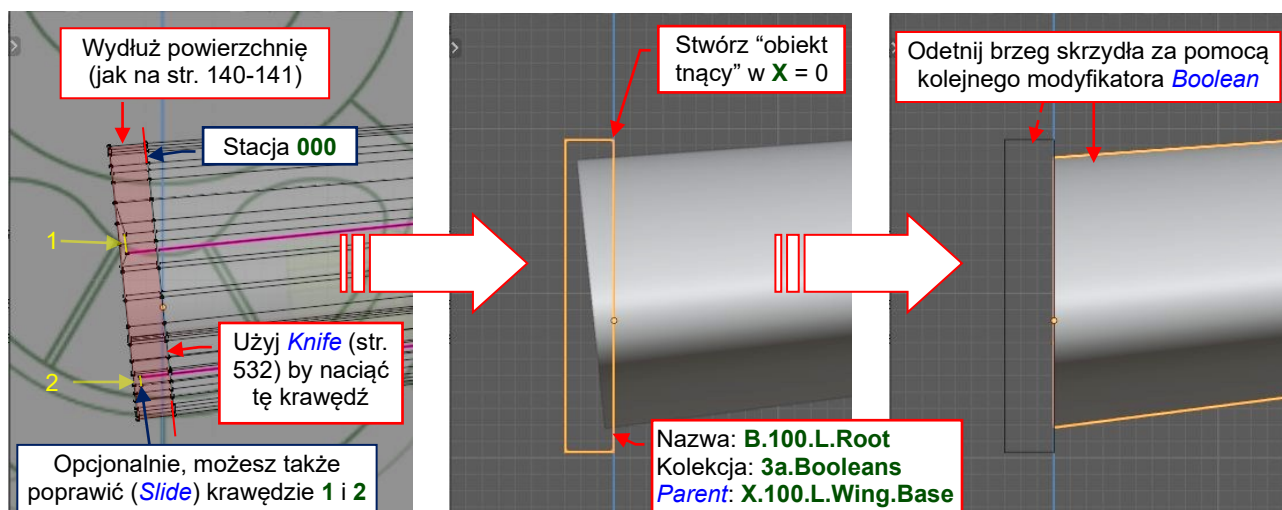


Rysunek 5.8.3 Ustalenie wzniosu skrzydła



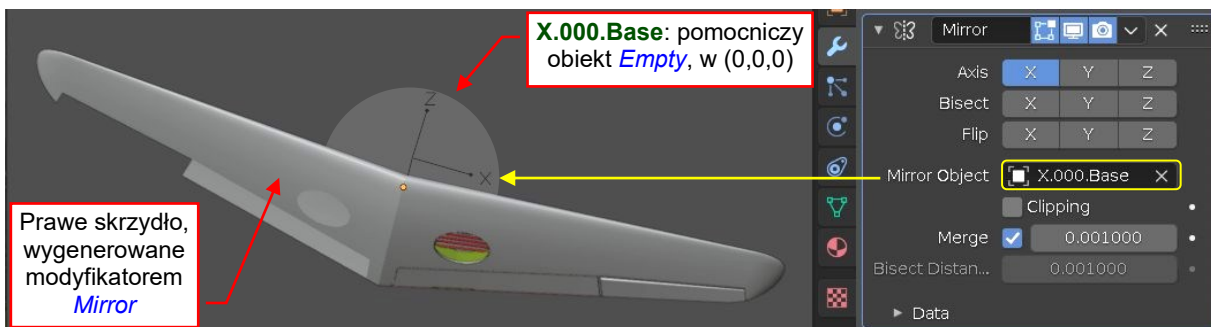
Czasami nadal będziesz potrzebował na chwilę „położyć płasko” to skrzydło. Przy ustawieniach jak powyżej, wystarczy wyzerować obroty obiektu **X.100.Wing.Base**. Potem je łatwo przywrócić.

Skrzydła P-40 były złożone z dwóch symetrycznych połówek, skręconych wzdłuż kołnierza biegnącego wokół żeber **000**. Stąd to żebro było ustawione pod kątem 84° do płaszczyzny cięciw skrzydła (90° – [kąt wzniosu]). Odtworzymy ten efekt za pomocą kolejnego modyfikatora **Boolean** (Rysunek 5.8.4):



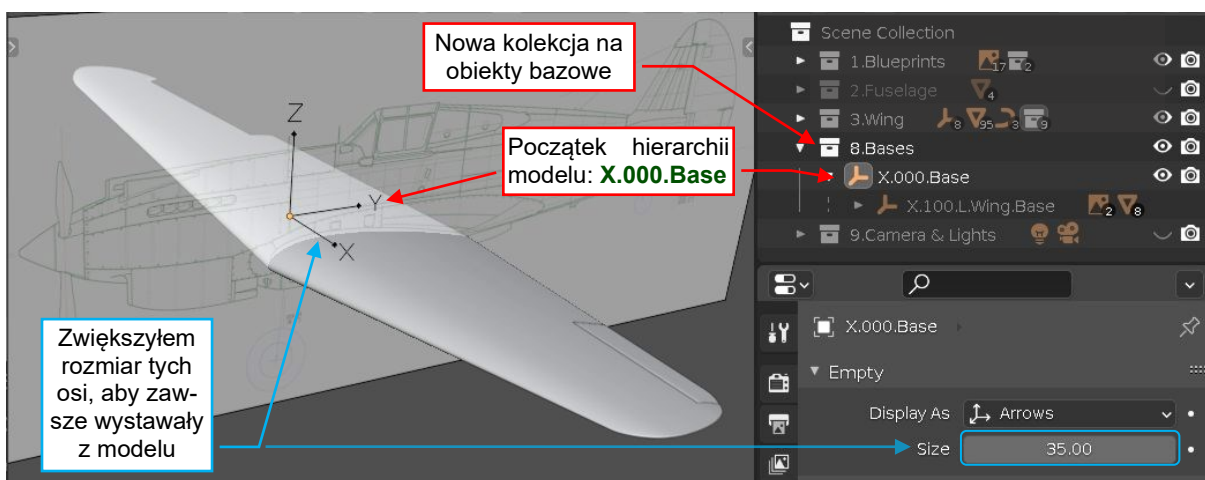
Rysunek 5.8.4 Przycięcie podstawy skrzydła

Teraz „wygeneruj” prawe skrzydło, dodając modyfikator **Mirror** do obiektu **B.100.L.Wing** (Rysunek 5.8.5):



Rysunek 5.8.5 Odtworzenie drugiej połówki skrzydła za pomocą modyfikatora **Mirror**

Jako środek tej transformacji, użyj w tym modyfikatorze nowego obiektu **Empty**, umieszczonego w płaszczyźnie symetrii samolotu. Nazwij go **X.000.Base**. To będzie nasza „baza wszystkich baz”, czyli początek hierarchii całego modelu. Umieść go w nowej, podstawowej, kolekcji o nazwie **8.Bases** (Rysunek 5.8.6):



Rysunek 5.8.6 Bazowy obiekt całego modelu i jego kolekcja

Na początek, przypisz **X.100.L.Wing.Base** jako obiekt potomny do obiektu **X.000.Base**.

Jednak zanim zaczniemy tworzyć „lustrzane odbicia” innych części skrzydła, uporządkujmy wewnętrzną strukturę kolekcji **3.Wing**. Obecnie w jej głównym folderze jest zbyt wiele obiektów. Jednocześnie ważne części, jak kłapa czy lotka są ukryte w głębi jej hierarchii obiektów potomnych. Kto mógłby się domyślić, że w oknie **Outliner** można znaleźć kłapę wśród „prawuków” dźwigara **#5** (lub wśród „dzieci” jej zawiasu?). Potrzebujemy stworzyć w **3.Wing** dodatkowe kolekcje, które „wyeksponują” te ważne części modelu.

Sugeruję stworzyć w kolekcji **3.Wing** następujące kolekcje:

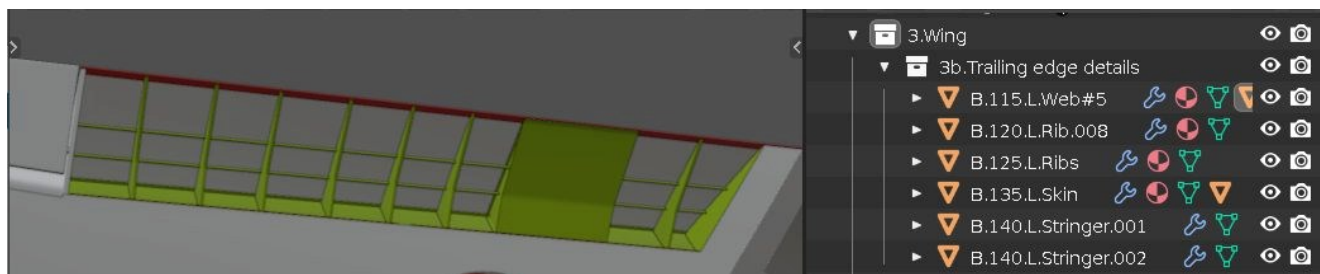
- **Trailing Edge details**: na część szkieletu skrzydła za dźwigarem **#5** (widoczną w otworze kłapy).
- **Flap details**: na szkielet kłapy.
- **Aileron details**: na ewentualne szczegóły lotki. Na razie jest to tylko jej oś.
- **Wheel pocket**: na wewnętrzne ściany i podłużnice widoczne w komorze koła głównego.
- **Other details**: na inne szczegóły, widoczne, gdy kłapa jest zamknięta. To kolekcja „techniczna”, którą będę używać do oddzielenia obiektów nadrzędnych od potomnych w innych kolekcjach¹.

¹ Gdy obiekt nadrzędny („rodzic” w hierarchii modelu) jest w innej kolekcji, jego „dzieci” nie są „zwinięte” w gałęzi pod obiektem nadrzędnym, a zamiast tego wyświetlane wprost, jako lista. Rozdzielę w ten sposób obiekty kłapy, umieszczając ich rodzica (zawias) w kolekcji **Other details**. W efekcie, w kolekcji **Flap details** uzyskam „płaską”, czytelną na pierwszy rzut oka, listę części kłapy.



Obiekty sceny są zorganizowane w dwie alternatywne struktury: hierarchię obiektów potomnych (*parent:child*) i kolekcje. Kolekcji używam do „wyeksponowania” w oknie *Outliner* tych kluczowych obiektów i grup, które znajdują się głęboko w hierarchii obiektów potomnych.

Rysunek 5.8.7 przedstawia obiekty, które należy umieścić w kolekcji **Trailing Edge details**:



Rysunek 5.8.7 Zawartość kolekcji 3b.Trailing Edge details

Ta kolekcja otrzymała przedrostek „3b”, ponieważ „3a” już użyliśmy w kolekcji **3a.Booleans**. To mój drobny błąd: w symbolach zestawów obiektów pomocniczych, jak te obiekty „tnące”, lepiej używać ostatnich liter alfabetu („q”, „z”, „x”). Na szczęście możesz swobodnie zmieniać kolejność kolekcji (nie są automatycznie sortowane). Mogłem więc umieścić **3a.Booleans** poniżej wszystkich innych podzespołów skrzydła (por. Rysunek 5.8.10).

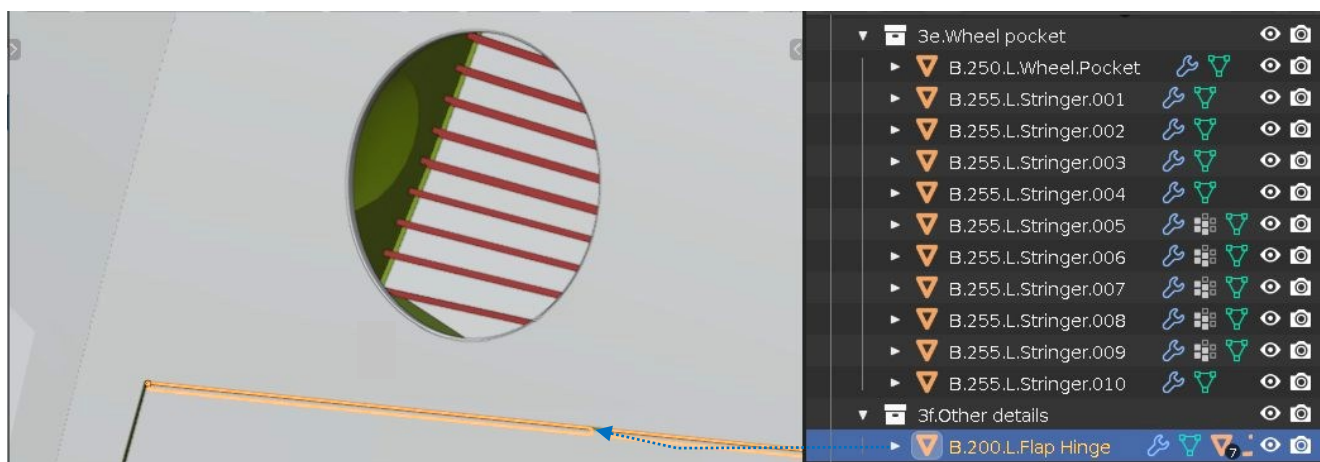
Rysunek 5.8.8 pokazuje obiekty, które należy umieścić w kolekcjach **Flap details** i **Aileron details**:



Rysunek 5.8.8 Zawartość kolekcji 3d.Aileron details i 3c.Flaping details

Zwróć uwagę, że w **3c.Flaping details** nie ma poszycia klapy: obiekt **B.210.L.Flaping** pozostał w kolekcji **3.Wing**. To samo dotyczy obiektu lotki (**B.150.L.Aileron**).

Rysunek 5.8.9 pokazuje obiekty, które należy umieścić w kolekcjach **Wheel pocket** i **Other details**:

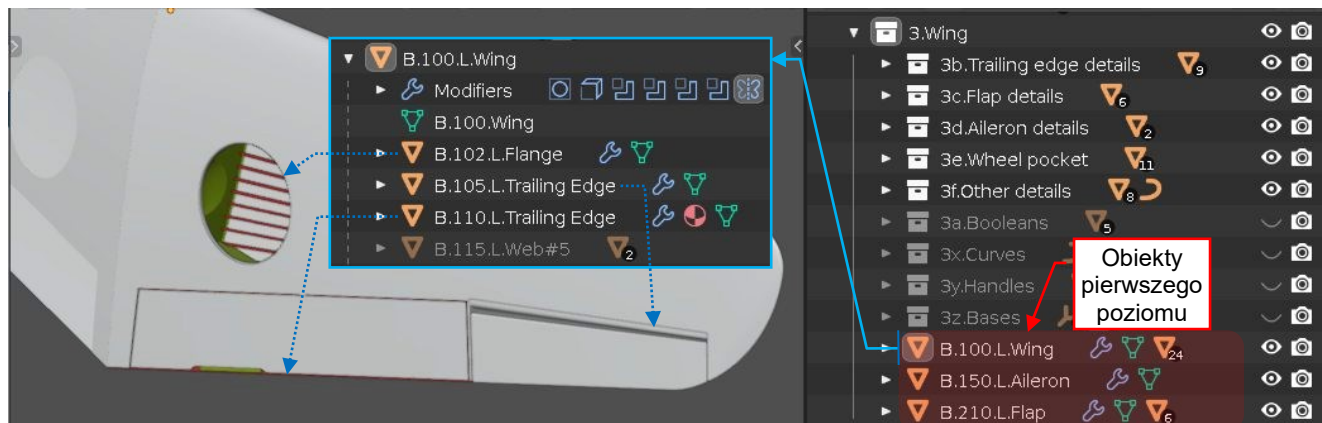


Rysunek 5.8.9 Zawartość kolekcji 3e.Wheel pocket i 3f.Other details

Umieszczając obiekt **B.200.L.Flaping Hinge** w kolekcji **3f.Other details** uzyskałem w **3c.Flaping details** „płaską”, czytelną listę części szkieletu klapy, pokazanego przez Rysunek 5.8.8. Gdybyś umieścił ten zawias w kolekcji **3c**, Blender „zwinąłby” wszystkie te elementy potomne pod obiektem **B.200.L.Flaping Hinge**.

Wszystkie obrazy referencyjne, które dotychczas były przypisane do **B.100.L.Wing**,¹ przypisz jako obiekty potomne do obiektu **X.100.L.Wing.Base**. W ten sposób skrócimy listę bezpośrednich „potomków” skrzydła.

Rysunek 5.8.10 pokazuje uaktualnioną zawartość kolekcji **3.Wing**:



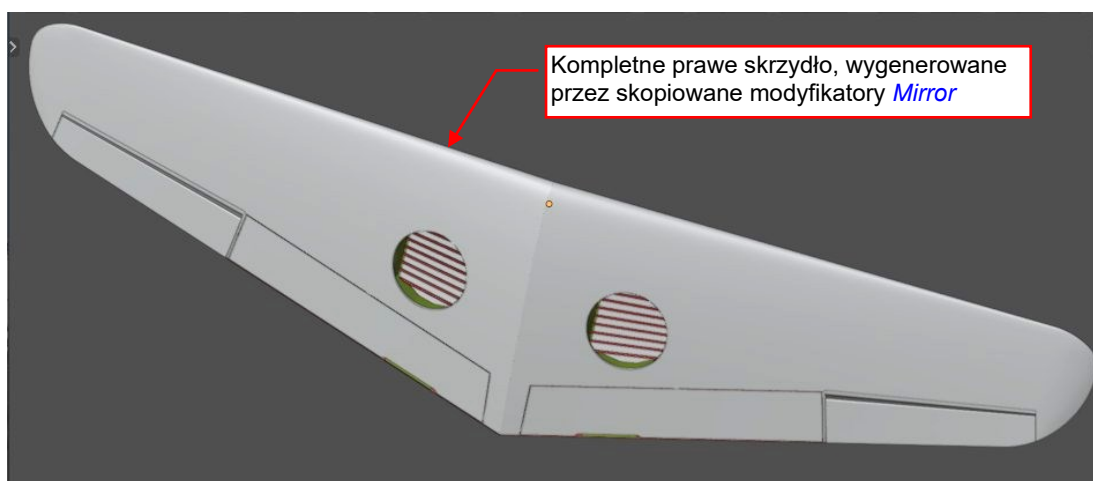
Rysunek 5.8.10 Zawartość kolekcji **3.Wing** i hierarchia obiektów potomnych **B.100.L.Wing**

Figurują na niej tylko trzy główne obiekty tego zespołu: skrzydło, lotka i klapa. Myślę, że jest to dość czytelne, nawet jeżeli klapa i lotka są aktualnie „prawukami” obiektu **B.100.L.Wing**. (Są wyświetlone na tym samym poziomie co skrzydło, gdyż ich rodzice znajdują się w subkolekcjach). Gdy „rozwiniesz” obiekt **B.100.L.Wing**, zobaczysz trzy inne obiekty, które są jego bezpośrednimi potomkami. To dwie części krawędzi spływu (jedna z wnęki lotki, druga sponad klapy) i kołnierz otworu na koło główne. Takie położenie w hierarchii modelu tych trzech szczegółów skrzydła jest oczywiste – dwa z nich wyglądają jak kontynuacja jego powierzchni.

Teraz skopiujemy modyfikator **Mirror** skrzydła (obiektu **B.100.L.Wing**) na jego obiekty potomne:

1. Widoczność kolekcji w **3.Wing** powinna być ustawiona tak, jak pokazuje to Rysunek 5.8.10. Dodatkowo ukryj kolekcję **1.Blueprints** (niewidzialne obiekty nie będą zaznaczone w następnym kroku).
2. Zaznacz obiekt **B.100.L.Wing** i wywołaj **Select→Select Grouped→Children**. To wyklucza z selekcji skrzydło i zaznacza jego wszystkie widoczne obiekty potomne. Powinno ich być 32 (sprawdź licznik).
3. Dołącz do tego zaznaczenia **B.100.L.Wing** (ma stać się obiektem aktywnym). Z menu kontekstowego jego modyfikatora Mirror wywołaj polecenie **Copy to Selected** (por. str. 573).

Rysunek 5.8.11 pokazuje rezultat tego polecenia:

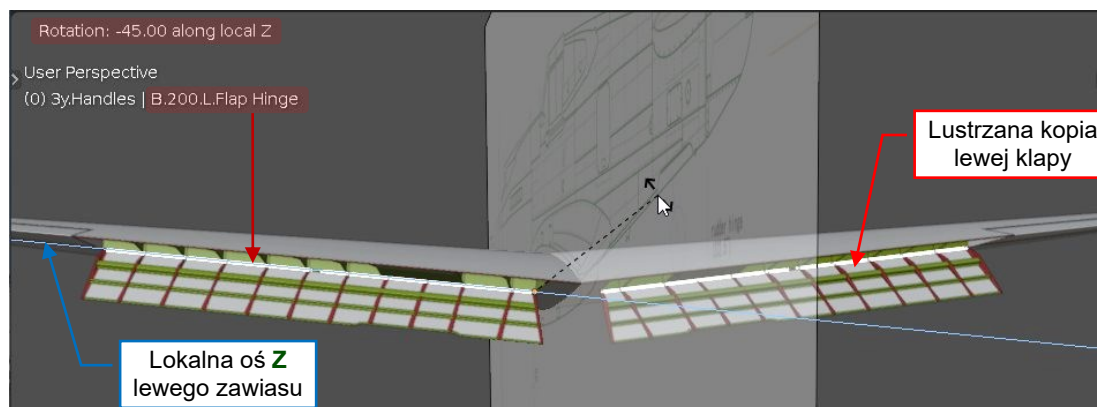


Rysunek 5.8.11 Kompletna „lustrzana kopia” lewego skrzydła

¹ Przypisaliśmy je jako obiekty potomne obiektu skrzydła na str. 330 (krok 1). W tamtym momencie to miało sens, gdyż przesuwaliśmy te obrazy wraz ze skrzydłem. Teraz ich obecność wśród bezpośrednich „potomków” obiektu skrzydła czyni tę listę mniej czytelną.

W przyszłości zastąpimy tą „wygenerowaną” prawa lotkę jej klonem, a jej oś – nowym obiektem. To będzie niezbędne do wizualizacji różnicowych wychyleń lotek P-40.

Jednak już ruch klap do lądowania może być obsługiwany przez modyfikator *Mirror*. Gdy obrócisz lewy zawias (obiekt **B.200.L.Flape Hinge**) wokół jego lokalnej osi **Z**, uzyskasz prawidłowe wychylenie obydwu klap, pokazwane przez Rysunek 5.8.12:



Rysunek 5.8.12 Symetryczne uchylenie klap skrzydła

Podsumowanie

- W tej sekcji użyliśmy dwóch nowych poleceń selekcji, opartych na hierarchii obiektów: *Immediate Children* (str. 228) i *Children* (str. 232). Dowiedziałeś się także, jak skopiować modyfikator do wszystkich zaznaczonych obiektów poleceniem *Copy to Selected* (str. 232).
- Poprawiliśmy położenie pomocniczego obiektu bazy skrzydła (str. 228), a potem użyliśmy go do umieszczenia skrzydła w miejscu docelowym (str. 229) oraz nadaniu mu odpowiedniego zaklinowania i wzniosu. Przycięliśmy także brzeg skrzydła przy płaszczyźnie symetrii samolotu (str. 229).
- Stworzyliśmy nowy obiekt *Empty* o nazwie **X.000.Base** jak bazę hierarchii całego modelu (str. 230). Użyliśmy go w modyfikatorach *Mirror*, które dynamicznie generują prawe skrzydło (str. 230, 232).
- Pogrupowaliśmy części zespołu skrzydła w nowe kolekcje (str. 231). W ten sposób zwiększamy czytelność całej sceny. Niektóre z tych kolekcji służą do eksponowania kluczowych obiektów (np. osi, zawiasów), które są ukryte gdzieś głęboko w hierarchii (*parent/child*) tego zespołu.



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: *model/p40/history/P40B-9.08.blend*.

Rozdział 6. Usterzenie

Tworząc usterzenie, będziemy używali tych samych metod, których użyliśmy tworząc skrzydła. Praca nad tym prostszym zespołem samolotu jest czymś w rodzaju „ćwiczeń dodatkowych”. Pozwala na ugruntowanie technik, które poznałeś w poprzednich rozdziałach.

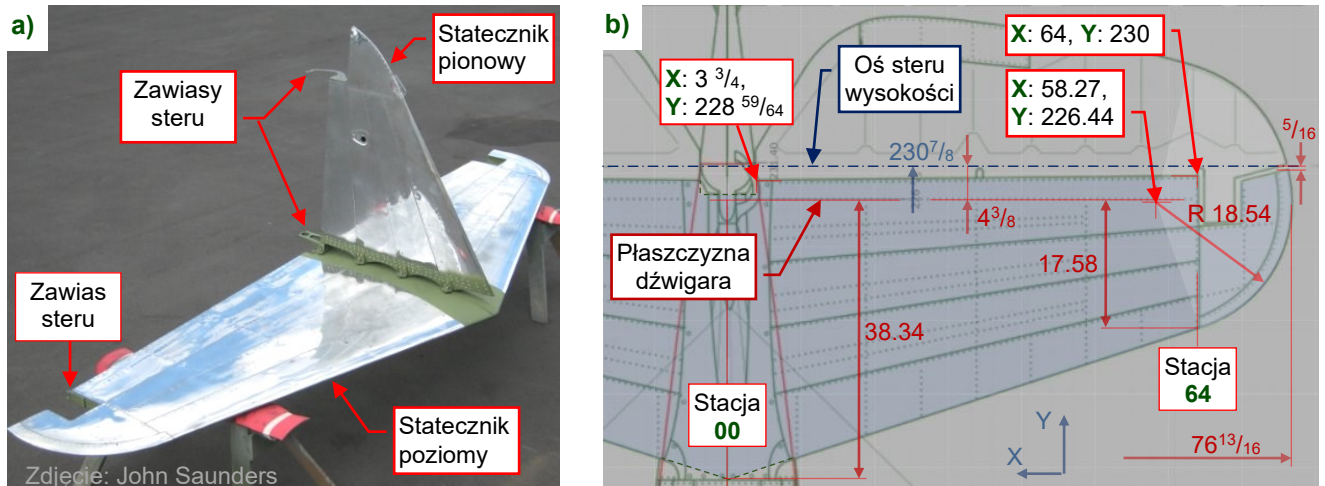
W tym rozdziale będę podawać wiele szczegółowych wymiarów z oryginalnej dokumentacji samolotu. To wyjątkowy „luksus”: zazwyczaj w planach modelarskich brakuje informacji o profilach usterzenia, a także wielu innych szczegółów. W większości popularnych rysunków nawet grubość stateczników w rzucie z przodu pozostawia wiele do życzenia.



Gdy budujesz model mniej udokumentowanego samolotu, musisz się opierać na zdjęciach. To mniej dokładna metoda „prób i błędów”. Możesz użyć informacji podanych w tym rozdziale na temat różnych szczegółów technologicznych (jak promień zaokrąglenia krawędzi spływu, grubość użytych blach, szerokość kołnierzy żeber) jako przybliżeń podobnych wartości w innych konstrukcjach.

6.1 Statecznik poziomy

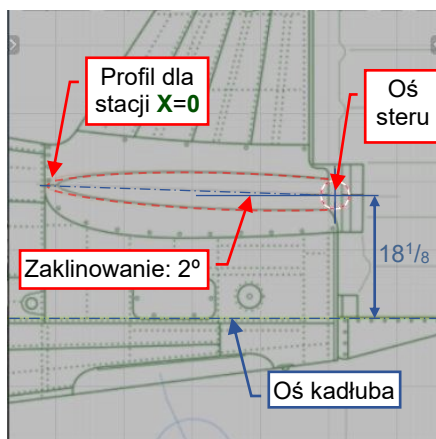
W P-40, statecznik poziomy stanowił bazę całego usterzenia. Był montowany jako jedna całość i mocowany do kadłuba 8 śrubami, ukrytymi pod dolną częścią oprofilowania połączenia z kadłubem. Statecznik pionowy był mocowany do statecznika poziomego za pomocą kolejnych 8 śrub (Rysunek 6.1.1a). Ster wysokości i ster kierunku były mocowane do odpowiednich zawiasów w tych statecznikach:



Rysunek 6.1.1 Szczegóły statecznika

W rzucie z góry (Rysunek 6.1.1b) ten statecznik ma kształt trapezu zakończonego łukiem. „Globalną” bazą wymiarową tego zespołu jest oś steru wysokości, umieszczona $230 \frac{7}{8}$ od przegrody silnika. „Wewnętrzna” bazą wymiarową tego statecznika jest płaszczyzna dźwigara ($4 \frac{3}{8}$ od osi steru wysokości).

Rysunki Jumpei Temmy przedstawiają w rzucie z góry poprawny kontur tego statecznika. Na nieszczęście, jego rzuty z boku są mniej szczegółowe (Rysunek 6.1.2):



Rysunek 6.1.2 Statecznik (rzut z boku)

ORDINATES MEASURED TO INSIDE OF SKIN TO OUTSIDE OF WLBs AND BULKHEADS											
SECTION # OF SHIP		SECTION #19		SECTION #34		SECTION #49		SECTION #64		SECTION #64	
CHORD	DIST. FROM L.E.	ORDINATES	DIST. FROM L.E.	ORDINATES	DIST. FROM L.E.	ORDINATES	DIST. FROM L.E.	ORDINATES	DIST. FROM L.E.	ORDINATES	DIST. FROM L.E.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.25	37	1.0	41	39	48	39	47	29	36	20	20
2.5	172	96	140	70	113	60	97	48	75	33	33
5	352	130	283	105	241	87	199	70	153	50	50
7.5	510	160	425	124	362	108	297	86	231	63	63
10	648	180	508	140	485	126	397	93	309	75	75
12.5	962	215	804	174	684	146	562	116	438	90	90
15	1042	221	835	178	720	151	597	121	466	94	94
20	1362	249	1141	201	968	170	796	137	622	104	104
25	1921	274	1610	220	1368	184	1125	151	879	116	116
30	2042	278	1713	225	1452	189	1195	153	934	117	117
40	2722	284	2285	229	1941	194	1594	157	1247	121	121
45	2880	283	2415	228	2052	193	1685	154	1320	120	120
50	3402	271	2853	219	2422	184	1993	150	1559	116	116
55	3834	251	3220	205	2735	174	2248	142	1750	110	110
60	4082	241	3424	193	2907	163	2392	136	1872	106	106
LER		0.25	1.0	1.0	1.20	1.20	0.90	0.90	1.072	1.06	1.06

Rysunek 6.1.3 Współrzędne profili statecznika poziomego

Rysunki poglądowe P-40 podają położenie w pionie osi steru ($18 \frac{1}{8}$ ") i kąt zaklinowania statecznika poziomego (2°). W rzucie z boku Temmy widać kontur oprofilowania jego połączenia z kadłubem. Gdybyś ekstrapolował jego krawędź natarcia, otrzymasz całkiem dobre przybliżenie profilu statecznika w płaszczyźnie symetrii kadłuba (stacji 00). Jednak brakuje tu informacji o profilu w stacji 64 (por. Rysunek 6.1.1b).

To typowy problem, który napotkasz w większości samolotów. Wspominam o nim w rozdziałach o rysunkach referencyjnych (por. Tom I, sekcja 4.1). Kontury statecznika z rzutów z przodu i z tyłu autorstwa Temmy nie dostarczają żadnej wskazówki o jego grubości w stacji 64, bo są obrócone o kąt zaklinowania. W takim przypadku można tylko przybliżyć ten profil, proporcjonalnie zmniejszając profil ze stacji 00.

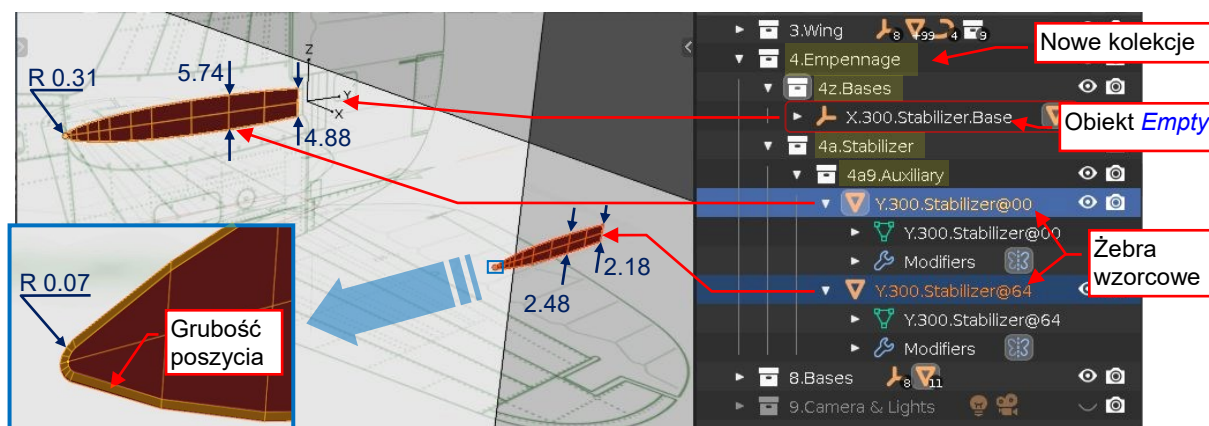
Na szczęście, w przypadku P-40 zachowała się oryginalna dokumentacja. Rysunek 6.1.3 przedstawia tabelę współrzędnych z rysunku 75-11-012. W jej ostatnim wierszu jest także promień krawędzi natarcia (LER).

Profile stateczników są symetryczne, więc tabela (Rysunek 6.1.3) podaje współrzędne ich górnych obrysów. To część dokumentacji P-36. Zaznaczyłem na niej kolumny ze współrzędnymi profili w stacjach **00** i **64**. Odtworzyłem tam także wiele wyblakłych fragmentów (oznaczone na czerwono) korzystając z podobnego rysunku z P-40 (87-11-512). Ten rysunek P-40 był mniej przydatny, bo nie zawierał profilu stacji **64**.

Opis powyżej tabeli – „współrzędne mierzone wewnątrz poszycia, na zewnątrz dźwigarów i żeber” – sygnalizuje typową konwencję, stosowaną w przemyśle lotniczym połowy XX w. Różnica wydaje się minimalna w przypadku skrzydła (z wyjątkiem jego krawędzi spływu). Jednak dla dużo mniejszego (i cieńszego!) statecznika grubość typowego arkusza blachy (0.03") może mieć znaczący wpływ na niektóre elementy geometrii. Na przykład – na efektywny promień zaokrąglenia krawędzi natarcia, szczególnie w stacji **64**.

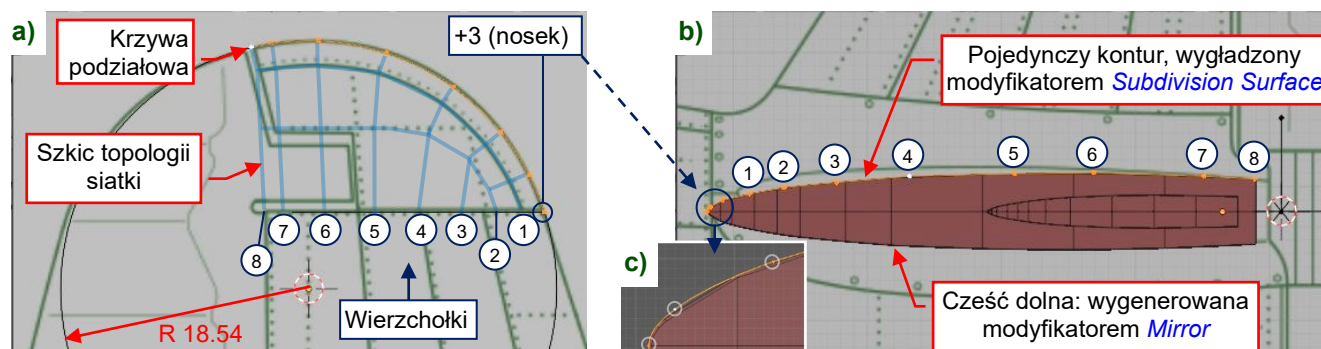
Wykorzystując współrzędne z tabeli (Rysunek 6.1.3) przygotuj dwa pomocnicze obiekty: to wzorcowe żebra dla stacji **00** i **64** (Rysunek 6.1.4). To niewygładzone wieloboki – każdy z ich wierzchołków odpowiada współrzędnej z tabeli, poprawionej o grubość poszycia (0.03")¹. Obydwa wzorcowe żebra są potomkami obiektu *Empty* o nazwie **X.300.Stabilizer.Base**. To baza całego tworzonego w tej sekcji zespołu statecznika. Umieść go na przecięciu osi obrotu steru wysokości i płaszczyzny symetrii samolotu. Początkowo ustaw ten obiekt bazowy „na płasko”, czyli bez obrotu o kąt zaklinowania. Obróćmy go o te 2° później, gdy statecznik będzie gotowy.

Rysunek 6.1.4 pokazuje te początkowe ustawienia, a także nowy zespół kolekcji (**4.Empennage** i jej podfoldery), które przygotowałem dla statecznika w oknie *Outliner*:



Rysunek 6.1.4 Wzorcowe żebra i baza statecznika (obiekt *Empty*)

Uformowałem krzywą podziałową (łuk) wzdłuż końcówki tego statecznika (Rysunek 6.1.5a). Pozwoliło mi to określić liczbę i położenie wierzchołków potrzebnych do odtworzenia tego konturu:



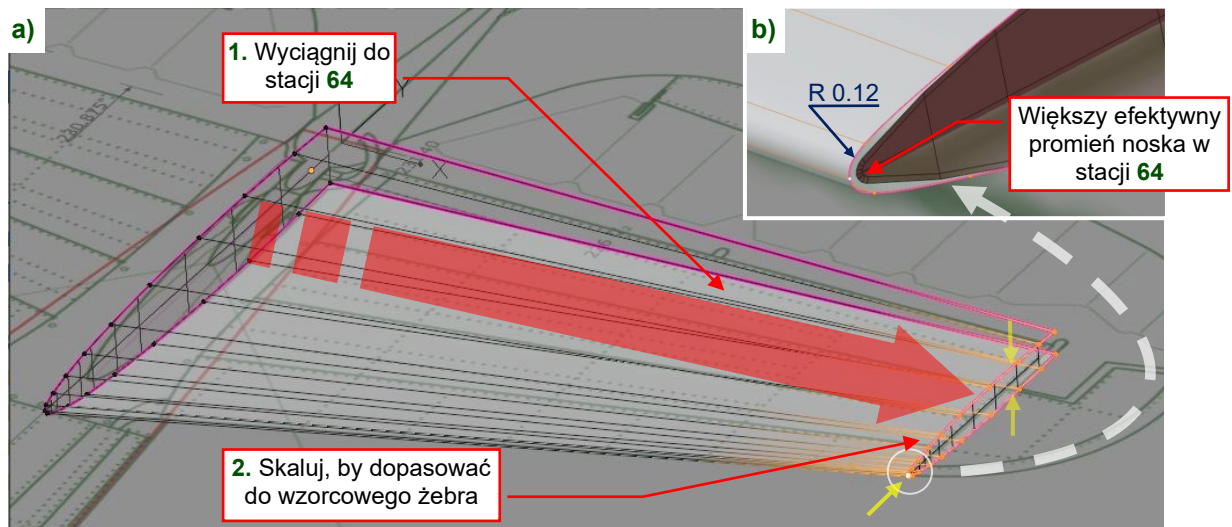
Rysunek 6.1.5 Kształtowanie konturów końcówki i żebra 00

Znając tę liczbę (11), stworzyłem gładki kontur sekcji **00** (Rysunek 6.1.5b). Dolna część tego symetrycznego profilu jest wygenerowana przez modyfikator *Mirror* (umieszczony przed modyfikatorem *Subdivision*)

¹ Aby stworzyć prostszą wersję tego statecznika, można obrysować gładkim konturem żebro bazowe z rysunku Jumpei Temmy (Rysunek 6.1.2). Potem stwórz żebro sekcji **64** poprzez zmniejszenie (*Scale*) żebra **00**. Użyj do tego cięciwy i wysokości z tabeli (Rysunek 6.1.4).

Stwórz kontur pokazywany przez Rysunek 6.1.5b) tak, jak to zrobiliśmy na str. 131 - 135. Nazwij ten nowy obiekt **B.300.L.Stabilizer** i przypisz go jako potomka obiektu **X.300.Stabilizer.Base**.

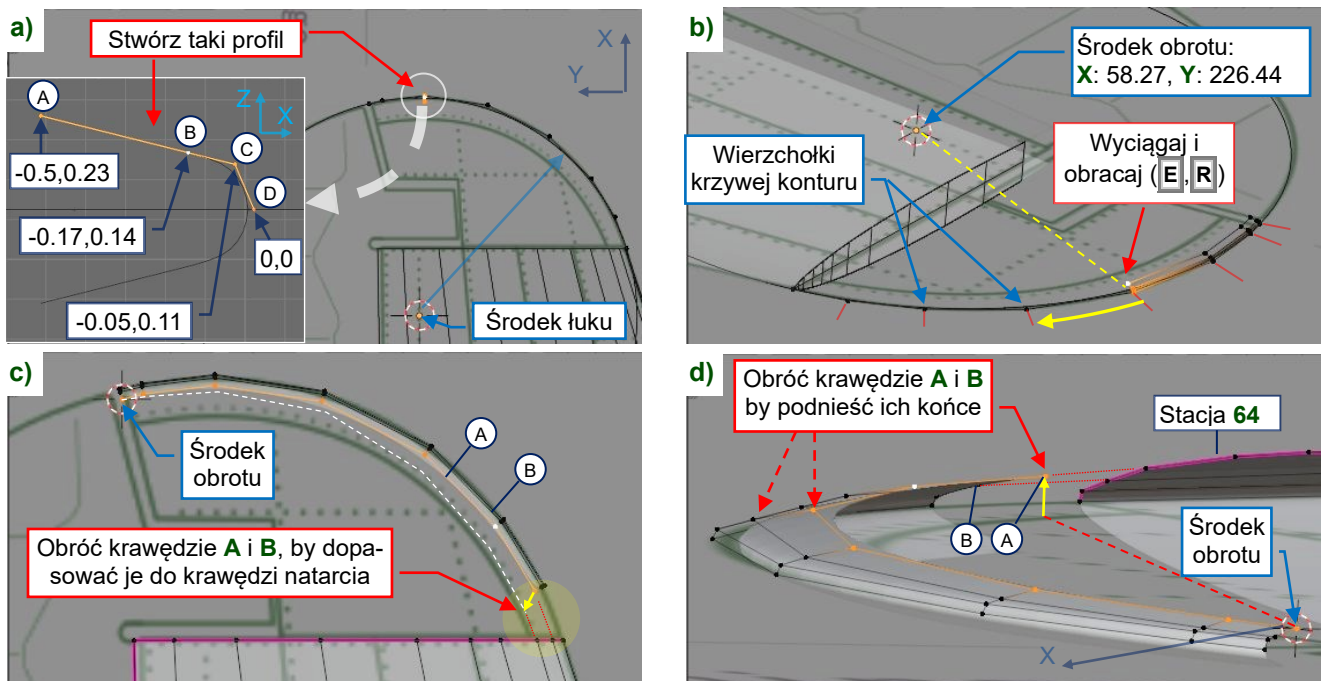
W kolejnym kroku, wyciągnij ten kontur wzdłuż osi **X** do sekcji **64**. Zmniejsz (*Scale*) tę nową sekcję, dopasowując ją do wzorcowego żebra **64** (Rysunek 6.1.6a) :



Rysunek 6.1.6 Wyciągnięcie podstawowej, trapezowej części statecznika

Zrób to tak samo, jak na str. 136 - 137. Rysunek 6.1.6b) pokazuje zbliżenie krawędzi natarcia w stacji **64**: po analizie rysunków wykonawczych statecznika odkryłem, że w tym punkcie nakładają się na siebie 3 panele poszycia. Ich sumaryczna grubość znacznie zwiększa efektywny promień krawędzi natarcia: z 0.07" do 0.12".

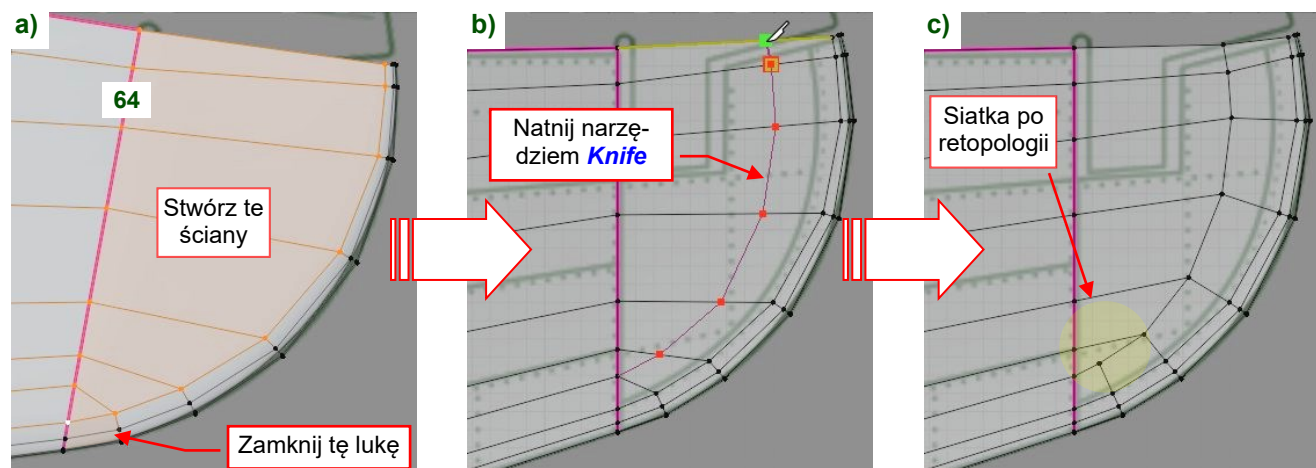
Stwórz w siatce pomocniczej krzywej konturu końcówki (Rysunek 6.1.5a) prosty profil poprzeczny (Rysunek 6.1.7a). Wyciągaj tę krawędź, obracając kolejne nowe sekcje wokół środka łuku końcówki (Rysunek 6.1.7b). Umieszczaj koniec każdej nowo utworzonej sekcji tego dysku (wierzchołek **D**) ponad jednym z wierzchołków oryginalnej krzywej. Pozostaw miejsce na ostatni fragment krawędzi natarcia (Rysunek 6.1.7c):



Rysunek 6.1.7 Formowanie dysku końcówki

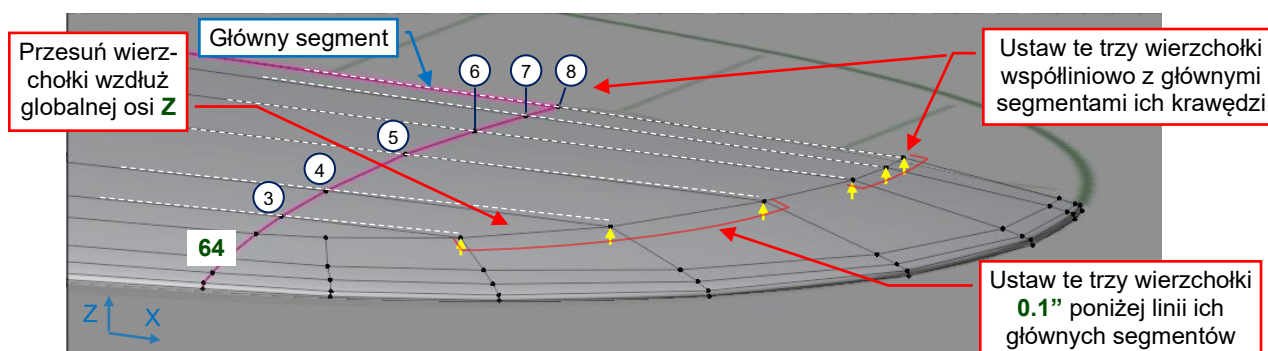
Gdy dysk jest uformowany, usuń oryginalną krawędź krzywej i połącz ten obiekt (**Ctrl-J**) z **B.300.Stabilizer**. Następnie obróć krawędzie **A** i **B** wokół globalnych osi **Z** (Rysunek 6.1.7c) i **X** (Rysunek 6.1.7d), dopasowując kształt ostatniej sekcji dysku do konturu krawędzi natarcia w stacji **64**.

Domknij nowymi ścianami (**F**) lukę pomiędzy podstawą końcówki w stacji **64** i jej brzegiem (Rysunek 6.1.8a). Użyj *Knife* (por. str. 532) by naciąć nową linię krawędzi na ścianach końcówki (Rysunek 6.1.8b), Gdy jest gotowa, zmień topologię tej siatki (wykorzystując polecenia *Slide* i *Join*, jak na str. 146-147), by wyeliminować z niej ściany trójkątne. Rysunek 6.1.8c) pokazuje końcówkę po tej modyfikacji:



Rysunek 6.1.8 Domknięcie siatki końcówki statecznika

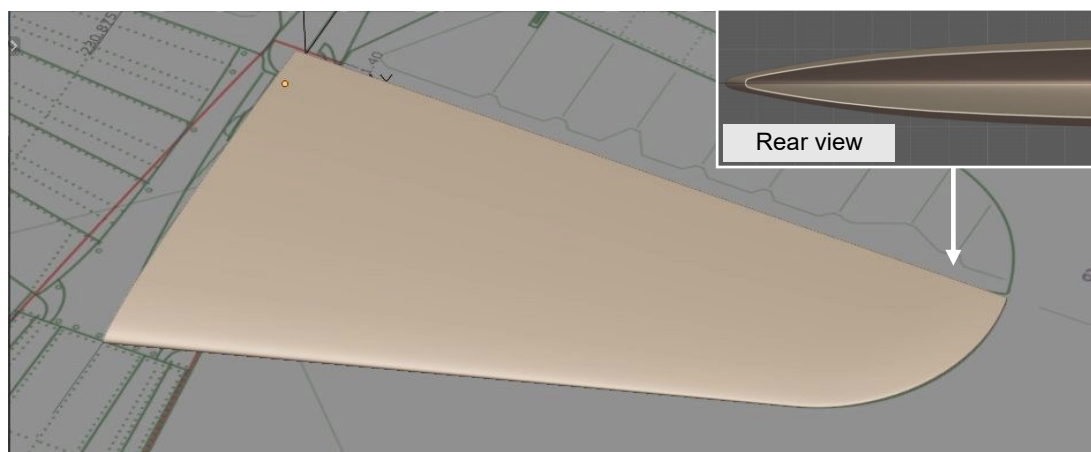
Podnieś wierzchołki tej nowej linii krawędzi, przesuwanając je wzdłuż globalnej osi **Z** (Rysunek 6.1.9):



Rysunek 6.1.9 Formowanie konturu końcówki w płaszczyźnie ZX

Umieść wierzchołki z krawędzi **6**, **7** i **8** na przedłużeniu odcinków biegnących od stacji **00** do stacji **64** (por. Rysunek 6.1.9). Nazywam je „głównymi segmentami” tych linii krawędzi. W przypadku linii krawędzi **3**, **4**, **5** – umieść ich wierzchołki około 0.1” poniżej ekstrapolacji ich głównych segmentów.

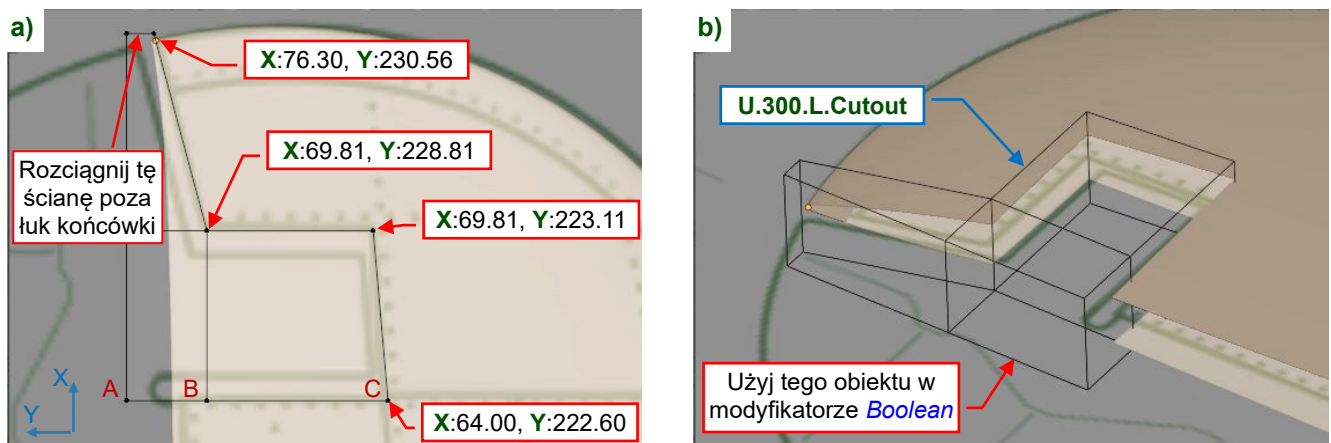
Teraz warto wywołać polecenie *Normals* → *Recalculate Outside*. Ustaw cieniowanie na *Auto Smooth*, nadaj powierzchni grubość (modyfikator *Solidify*: *Offset*: **-1**, *Thickness*: **0.03**). Obejrzyj uzyskany kształt pod różnymi kątami, poszukując jakichś podejrzanych cieni (Rysunek 6.1.10):



Rysunek 6.1.10 Sprawdzenie uzyskanego kształtu

Przyjmijmy tylna krawędź tego statecznika:

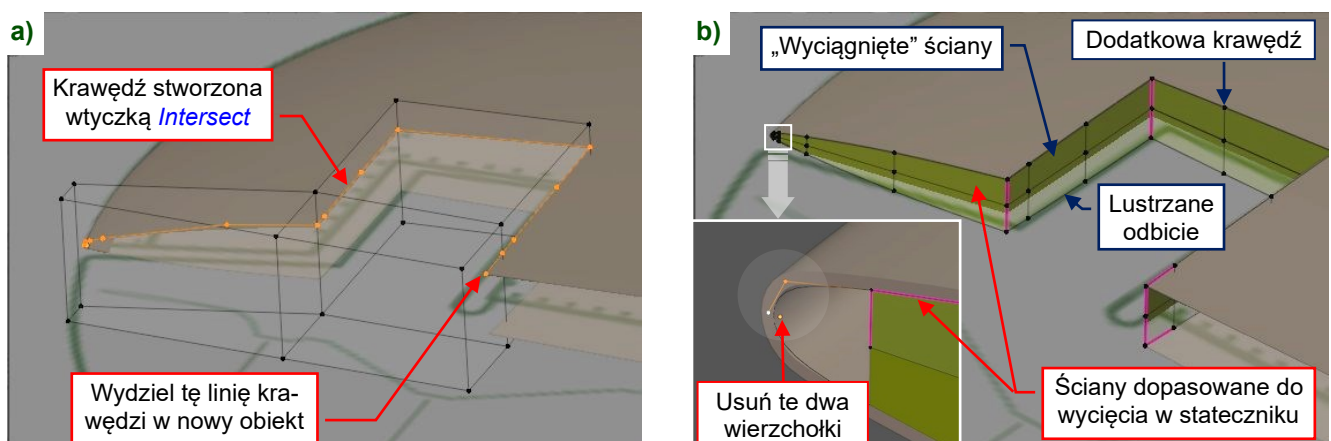
1. Stwórz w **4a.Stabilizer** nową kolekcję, o nazwie **4a8.Booleans**.
2. Stwórz w kolekcji **4a8.Booleans** płaszczyznę (Rysunek 6.1.11a). Na rysunku podaję globalne współrzędne **X,Y** jej wierzchołków, ponieważ na rysunkach Temmy kontur tego wycięcia odbiega nieco od wymiarów podanych w dokumentacji.
3. Aby uniknąć kłopotów z operacją **Boolean**, przesun wierzchołki A, B, C wzdłuż globalnej osi X o +0.001.
4. Wyciągnij te ściany w „bryłę tnącą” (Rysunek 6.1.11b).
5. Nazwij ten pomocniczy obiekt **U.300.L.Cutout** i przypisz jako obiekt potomny do **X.300.Stabilizer.Base**.
6. Dodaj do **B.300.L.Stabilizer** modyfikator **Boolean (Difference)**, i przypisz do niego **U.300.L.Cutout** jako obiekt „tnący”. W tym przypadku używaj metody **Fast**:



Rysunek 6.1.11 Tworzenie wycięcia w stateczniku

W oryginalnym samolocie to wycięcie było zamknięte przez dwa żebra i dwa dźwigary. W naszym modelu połączymy widoczne części tych szczegółów w jeden obiekt:

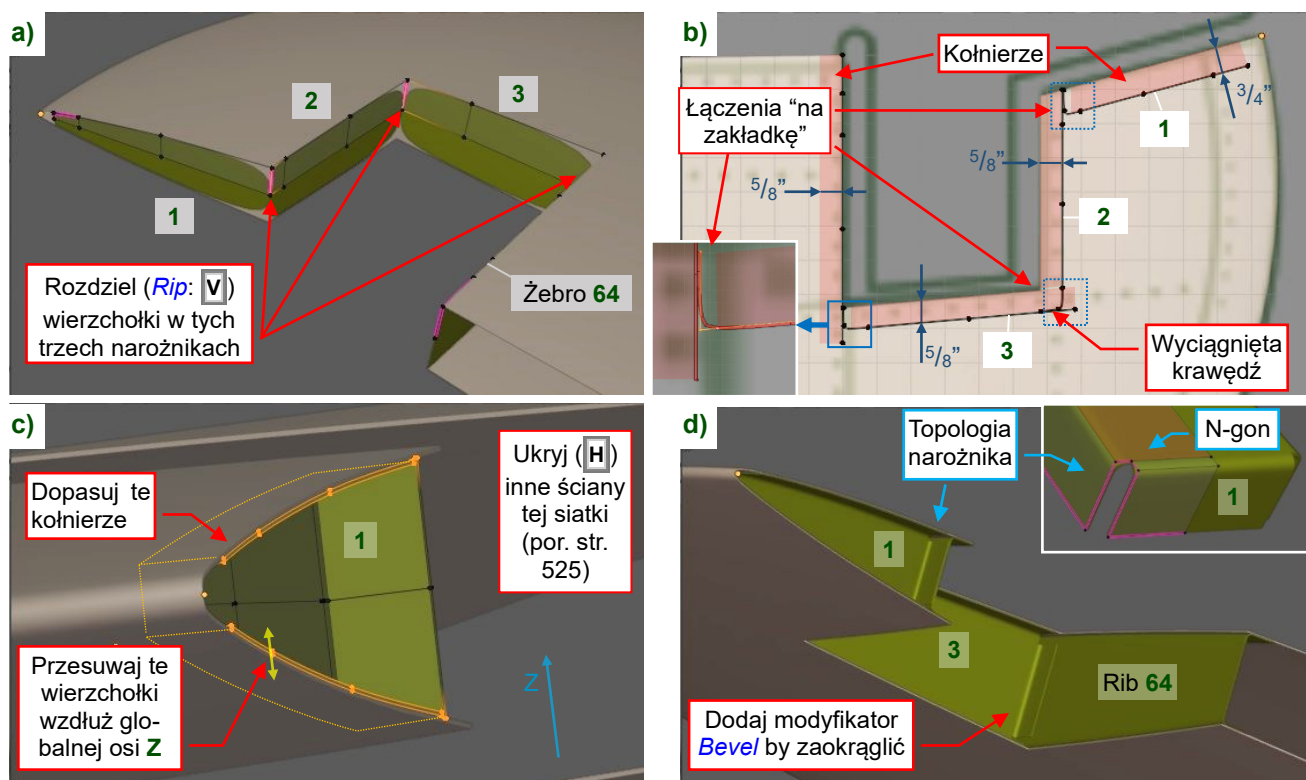
1. Użyj wtyczki **Intersect** (por. str. 482) do wyznaczenia krawędzi przecięcia ścian obiektów **U.300.L.Cutout** i **B.300.L.Stabilizer** (Rysunek 6.1.12a).
2. Wydziel tę nowo utworzoną krawędź w nowy obiekt. Nazwij go **B.305.L.Cutout.Ribs** (siatka: **B.305.Cutout.Ribs**) i przenieś do kolekcji **4a.Stabilizer**.
3. Wytłocz tę krawędź wzdłuż globalnej osi **Z**. Spłaszcz jej wytłoczoną krawędź skalując jej wierzchołki wzdłuż globalnej osi **Z** do **0**. Potem przesun je na płaszczyznę symetrii statecznika (**Z=18.125**).
4. Dodaj do obiektu **B.305.L.Cutout.Ribs** modyfikator **Mirror** (tworzy symetryczne „lustrzane odbicie”).
5. Dodaj także modyfikator **Subdivision Surface**, ustaw w krawędziach narożników **Crease** = 1 i dopasuj kontury tych ścian do wewnętrznej strony powierzchni obiektu **B.300.Stabilizer** (Rysunek 6.1.12b):



Rysunek 6.1.12 Zamykanie wycięcia

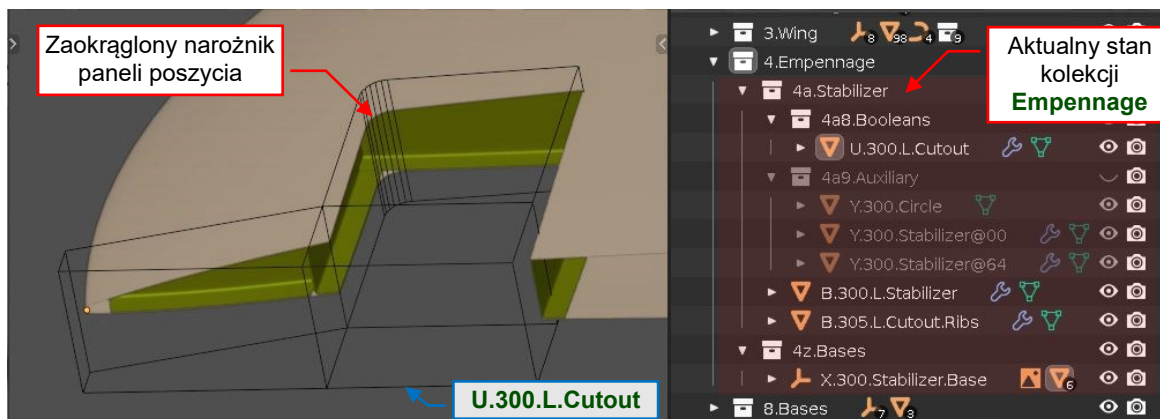
Teraz podzielimy te ściany na powierzchnie żebrowe i dźwigara:

1. Dodaj modyfikator **Solidify** (**Thickness**: **0.025**) do obiektu **B.305.L.Cutouts.Rib**. Ustaw kierunek normalnych jego ścian na zewnątrz. Ustaw **Solidify:Offset** na **-1**.
2. Rozdziel (**Rip**) wierzchołki narożników, i wyciągnij je w kołnierze pokazane przez Rysunek 6.1.13a).
3. Przesuń elementy **1**, **2** i **3** do wnętrza statecznika. Wyciągnij z nich trzy krawędzie pionowe krawędzie i wydłuż przeciwległe ściany, tworząc w narożnikach połączenia „na zakładkę” (Rysunek 6.1.13b).
4. Wyciągnij kołnierze ze wszystkich górnych (poziomych) krawędzi. Dopasuj ich ściany do wewnętrznej powierzchni statecznika (Rysunek 6.1.13c). Podczas dopasowywania ukryj pozostałe ściany.
5. Zaokrąglaj krawędzie tych elementów modyfikatorem **Bevel** (**Width Type**: **Offset**, **Amount**: **0.125**, **Segments**: **5**). Umieść go powyżej modyfikatora **Mirror**. Rysunek 6.1.13d) pokazuje rezultat. Zwróć uwagę na topologię siatki odtwarzającej narożniki tych żebrow. Jedną z jej ścian jest n-gon:



Rysunek 6.1.13 Formowanie żebrow i dźwigara końcówki

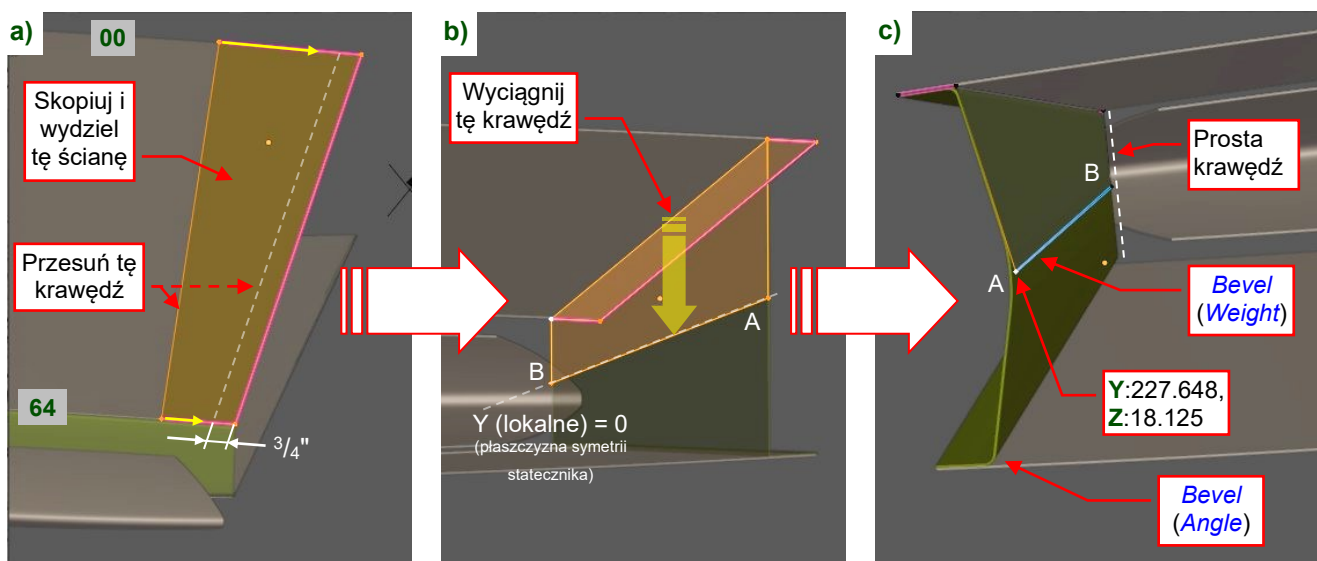
W rysunkach wykonawczych końcówki zauważyłem, że jeden z wewnętrznych narożników wycięcia była zaokrąglony ($R=5/8$). By to odtworzyć, dodaj modyfikator **Bevel** (**Weight**) do obiektu „tnącego” (**U.300.L.Stabilizer**). Rysunek 6.1.14 pokazuje ten zespół w oknie 3D i zawartość kolekcji **3.Empennage** w oknie **Outliner**:



Rysunek 6.1.14 Gotowa końcówka

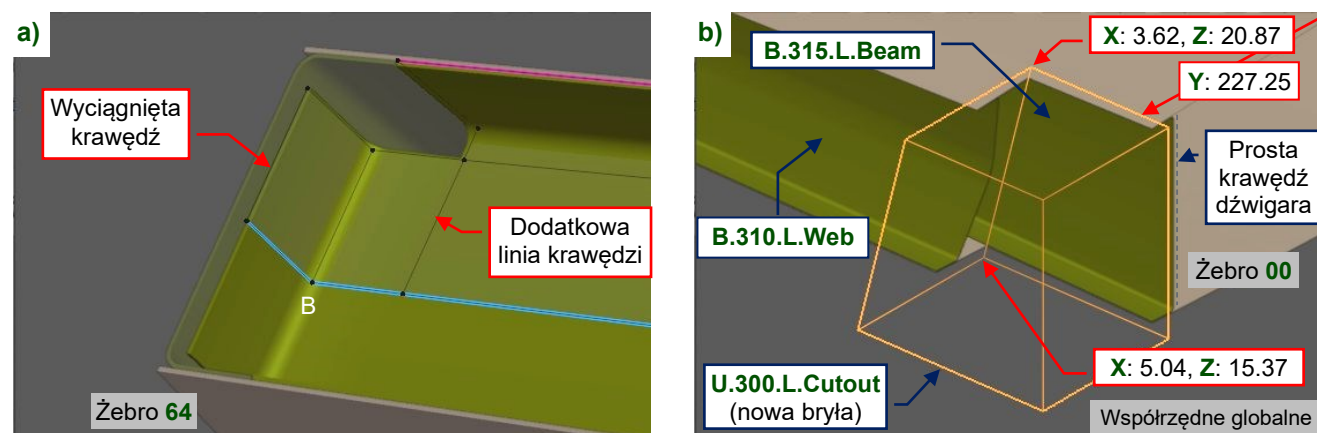
Trapezowa część statecznika była zamknięta dodatkową osłoną. Odtworzmy ją z ostatniej ściany siatki:

1. Skopiuj i wydziel ostatnią ścianę pomiędzy stacją **00** i stacją **64** (Rysunek 6.1.15a). Nazwij ten obiekt **B.310.L.Web** i przypisz jako potomka do **X.300.Stabilizer.Base**. Przypisz mu materiał **Artificial.Green**.
2. Przejdź do **Object Mode**, zaznacz **B.310.L.Web** i usuń wszystkie modyfikatory oprócz **Mirror** i **Solidify**.
3. Przesuń (**Slide**) jego przednią krawędź, tworząc wzdłuż tylnej krawędzi statecznika pasek o szerokości $\frac{3}{4}$ " (Rysunek 6.1.15a). Obniż go o **0.03** (grubość poszycia). Wyciągnij z przedniej krawędzi pionową ścianę, umieszczając końce jej dolnej krawędzi na **Y** (lokalnym) = 0 (Rysunek 6.1.15b).
4. Ustaw **Bevel Weight** krawędzi **[AB]** na **1**, przesuń wierzchołek **A** wzdłuż globalnej osi **Y** o **-0.52**.
5. Dodaj modyfikator **Bevel (Weight)** (**Width Type: Width, Amount: 0.9, Segments: 5**). To zaokrągli bazową sekcję tej ściany ($R = 2^9/16$ "). Umieść ten modyfikator przed modyfikatorem **Solidify**.
6. Dodaj modyfikator **Bevel (Angle)** (**Width Type: Offset, Amount: 0.125, Segments: 5**). Umieść ten modyfikator przed modyfikatorem **Solidify**. Ten **Bevel** zaokrągli krawędzie wewnętrzne (Rysunek 6.1.15c).



Rysunek 6.1.15 Formowanie ściany zamykającej statecznik od tyłu

Uformuj na końcu tej ściany przyłączy do żebra **64** (Rysunek 6.1.16a). Zrób to w ten sam sposób, jak pokazuje Rysunek 6.1.13d). Odtwórz niewielkie wycięcie u podstawy statecznika (Rysunek 6.1.16b). Dodaj w tym celu do siatki **U.300.Cutout** kolejną zamkniętą bryłę. Na ilustracji poniżej podaję jej kluczowe współrzędne. Dodaj do obiektu **B.310.L.Web** modyfikator **Boolean (Difference)**, który używa obiektu **U.300.L.Cutout**:

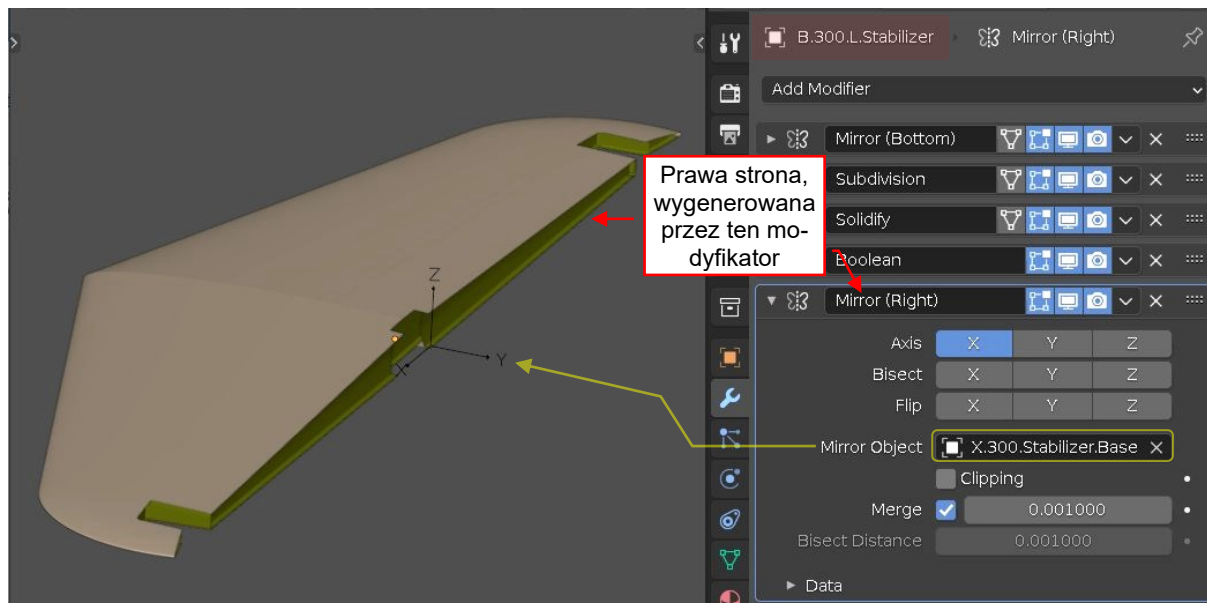


Rysunek 6.1.16 Szczegóły zamknięcia statecznika

Rysunek 6.1.16b) pokazuje także obiekt dźwigara (**B.315.L.Beam**). Stworzyłem go w ten sam sposób, co **B.310.L.Web**. Ten dźwigar był prostszy: jego pionowe ściany były płaskie, więc nie użyłem tu modyfikatora **Bevel (Width)** (Rysunek 6.1.15c). **B.315.L.Beam** nie potrzebuje także modyfikatora **Boolean**.

W wycięciu pokazanym przez Rysunek 6.1.16c) nie umieszczamy żeber, bo nie były w nim widoczne.

Na koniec dodaj do każdego widocznego elementu tego statecznika dodatkowy modyfikator **Mirror**, który tworzy jego kopię po przeciwnej stronie płaszczyzny symetrii samolotu (Rysunek 6.1.17):



Rysunek 6.1.17 Gotowy statecznik poziomy

Gdy dodasz taki modyfikator do pierwszego obiektu, szybko „rozpropaguj” go wśród pozostałych części statecznika poleceniem **Copy to Selected** (z menu kontekstowego modyfikatora), tak jak to zrobiliśmy na str. 232.

Statecznik poziomy jest gotowy (na razie). Otwory w tylnej ścianie wygenerujemy później, za pomocą tekstur. Podczas fazy uszczegóławiania odtworzymy jeszcze okucia zawiasów steru wysokości.

Podsumowanie

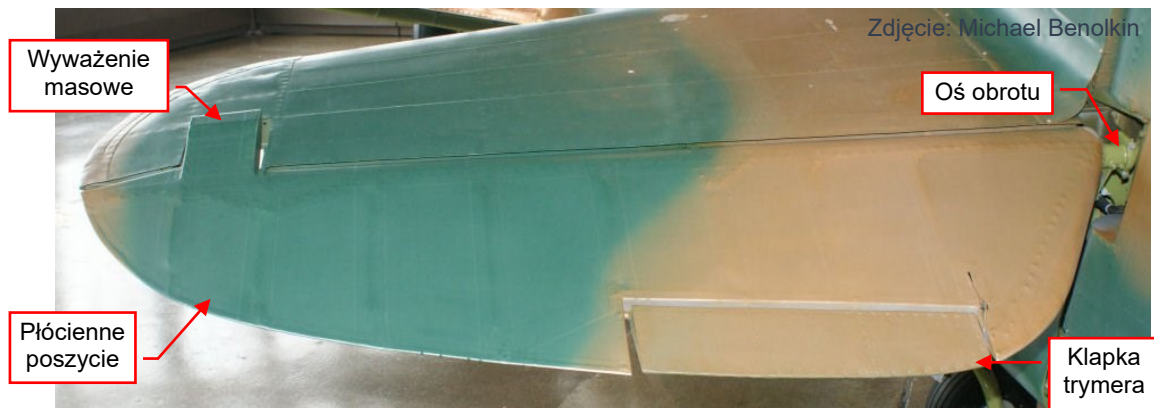
- W tej sekcji używaliśmy głównie technik poznanych w poprzednich rozdziałach. Jedynym nowym narzędziem był dodatek **Intersect**. Implementuje on alternatywne polecenie znajdujące krawędź przecięcia dwóch obiektów (str. 239).
- Zaczęliśmy modelowanie tego statecznika korzystając z widoku z góry i dwóch pomocniczych profili, odtworzonych z oryginalnych współrzędnych (str. 236). Stworzyliśmy pomocniczą krzywą wokół końcówki, aby określić liczbę i położenie potrzebnych węzłów siatki (str. 236), po czym użyliśmy tej liczby wierzchołków do stworzenia konturu bazowego żeber. Ten kontur został następnie wyciągnięty w trapezoid (str. 237). Zaczęliśmy formować „dysk” końcówki statecznika modelując jego zaokrąglone brzegi (str. 237). Potem zamknęliśmy tę siatkę i nacięliśmy dodatkową linię krawędzi w środku tych nowo dodanych ścian. Ta dodatkowa krawędź pozwoliła nam dopasować kontur statecznika w widoku z przodu (str. 238).
- Wycięcie w stateczniku wykonaliśmy za pomocą pomocniczego obiektu i modyfikatora **Boolean** (str. 239). Krawędź przecięcia tych dwóch obiektów stała się podstawą do stworzenia zamykających żeber i dźwigara (str. 239, 240). Tylne ściany i dźwigar, zamykające ten statecznik, zostały uformowane ze ściany skopionwanej z siatki poszycia statecznika (str. 241).
- Pogrupowaliśmy części usterzenia w nowe kolekcje (str. 236, 239). Dodaliśmy także do tego zespołu obiekt bazowy (**Empty**), o nazwie **X.300.Stablizer.Base** (str. 236).



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: [model\p40\history\P40B-10.01.blend](#).

6.2 Ster wysokości

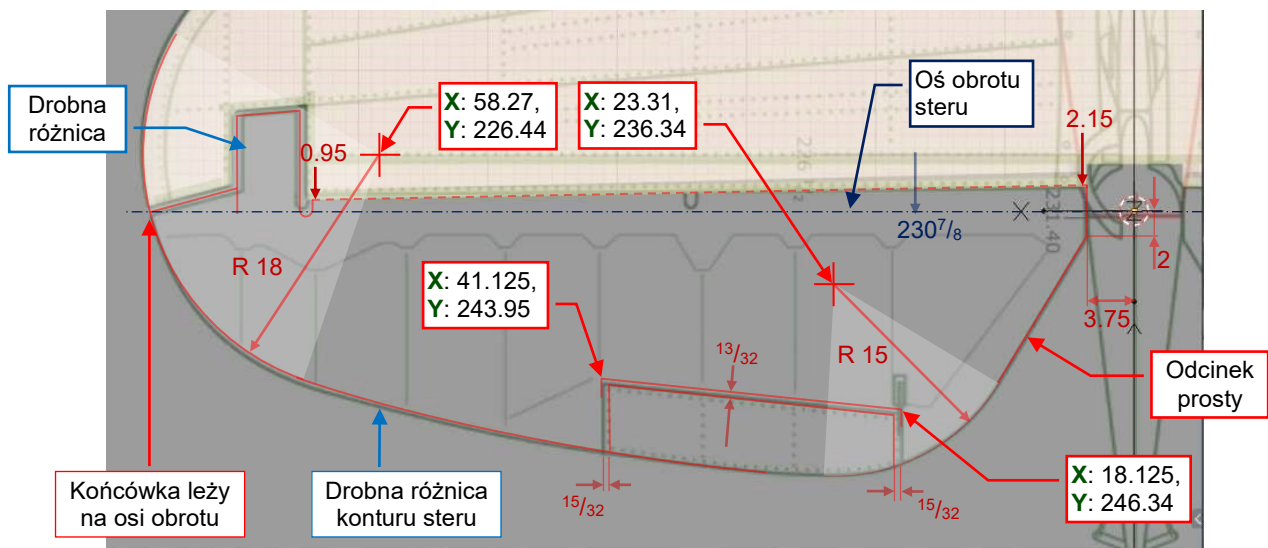
W modelarskich seriach zdjęć „z obchodu” P-40 znajdziesz wiele ujęć steru wysokości. Rysunek 6.2.1 pokazuje jedno z nich, pochodzące z portalu cybermodeler.com:



Rysunek 6.2.1 Ster wysokości P-40

Zastosowano tu klasyczną konstrukcję dla tego okresu: metalowy szkielet kryty płótnem, z klapką trymera i wyważeniem masowym¹. Klapka trymera miała poszycie z duralu.

Rysunek 6.2.2 pokazuje szczegóły geometrii steru wysokości w widoku z góry:



Rysunek 6.2.2 Geometria steru wysokości (w rzucie z góry)

Bazą wymiarową steru jest oś obrotu. Kontur jego końcówki jest kontynuacją łuku końcówki statecznika. Obrys środkowego segmentu steru jest krzywą o większym promieniu. Omawialiśmy już ten kształt w poprzedniej części, poświęconej rysunkom referencyjnym (por. Tom I, sekcja 5.3). Na rysunkach Jumpei Temmy ten zespół jest odwzorowany poprawnie – zauważyłem tylko minimalne odchylenia, które zaznaczyłem na ilustracji powyżej.

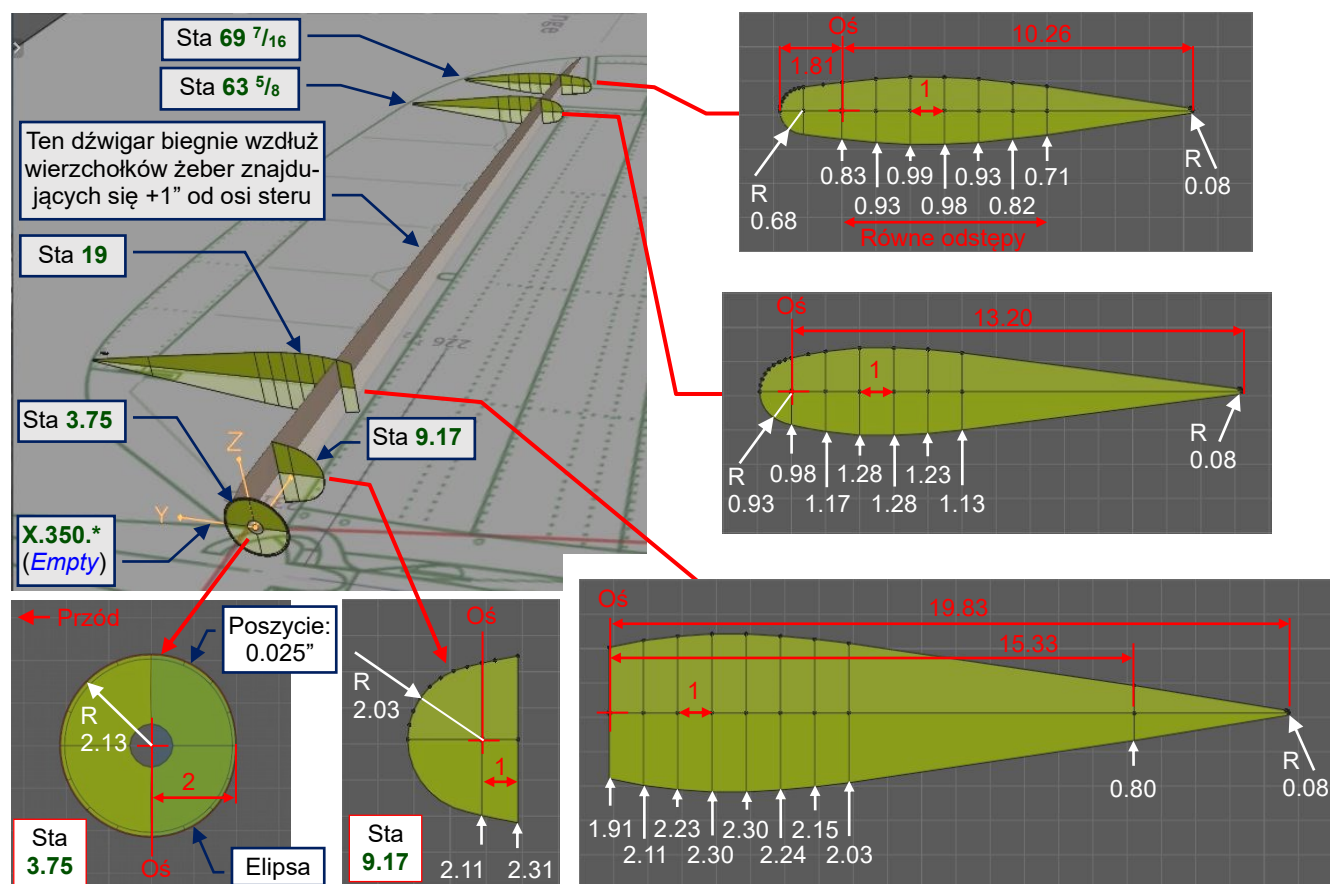
Opis geometrii rzutu z góry jest kompletny i wydaje się dokładny, ale na planach brak jest informacji o profilach steru wysokości. W większości samolotów możesz je „ekstrapolować” z profili statecznika (próbowałem to robić w pierwszej części, por. Tom I). W przypadku P-36 to byłoby OK, ale w P-40 Curtiss zmodyfikował profile steru wysokości²: pogrubiał je o 15% i usunął z krawędzi natarcia brzegową kompensację aerodynamiczną.

¹ Ten wysunięty do przodu fragment krawędzi natarcia kompensował także częściowo siły aerodynamiczne, działające na ster.

² Choć za przegrodą silnika obydwa płatowce – P-36 i P-40 – wydają się być identyczne, to w powierzchniach sterowych XP-40 wprowadzono wiele drobnych modyfikacji. Te zmiany uczyniły seryjne P-40 bardziej zwrotnymi przy większych prędkościach. Jest to opisane w tym [raporcie NACA](#) z sierpnia 1942, porównującego prędkość pochylenia P-36, P-40, Hurricane i Spitfire (por. wykres na jego ostatniej stronie).

W tym przypadku szczegółowe zdjęcia nie pomogą. Dla takiego dużego, płaskiego obiektu, nie widać na nich nawet różnicy w grubości sterów wysokości pomiędzy P-36 i P-40. Jedynym możliwym źródłem informacji jest dokumentacja producenta¹. Mamy szczęście, że została zachowana! Zestawiłem podane w niej wymiary w postaci pomocniczych wzorcowych żeber (tak jak to zrobiliśmy w stateczniku poziomym). Zacznijmy formowanie:

1. W kolekcji **4.Empennage** stwórz dwie nowe kolekcje, o nazwach **4b.Elevator** i **4y.Handles**. Wewnątrz **4b.Elevator** stwórz kolejną kolekcję: **4b9.Auxiliary**.
2. W (**X**:3.75, **Y**:230.875, **Z**:18.125) stwórz obiekt **Empty**, o nazwie **X.350.Elevator.Base**. To będzie początek hierarchii steru wysokości. Umieść go w kolekcji **4z.Bases**, i podłącz (**Shift-M**, por. str. 451) do kolekcji **4y.Handles**. Przypisz **X.350.*** jako obiekt potomny do obiektu **X.300.Elevator.Base**.
3. Wykorzystując wymiary podane przez Rysunek 6.2.3, stwórz wzorcowe żebra, nazwij je jak na ilustracji poniżej i umieść w kolekcji **4b9.Auxiliary**. Przypisz je jako obiekty potomne do **X.350.Elevator.Base**.



Rysunek 6.2.3 Pomocnicze wzorce żeber steru wysokości

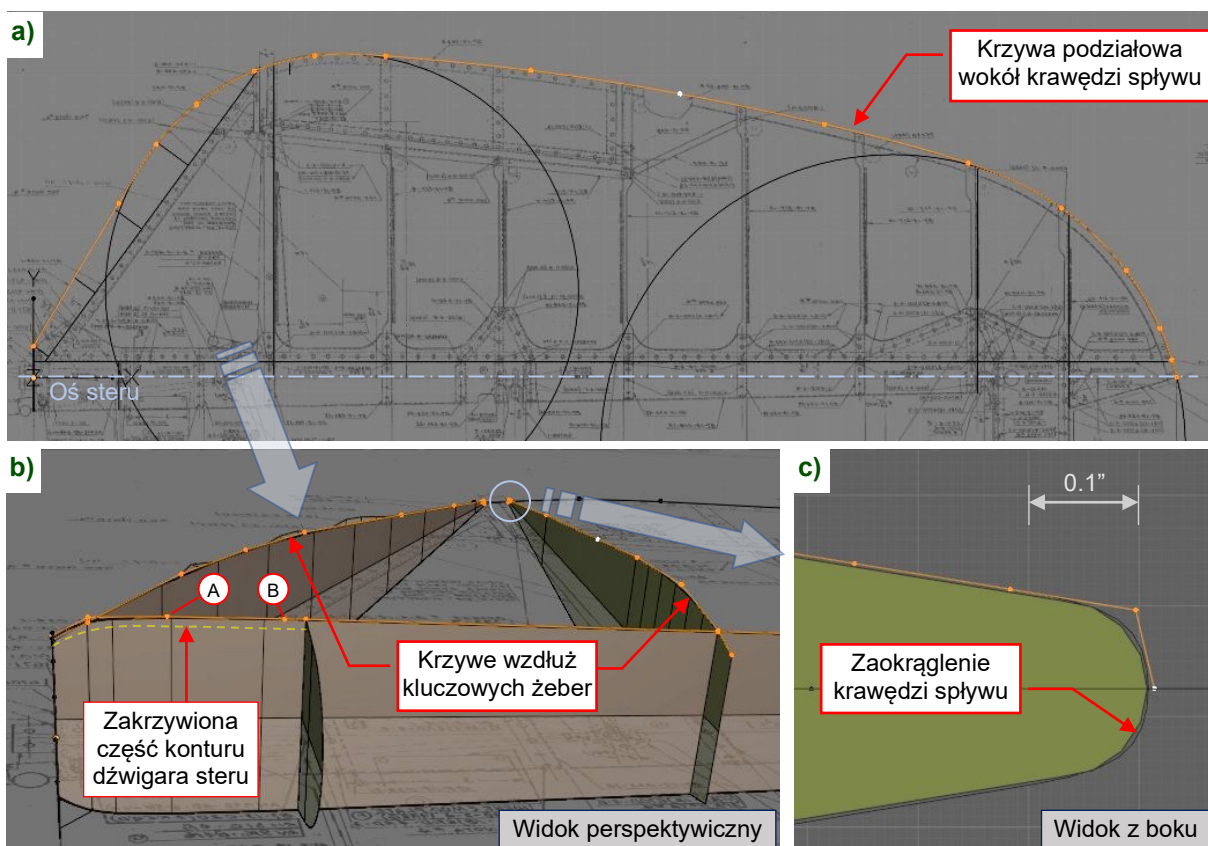
Jak widzisz, odtworzyłem tylko kluczowe żebra. Środki promieni ich krawędzi natarcia leżą na osi obrotu steru, oprócz żebra ze stacji **69 7/16**. Współrzędne profili są podane w stałych odstępach (1" do każdego kolejnego punktu). Stworzyłem także wzorcowy dźwigar łączący punkty żeber umieszczone **+1"** od osi obrotu². Zewnętrzne żebra (ze stacji **63 5/8** i **69 7/16**) są umieszczone po obydwu stronach wysuniętej przeciwwagi. Krawędź natarcia tej przeciwwagi uformujemy oddzielnie (na razie nie tworzę jej żebra).

Wszystkie wymiary w ilustracji powyżej są podane bez grubości poszycia. Dla tego steru możesz założyć, że było to **0.025"**. Gdy stworzysz te żebra, możesz wyciągnąć z ich krawędzi dodatkowy pasek ścian tej szerokości, jak to zrobiliśmy w przypadku żeber statecznika (str. 236). Zrób to tylko dla żeber ze stacji **3.75** i **9.17**, oraz dla krawędzi natarcia żeber ze stacji **63 5/8** i **69 7/16**. Pozostałe obszary steru były pokryte płótnem.

¹ Rysunki nr: [87-13-501](#), [87-13-032](#), [87-13-033](#), [87-13-517](#), [87-13-016](#), [87-13-913](#), [87-13-028](#), [87-13-026](#), [87-13-018](#), [87-13-025](#).

² W tym miejscu steru wysokości naprawdę znajdował się jego dźwigar.

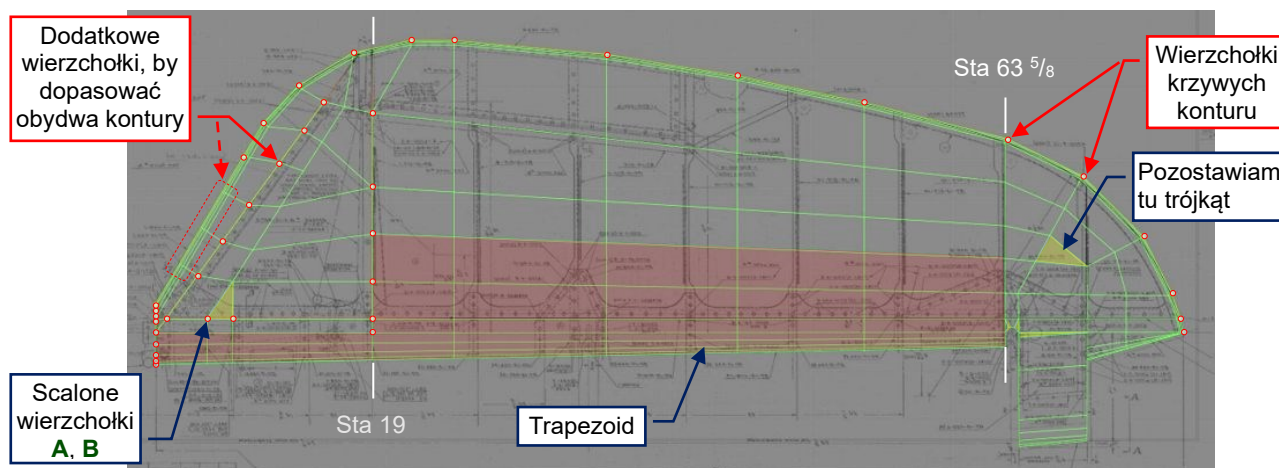
Zacznij siatkę tego steru od obrysowania jego konturów krzywymi podziałowymi: wzdłuż krawędzi spływu (Rysunek 6.2.7a), żeber i podstawy dźwigara (Rysunek 6.2.7b). Użyj modyfikatora *Mirror* wzdłuż osi *Z*:



Rysunek 6.2.7 Tworzenie początkowych krzywych konturu

Rysunek 6.2.7c) pokazuje cztery wierzchołki tworzące zaokrąglenie na krawędzi spływu żebra. To podobny kontur do użytego przez nas w „obramowaniu” końcówki statecznika (por. str. 237). Możesz odtworzyć ten szczegół korzystając z „kratek” (w tle tego rysunku) do określenia odległości pomiędzy wierzchołkami.

Korzystając z punktów sterujących tych konturów, mogłem zaplanować topologię tej siatki (Rysunek 6.2.8):



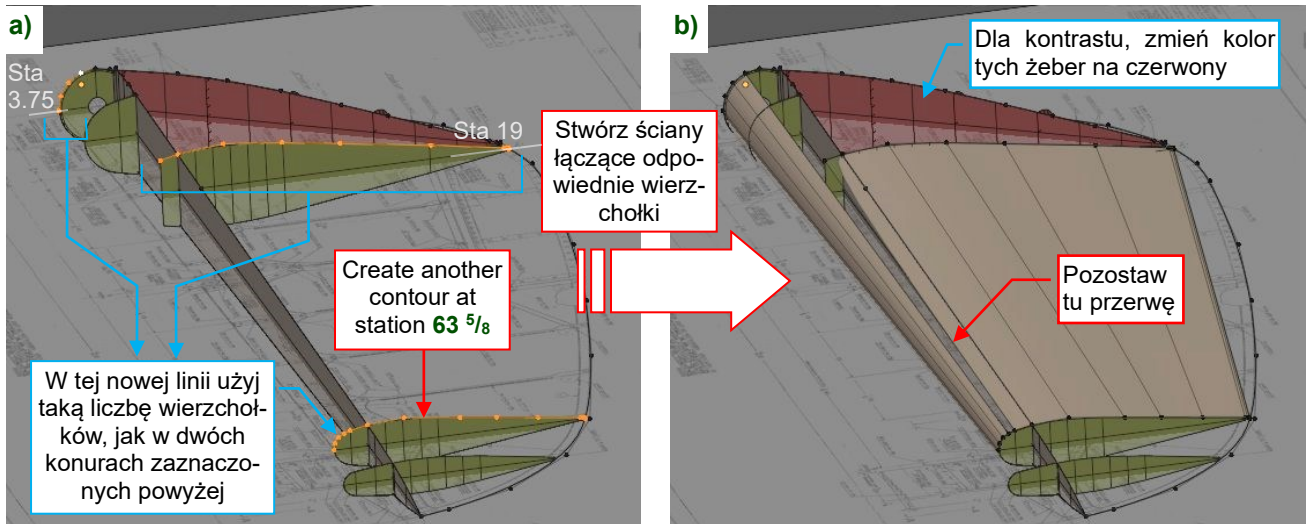
Rysunek 6.2.8 Szkic planowanej topologii siatki

Pomimo zaokrąglonej krawędzi spływu, środkowa część tego steru jest trapezowa, jak statecznik czy skrzydło.

Tworząc taki szkic, możesz zawczasu wykryć i wyeliminować potencjalne problemy, które utrudniłyby dalszą pracę. Na przykład – scalałem wierzchołki **A** i **B** (Rysunek 6.2.7b) w jeden (por. Rysunek 6.2.8). Ta zmiana spowoduje tylko minimalne (tj. akceptowalne) odchylenie konturu dźwigara. Dzięki niej mogłem usunąć z siatki niepotrzebną linię krawędzi.

Stwórzmy teraz środkową część tego steru:

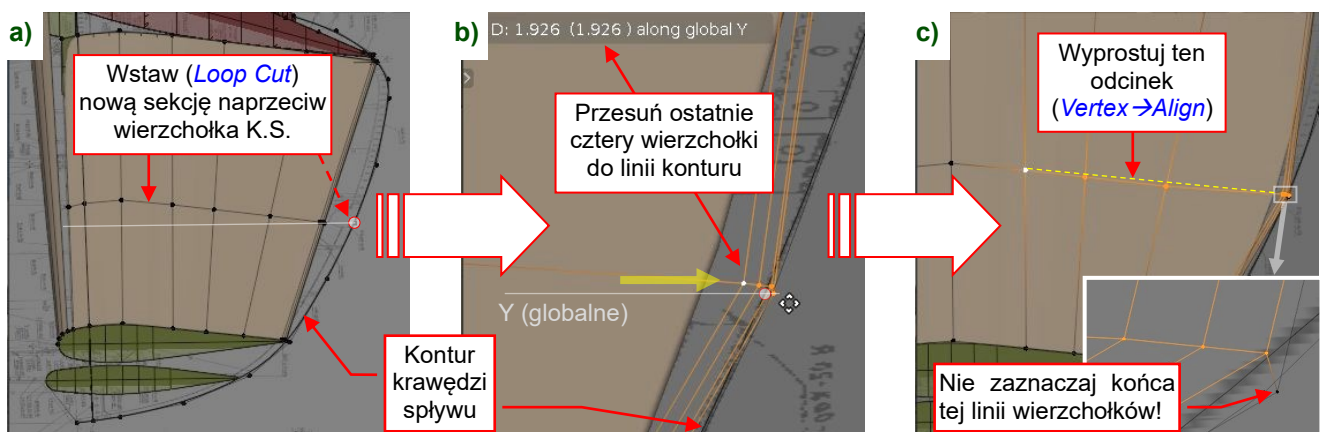
1. „Obrysuj” krzywą kontur żebra ze stacji $63 \frac{5}{8}$ (Rysunek 6.2.9a). Tworząc tę linię krawędzi, użyj tej samej liczby wierzchołków jak w konturze ze stacji **19**, i wierzchołków z przedniej części okrągłego konturu ze stacji **3.75**.
2. Połącz odpowiednie wierzchołki w tych konturów ścianami (Rysunek 6.2.9b). Pozostaw przerwę ponad linią osi steru (zamkniemy ją później):



Rysunek 6.2.9 Tworzenie podstawowego trapezoidu steru

Teraz stwórz środkowe sekcje tej siatki, dopasowując ich końcówki do konturu krawędzi spływu:

1. Wstaw nową sekcję (**Loop Cut**) i przesun ją (**Slide**) naprzeciw najbliższego wierzchołka krawędzi spływu (Rysunek 6.2.10a). dziel w ten sposób tylko tylną część siatki, pozostawiając jej drugą część (z przodu osi steru) bez zmian.
2. Przesun ostatnie cztery wierzchołki tej sekcji wzdłuż globalnej osi **Y**, do odpowiadającego im wierzchołka na konturze krawędzi spływu (Rysunek 6.2.10b).
3. Zaznacz wierzchołki (Rysunek 6.2.10c) i uczyn je współliniowymi. Użyj do tego celu polecenia **Vertex → Align** (por. str. 524).



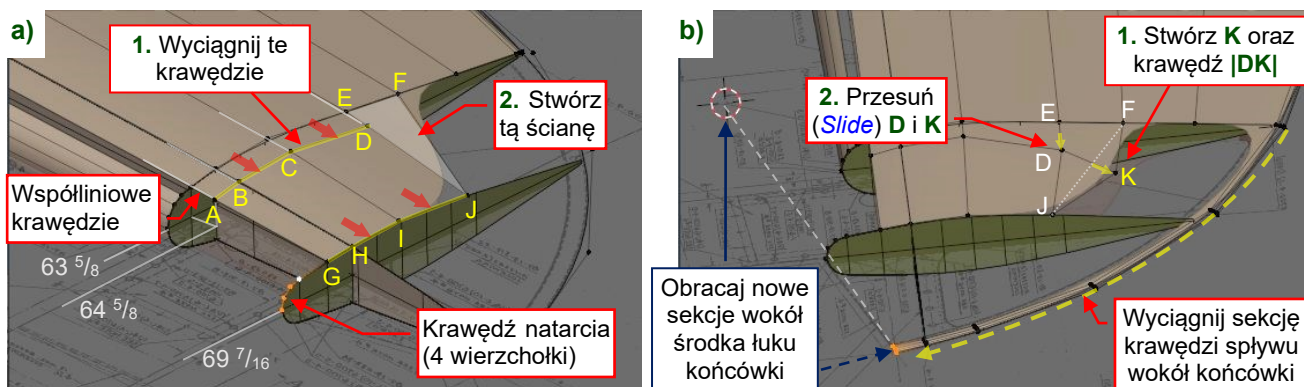
Rysunek 6.2.10 Wstawianie do siatki nowej sekcji („żebra”)

Powtórz powyższe kroki (Rysunek 6.2.10) dla każdej sekcji „żebra” pomiędzy stacjami **19** i $63 \frac{5}{8}$, zaplanowanymi przez Rysunek 6.2.8. Sugeruję zacząć od jednego ze środkowych wierzchołków krawędzi spływu, a potem wstawiać kolejne sekcje z jego prawej i lewej strony.

Nie przejmuj się w tym momencie, że wynikowa powierzchnia podziałowa w widoku z góry sięga poza kontur steru. Dopasuje się sama później, gdy wstawiś do siatki wszystkie zaplanowane sekcje.

Stwórzmy pierwsze ściany końcówki steru:

1. Wyciągnij dwie nowe linie krawędzi, do stacji $64 \frac{5}{8}$ i $69 \frac{7}{16}$ (Rysunek 6.2.11a).
2. Ustaw wierzchołki **A**, **B**, **C**, **D** współliniowo z „podłużnicami” środkowej części steru. (W ten sposób zachowujemy w widoku z przodu proste kontury jego centralnej, trapezowej części – aż do stacji $63 \frac{5}{8}$).
3. Dopasuj wynikową krawędź z wierzchołkami sterującymi **G**, **H**, **I**, **J** do wzoru żebra ze stacji $69 \frac{7}{16}$.
4. Stwórz dodatkową ścianę pomiędzy wierzchołkami **D**, **E**, **F**, **J** (Rysunek 6.2.11a).
5. Stwórz dodatkowy kontur, złożony z 4 wierzchołków, wokół krawędzi natarcia żebra $69 \frac{7}{16}$ (Rysunek 6.2.11a). Zaczynij od 12-bocznego okręgu, usuń jego dolną połowę, dopasuj jego promień do wzorcowego żebra i usuń tylne 4 wierzchołki, pozostawiając łuk 90° .

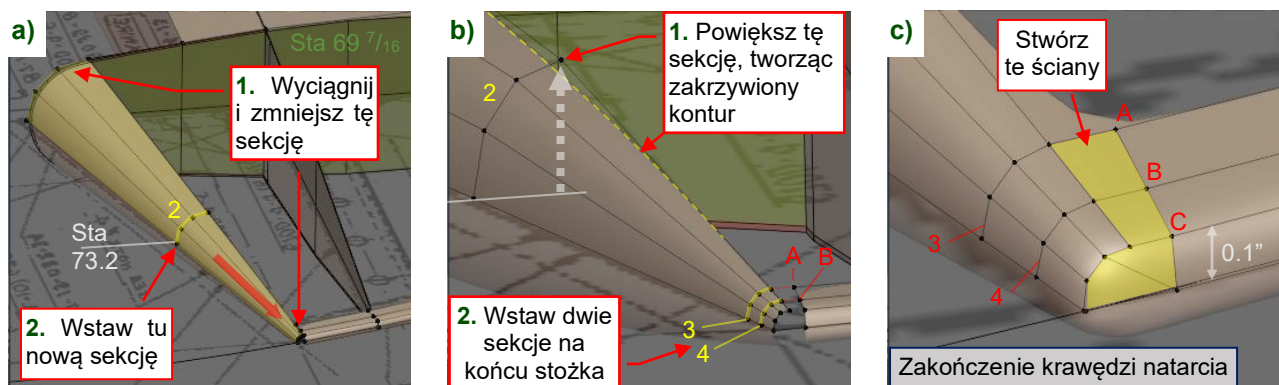


Rysunek 6.2.11 Wyciąganie pierwszych ścian końcówki

6. Podziel krawędź **FJ** tworząc wierzchołek **K**. Połącz go z wierzchołkiem **D** (Rysunek 6.2.11b). Przesuń (*Slide*) te dwa wierzchołki wzdłuż ich krawędzi (z wyłączoną opcją *Clamp*), tworząc w widoku z góry z krawędzi **FK** i **KJ** obrys wypukły. Zachowaj oryginalny kierunek (w 3D) krawędzi **ED**!
7. Wyciągnij ostatnie cztery wierzchołki krawędzi spływu sekcji $63 \frac{5}{8}$ wokół końcówki (Rysunek 6.2.11b), w ten sam sposób, w jaki to zrobiliśmy w końcówce statecznika na str. 237.

Teraz domknij brzeg końcówki, odtwarzając jej krawędź natarcia:

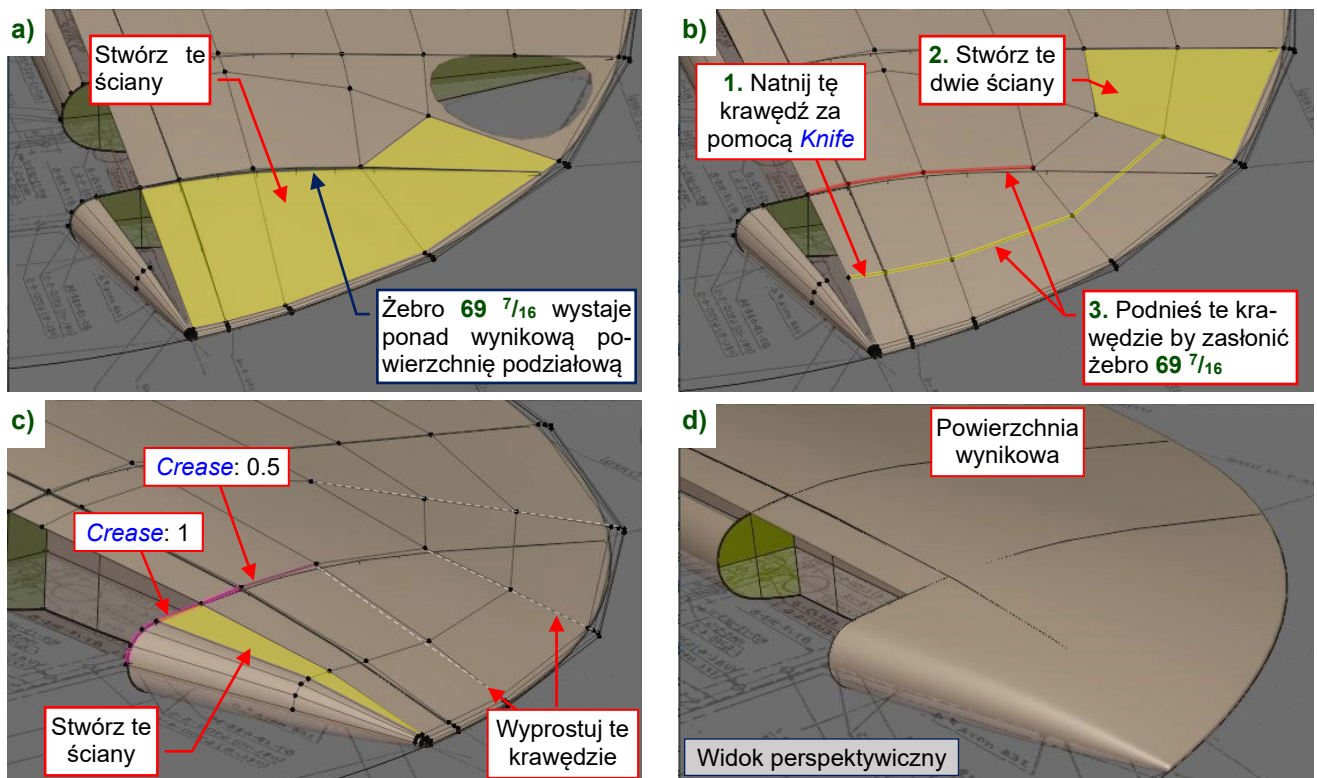
1. Wyciągnij obrys krawędzi natarcia ze stacji $69 \frac{7}{16}$ (4 wierzchołki) i zmniejsz tę nową krawędź (*Scale*) do promienia **0.1**”, uzyskując kośny stożek (Rysunek 6.2.12a).
2. Wstaw (*Loop Cut*) w ten stożek w stacji **73.2** nową sekcję (sekcja **2** – por. Rysunek 6.2.12a).
3. Powiększ sekcję **2** wzdłuż globalnej osi **Z** (wspc.:**1.5**), tworząc w widoku z przodu zakrzywiony kontur krawędzi natarcia (Rysunek 6.2.12b). Jego kształt ma odpowiadać konturowi końca statecznika poz.
4. Wstaw nowe sekcje **3** i **4** przy szczycie tej końcówki, w pobliżu wierzchołków **A** i **B** (Rysunek 6.2.12b).
5. Dopasuj wysokości sekcji końcówki i wierzchołków **A**, **B**, **C**, sprawdź, czy normalne ścian są skierowane na zewnątrz. Połącz je nowymi ścianami (**F**), tworząc zaokrąglony koniec (Rysunek 6.2.12c):



Rysunek 6.2.12 Domykanie brzegu końcówki steru

Gdy brzegi końcówki są gotowe, możemy ją zamknąć:

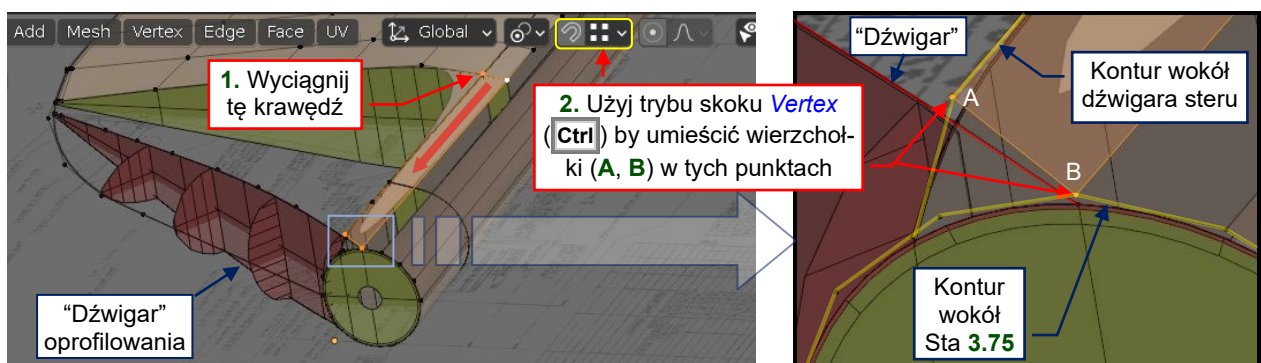
1. Stwórz ściany w środku końcówki steru (Rysunek 6.2.13a). Zauważ, że gdy powstały, żebro $69 \text{ } ^7/_{16}$ zaczęło wystawać ponad powierzchnię poszycia. Za chwilę to poprawimy.
2. Natnij nową krawędź w środku nowo utworzonych ścian, zaczynając od linii osi steru w stacji **73.2** (por. Rysunek 6.2.13b). Zrób to za pomocą narzędzia *Knife*.
3. Zamknij przestrzeń przy krawędzi spływu, tworząc dwie nowe ściany (Rysunek 6.2.13b).
4. Podnieś (przesuń wzdłuż globalnej osi **Z**) wierzchołki dwóch linii krawędzi zaznaczone przez Rysunek 6.2.13b), dopasowując poszycie do górnego konturu żebra $69 \text{ } ^7/_{16}$.
5. Zamknij lukę za krawędzią natarcia tworząc dwie nowe ściany (Rysunek 6.2.13c).
6. Zwiększ współczynnik *Crease* krawędzi natarcia wokół żebra $69 \text{ } ^7/_{16}$ (Rysunek 6.2.13c).
7. Wyprostuj trzy krawędzie wskazane przez Rysunek 6.2.13c), tak jak to zrobiliśmy na str. 247. (Ta część końcówki była pokryta płótnem, bez wewnętrznych żeber, więc te ściany nie mogą być wypukłe).



Rysunek 6.2.13 Zamykanie końcówki steru

Rysunek 6.2.13d) pokazuje uzyskaną powierzchnię końcówki steru. Wystającą przeciwwagę dodamy w dalszej części tej sekcji.

Teraz czas pokryć okolice oprofilowania. Zacznij od wyciągnięcia paska wzdłuż dźwigara (Rysunek 6.2.14):

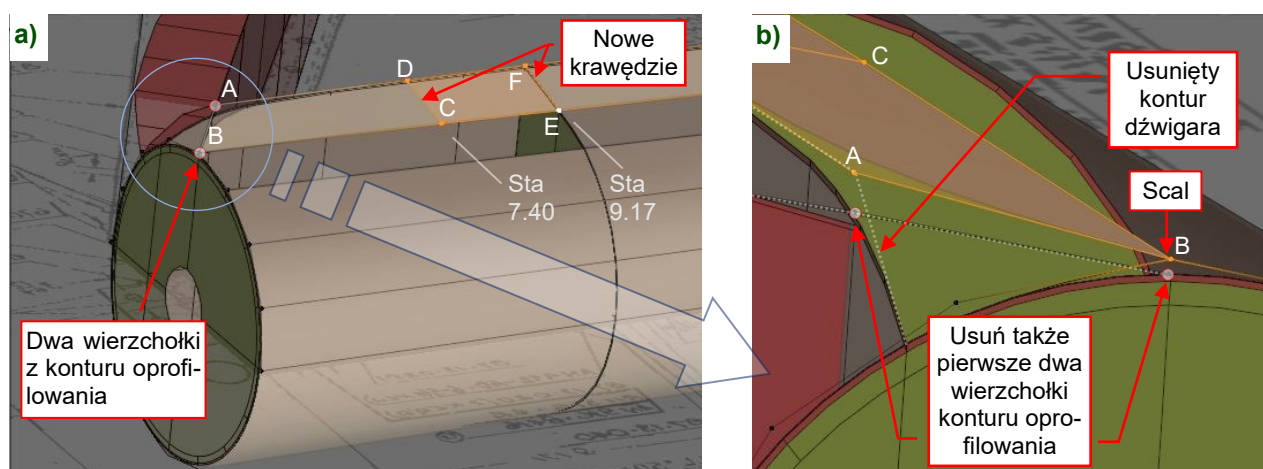


Rysunek 6.2.14 Wyciągnięcie paska poszycia wzdłuż dźwigara



Naciśnięcie klawisza **Ctrl** podczas transformacji (*Move*, *Rotate*, *Scale*) czasowo włącza tryb skoku (*Snap*). Domyślnie skok jest ustawiony na *Increment*, który zaokrągla aktualne wartości przesunięcia/obrotu/skali. Tryb *Vertex* (Rysunek 6.2.14) czasami przydaje się w poleceniach *Move*. Gdy trzymasz wciśnięty **Ctrl**, kursor „skacze” do najbliższego wierzchołka (może być w innym obiekcie).

W narożniku oprofilowania steru i zebra 3.75 nakładają się na siebie trzy z konturów przygotowanych na str. 246. Ich wierzchołki nie pasują do siebie (mają różne współrzędne **Z** – por. Rysunek 6.2.14). Dlatego, zanim zaczniemy wstawiać nowe ściany, trzeba ten obszar „uporządkować”. Użyłem trybu skoku *Vertex* by umieścić wierzchołki **A** i **B**, bo nie chcę scalać pomocniczego konturu dźwigara z poszyciem steru. Wystarczy wstawić (*Loop Cut*) w nowo utworzony pasek dwie krawędzie w stacjach 7.40 (**|CD|**) i 9.17 (**|EF|**) (Rysunek 6.2.15a). Potem usuń ten kontur dźwigara. Usuń także pierwsze dwa wierzchołki z „dźwigara” oprofilowania, które znajdują się pod **A** i **B** (Rysunek 6.2.15b). W przypadku wierzchołka z konturu stacji 3.75 – scal go (**M**) z wierzchołkiem **B** (ten kontur włączymy do finalnej siatki):

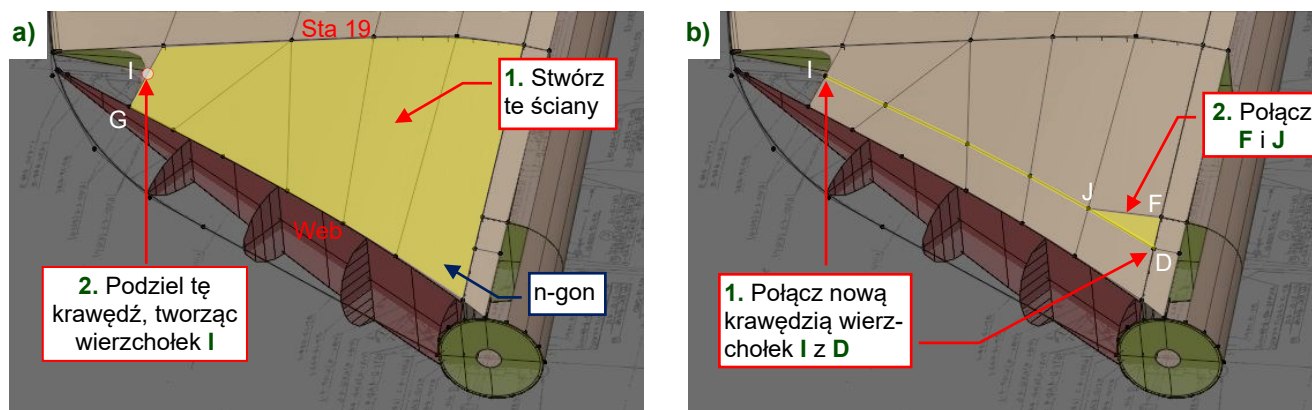


Rysunek 6.2.15 Uporządkowanie topologii siatki wokół podstawy steru

Gdy to zrobisz, możemy kontynuować:

1. Stwórz kolejny rząd ścian pomiędzy stacją 19 i konturem „dźwigara” oprofilowania (Rysunek 6.2.16a).
2. Podziel krawędź **|GH|**, tworząc nowy wierzchołek **I** (Rysunek 6.2.16a).
3. Połącz wierzchołki **D** i **I**: w odpowiedzi Blender stworzy krawędź, która przecina cztery inne krawędzie występujące pomiędzy tymi punktami. Na jednym z tych przecięć znajduje się **J** (Rysunek 6.2.16b).
4. Połącz wierzchołki **F** i **J**, tworząc trójkąt zaplanowany na szkicu topologii (Rysunek 6.2.8).

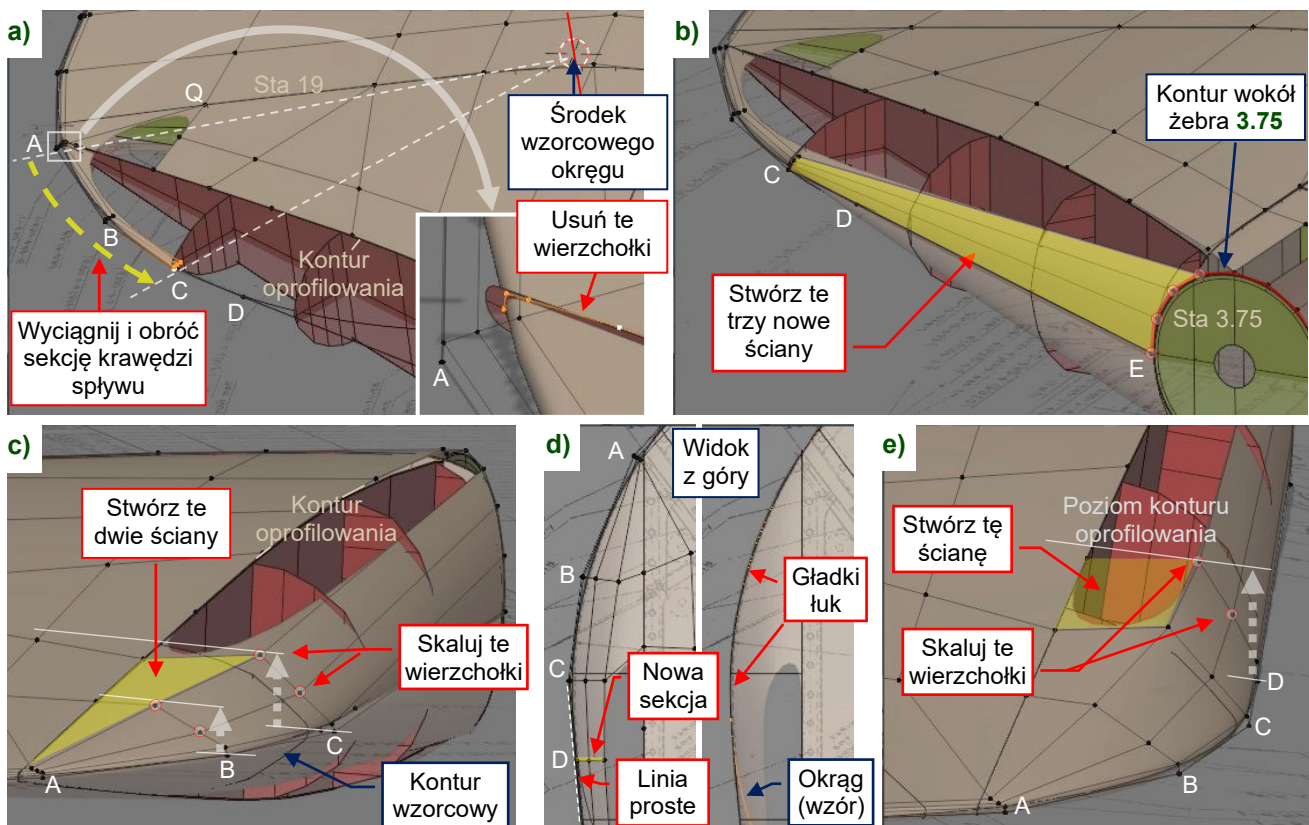
Po tych krokach, twoja siatka powinna wyglądać tak, jak pokazywana przez Rysunek 6.2.16b):



Rysunek 6.2.16 Tworzenie ścian pomiędzy oprofilowaniem i stacją 19

Ukształtujemy teraz oprofilowanie:

1. Obróć ostatnie cztery wierzchołki krawędzi sponad żebra **19**, umieszczając je w wierzchołku **A** konturu steru (Rysunek 6.2.17a). Użyj jako osi tego obrotu środka wzorcowego okręgu R15 (por. Rysunek 6.2.6 i Rysunek 6.2.2). Pozostaw bez zmian pozostałe wierzchołki, aż do **Q** (Rysunek 6.2.17a).
2. Usuń ostatnie cztery wierzchołki linii krawędzi, która biegnie wzdłuż „dźwigara” oprofilowania (są w pobliżu wierzchołka **A** – por. Rysunek 6.2.17a). Nie będziemy ich potrzebować w tej siatce.
3. Wyciągnij i obróć ostatnie cztery wierzchołki linii krawędzi, która kończy się w **A**. Umieść je w następnym punkcie sterującym krzywej konturu (**B**). Potem zrób to samo dla węzła **C** (Rysunek 6.2.17a).
4. Stwórz trzy nowe ściany, łączące sekcję w punkcie **C** z konturem biegnącym wokół żebra **3.75** (Rysunek 6.2.17b).
5. Powiększ (*Scale*) cztery wierzchołki zaznaczone przez Rysunek 6.2.17c) wzdłuż globalnej osi **Z**, podnosząc ich najwyższe punkty do tych samych wysokości co odpowiadające im punkty na konturze oprofilowania. By „dosunąć” te wierzchołki do konturu, skaluj je z zablokowaną osią **Z**. Dla każdej sekcji użyj jako środka transformacji jej pierwszej wierzchołka, który leży na płaszczyźnie symetrii steru¹.
6. Zamknij pierwszy „narożnik” tego oprofilowania dwoma nowymi ścianami (Rysunek 6.2.17c).

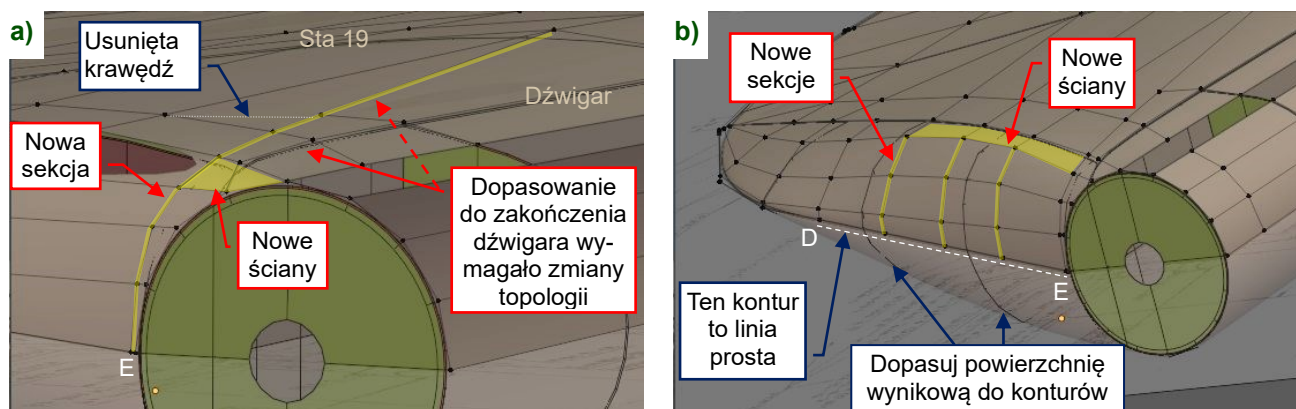


Rysunek 6.2.17 Formowanie konturu oprofilowania w widoku z góry

7. Wstaw (*Loop Cut*) nową sekcję w ściany oprofilowania i przesunij ją (*Slide*) do węzła **D** (Rysunek 6.2.17d). Sprawdź, czy krawędzie **|CD|** i **|DE|** (Rysunek 6.2.17b) są współliniowe. Rysunek 6.2.17d) (prawa część) pokazuje, że ta sekcja uzupełnia kontur steru w widoku z góry. Końce następnych trzech zaplanowanych sekcji (str. 246) będą współliniowe.
8. Powiększ nową sekcję wzdłuż globalnej osi **Z**, do poziomu konturu oprofilowania (Rysunek 6.2.17e).
9. Stwórz nową ścianę siatki, zamykającą oprofilowanie do sekcji **D** (Rysunek 6.2.17e).

¹ Zaznacz dwa wierzchołki, które chcesz skalować, potem dodaj do tego zaznaczenia ostatni wierzchołek, który leży na płaszczyźnie symetrii (stanie się wierzchołkiem aktywnym). Ustaw tryb *Pivot* na *Active Element*, a potem skaluj te wierzchołki.

Zanim zamkniemy to oprofilowanie upewnijmy się co do stanu jego siatki u podstawy, w okolicy żebra **3.75**. Wstaw tam w pobliżu węzła **E**, nową, dodatkową sekcję (Rysunek 6.2.18a). Ta linia krawędzi sięga aż do stacji **19**. Nie istniała na moim oryginalnym szkicu (por. Rysunek 6.2.8). Jednak „żaden plan nie przetrwa dłuższego kontaktu z rzeczywistością”. Ta modyfikacja jest potrzebna, aby dopasować wynikową powierzchnię podziałową do zakrzywionej podstawy dźwigara steru (Rysunek 6.2.18a):

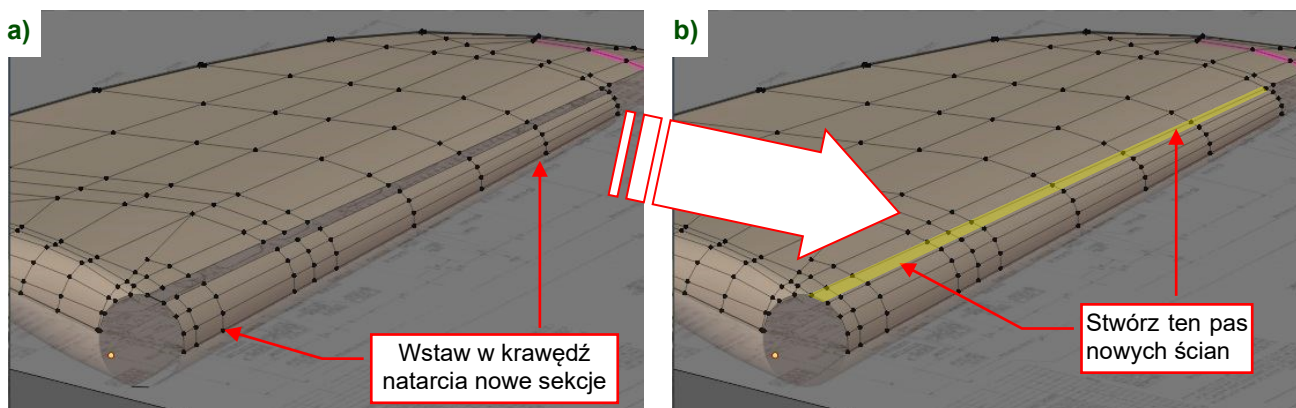


Rysunek 6.2.18 Zamykanie siatki oprofilowania steru

Gdy obydwa końce oprofilowania pasują do konturów wzorcowych, możemy wstawić w jej środek trzy zaplanowane sekcje (Rysunek 6.2.18b). Zrób to tak samo, jak stworzyliśmy sekcję **D** (Rysunek 6.2.17d,e). Zaczynaj od krawędzi pośrodku, ponieważ to ułatwi dopasowanie pozostałych dwóch sekcji.

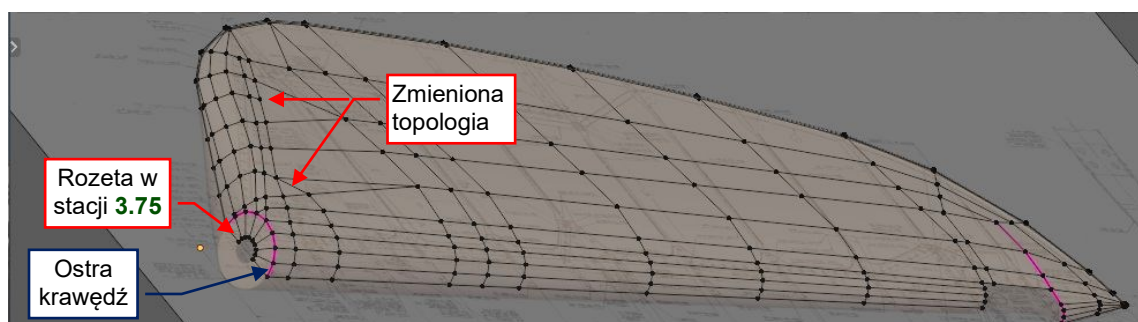
Teraz zamknijmy lukę pomiędzy krawędzią natarcia i resztą siatki:

1. Sprawdź normalne ścian krawędzi natarcia. Jeżeli mają inny zwrot niż reszta siatki – przestaw go.
2. Wstaw (*Loop Cut*) nowe sekcje w krawędź natarcia. Przesuń (*Slide*) każdą z nich naprzeciw odpowiednich sekcji z głównej części siatki (Rysunek 6.2.19a).
3. Stwórz „pasek” nowych ścian pomiędzy tymi dwoma fragmentami siatki (Rysunek 6.2.19b).



Rysunek 6.2.19 Dołączanie siatki krawędzi natarcia do reszty steru

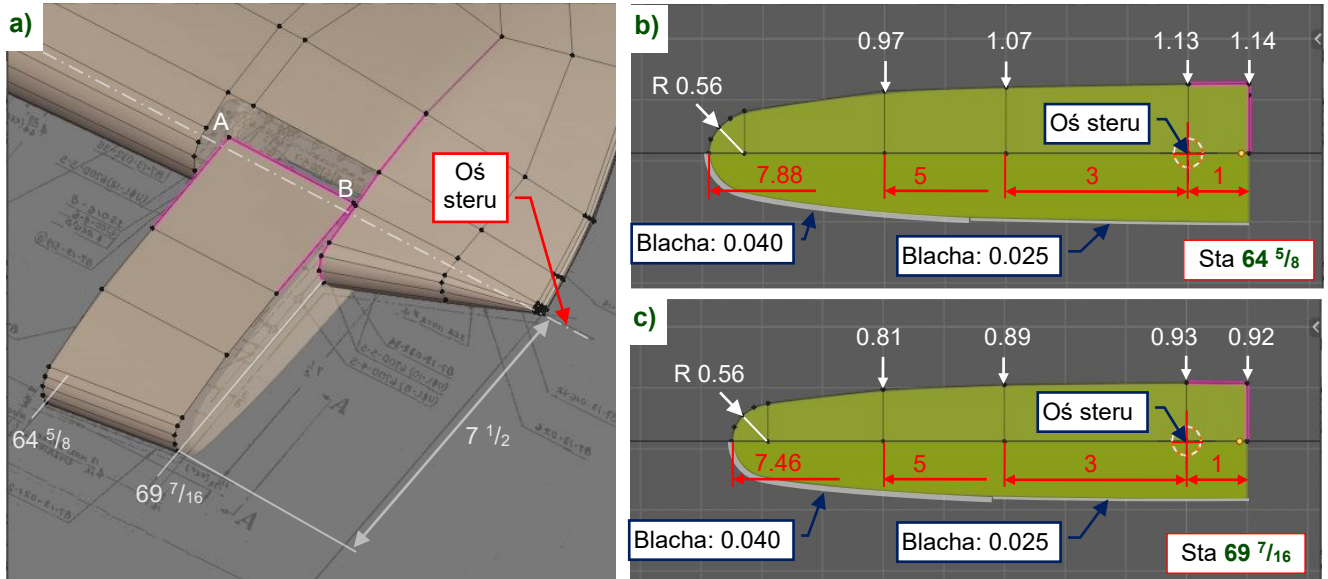
Dodaj także w stacji **3.75** rozetę ze ścian. Rysunek 6.2.20 pokazuje siatkę steru po tej i innych modyfikacjach:



Rysunek 6.2.20 Siatka steru po modyfikacjach

Zanim zaczniemy formować przeciwwagę steru, dodaj do tego obiektu modyfikator **Solidify** (**Thickness**: **0.025**, **Offset**: -1). Potrzebujemy jej, ponieważ pozostawimy w niej otwór na zawias pomiędzy stacjami $64 \frac{5}{8}$ i $64 \frac{5}{8}$. (W tym szczególnym przypadku otwór uprości naszą siatkę).

Stwórz teraz poszycie tej wysuniętej przeciwwagi, rozciągające się pomiędzy stacjami $64 \frac{5}{8}$ i $69 \frac{7}{16}$ (Rysunek 6.2.21a). Uformuj tę siatkę wykorzystując podane poniżej wymiary (Rysunek 6.2.21b i c):



Rysunek 6.2.21 Geometria przeciwwagi steru wysokości

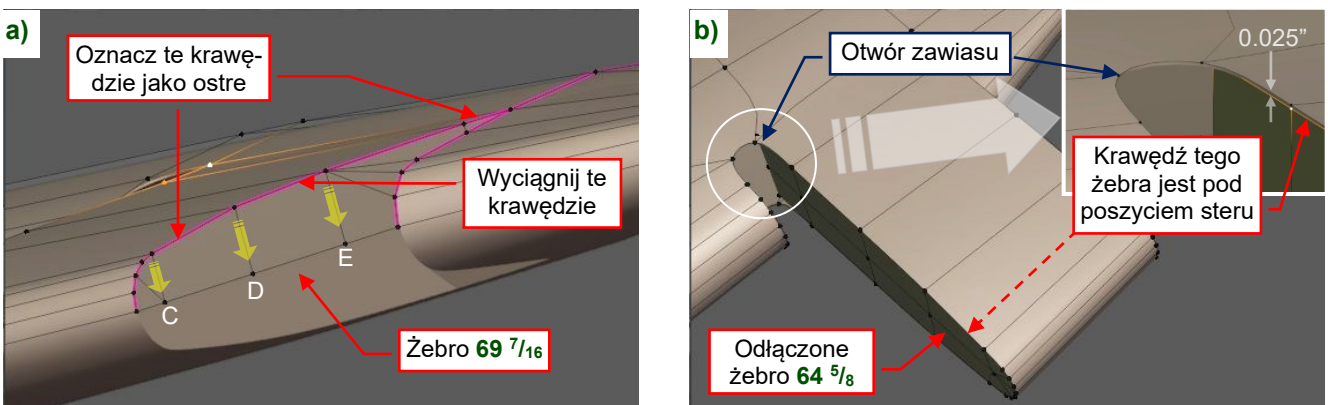


Rysunek 6.2.21b) i c) podaje wymiary żebier (tj. bez poszycia). Współrzędne zewnętrznej powierzchni uzyskasz dodając do nich grubość blach, także podanych na tych ilustracjach.

Jak widać, grubość poszycia waha się od 0.040" na krawędzi natarcia do standardowego 0.025" w środku.

Gdy górna powierzchnia tej przeciwwagi jest gotowa, zmniejsz **Crease** krawędzi **AB** do 0 (por. Rysunek 6.2.21a) i połącz ją z resztą siatki, tworząc nową ścianę.

Stwórz żebro $69 \frac{7}{16}$ (Rysunek 6.2.22a). Wyciągnij dwie krawędzie z górnej powierzchni i spłaszcz je skalując wzdłuż globalnej osi **Z** do 0. Potem umieść wierzchołki **C**, **D**, **E** na płaszczyźnie symetrii i stwórz zamykające to żebro ściany wokół **C** i **E**. Nie zapomnij, by oznaczyć jako ostry jego zewnętrzny kontur (**Crease** = 1):

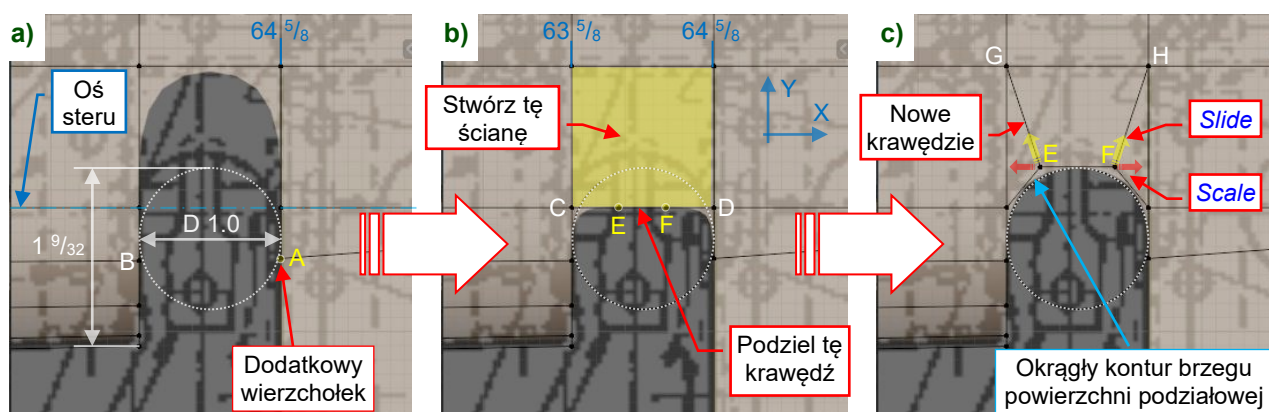


Rysunek 6.2.22 Formowanie przeciwwagi steru

W podobny sposób uformuj żebro $64 \frac{5}{8}$, ale odłącz (**Rip**) jego wierzchołki od reszty siatki. Szczegóły pokazuje Rysunek 6.2.22b), na którym ten odłączony fragment jest zielony. Naturalne kontury powierzchni podziałowej wokół otworu zawiasu są tak zbliżone do prawdziwych, że zdecydowałem się nie ryzykować ich popsucia poprzez dołączenie nowych, prostopadłych ścian. W odłączonym żebrze zmniejszyłem zewnętrzne krawędzie o grubość poszycia (0.025). Dzięki temu lepiej pasują do otaczającej je powierzchni.

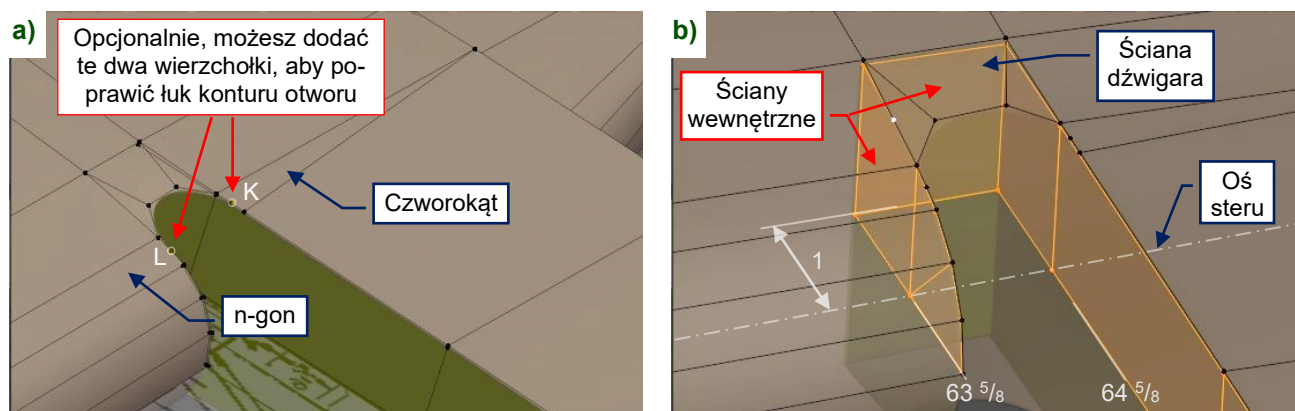
Otwór na zawias, wycięty w poszyciu, był położony bliżej osi steru niż pokazuje to Rysunek 6.2.22b). Jego wymiary podaje Rysunek 6.2.23a). Odtworzenie takiego kształtu w naszej siatce jest całkiem proste:

1. Stwórz dodatkowy wierzchołek **A** na poszyciu steru w stacji $64 \frac{5}{8}$ (Rysunek 6.2.23a). Powinien być umieszczony naprzeciw (tj. w tej samej współrzędnej **Y**) jak wierzchołek **B** ze stacji $63 \frac{5}{8}$.
2. Stwórz nową ścianę pomiędzy stacjami $63 \frac{5}{8}$ i $64 \frac{5}{8}$ (Rysunek 6.2.23b).
3. Podziel krawędź **[CD]**, tworząc dwa nowe wierzchołki: **E** i **F** (Rysunek 6.2.23b).
4. Połącz (**J**) wierzchołki **E** i **F** z **G** i **H** (Rysunek 6.2.23c).
5. Możesz szybko nadać krawędzi tego otworu półokrągły kształt umieszczając krawędź **[EF]** w odpowiednim położeniu wzdłuż osi **Y** i nadając jej właściwą długość (Rysunek 6.2.23c). Położenie wzdłuż osi **Y** zmieniaj przesuwając (**Slide**), a długość krawędzi – skalując (**Pivot: Bounding Box Center**).



Rysunek 6.2.23 Formowanie otworu na zawias steru

Opcjonalnie, możesz uzyskać jeszcze lepsze przybliżenie łuku dodając dwa nowe wierzchołki, oznaczone na Rysunek 6.2.24a) jako **L** i **K**:



Rysunek 6.2.24 Szczegóły otworu na zawias steru

Wierzchołek **K** przekształca trójkąt stworzony przez wierzchołek **A** (por. Rysunek 6.2.23a) w czworokąt. Wierzchołek **L** przekształca regularną, czworokątną ścianę krawędzi natarcia w n-gon. Na szczęście, ta ściana jest tak wąska, że wpływ dodatkowego wierzchołka na wynikową powierzchnię podziałową jest znikomy.

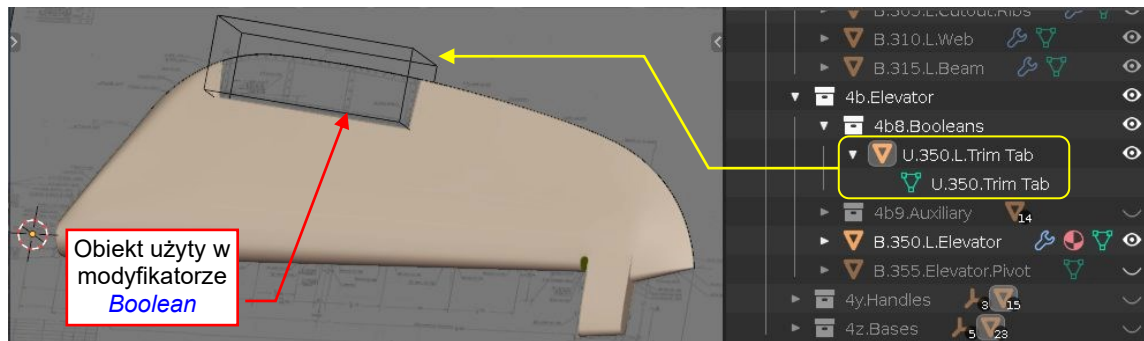
Sugeruję odtworzyć dwie ściany wewnętrzne, które zamkną przestrzeń tego otworu (Rysunek 6.2.24b):

1. Żebro krawędzi natarcia w stacji $63 \frac{5}{8}$. Stwórz je w ten sam sposób, w jaki stworzyliśmy żebro $64 \frac{5}{8}$: jako odłączoną część siatki, dopasowaną do wewnętrznej strony poszycia steru (Rysunek 6.2.22b).
2. Fragment dźwigara (Rysunek 6.2.24b). W rzeczywistości ten otwór był zamknięty od wnętrza ścianą dźwigara, stąd jej mały fragment był widoczny pomiędzy umieszczonymi z boków otworu żebami.

Jak widzisz na ilustracji powyżej, stworzyłem te trzy ściany jako jeden „kawałek” siatki, ponieważ wszystkie jego krawędzie zewnętrzne muszą być dopasowane do wewnętrznej strony poszycia steru.

Wytnij miejsce na klappę trymera:

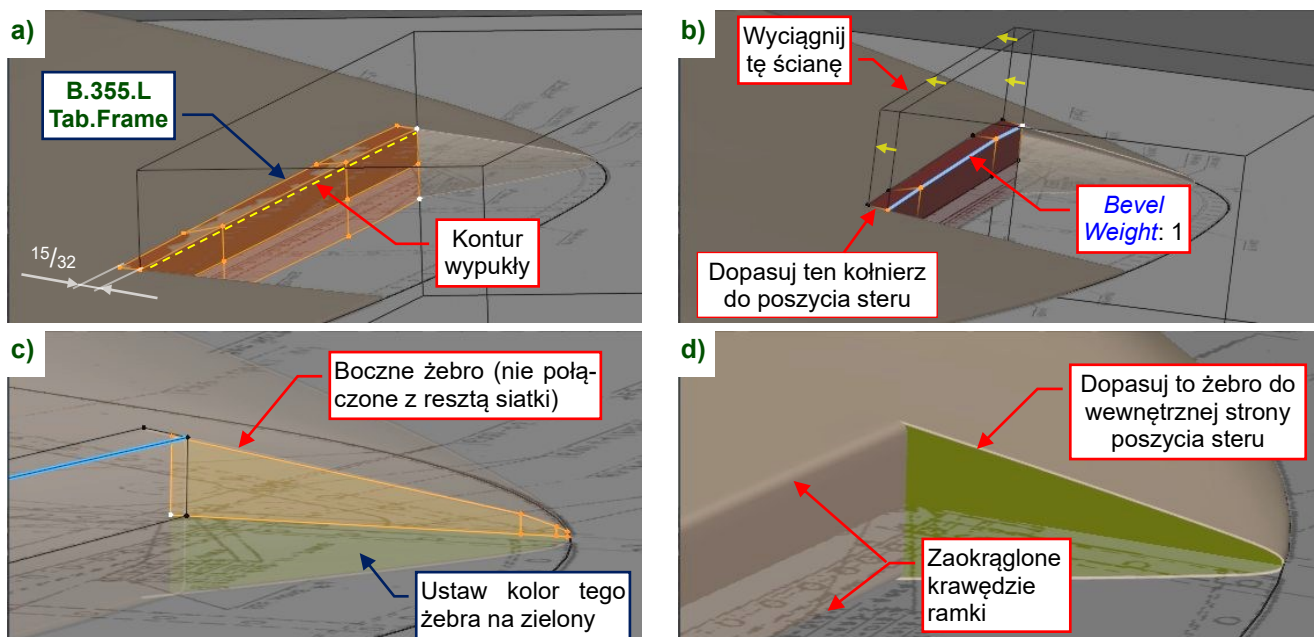
1. Stwórz pomocniczy „obiekt tnący”: nazwij go **U.350.L.Trim.Tab**, przypisz do **X.350.Elevator.Base**. Umieść ten obiekt w nowej kolekcji **4b8.Booleans**, stworzonej w kolekcji **4b.Elevator**.
2. Ustaw wysokość **U.350.L.Trim.Tab** na 6" (+/- 3", względem płaszczyzny symetrii steru). Umieść przeciwległe ściany tego „pudełka” w narożnikach podanych przez Rysunek 6.2.2 (str. 243).
3. Wskaż go jako **Object** w modyfikatorze **Boolean** (**Difference**), dodanym do obiektu **B.350.L.Elevator**:



Rysunek 6.2.25 Wycinanie miejsca (modyfikatorem **Boolean**) na klappę trymera

Teraz stwórz ramkę wokół tego otworu:

1. Skopiuj (**Duplicate**) przednią ścianę **U.350.L.Trim.Tab** i wydziel ją w nowy obiekt o nazwie **B.355.L.Tab.Frame**. Przypisz go jako potomka do **B.350.L.Elevator** i umieść w kolekcji **4b.Elevator**.
2. Dodaj do tego obiektu modyfikatory **Mirror**, **Subdivision Surface** i **Solidify** (**Thickness: 0.025**), i przekształć go w kształt pokazany przez Rysunek 6.2.26a). Dopasuj jego kołnierz do poszycia steru.
3. Wyciągnij przednią ścianę **U.350.L.Trim.Tab** o -0.45" wzdłuż globalnej osi **Y**. To powiększa wycięcie, tworząc miejsce na kołnierz ramki **B.355.L.Tab.Frame** (Rysunek 6.2.26b).
4. Zaokrąglaj krawędź kołnierza (to zaokrąglenie widać na zdjęciach). Użyj do tego modyfikatora **Bevel** (**Weight**) (**Width Type: Offset**, **Amount: 0.1**, **Segments: 5**), umieszczając go pomiędzy modyfikatorami **Mirror** i **Subdivision**. Ustaw **Bevel Weight** linii krawędzi **[AB]** na **1** (Rysunek 6.2.26b).
5. Stwórz z boków tej ramki dwie pionowe ściany (nie połączone z resztą siatki). Przekształć je w trójkątne żebra, takie, jakie pokazuje Rysunek 6.2.26c).
6. Dopasuj te żebra do wewnętrznej strony poszycia steru (Rysunek 6.2.26d).

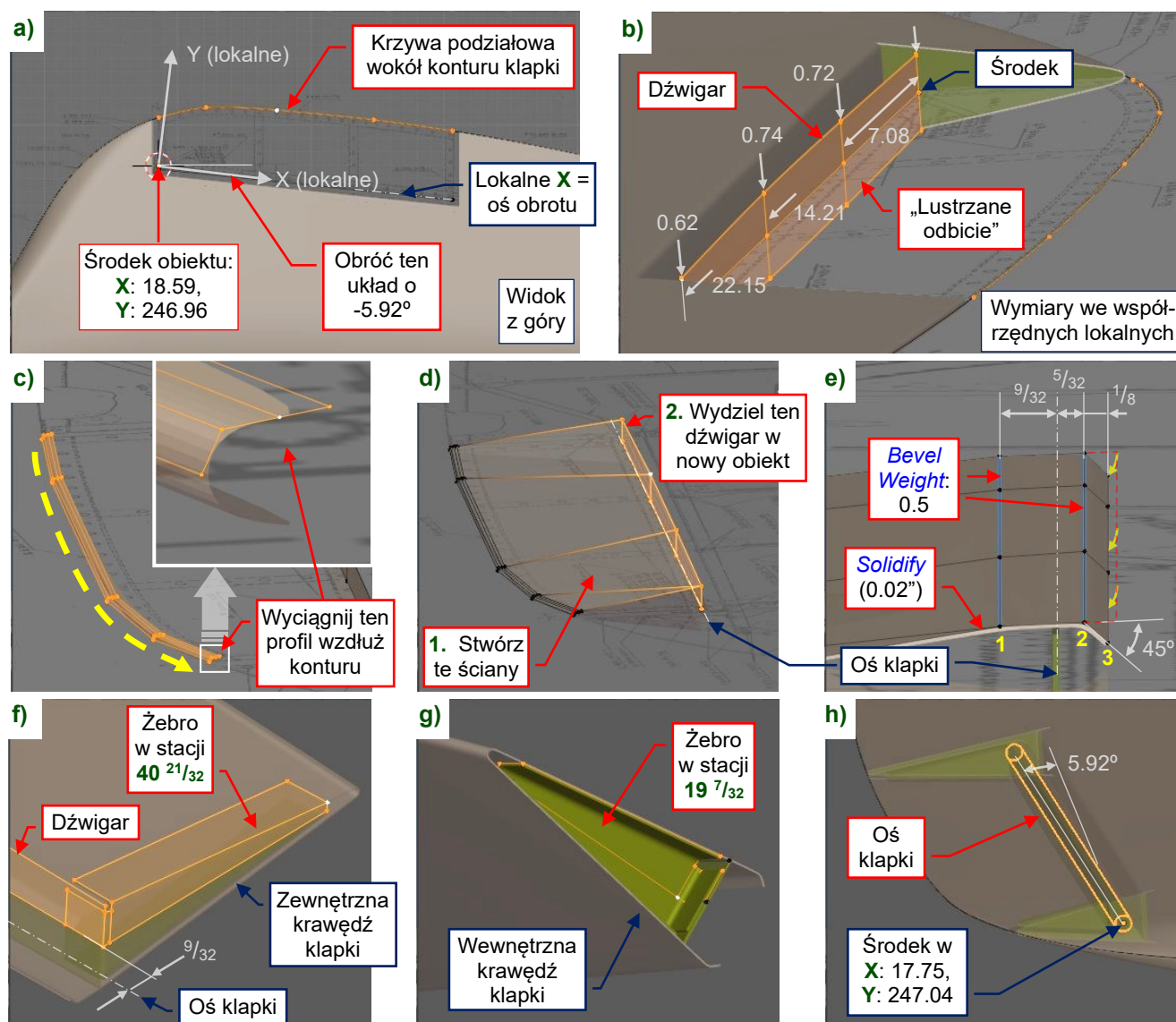


Rysunek 6.2.26 Zamykanie wycięcia klappki

Moglibyśmy stworzyć tę ramkę wycięcia na trymer z trzech oddzielnych obiektów: tylnej ściany i dwóch żeber. Jednakże, te trzy części były na tyle proste, że zdecydowałem się je uformować „w jednym kawałku”.

Stwórzmy teraz klapkę trymera: obiekt o nazwie **B.360.L.Trim.Tab** (jego wymiary pochodzą z rys. 87-12-003):

1. Zaczynij od stworzenia krzywej podziałowej wokół konturu krawędzi spływu (Rysunek 6.2.27a). Ustaw lokalny system współrzędnych tego obiektu wzdłuż osi klapki (pod kątem: -5.92°).
2. Dodaj przed modyfikatorem *Subdivison Surface* modyfikator *Mirror*, i stwórz ściany dźwigara wzdłuż osi obrotu klapki (lokalnej osi **X** – por. Rysunek 6.2.27b).
3. Wyciągnij cztery wierzchołki zaokrąglenia krawędzi spływu, umieszczając je w węzłach krzywej podziałowej z kroku 1 (Rysunek 6.2.27c).
4. Stwórz nowe ściany pomiędzy dźwigarem i krawędzią spływu, a potem wydziel dźwigar w nowy obiekt o nazwie **B.365.L.Tab.Ribs** (Rysunek 6.2.27d). Usuń *Subdivision Surface* z listy jego modyfikatorów.
5. Wstaw (*Loop Cut*) nową linię krawędzi (**1** na Rysunek 6.2.27e) i przesun ją (*Slide*) do $9/32$ ” od osi obrotu. Przesun też do przodu (z *Clamp:off*) krawędź **3** o $9/32$ ” od osi, i wstaw krawędź **2**, potem obniż **3**.
6. Ustaw *Bevel Weight* krawędzi **1** i **2** na **0.5** i dodaj modyfikatory *Bevel (Weight)* i *Solidify (0.020)*:



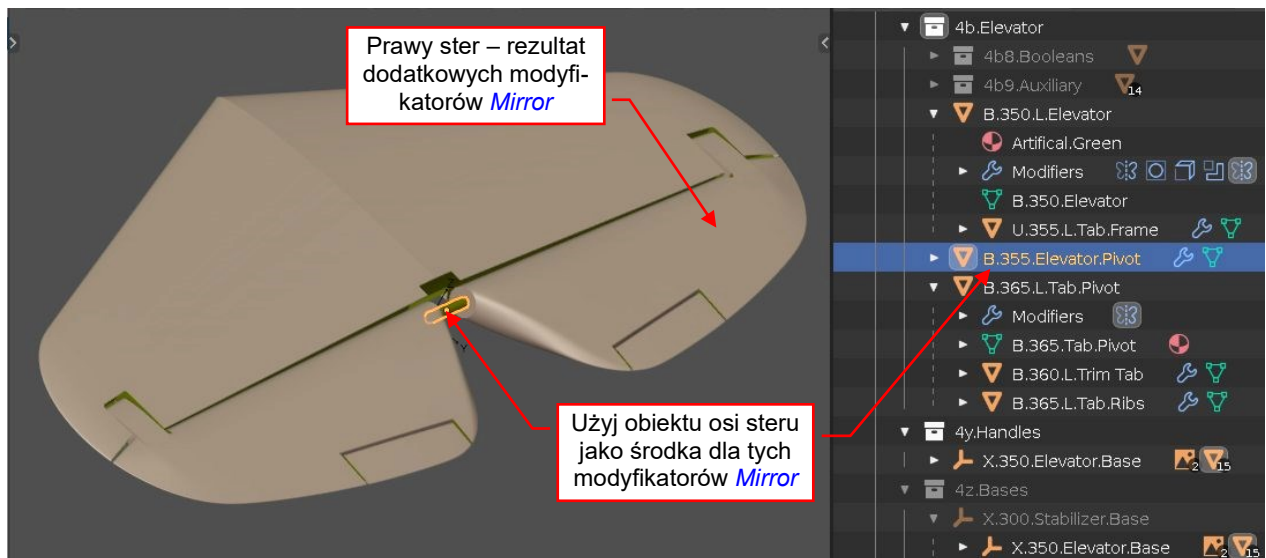
Rysunek 6.2.27 Tworzenie klapki trymera

7. Przesun obiekt **B.365.L.Tab.Ribs** wzdłuż globalnej osi **Y** o $+9/32$ ” i dopasuj go do powierzchni klapki. Dodaj modyfikatory *Bevel (Angle)* (*Amount: 0.1*) i *Solidify (Thickness: 0.030)*, a następnie stwórz zewnętrzne żebro (Rysunek 6.2.27f). Zrób to tak samo, jak tworzyliśmy żebra statecznika (str. 240).

8. Skopiuj zewnętrzne żebro, potem przesunij je wzdłuż lokalnej osi **X** do wewnętrznej krawędzi klapki i dopasuj do dźwigara i poszycia (Rysunek 6.2.27g).
9. Stwórz oś obrotu klapki. To prosty cylinder: **Radius: 0.524"**, długość: **24"**, umieszczony w (globalnych) **X: 17.75**, **Y: 247.04** i obrócony wokół osi **Z** o **-5.92°** (Rysunek 6.2.27h). Nazwij ten obiekt **B.370.L.Elevator Tab.Pivot**. Uczyń go „rodzicem” (**Parent**) obiektów **B.365.L.Tab.Ribs** i **Tab B.360.L.Trim Tab**, oraz potomkiem **X.350.Elevator.Base**. Na wszelki wypadek, gdybyś w przyszłości chciał obracać tą klapką, dołącz także (**Link**) obiekt **B.370.L** do dodatkowej kolekcji: **4y.Handles**.

Gdy klapka jest gotowa, można usunąć z siatki poszycia steru początkową krzywą, którą obrysowaliśmy jej kontur (por. str. 246, Rysunek 6.2.7a). Nie dołączyliśmy jej do innych ścian, więc jest widoczna w wycięciu klapki trymera (por. str. 255, Rysunek 6.2.25).

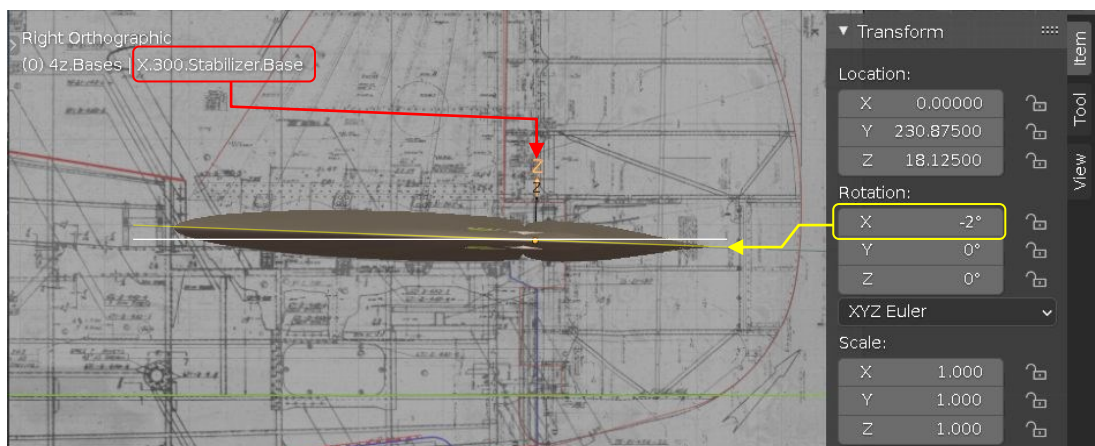
Jako ostatnią część, stwórz oś steru wysokości (gdyż była widoczna z zewnątrz). To prosty kawałek rury o promieniu **0.75"**. Przypisz go jako potomka do **X.350.Elevator.Base**. Umieść środek tego obiektu na płaszczyźnie symetrii samolotu (**X=0**). Wykorzystaj go w modyfikatorach **Mirror** do wygenerowania prawego steru wysokości. Rysunek 6.2.28 pokazuje gotowy zespół usterzenia poziomego w oknach 3D i **Outliner**:



Rysunek 6.2.28 Gotowe usterzenie poziome

Otwór na środkowy zawias steru stworzymy później, za pomocą tekstury przejrzystości. Popychacze kłapek trymera zostaną dodane w fazie uszczegóławiania modelu.

Teraz możesz obrócić bazę całego usterzenia (obiekt **X.300.Stabilizer.Base**) o kąt zaklinowania: **2°**:



Rysunek 6.2.29 Usterzenie, umieszczone w miejscu docelowym

Podsumowanie

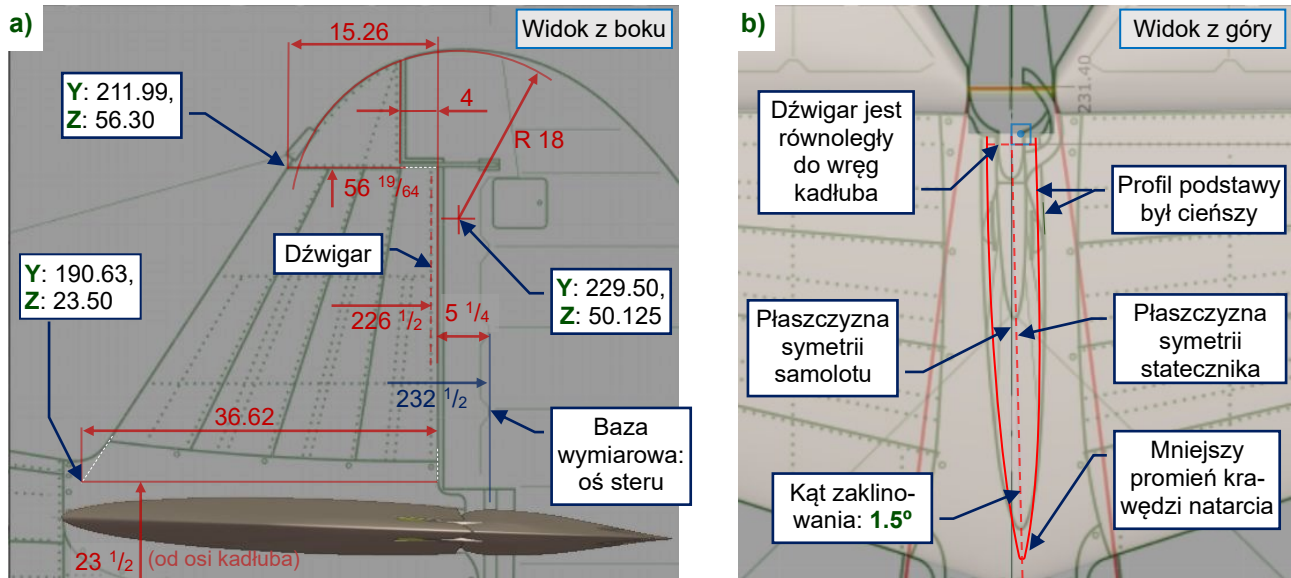
- Podczas modelowania ścian wokół podstawy steru, użyliśmy nowego trybu skoku: **Vertex** (str. 249).
- W większości planów samolotów nie znajdziesz żadnych wiarygodnych konturów profili steru. To ten sam problem, który napotkaliśmy przy modelowaniu statecznika. Na szczęście, w przypadku P-40 możemy skorzystać z oryginalnej dokumentacji (str. 244, 253).
- Do modelowania steru wysokości użyliśmy widoku z góry i pomocniczych profili odtworzonych z dokumentacji fabrycznej (str. 245). Otoczyliśmy pomocniczymi krzywymi kontury kluczowych elementów: krawędź spływu, oprofilowanie, główne żebro, dźwigar (str. 246). Ich wierzchołki dostarczyły nam informacji potrzebnej do naszkicowania koncepcji topologii tej siatki (str. 246).
- Modelowanie siatki rozpoczęliśmy od wyciągnięcia z konturu głównego żebra powierzchni podstawowego trapezoidu i krawędź natarcia steru (str. 247). W każdym z węzłów konturu krawędzi spływu wstawiliśmy w trapezoid nowe sekcje (linie krawędzi) „żeber” (str. 247). Następnie stworzyliśmy końcówkę tego steru, wyciągając jej brzegi (str. 248). Połączyliśmy krawędź spływu i „obręcz” wokół końcówki przy osi steru (str. 248). Na koniec zamknęliśmy tę siatkę środkowymi ścianami (str. 249).
- Gdy końcówka była gotowa, zaczęliśmy zamykać podstawę steru poprzez wyciągnięcie nowej ściany wzdłuż jego dźwigara (str. 249). Potem stworzyliśmy dalsze ściany, aż do „dźwigara” oprofilowania (str. 250). Zaczęliśmy modelować to oprofilowanie podobną metodą, co końcówkę: wyciągając ostatnie cztery wierzchołki krawędzi spływu wzdłuż jej konturu. Potem dodaliśmy ściany środkowe (str. 251, 252). W ostatnim kroku wstawiliśmy nowe linie krawędzi w stożkową część oprofilowania i zamknęliśmy przestrzeń pomiędzy tymi dwoma częściami siatki za pomocą nowych ścian (str. 252).
- Przeciwwaga steru ma stosunkowo prosty kształt, uzyskany z pokrycia dwóch sąsiednich żebier płaskim, rozwijalnym poszyciem (str. 253). Zdecydowałem się wymodelować „w siatce” otwór na zawias z jej prawej strony, bo ten otwór upraszcza topologię: możesz użyć w tym miejscu „odciętego” żebra (str. 254).
- W prostszych modelach klapki trymera są zaledwie „sygnalizowane” za pomocą rowka (linii) tekstury nierówności. W tym modelu zdecydowałem się odtworzyć je ze szczegółami. Wykonaliśmy je podobnie do lotek w skrzydle. Użyliśmy modyfikatora **Boolean** do wycięcia otworu na klapkę, a potem zamknęliśmy jego krawędzie dodatkowym obiektem „ramki” (str. 255). Sama klapka składa się z obiektów: poszycia i dźwigara/żebra (str. 256). Są one „przypisane” do obiektu osi, dzięki czemu w przyszłości będziemy mogli łatwo animować ich ewentualne obroty.
- Pogrupowaliśmy części tego steru w nowe kolekcje (str. 244, 255, 257). Dodaliśmy także bazę (nowy obiekt **Empty**) tego podzespołu: **X.350.Elevator.Base**. Jest ona bezpośrednim potomkiem obiektu **X.300.Stabilizer.Base**.



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: <model\p40\history\P40B-10.02.blend>.

6.3 Statecznik pionowy

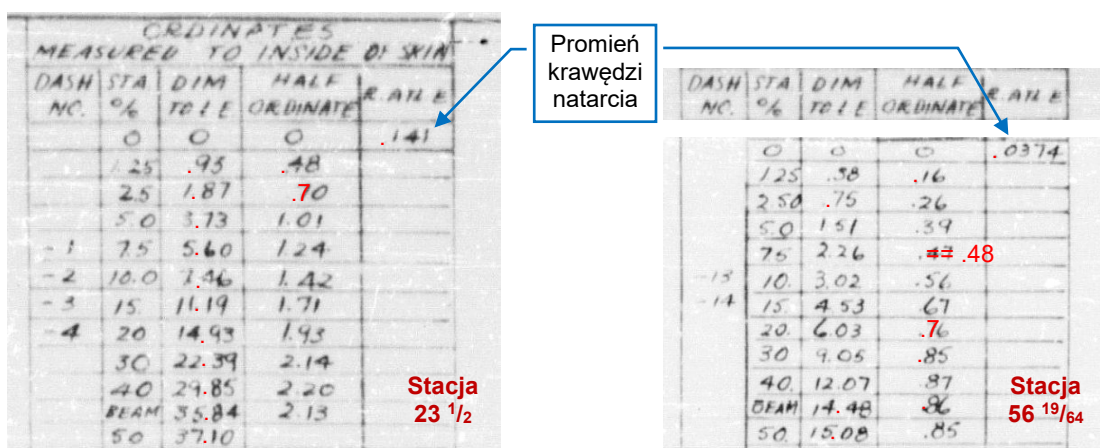
P-40 i P-36 miały identyczny statecznik pionowy. Był przymocowany 8 śrubami do grzbietu statecznika poziomego (por. str. 235, Rysunek 6.1.1a). Podobnie jak statecznik poziomy, to trapezoid zakończony łukiem. Bazą wymiarową tego zespołu jest oś steru kierunku (**232.5"** od przegrody silnika) i dźwigar (**226.5"** od przegrody). Aby uniknąć ewentualnych błędów w odtwarzaniu geometrii statecznika, Rysunek 6.3.1a) podaje nie tylko wymiary, ale także współrzędne (**Y, Z**) jego trzech kluczowych punktów:



Rysunek 6.3.1 Geometria statecznika pionowego

Statecznik był odchylony od płaszczyzny symetrii samolotu o 1.5° (Rysunek 6.3.1b), aby kompensować wpływ wirującego śmigła¹. Jednak dźwigar, zamykający statecznik od tyłu, był prostopadły do tej płaszczyzny symetrii (Rysunek 6.3.1b) – aby pasować do płaszczyzn wręg kadłuba.

Tak, jak w poprzednich przypadkach, na planach nie znajdziesz informacji o profilu tego statecznika. Jego kontury na rysunku Jumpei Temmy są zbyt grube (Rysunek 6.3.1b). Jedynym wiarygodnym źródłem jest dokumentacja techniczna². Rysunek 6.3.2 pokazuje jej fragmenty dotyczące profili na stacjach **23 ¹/₂** i **56 ¹⁹/₆₄**:



Rysunek 6.3.2 Współrzędne profili statecznika

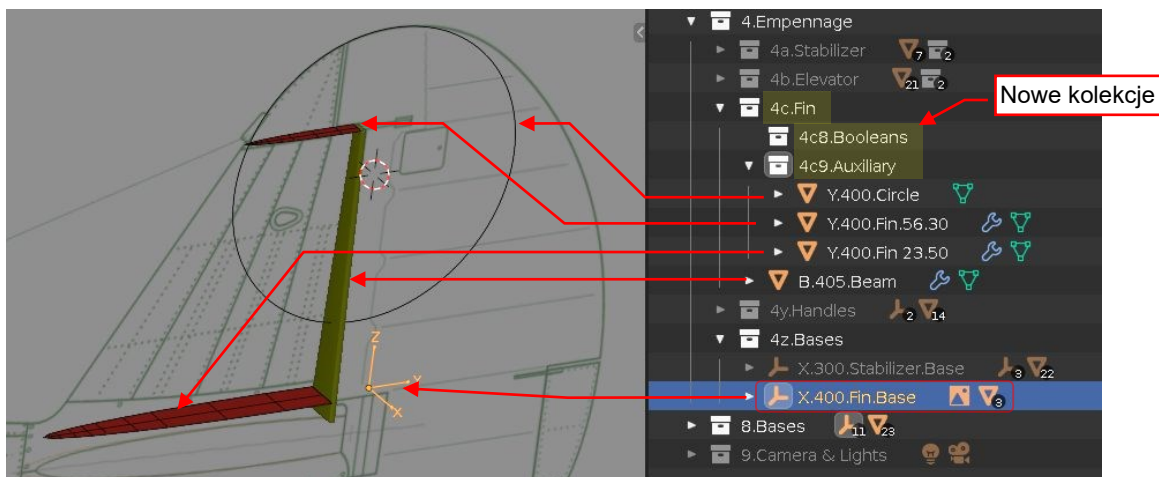
Zwróć uwagę, że promień krawędzi natarcia (ostatnia kolumna: „R. AT L.E.”) był jeszcze mniejszy niż w stateczniku poziomym: 0.141" u podstawy i 0.0374" przy końcówce. Zwiększ te wartości o grubość blachy (0.032").

¹ Jednak to nie wystarczało! W USAAC twierdzono, że „doświadczonego pilota P-40 rozpoznasz po muskularnej prawej nodze”.

² Rysunki: [75-12-011](#) i [84328](#).

Stwórz ten statecznik pionowy w taki sam sposób, w jaki stworzyliśmy statecznik poziomy (Rysunek 6.3.3):

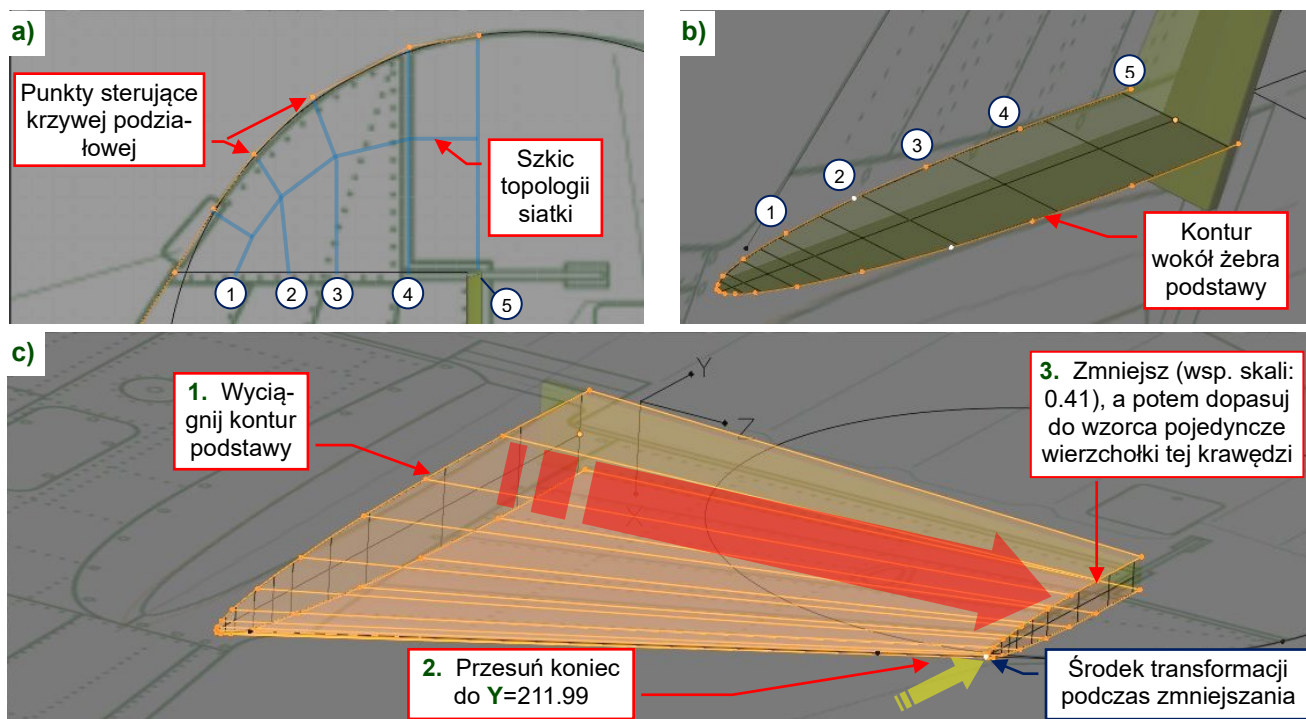
1. Stwórz nowe kolekcje (**4c.Fin**, i tak dalej).
2. Stwórz bazę statecznika (obiekt **Empty**) o nazwie **X.400.Fin.Base**, na osi steru kierunku. Jego współrzędna **Z** jest bez znaczenia. Ja umieściłem go na poziomie pierwszego żebra statecznika (**Z = 23.5**). Przypisz tę bazę jako obiekt potomny do obiektu **X.000.Base**.
3. Stwórz pomocnicze wzorce: dwa żebra i okrąg wokół łuku końcówki. Przypisz je jako obiekty potomne do **X.400.Fin.Base**:



Rysunek 6.3.3 Dźwigar i wzorcowe żebra statecznika

W tym przypadku dźwigar jest elementem widocznym (to tylna ściana statecznika), więc umieściłem go w głównej kolekcji tego podzespołu (**4c.Fin**) zamiast w **4c9.Auxiliary**. Nie zapomnij pogrubić konturów tych żeber o grubość poszycia (**0.032"**), tak jak to zrobiliśmy na str. 236.

Użyj wzorcowego okręgu do uformowania początkowego konturu bocznego tej siatki (nazwij ją **B.400.Fin**). Stworzyłem ten łuk z 5 krawędzi (Rysunek 6.3.4a), więc użyłem tej samej liczby wierzchołków (+ dodatkowych 5 wierzchołków krawędzi natarcia) do uformowania konturu żebra bazowego (Rysunek 6.3.4b):

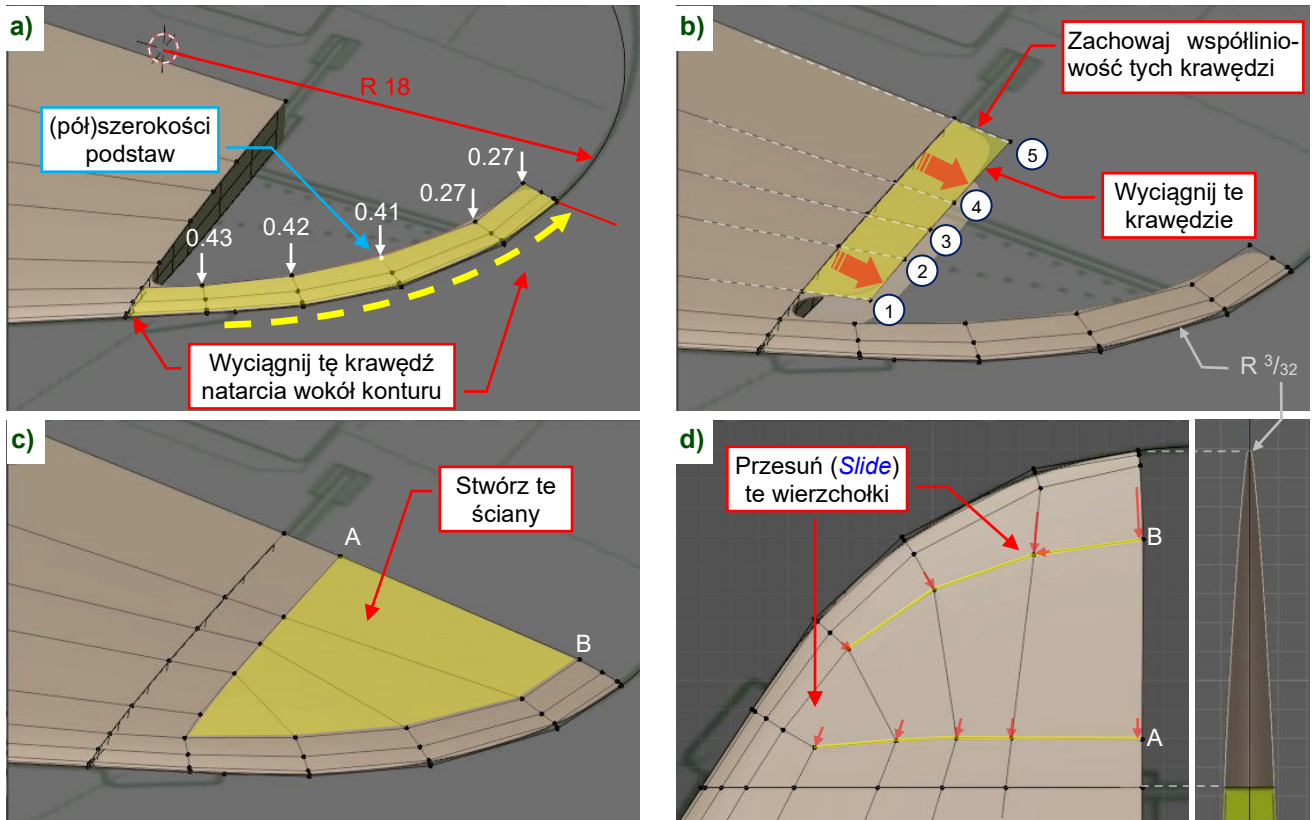


Rysunek 6.3.4 Formowanie krzywych konturu i głównego segmentu statecznika

Następnie wyciągnij ten kontur, tworząc podstawowy trapezoid statecznika (Rysunek 6.3.4c).

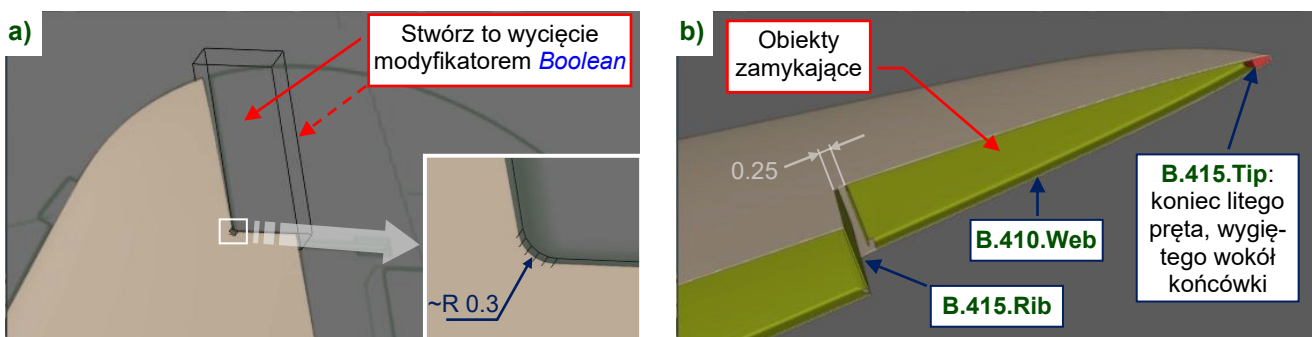
Teraz uformujmy końcówkę statecznika:

1. Wyciągnij pięć wierzchołków krawędzi natarcia wokół konturu końcówki. Dostosuj wysokość ich baz tak, jak podaje to Rysunek 6.3.5a). Wzdłuż krawędzi zachowaj stały promień zaokrąglenia noska (**0.09"**).
2. Wyciągnij pięć dalszych wierzchołków w wewnętrzny obszar końcówki (Rysunek 6.3.5b). Zachowaj współliniowość ich krawędzi **2, 3, 4, 5** z odpowiednimi krawędziami głównego segmentu statecznika.
3. Stwórz nowe ściany, aby „domknąć” siatkę końcówki (Rysunek 6.3.5c).
4. Przesuń (*Slide*) krawędzie końcówki, upodabiając jej kształt do pokazanego przez Rysunek 6.3.5d).



Rysunek 6.3.5 Formowanie końcówki statecznika

Ster kierunku P-40 był wyważony masowa i aerodynamicznie. Jego przeciwwaga znajdowała się w górnej części, wysuniętej przed oś obrotu. Sugeruję wyciąć na nią miejsce w końcówce statecznika w taki sam sposób, jak w stateczniku poziomym: modyfikatorem *Boolean* (Rysunek 6.3.6a):



Rysunek 6.3.6 Tworzenie wycięcia w końcówce

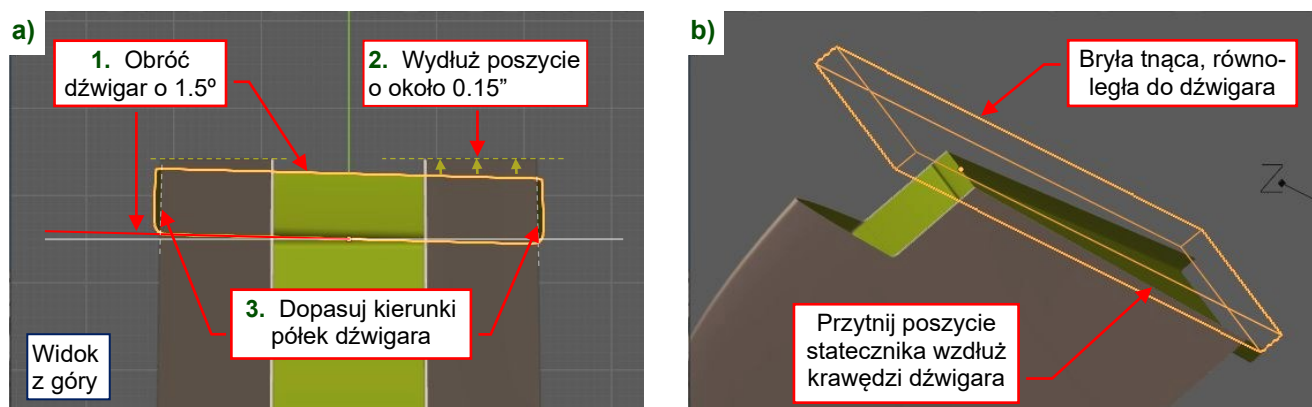
Panel poszycia miał zaokrąglenie we wklęsłym narożniku tego wycięcia. Jest ono zaznaczone na rysunku złożeniowym i na zdjęciach. Szacuję jego promień na około **0.3"**.

Rysunek 6.3.6b) pokazuje obiekty zamykające to wycięcie. Stworzyłem je tak samo, jak żebra zamykające statecznik poziomy (por. str. 240). Zwróć uwagę, że podstawa dźwigara (**B.410.Web**) znajduje się 0.25" ponad

żebrem $56 \frac{19}{64}$. Pozostawiam to miejsce na okucie zawiasu steru, które dodamy podczas uszczegóławiania tego modelu. To okucie było wykonane z duraluminiowej płytki o grubości 0.25".

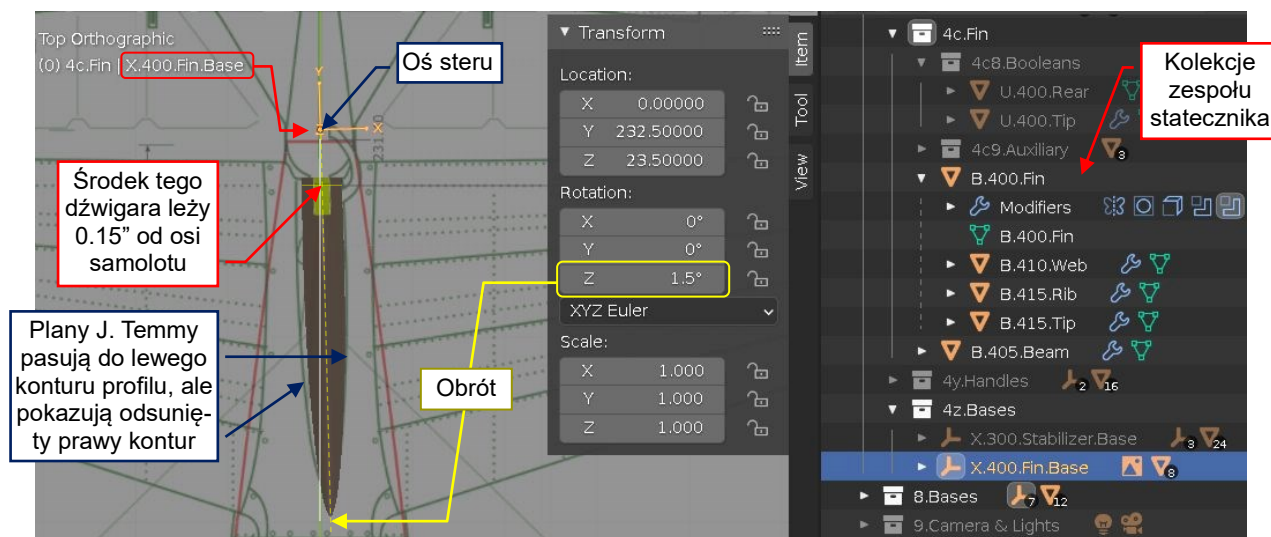
Końcowym krokiem w formowaniu tego statecznika jest obrócenie jego dźwigara o 1.5° (por. Rysunek 6.3.1b):

1. Obróć dźwigar (**B.410.Beam**) wokół środka jego tylnej ściany o 1.5° (Rysunek 6.3.7a).
2. Wydłuż siatkę statecznika (**B.400.Fin**) o około 0.15" wzdłuż globalnej osi **Y** (Rysunek 6.3.7a). To przygotowanie do przycięcia poszycia wzdłuż przesuniętych krawędzi dźwigara.
3. „Utrwal” (**Apply**) modyfikator **Mirror** obiektu **B.410.Beam** i dopasuj pochylenie jego półek. Ustaw je równoległe do poszycia statecznika (Rysunek 6.3.7a), co czyni siatkę dźwigara asymetryczną.
4. Stwórz nowy obiekt tnący – równoległy do dźwigara prostopadłością (obrócony wokół globalnej osi **Z** o 1.5°). Nazwij go **U.400.Rear** i użyj w kolejnym modyfikatorze **Boolean** statecznika¹ (**B.400.Fin**) do przycięcia jego powierzchni tuż za tylnymi krawędziami półek dźwigara (Rysunek 6.3.7b):



Rysunek 6.3.7 Ustawianie dźwigara pod kątem do płaszczyzny symetrii statecznika

Teraz możesz ustawić statecznik pod kątem 1.5° do osi samolotu. Obróć o ten kąt bazowy obiekt tego podzespołu (**X.400.Fin.Base**). Umieściłem go w bazie wymiarowej statecznika: osi steru kierunku (Rysunek 6.3.8):



Rysunek 6.3.8 Gotowy podzespół, zaklinowany pod kątem 1.5°

Gdy obrócisz ten statecznik wokół takiego środka, ścianka dźwigara stanie się prostopadła do osi samolotu. Jego środek będzie jednak odsunięty o $0.15"$ od tej płaszczyzny symetrii. Początkowo sądziłem, że statecznik był obrócony wokół osi symetrii dźwigara (to założenie pokazuje Rysunek 6.3.1b). Gdy jednak przestudiowałem

¹ Początkowo, starałem się dodać tę bryłę tnącą do siatki wycięcia (Rysunek 6.3.6a). Jednak Blender nie potrafił wykonać w jednym kroku takich dwóch „cięć”. Rozwiązaniem było użycie każdej z tych brył w oddzielnym modyfikatorze **Boolean**.

szczegóły rysunków fabrycznych, odkryłem, że osią obrotu była linia zawiasów steru kierunku. To wyjaśnia większą szerokość statecznika na planach Jumpei Temmy. Przypuszczam, że ich autor odwzorował obrys lewej strony profilu podstawy z położenia gniazd jej śrub. Potem założył (tak jak ja, na początku tej sekcji), że płaszczyzny symetrii statecznika pionowego i samolotu przecinają się wzdłuż jego dźwigara. W rezultacie uzyskał profil podstawy szerszy (grubszy) o około 0.3" (2x 0.15"). To niedużo, ale na tak cienkim profilu nawet taka różnica jest już całkiem dobrze widoczna.

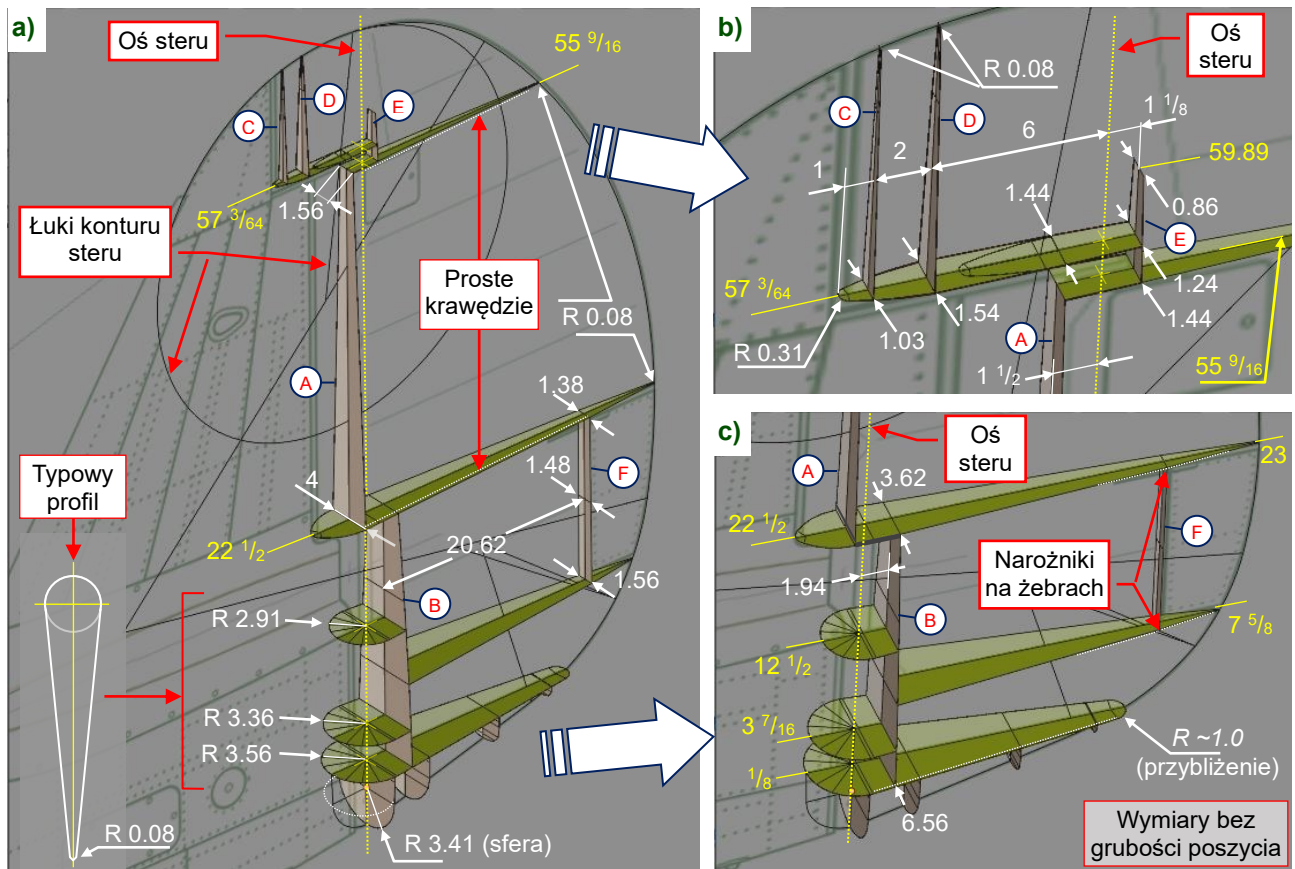
Podsumowanie

- Statecznik pionowy stworzyliśmy w ten sam sposób, co statecznik poziomy w sekcji 6.1.
- Jedyną różnicą był obrócony dźwigar (str. 259). Użyliśmy dodatkowego modyfikatora *Boolean* aby asymetrycznie przyciąć krawędzie statecznika wzdłuż pólek tego dźwigara (str. 262).
- Bądź ostrożny w identyfikacji bazy wymiarowej modelowanego podzespołu. To szczególnie ważne w przypadku części odchylonych pod jakimś kątem, jak skrzydła czy stateczniki. Błędne założenia co do środka takiej transformacji mogą prowadzić do błędnego kształtu modelu (str. 262).



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: *model\p40\history\P40B-10.03.blend*.

W związku ze złożonym kształtem tego steru, musiałem stworzyć wiele wzorcowych żeber i dźwigarów. Stworzyłem je w oparciu o oryginalne rysunki fabryczne¹. Rysunek 6.4.2 podaje ich wymiary, więc możesz stworzyć podobny szkielet w swoim modelu:



Rysunek 6.4.2 Pomocnicze obiekty wzorcowe dla steru kierunku

Na ilustracji powyżej oznaczam stacje żeber na żółto, a dźwigary – literami w kółkach. Przekroje steru kierunku są dużo prostsze niż steru wysokości: to trójkąty z zaokrągloną krawędzią natarcia i spływu. Do stacji 22 1/2 krawędź natarcia ma przekrój kołowy. Środki tych okręgów leżą na osi steru (Rysunek 6.4.2a). Powyżej stacji 22 1/2 krawędź natarcia jest wysunięta do przodu, tworząc obszar kompensacji aerodynamicznej. Przekroje trójkątne zaczynają się za dźwigarem A, położonym 1.5" przed osią obrotu steru. Geometrię profilu krawędzi natarcia pokazuje Rysunek 6.4.3. Zwróć także uwagę na podane przez Rysunek 6.4.2a) szerokości dźwigara A w stacjach 22 1/2 i 55 9/16. To szerokość górnej części steru.

Rysunek 6.4.2b) pokazuje szczegóły geometrii wysuniętej z końcówki steru przeciwwagi. Przygotowałem tu przednią część żebra 57 3/64, tylną część żebra 55 9/16, i trzy małe, trójkątne dźwigary oznaczone literami C, D, E. Na tej ilustracji podaję wymiary obydwu tych częściowych żeber, przez co pojawiła się na niej „chmura” białych strzałek. Wybierz spośród nich te, których potrzebujesz.

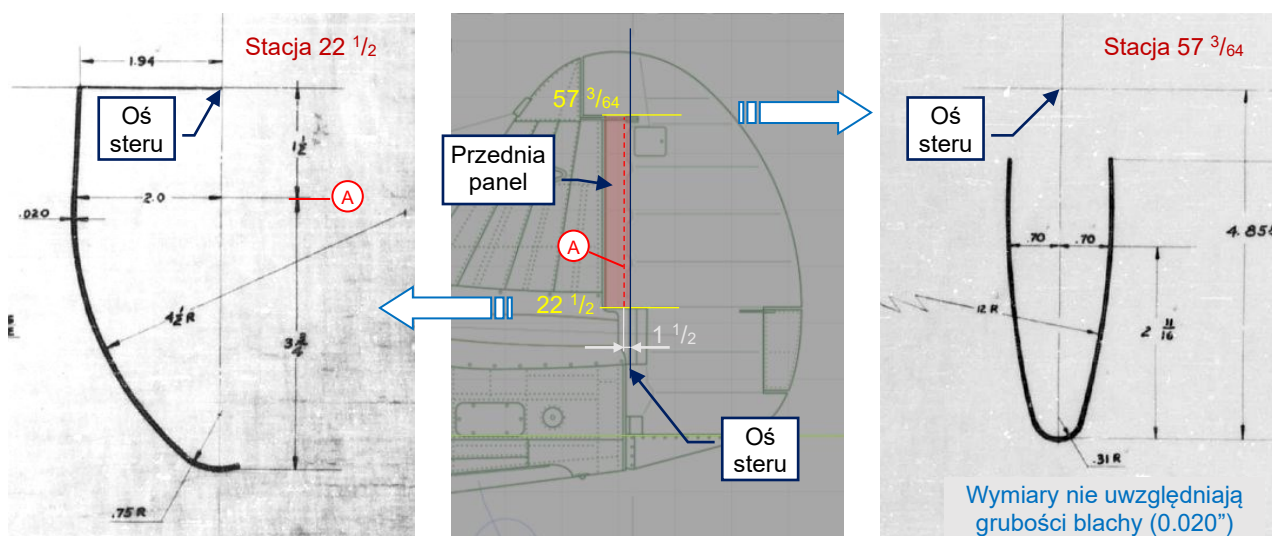
Rysunek 6.4.2c) to z kolei szczegóły obszaru poniżej stacji 23: jest tutaj szeroki dźwigar B, położony 2" za osią obrotu i mały dźwigar F, z przodu wycięcia na klapkę trymera. Szerokości dźwigara B można określić, wyznaczając przecięcie jego płaszczyzny z trójkątnymi sekcjami żeber. Zależą one od promienia okręgu krawędzi natarcia i długości poszczególnych cięciw. Dźwigar F jest trapezem, jego wymiary podaje Rysunek 6.4.2a).



Użyj wymiarów podanych przez Rysunek 6.4.1 i Rysunek 6.4.2 jako dodatku do rysunków Jumpei Temmy. Żadne plany modelarskie nie podają takich szczegółów, istotnych w budowie modelu 3D.

¹ Rysunki z grup: [75-14-*](#) i [87-14-*](#). O dziwo, w [aircorpslibrary.com](#) element [75-14-015](#) można znaleźć na rysunku [75-31-016](#).

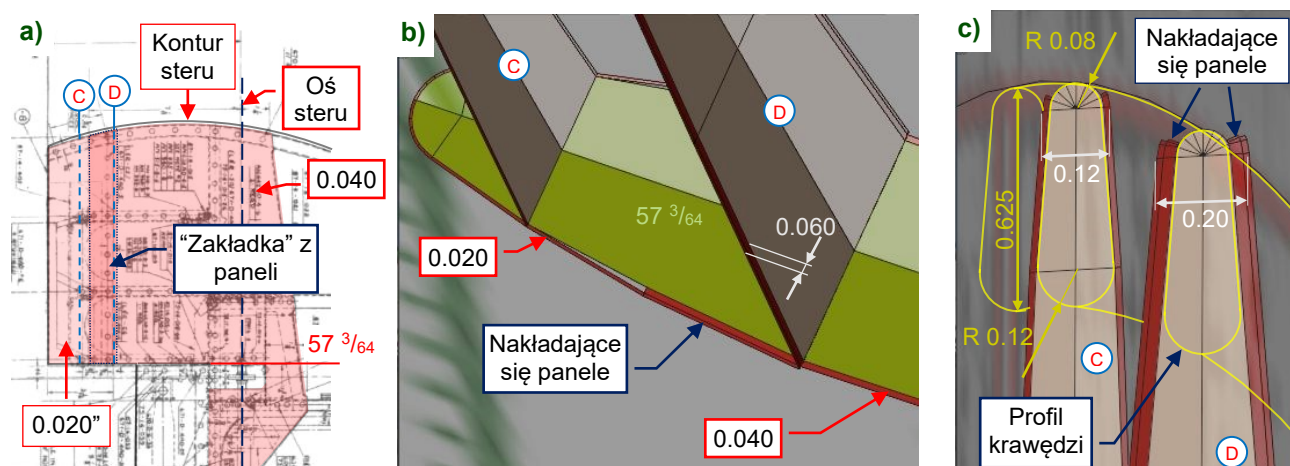
Rysunek 6.4.3 przedstawia fragmenty oryginalnych rysunków profili krawędzi natarcia¹: panelu, który pokrywa przednią część steru od stacji $22 \frac{1}{2}$ do stacji $57 \frac{3}{64}$:



Rysunek 6.4.3 Przekroje krawędzi natarcia steru

Jak widać, te profile są opisane za pomocą miejsca o największej szerokości i dwóch stycznych łuków. Na tej podstawie można łatwo określić środek łuku noska: odejmując jego promień od całkowitej długości konturu (podanej na każdym z rysunków). Środek większego łuku nie jest podany, ponieważ masz go dopasować do punktu o największej szerokości i mniejszego łuku. Na wycinku z profilem stacji $22 \frac{1}{2}$ można odczytać, że grubość blachy poszycia wynosiła $0.020''$. To typowa grubość dla większości elementów tego steru. Nie zapomnij skorygować wymiary podawane przez Rysunek 6.4.3 o tę wartość, jak to robiliśmy poprzednio (por. str. 236).

Zazwyczaj poprawki „o grubość blachy” nie są znaczące. Wygląda to jednak inaczej na końcówce tego steru. Na rysunku złożeniowym² można zauważyć dwa częściowo nakładające się na siebie panele (na wysuniętej przeciwwadze – por. Rysunek 6.4.4a). Ich grubość to: $0.020''$ i $0.040''$, co przy dźwigarze **D** daje sumaryczne $0.06''$ (Rysunek 6.4.4b). Na rysunkach widać, że te panele były przycięte wzdłuż krawędzi steru. To oznacza, że zwiększyły szerokość końcówki steru przy dźwigarze **D** z $0.08''$ do $0.08 + 2 \times 0.06 = 0.20''$ (Rysunek 6.4.4c):



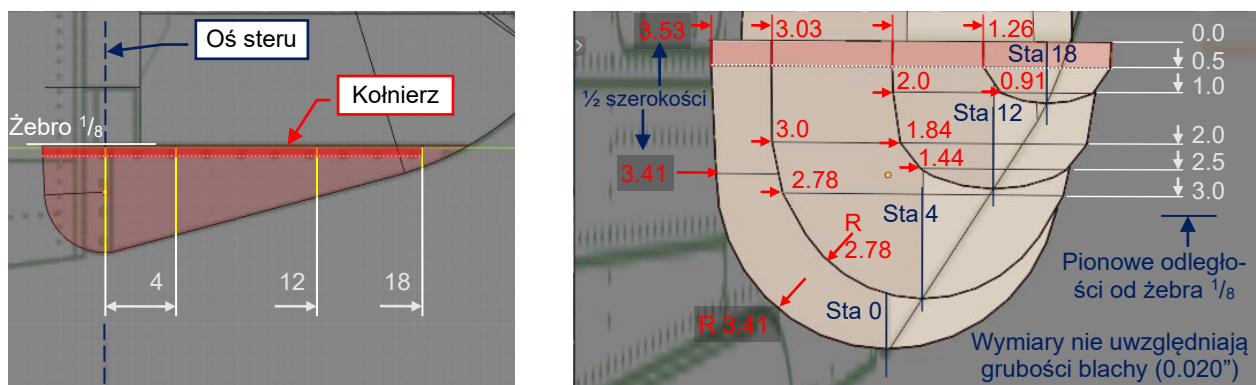
Rysunek 6.4.4 Szczegóły poszycia końcówki

Te wszystkie szczegóły były pokryte płótnem, i różnica ich szerokości jest zbyt mała by dostrzec ją na jakimś szczegółowym zdjęciu. Oczywiście, obejrzałem wiele ujęć steru kierunku P-40 z różnych „obchodów”, ale żadne z nich ani nie potwierdziło, ani nie zaprzeczyło takiej interpretacji.

¹ Rysunek [87-14-027](#).

² Rysunki: [87-14-909](#), [75-14-001](#), [87-14-021](#).

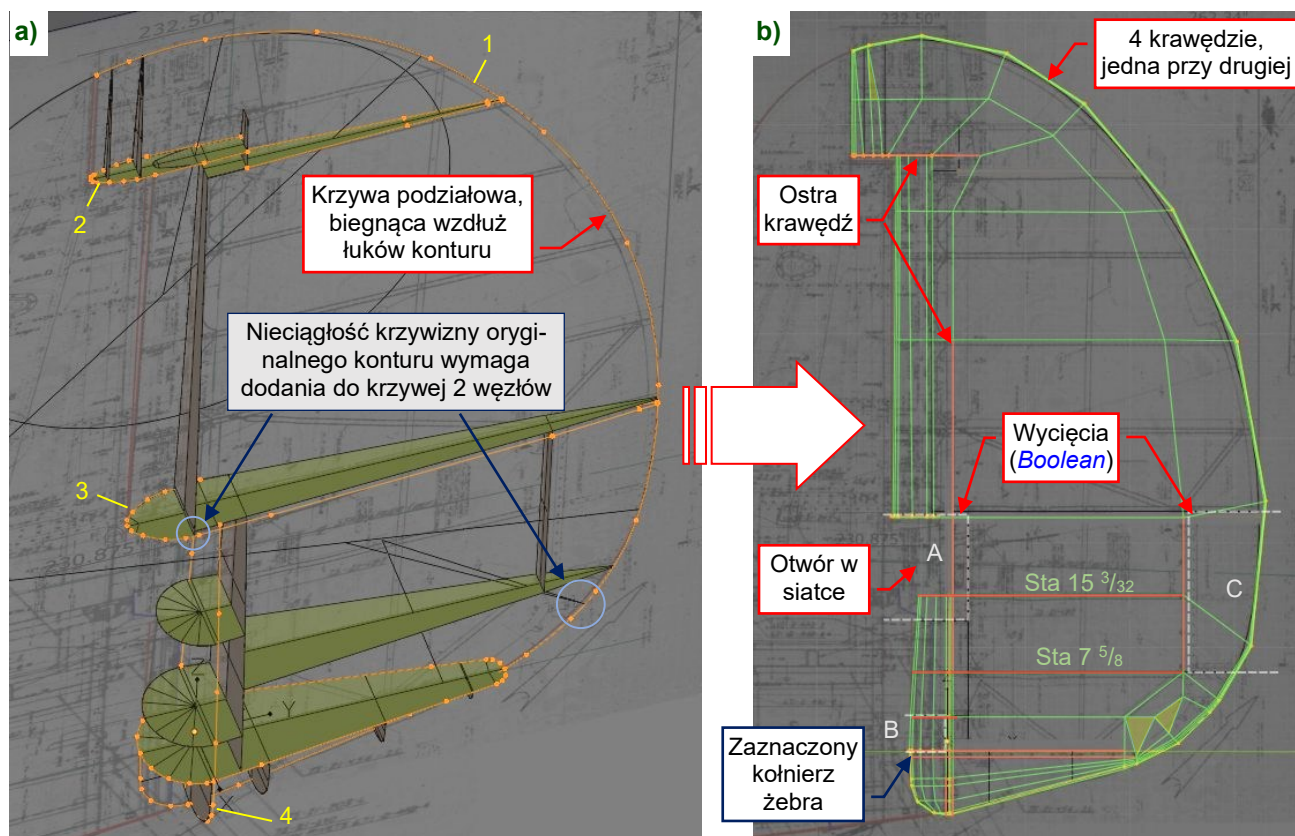
Opcjonalnie, możesz także dodać trzy dodatkowe wzorcowe „wřęgi” oprofilowania steru (Rysunek 6.4.5). Pomogą nam w formowaniu jego dolnej części:



Rysunek 6.4.5 Geometria oprofilowania steru kierunku

Wymiary na ilustracji powyżej pochodzą z rys. [75-14-034](#)¹. Zwróć uwagę na półcalowy pionowy kołnierz biegnący wokół tego opprofilowania, aż do stacji (opprofilowania) **18**. Odpowiada mu kołnierz żebra steru ze stacji $\frac{1}{8}$.

Zacznij formowanie siatki steru (obiekt: **B.450.Rudder**) od obrysowania jej kluczowych konturów krzywymi podziałowymi (Rysunek 6.4.6a). Użyłem ich wierzchołków do szkicu planowanej topologii (Rysunek 6.4.6b):



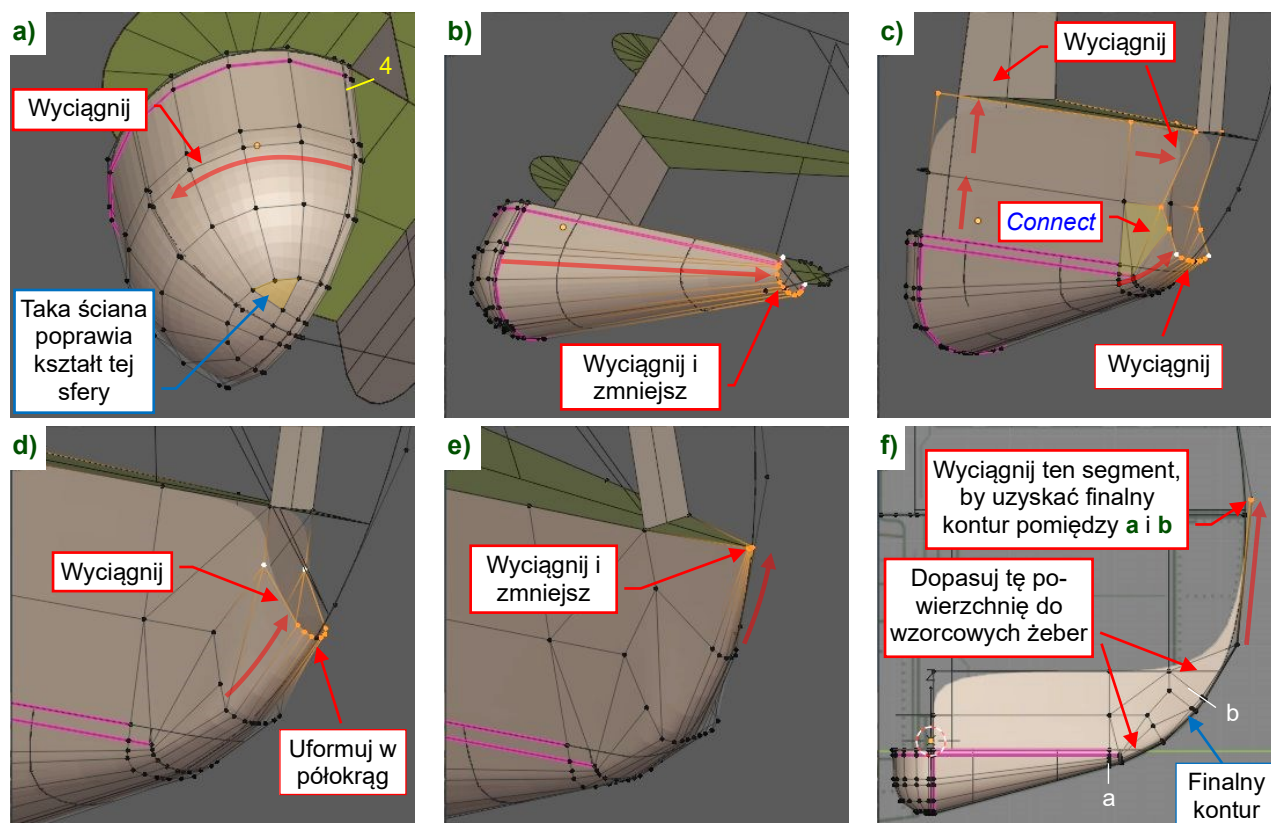
Rysunek 6.4.6 Kluczowe kontury i szkic topologii siatki

Szkic pokazany przez Rysunek 6.4.6b) wykonałem w Inkscape. Jak widać, zamierzam pozostawić w krawędzi natarcia otwór **A**. Nie ma powodów, by łączyć jej górną i dolną część, skoro ich przekroje bardzo się różnią, a ja i tak zamierzam powiększyć ten otwór modyfikatorem **Boolean** (białe linie kreskowe). Oznaczyłem także na tym szkicu planowane ostre krawędzie (**Crease** = 1). Ewentualne ściany trójkątne są w kolorze żółtym.

¹ Miałem problem z promieniami zaokrągleń z 75-14-034: nie pasują do innych wymiarów. W dodatku narysowane w nim kontury nie odpowiadają naniesionym na nie wymiarom. W P-40D ta geometria została odrobinkę zmieniona: opisuje ją rys. 87-14-533.

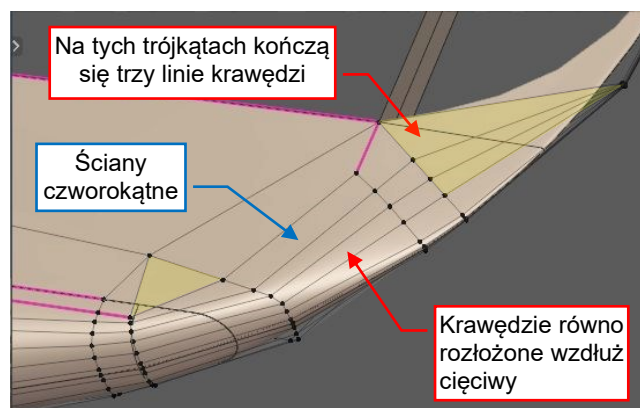
Co prawda, moglibyśmy uformować „w siatce” od razu ostateczny otwór **A** (Rysunek 6.4.6b) zamiast tworzyć w niej najpierw mniejszy otwór pomiędzy żebami $22 \frac{1}{2}$ i $15 \frac{3}{32}$, a potem rozszerzać go modyfikatorem. Jednak wymagałoby to w siatce dodatkowej krawędzi („podłużnicy”), która powinna potem zaniknąć gdzieś pomiędzy końcówką a żebem $12 \frac{1}{2}$. Oczywiście, to byłoby do zrobienia. Skoro już jednak użyjemy modyfikatora *Boolean* do wycięcia otworów **B** i **C**, to nie ma powodu, dla którego otwór **A** miałby być traktowany inaczej.

Zacznijmy od oprofilowania steru kierunku. Wyciągnij i obróć dolną część początkowego konturu **4** (por. Rysunek 6.4.6a), tworząc przednią ćwiartkę sfery, a potem wyciągnij ją wzdłuż konturu (Rysunek 6.4.7):

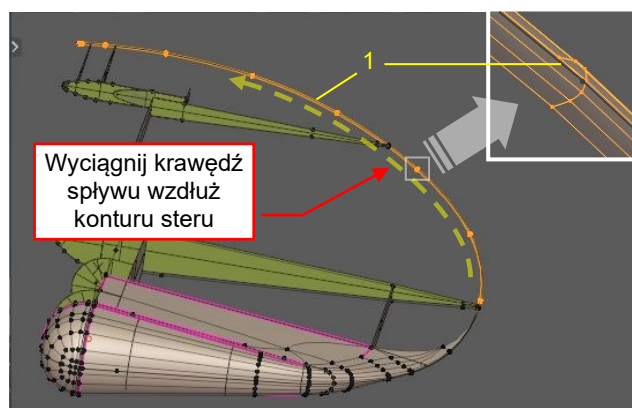


Rysunek 6.4.7 Formowanie oprofilowania steru

Rysunek 6.4.7f) pokazuje siatkę uformowaną zgodnie z zaplanowaną topologią (por. jej krawędzie i Rysunek 6.4.6b). Jednak nie podoba mi się profil z góry generowanej przez nią powierzchni wynikowej. Dlatego zmieniłem topologię tych ścian, zastępując umieszczone na silnie wygiętych ścianach wierzchołki o trzech krawędziach trójkątami na płaskich obszarach tej siatki (Rysunek 6.4.8):



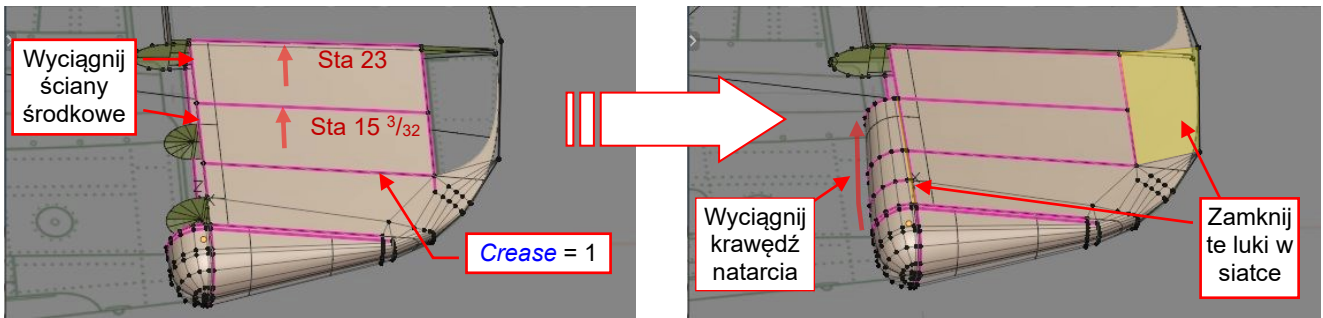
Rysunek 6.4.8 Zmian w topologii krawędzi spływu



Rysunek 6.4.9 Wyciągnięcie krawędzi spływu

Gdy oprofilowanie jest gotowe, wyciągnij z jego końcówki krawędzi spływu cztery małe krawędzie i poprowadź je wzdłuż konturu steru (Rysunek 6.4.9). Umieść każdą z jej sekcji w punkcie sterującym (wierzchołku) pomocniczej krzywej **1** (por. Rysunek 6.4.6a).

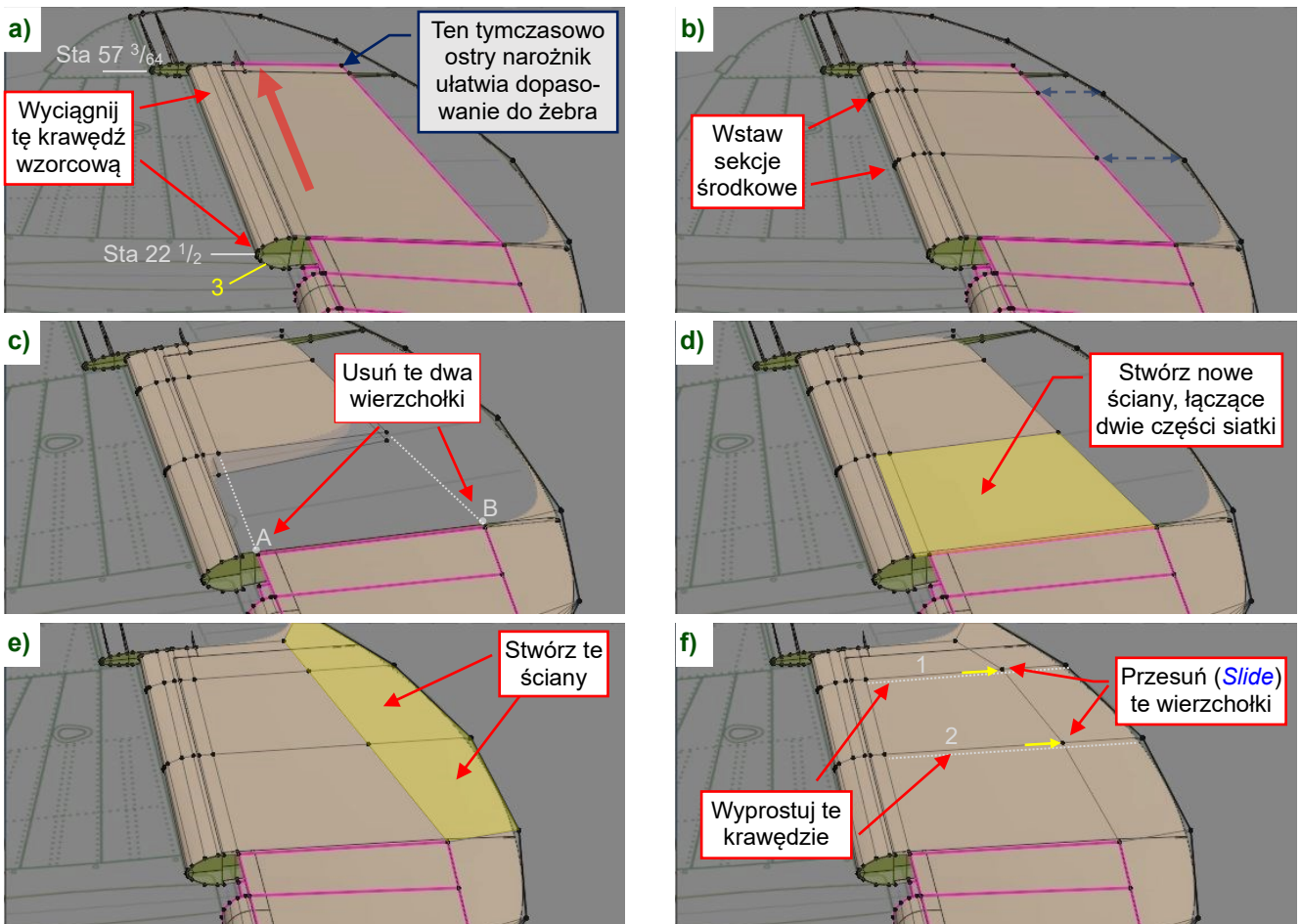
Gdy tylny kontur steru jest już „otoczony” siatką końcówki, zacznij formować jego część przednią i płaskie ściany pomiędzy krawędziami natarcia i spływu (Rysunek 6.4.10) :



Rysunek 6.4.10 Formowanie pozostałych elementów dolnej części steru

Wyciągnij oddzielnie siatkę w każdym z tych dwóch obszarów (gdyż krawędź natarcia wymaga skalowania). Aby dopasować środkowe ściany do żeber wzorcowych, przesuwaj ich wierzchołki wzdłuż globalnej osi **X**. Na koniec zamknij nowymi ścianami luki pomiędzy krawędziami natarcia i spływu, a powierzchnią pośrodku.

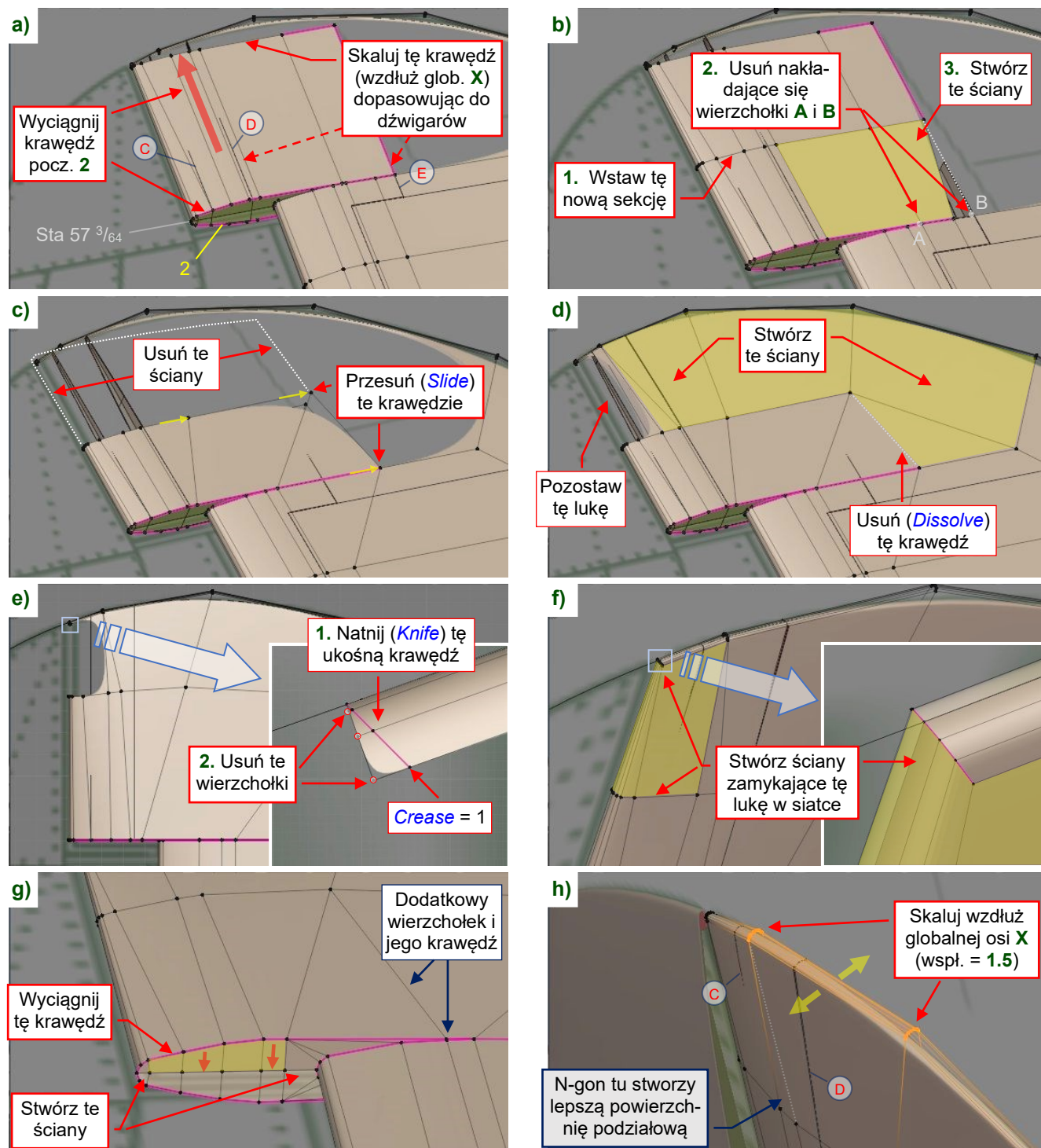
Z początkowej krzywej **3** (por. Rysunek 6.4.6a) wyciągnij centralny segment steru (ten pomiędzy stacjami **22 1/2** i **57 3/64**). Jego krawędź natarcia to trapezoid. Skaluj górny kontur, aby dopasować go do wzorcowego żebra w stacji **57 3/64** (Rysunek 6.4.11a). Następnie wstaw (**Loop Cut**) dwie sekcje pośrodku, umieszczając każdą z nich naprzeciwko odpowiedniego punktu sterującego kontur krawędzi spływu (Rysunek 6.4.11b):



Rysunek 6.4.11 Formowanie centralnej części steru

Ten nowo utworzony fragment nie jest jeszcze połączony z resztą siatki. Aby to zrobić, usuń z niego wierzchołki **A** i **B** (Rysunek 6.4.11c), i stwórz w tym miejscu nowe ściany, które zamkną tę lukę (Rysunek 6.4.11d). Zamknij także otwartą przestrzeń przed krawędzią spływu (Rysunek 6.4.11e). Potem przesunij (**Slide**) środkowe wierzchołki nieco do tyłu, i wyprostuj (**Vertex → Align**) krawędzie 1 i 2 (Rysunek 6.4.11f).

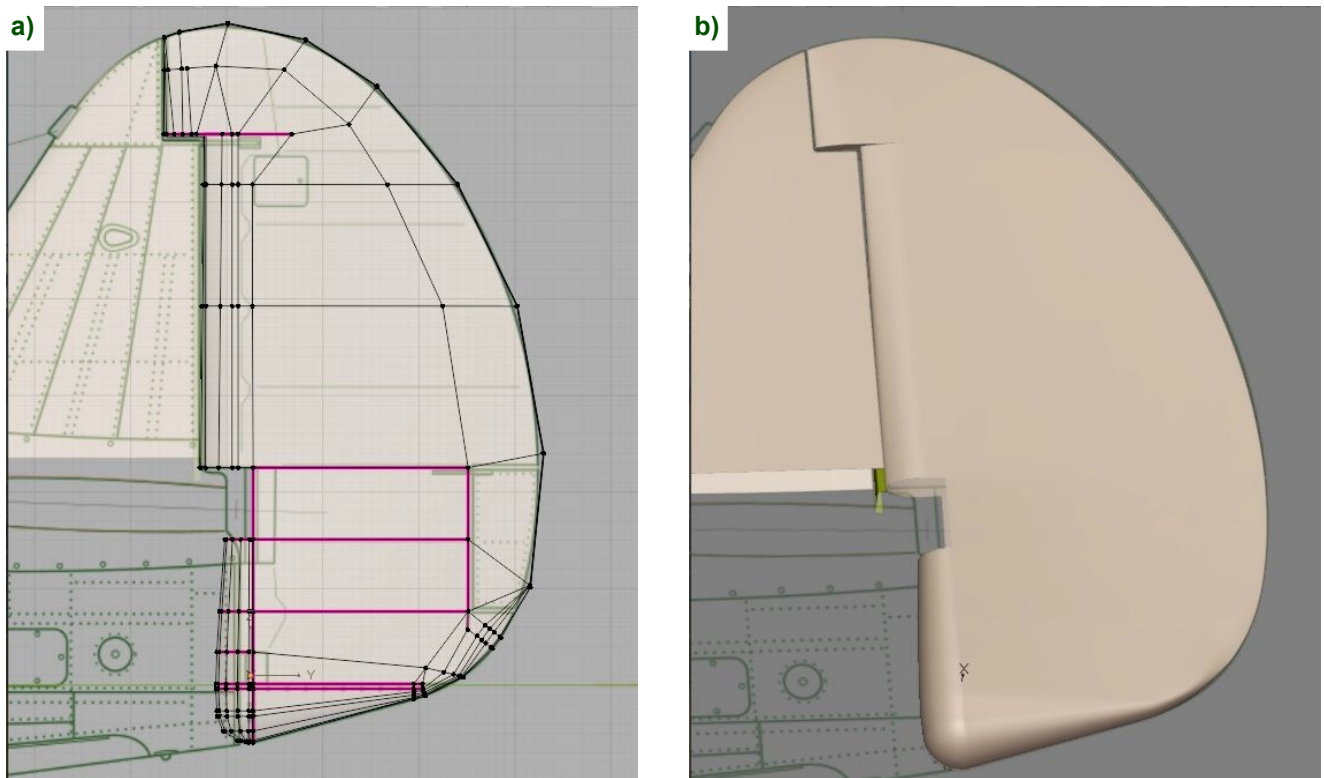
Zacznij formowanie końcówki steru od wyciągnięcia konturu **2** (Rysunek 6.4.6a), tak jak pokazuje to Rysunek 6.4.12a). Dopasuj te nowe ściany do wzorcowych dźwigarów **C**, **D**, **E** (Rysunek 6.4.2). Potem wstaw (*Loop Cut*) środkową krawędź i dołącz ten nowy fragment do reszty siatki (Rysunek 6.4.12b):



Rysunek 6.4.12 Formowanie końcówki steru

W następnym kroku, usuń górną krawędź (Rysunek 6.4.12c) i połącz pozostałe wierzchołki z zewnętrzną krawędzią steru (Rysunek 6.4.12d). Przesuń (*Slide*) środkową sekcję tej końcówki, by lepiej dopasować jej kształt do dźwigarów. Aby zakończyć krawędź natarcia, utnij pod kątem 45° cztery ściany z górnej krawędzi (Rysunek 6.4.12e) i zaznacz tę nową krawędź jako ostrą. Zamknij lukę poniżej nowymi ścianami (Rysunek 6.4.12f). Potem stwórz żebro **57** ³/₆₄ (Rysunek 6.4.12g). W ostatnim kroku poszerz dwie sekcje końcówki (Rysunek 6.4.12h) dopasowując je do nakładających się w tym miejscu paneli pomiędzy **C** i **D** (por. Rysunek 6.4.4). Jeżeli w przyszłości odkryję, że wcale nie były tak szerokie – z powrotem zmniejsz tę końcówki.

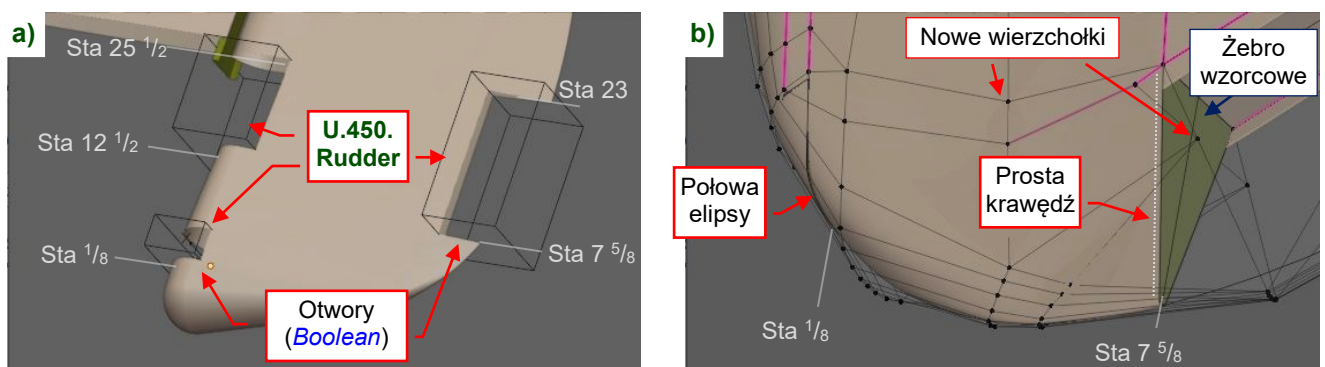
Gdy końcówka została zamknięta, usuń z siatki wszystkie pozostałe kontury pomocnicze, pozostawiając tylko gotowe ściany. Rysunek 6.4.13a) pokazuje gotową siatkę powierzchni steru. Rysunek 6.4.13b) przedstawia ster kierunku w *Object Mode*, razem ze statecznikiem pionowym:



Rysunek 6.4.13 Uformowana powierzchnia steru kierunku

Gdy porównasz topologie siatki przedstawiane przez Rysunek 6.4.13a) i Rysunek 6.4.6b), zauważysz pewne różnice. To normalny wynik adaptacji początkowego pomysłu do rzeczywistego kształtu.

Dodaj teraz do obiektu steru modyfikator *Solidify* (*Thickness*: **0.02**) i stwórz pomocniczy „obiekt tnący” o nazwie **U.450.Rudder** (użyj wymiarów podanych przez Rysunek 6.4.1). To trzy „kostki”: jedna na klapkę trymera i dwie na wycięcia w krawędzi natarcia (Rysunek 6.4.14a):

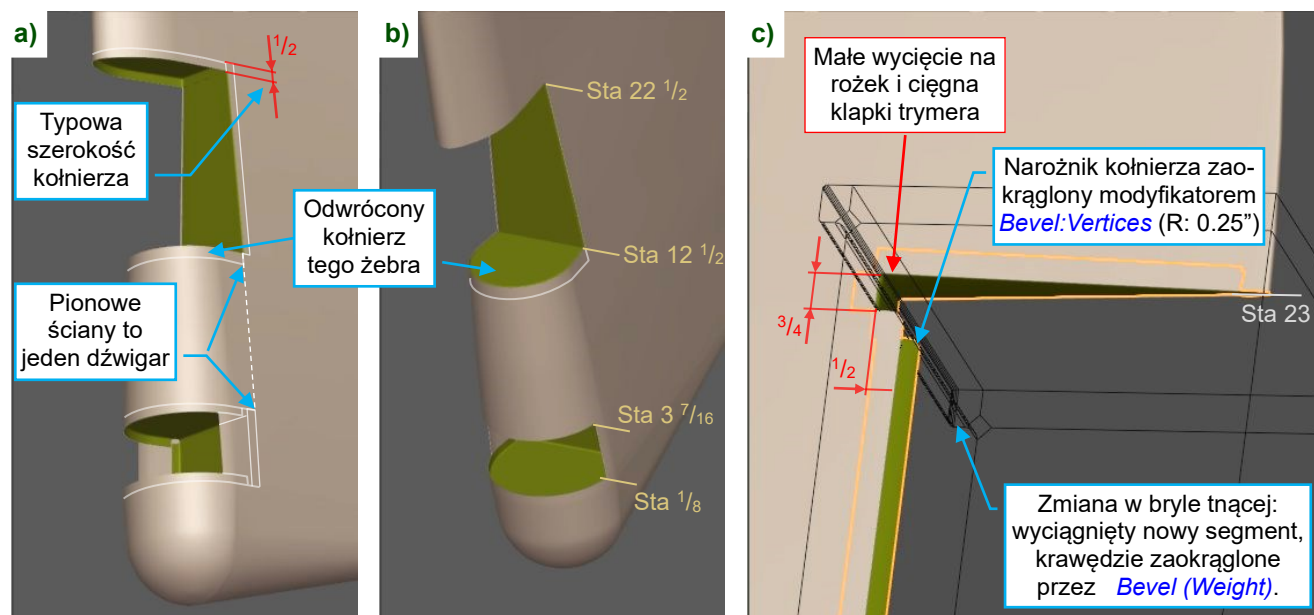


Rysunek 6.4.14 Wycinanie otworów w sterze i dopasowywanie kształtu powierzchni wokół otworów

Tworząc je, minimalnie przesunij linie krawędzi steru ze stacji **25 1/2** (do **25.49999**) i **1/8** (do **0.12501**), aby uniknąć ewentualnych problemów z modyfikatorem *Boolean*. Rysunek 6.4.14b) pokazuje, że musiałem znów zmienić topologię siatki oprofilowania, aby dopasować powierzchnię wynikową do trójkątnych krawędzi spływu wokół otworu na klapkę trymera. Po analizie profili żebrowania pomiędzy stacjami **1/8** i **7 5/8** oceniłem, że końcówka żebra **1/8** nie była łukiem (jak założyłem wcześniej – por. Rysunek 6.4.2c), tylko elipsą¹.

¹ Okrągły (nie zwymiarowany) kształt końcówki pochodzi z rysunku żebrowania. Rysunek szczegółowy ([75-14-034](#)) pokazuje inny kształt.

Za pomocą metod opisanych w poprzednich sekcjach, zamknij wycięte otwory żebrami (Rysunek 6.4.15):

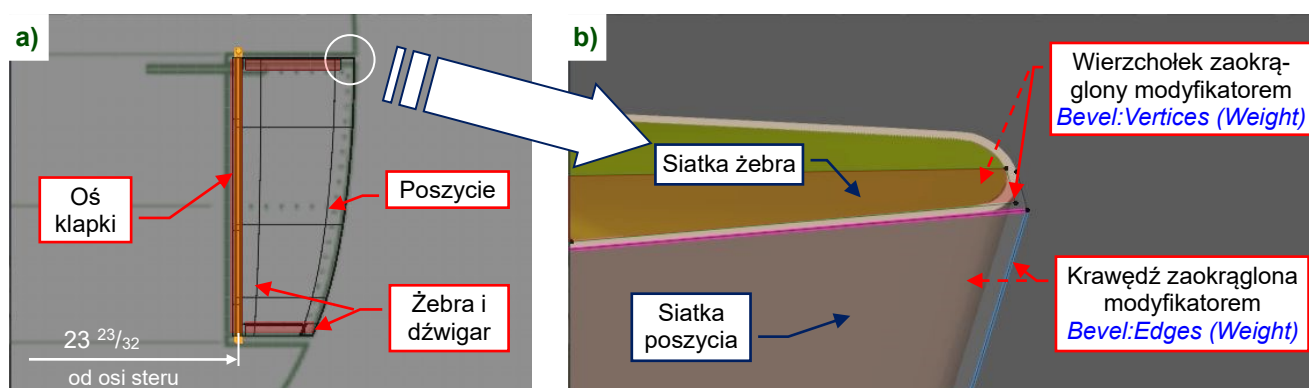


Rysunek 6.4.15 Żebra i ściany, wpasowane w wycięcia steru kierunku

Szerokość kołnierzy tych żeber i ścian to **0.5"** (mniejsza niż w innych podzespołach). Rysunek 6.4.15a) i b) pokazują elementy zamykające otwory na krawędzi natarcia. Zwróć uwagę, że obydwa otwory są zamknięte w pionie przez dźwigar główny ($1^{15/16}$ za osią steru). Stąd pionowa ściana w mniejszym otworze (pomiędzy stacją $3^{7/16}$ i stacją $1/8$) jest skryta we wnętrzu. Zewnętrzne krawędzie kołnierzy żeber biegną wzdłuż krawędzi otworów, oprócz żebra $12^{1/2}$, którego kołnierz jest zorientowany w przeciwną stronę (Rysunek 6.4.15b).

Gdy zacząłem analizować szczegóły pionowej ściany otworu na klapkę trymera, odkryłem dodatkowe, małe wycięcie przy górnej krawędzi (Rysunek 6.4.15c). Na wszystkich zdjęciach jest częściowo zasłaniane przez rożek i cięgna klapki. Zmodyfikuj naszą „bryłę tnącą” by odtworzyć ten szczegół powierzchni steru. Aby uzyskać zaostrzony narożnik kołnierzy ściany pionowej, zaostrzaj te wierzchołki jej siatki. Nadaj im **Bevel Weight = 1** i dodaj do obiektu ściany modyfikator **Bevel:Vertices** (szczegóły – patrz str. 563).

Stwórz klapkę trymera w oparciu o wymiary podane przez Rysunek 6.4.1a). Zrób to w ten sam sposób, jak stworzyliśmy klapkę trymera w sterze wysokości (str. 256). W tym przypadku oś obrotu jest zupełnie pionowa, co czyni cały proces łatwiejszym (Rysunek 6.4.16):

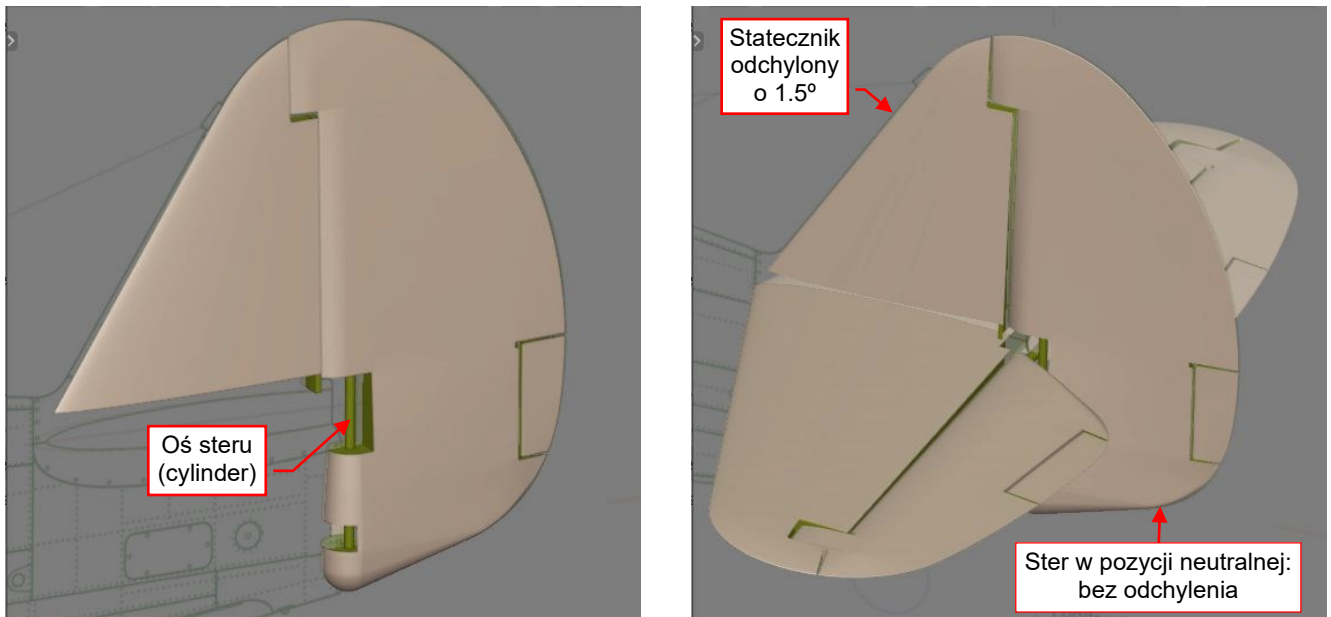


Rysunek 6.4.16 Szczegóły klapki trymera

Jak w sterze wysokości, stwórz tę klapkę z trzech obiektów: osi (prosty cylinder), poszycia, oraz dźwigara i żeber (Rysunek 6.4.16a). Uczyń obiekt osi „rodzicem” (**Parent**) dwóch pozostałych.

Proponuję wprowadzić w tym modelowaniu małe usprawnienie: promień zaostrzenia krawędzi natarcia jest stały wzdłuż rozpiętości klapki, więc można go odtworzyć modyfikatorem **Bevel** (Rysunek 6.4.16b). Możesz także użyć modyfikatora **Bevel:Vertex** do uzyskania zaostrzeń na końcach krawędzi spływu żeber.

Na koniec wstaw oś steru. Na razie to zwykły cylinder ($R = 0.65$). Rysunek 6.4.17 pokazuje gotowy ster kierunku, wraz ze statecznikiem pionowym:



Rysunek 6.4.17 Gotowy ster kierunku

Wg rysunków Curtiss, ster kierunku w pozycji neutralnej leżał na płaszczyźnie symetrii samolotu, a jego kąty maksymalnego wychylenia były w obydwu kierunkach takie same. Dlatego przypisz jego obiekt bazowy (**X.450.Rudder.Base**) jako potomka do obiektu bazowego całego modelu (**X.000.Base**). Nie stworzyłem tu żadnej hierarchicznej zależności pomiędzy statecznikiem i sterem kierunku (inaczej niż w sterze wysokości, który jest „przypisany” do bazy statecznika poziomego).

Podczas teksturowania odtworzymy boczną szczelinę na zawias (poniżej stacji **57**) i ostre krawędzie żeber pod napiętym płótnem poszycia. Podczas uszczegóławiania dodamy rożek i ciągną klapki trymera, zawiasy steru, i inne widoczne z zewnątrz okucia.

Podsumowanie

- W tej sekcji użyliśmy w modyfikatorze *Bevel* nowego trybu: *Vertices*. W połączeniu ze współczynnikiem *Bevel Weight* (wierzchołków, nie krawędzi!) ten tryb pozwala zaokrąglać wybrane narożniki siatki (str. 272).
- Ster kierunku stworzyliśmy tak samo, jak ster wysokości w sekcji 6.2. Jego bardziej złożony kształt wymagał większej liczby pomocniczych obiektów referencyjnych (żeber, dźwigarów).



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: *model\p40\history\P40B-10.04.blend*.

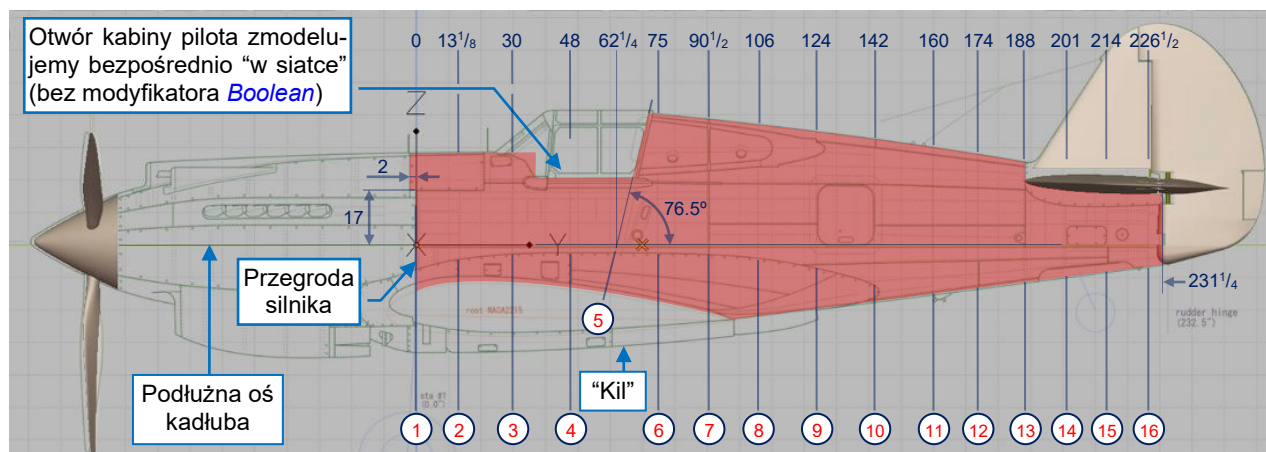
Rozdział 7. Kadłub

Najbardziej skomplikowany zespołem typowego samolotu jest kadłub. W tym rozdziale zaczniemy od uformowania jego głównej części, rozciągającej się od przegrody silnika do steru kierunku. Potem zajmiemy się okopowaniem silnika. Opis tej pracy zajmie nam trzy kolejne sekcje.

Dlaczego nie stworzymy od razu całego kadłuba? Po pierwsze, z powodu skomplikowanego kształtu osłony silnika. Po drugie – ponieważ wolę odtwarzać główne podzespoły prawdziwego samolotu jako oddzielne części modelu. Po trzecie – kształt nosa P-40 zmieniał się pomiędzy wersjami. Pozostała część kadłuba, pomimo tych zmian, była identyczna w P-36 i w P-40 (B, C). Stąd, taki podział pozwoli nam użyć powtórnie odpowiednie części w innych modelach.

7.1 Część główna

W tej sekcji odwzorujemy główną część kadłuba P-40, którą Rysunek 7.1.1 zaznacza na czerwono:



Rysunek 7.1.1 Część kadłuba, którą stworzymy w tej sekcji

Oprofilowania „kila” pod płatem odtworzymy oddzielnie, gdyż jego przekroje nie mają nic wspólnego z kadłubem znajdującym się ponad skrzydłem.

Kadłub ma trzy bazy wymiarowe: płaszczyzny symetrii ($X=0$) i przegrody silnika ($Y=0$) oraz oś podłużną ($Z=0$). Jego wręgi są ponumerowane od #1 (przegroda silnika, w stacji 0) do #16 (w stacji $226\frac{1}{2}$). W dokumentacji P-40 te numery kolejne są używane jako nazwy wręg. Aby uniknąć pomyłek, zawsze będę je poprzedzał znakiem „#”, stąd „stacja #6” i „stacja 75” oznacza tą samą płaszczyznę, znajdująca się 75” od przegrody silnika. W przypadku wątpliwości, Rysunek 7.1.1 pokazuje położenia i numery wszystkich wręg/stacji kadłuba.

Górna część przegrody silnika P-40 jest wysunięta do przodu o 2”¹. Odtworzymy ten efekt formując kompletną przednią wręgę w stacji $Y=-2$, a potem odcinając jej dolną część za pomocą modyfikatora *Boolean*. Modyfikator *Boolean* posłuży nam także do wycięcia otworu na kółko ogonowe.

Otwór kokpitu to jednak zupełnie inna sprawa. Przekroje poprzeczne wręg #3 (pod wiatrochronem) i #5 (grzbiet kadłuba za kabiną pilota) nie mają ze sobą nic wspólnego powyżej linii szyn owiewki kabiny. Formowanie „powierzchni przejściowej pomiędzy tymi dwoma konturami (w sekcji #4?) tylko po to, aby ją zaraz usunąć modyfikatorem *Boolean* nie ma sensu. Dlatego zamodelujemy ten otwór bezpośrednio w siatce. Ostre narożniki tego wycięcia w powierzchni podziałowej uzyskamy sterując współczynnikami *Crease* jego krawędzi (str. 645).

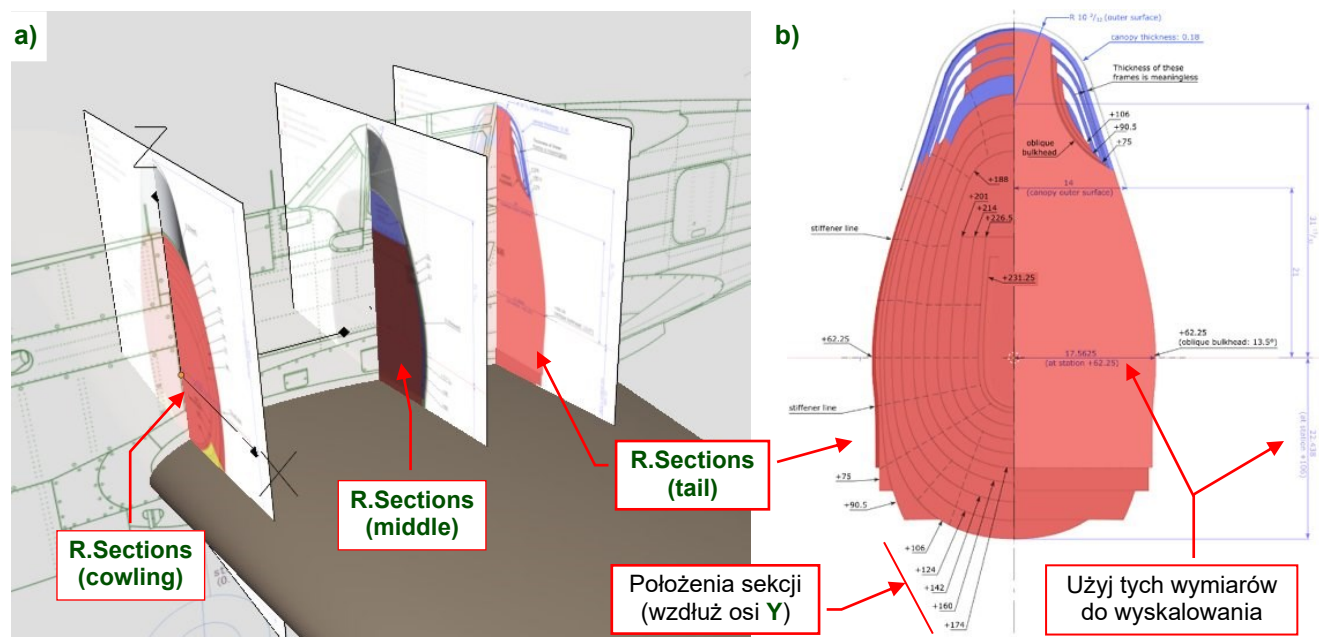
Podczas pracy będziemy używać rysunków J. Temmy i mojej „kompilacji”, które wstawiliśmy w tą scenę Blendera w sekcji 4.1. Ze względu na zidentyfikowane na planach Temmy drobne odchylenia w konturach przekrojów kadłuba w rzutach z przodu i z tyłu, przygotowałem dodatkowe obrazy wzorcowe z tymi przekrojami. Zamiast tworzyć oddzielne pliki dla każdej z tych wręg, zdecydowałem się je pogrupować w trzy rysunki. Znajdziesz je w folderze *source\reference\drawings* (por. str. 19). Są to pliki:

- *Sections (cowling).png*;
- *Sections (middle).png*;
- *Sections (tail).png*;

Te obrazy mają większą rozdzielczość niż rysunki J. Temmy. Załaduje je do Blendera i umieść w nowej subkolekcji **1.Blueprints**, o nazwie **1d.Fuselage**.

¹ W chłodzonym powietrzu przedziale silnika P-36, z przodu przegrody umieszczono dwie pary małych szczelin wentylacyjnych (por. Tom I, sekcja 5.1, Rysunek 5.1.2). Górny fragment przegrody była zamontowany ponad tymi „skrzelami”. Szczeliny znikły w chłodzonych cieczą P-40, ale kształt przegród silnika w pierwszych wariantach tego samolotu pozostał taki, jak w P-36 (bo to była „szybka adaptacja” płatowca do silnika rzędowego). Curtiss ostatecznie uprościł kształt tej wręgi w przeprojektowanym kadłubie P-40D.

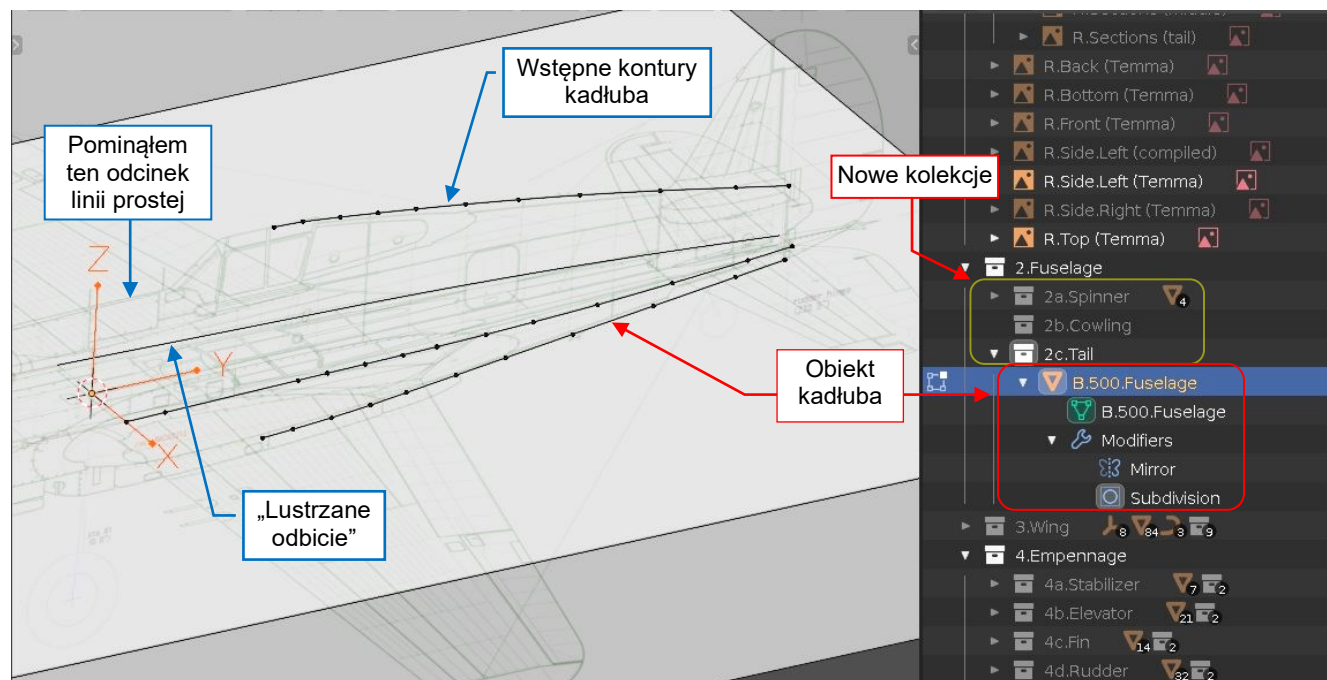
Nazwij te obrazy w Blenderze tak, jak nazywają się ich pliki (Rysunek 7.1.2a):



Rysunek 7.1.2 Obrazy referencyjne przekrojów kadłuba

W każdym z nich znajdziesz co najmniej jeden wymiar poziomy i jeden wymiar pionowy (Rysunek 7.1.2b). Użyj ich do precyzyjnego skalowania tych obrazów, dopasowując je do pozostałych rysunków referencyjnych. Nie podaję stacji, w których masz je umieścić: podczas modelowania będziemy je od czasu do czasu przesuwać wzdłuż osi kadłuba. Na razie możesz ukryć obraz z sekcjami osłony silnika.

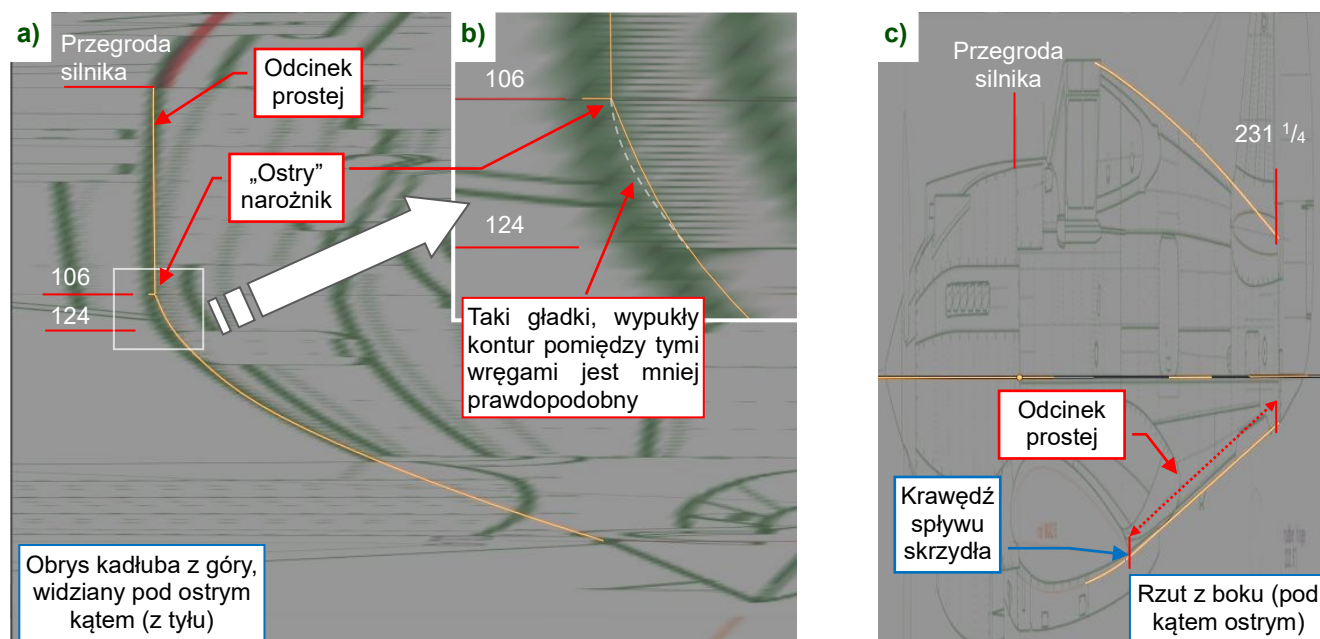
Aby uniknąć „zatłoczenia” kolekcji **2.Fuselage**, proponuję utworzyć w niej subkolekcje o nazwach: **2a.Spinner**, **2b.Cowling** i **2c.Tail**. Przenieś obiekty śmigła (kołpak i łopaty) do **2a.Spinner**. Stwórz w **2c.Tail** nowy obiekt, o nazwie **B.500.Fuselage** (Rysunek 7.1.3):



Rysunek 7.1.3 Odzworowanie konturów kadłuba za pomocą krzywych podziałowych

Początkowo jego siatka będzie się składać z trzech linii łamanych, odwzorowujących kontury kadłuba w rzutach z boku i z góry. Oczywiście, wygładź je modyfikatorem **Subdivision Surface**, i stwórz symetryczną drugą stronę modyfikatorem **Mirror**.

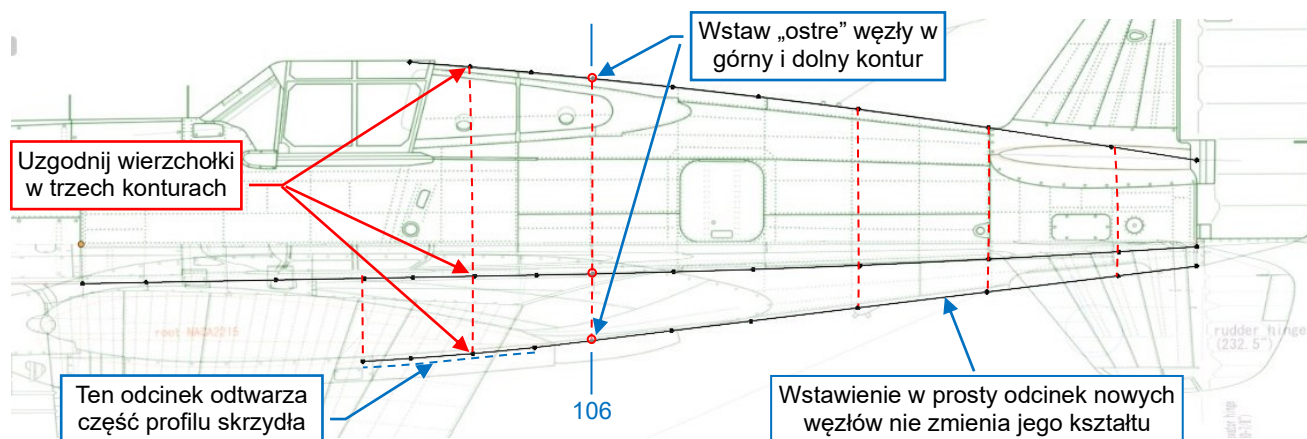
Dla większej precyzji w dopasowaniu tak długich, łagodnych krzywych, sugeruję rysowanie tych konturów w projekcji nachylonej pod dużym kątem (techniką opisaną na str. 523). Rysunek 7.1.4a) pokazuje, że mój kontur w rzucie z góry różni się minimalnie od rysunku Temmy, bo biegnie wg oryginalnych szerokości kadłuba¹:



Rysunek 7.1.4 Szczegóły konturów kadłuba

Od przegrody silnika do stacji **106** (#8) kontur kadłuba w rzucie z góry jest linią prostą. Aby być dokładnym, umieść jego koniec po wewnętrznej stronie konturu Temmy (Rysunek 7.1.4a). Zwróć także uwagę, że zrobiłem „ostry” narożnik w stacji **106** (Rysunek 7.1.4b). Ująłem słowo „ostry” w cudzysłów, bo jest to niewielka nieciągłość kierunków stycznych, niewidoczna w zwykłym widoku z góry. Początkowo miała być tu gładka krzywa (linia przerywana pokazywana przez Rysunek 7.1.4b). Ostatecznie zdecydowałem jednak, że blacha poszycia raczej zaginała się na wrędze #8, i nie tworzyła gładkiego wybrzuszenia pomiędzy wręgami #8 i #9 (stacja **124**). Rysunek 7.1.4c) pokazuje kolejny długi prosty odcinek konturu kadłuba, rozciągający się od krawędzi spływu skrzydła do steru kierunku (dokładniej: do stacji **231 1/4**).

Gdy uformowałeś już te kontury, dopasuj liczbę i położenie ich wierzchołków (Rysunek 7.1.5):

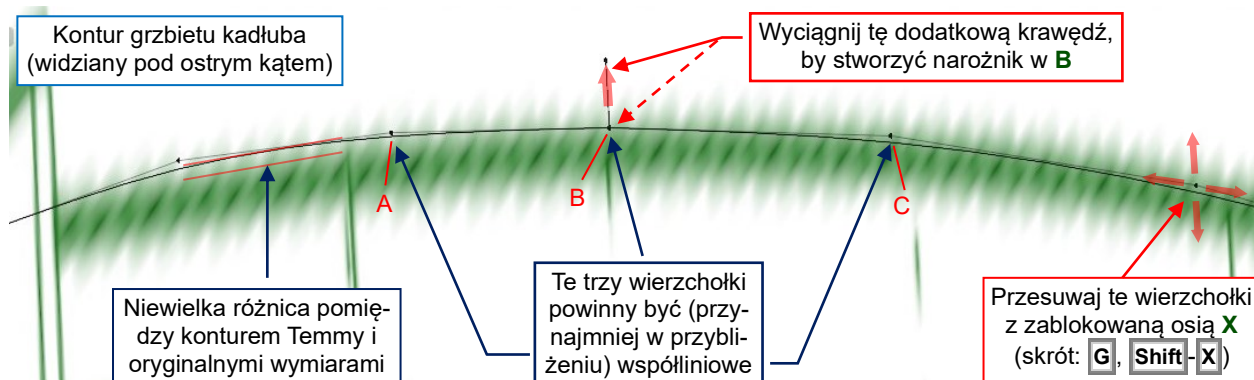


Rysunek 7.1.5 Określanie położenia krawędzi „wręg” siatki kadłuba

Zazwyczaj wymaga to wstawiania w te krzywe dodatkowych wierzchołków i ponownego dopasowywania tak zmodyfikowanych konturów do rysunków referencyjnych. W szczególności, dodaj „ostry” węzeł do górnego i dolnego konturu kadłuba w stacji **106**. Za chwilę umieścimy w tym miejscu „ostrą” krawędź siatki.

¹ Patrz sekcja 15.1

Obecność prostych odcinków w konturach upraszcza ten proces, ponieważ dodatkowe punkty sterujące (nawet „ostre”) nie zmieniają ich kształtu. Możesz do woli wstawiać dodatkowe węzły w linię dolnego konturu kadłuba. Jednak wygięty górny kontur wymaga więcej pracy. Aby zachować ciągłość stycznych w **B**, powinieneś ustawić w jednej linii wierzchołki **A**, **B** i **C**. Jak pokazuje to Rysunek 7.1.6, niewielkie obniżenie zewnętrznych końców tego odcinka nie psuje wizualnej „gładkości” tego konturu¹:



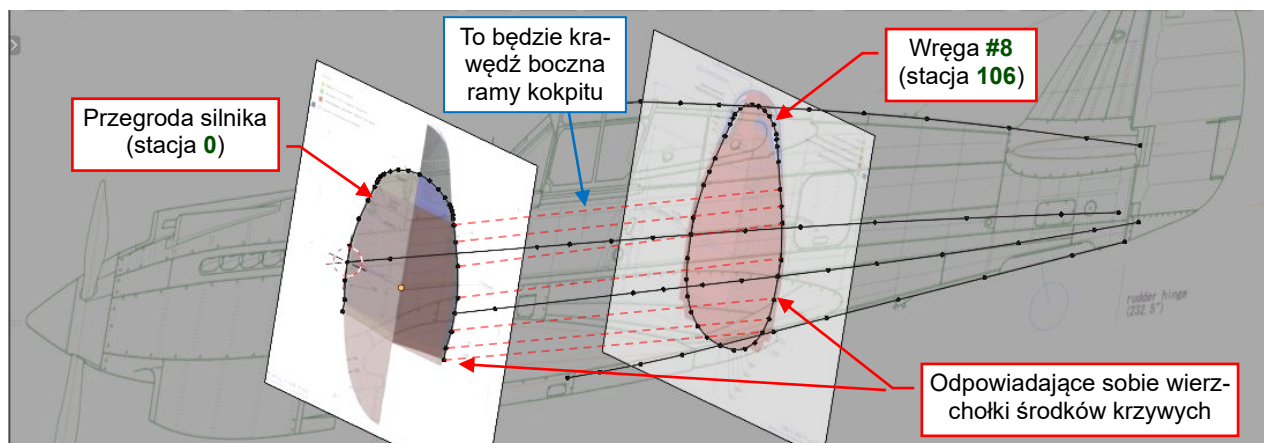
Rysunek 7.1.6 Wyglądanie „ostrego” narożnika konturu górnego za pomocą dwóch dodatkowych węzłów



Zwróć uwagę, że na tej krzywej stworzyłem ostry narożnik wyciągając dodatkową, trzecią krawędź z wierzchołka **B** (Rysunek 7.1.6). Podobny efekt osiągnąłbyś przerywając krzywą podziałową w tym węźle (tak jak to robiliśmy w przypadku końcówki skrzydła – por. str. 163, Rysunek 5.3.18b).

Siatka kadłuba to „topologiczna rura”, stworzona ze ścian rozciągających się pomiędzy liniami krawędzi „wręg” i „podłużnic”. Dopasowując do siebie wierzchołki tych trzech konturów, określasz położenie „wręg” tej siatki. Ten proces wymaga kilku iteracji, ale podobne zmiany kompletnej siatki wymagałyby o wiele więcej pracy. Na szczęście, położenie tych krawędzi „wręg” nie musi odpowiadać stacjom pokazywanym przez Rysunek 7.1.1. W przeciwnym razie, nasza siatka byłaby dwa razy gęstsza!

Gdy wierzchołki konturów są uzgodnione, obrysuj nowymi krzywymi dwie lub trzy kluczowe wręgi. W przypadku P-40 stworzyłem je wokół przegrody silnika i wręgi **#8** (stacji **106**). Stwórz te kontury w oparciu o dwa obrazy referencyjne, które załadowaliśmy na początku tej sekcji (Rysunek 7.1.7):

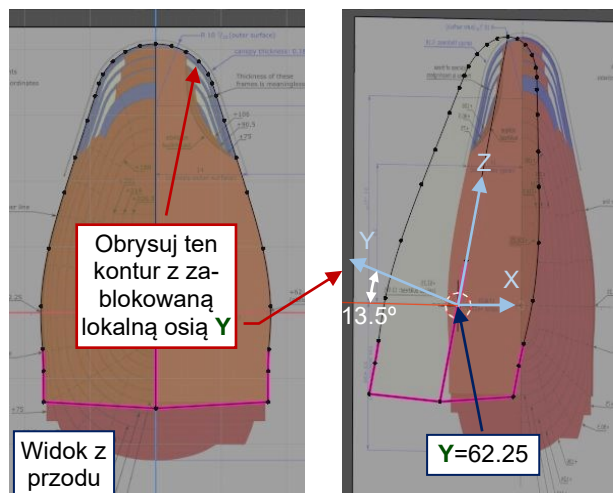


Rysunek 7.1.7 Określanie położenia krawędzi „wręg” siatki kadłuba

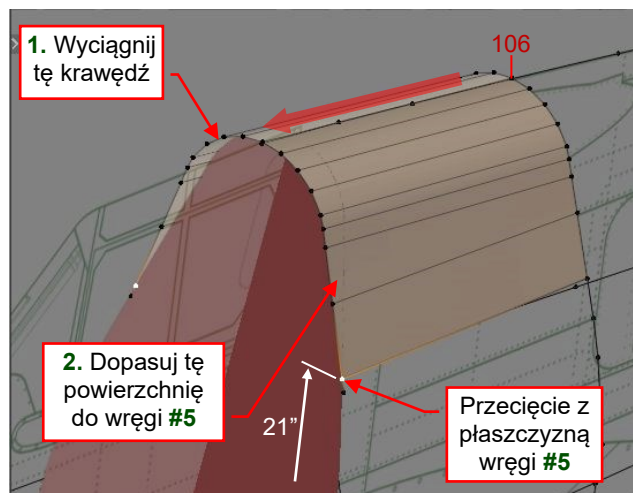
W środkowej części każdego z tych konturów wręg umieść taką samą liczbę wierzchołków. W ten sposób unikniesz kłopotów z topologią podczas formowania ścian bocznych kadłuba.

¹ Jest to możliwe dzięki „przybliżonej” postaci krzywych podziałowych. Gdy wybierasz poziom **Subdivision** = 2, każdy odcinek krzywej pomiędzy dwoma sąsiednimi punktami sterującymi jest przybliżony za pomocą linii łamanej złożonej z 4 prostych krawędzi. Dopóki kąt „ostry” w węźle **B** jest porównywalny do kątów pomiędzy tymi elementarnymi krawędziami, zachowujemy efekt wizualnej gładkości krzywizny.

Sugeruję także umieszczenie w tym kadłubie, jako wzorca, pochylonej wręgi **#5**. Stwórz ją jako oddzielny obiekt **Plane**, obrócony o 13.5° (por. Rysunek 7.1.1) wokół globalnej osi **X**. Nazwij go **B.510.Frame#5**. Ta wręga przyda się także w przyszłości, gdy będziemy odtwarzać szczegóły wnętrza kokpitu. Teraz dopasuj jej kontur do zewnętrznego konturu na obrazie referencyjnym **R.Sections (tail)**. Zrób to w widoku z przodu, blokując przesunięcia wierzchołków wzdłuż lokalnej osi **Y** obiektu (**G**, **Shift-Y**, **Shift-Y**). W ten sposób Twoje wierzchołki będą się przesuwają po pochylej płaszczyźnie tej wręgi (Rysunek 7.1.8):



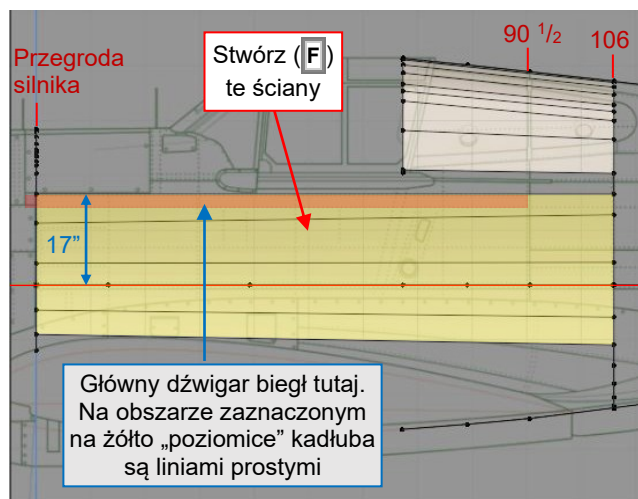
Rysunek 7.1.8 Obrys wręgi #5 (obiekt B.510.Frame#5)



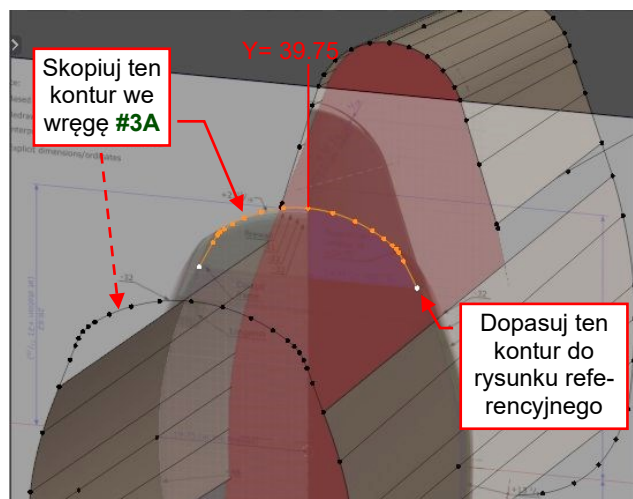
Rysunek 7.1.9 Wyciąganie grzbietu kadłuba za kabiną

Ustaw kolor tej nowej wręgi na czerwony (przypisz jej materiał: **Artificial.Red**). Następnie wyciągnij do przodu górną część konturu ze stacji **106** i dopasuj ją do wręgi **#5** (Rysunek 7.1.9). W ten sposób uformowaliśmy pierwszą część grzbietu kadłuba za kabiną pilota.

Teraz podłącz ścianami środkowe wierzchołki przegrody silnika i konturu ze stacji **106** (Rysunek 7.1.10):



Rysunek 7.1.10 Tworzenie bocznych ścian środka kadłuba

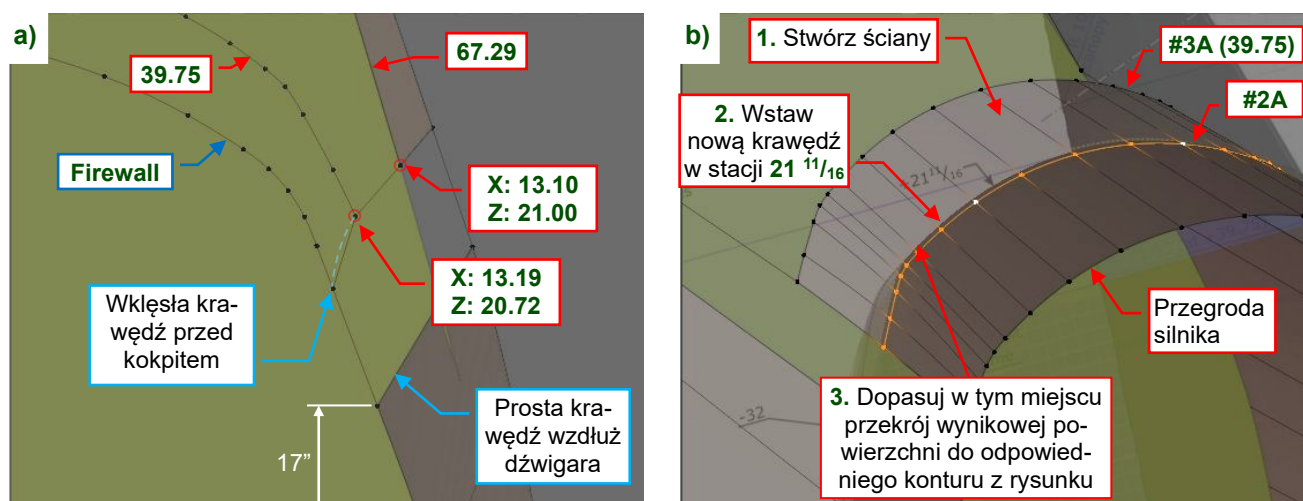


Rysunek 7.1.11 Dodanie częściowej sekcji #3A

Skopiuj górną część konturu przegrody i umieść ją w **Y = 39.75**. Dopasuj tę krzywą do konturu z rysunku referencyjnego **R.Sections (middle)** (Rysunek 7.1.11). Oryginalna dokumentacja Curtiss nazywa ten kontur „częściową stacją **#3A**”. W tym miejscu zaczyna się linia podziału pomiędzy stałym wiatrochronem i odsuwaną owiewką kabiny¹. Kształt przekroju kadłuba w stacji **39.75** jest w dużej mierze rezultatem mojej ekstrapolacji, ponieważ prawdziwa wręga **#3A** była ucięta przy krawędzi kabiny.

¹ Możesz zobaczyć tę linię podziału zaczynającą się od stacji **39.75** na rysunku referencyjnym **R.Side.Left (compiled)**. Na planach Jumpei Temmy wiatrochron jest umieszczony w stacji **40.75**, a ruchoma owiewka kabiny jest krótsza o 1". Przypuszczam, że to jakiś błąd w interpretacji wymiarów z rysunku Curtiss **75-25-001**. Długość owiewki jest w nim zwymiarowana w nietypowy sposób.

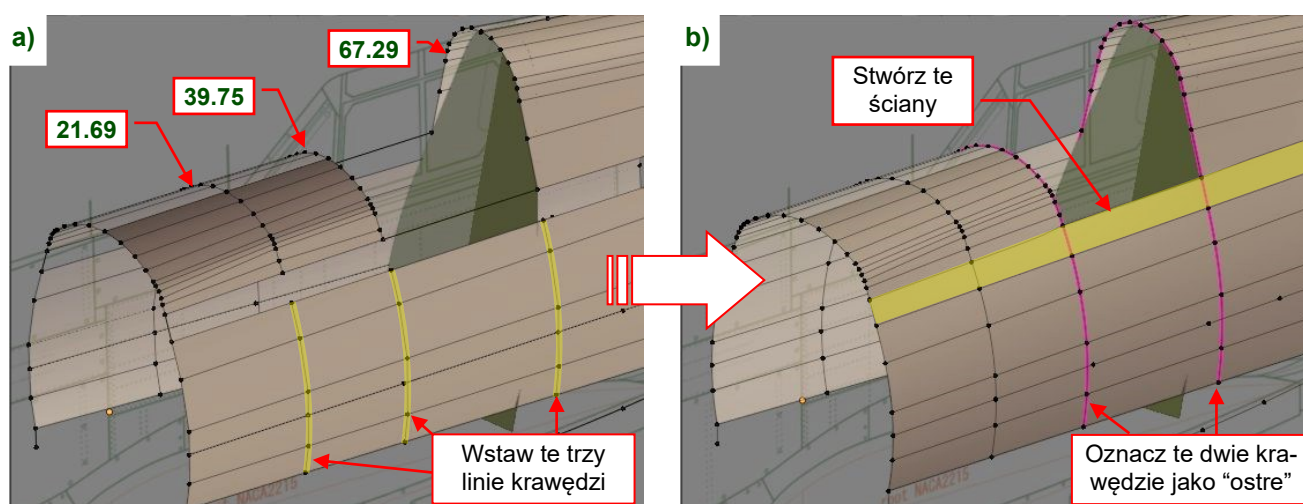
W samolotach z przesuwanymi osłonami kabiny zewnętrzny kontur brzegu kokpitu często skrywa różne niespodzianki. Po pierwsze, szerokość kadłuba wzdłuż szyn osłony powinna być stała. Aby ją zapewnić wzdłuż zawężającego się kadłuba, szyny owiewki za kokpitem są często wygięte do dołu. Tak jest w przypadku P-36 i wcześniejszych P-40. Co więcej, dokumentacja ujawnia¹, że krawędź kokpitu wznosiła się od wręgi #3 do wręgi #5 o $7/16''$. Tak niewielkiej różnicy nie dostrzeżesz na zdjęciach! Kolejną niespodzianką była mała różnica w rozstawie szyn owiewki: $0.1''$. Ten brak równoległości musiał być chyba jakoś kompensowany na rolkach ruchomej ramki osłony kabiny? Ten niemal równoległy kształt brzegów kokpitu powodował wklęsły kontur poziomic kadłuba powyżej dźwigara (tj. dla $Z > 17''$). Pokazuje to Rysunek 7.1.12a). Poprowadziłem na nim linię krawędzi kabiny pilota i podaję dokładne współrzędne jej końców:



Rysunek 7.1.12 Formowanie ramy kokpitu

Wklęsły kontur poziomic kadłuba z przodu kabiny jest jeszcze podkreślony przez wręgę #2A ze stacji $21 \frac{11}{16}$. Stwórz ściany siatki pomiędzy przegrodą silnika i konturem #3A, a potem wstaw w ten segment nową linię krawędzi w $Y = 21 \frac{11}{16}$ (Rysunek 7.1.12b). Ukształtuj ten kontur, dopasowując wynikową powierzchnie podziałową na tej stacji do odpowiedniego przekroju z obrazu referencyjnego.

W następnym kroku, wstaw trzy nowe linie krawędzi w środkową część kadłuba (Rysunek 7.1.13a) i zamknij nowymi ścianami lukę w siatce biegnącą wzdłuż krawędzi dźwigara (Rysunek 7.1.13b):

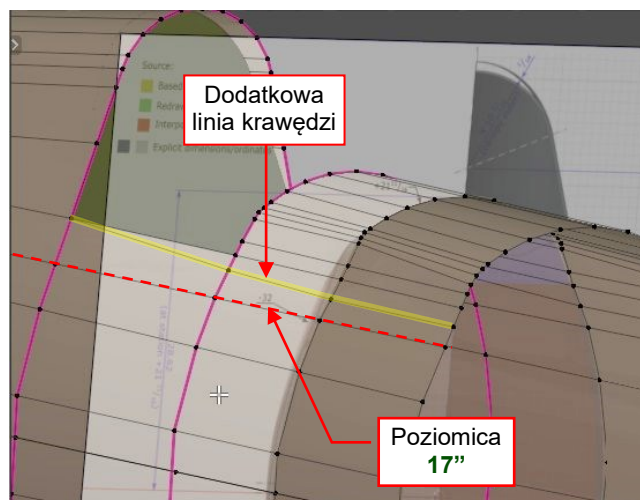


Rysunek 7.1.13 Zamykanie luki pomiędzy górną i środkową częścią kadłuba

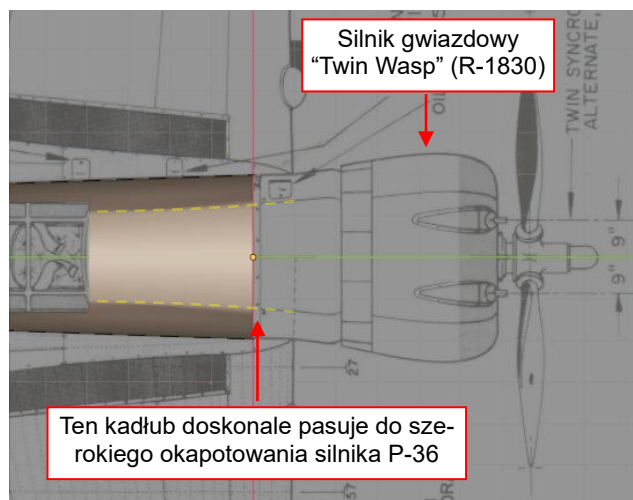
Jak widać, zaznaczyłem linie krawędzi w stacjach 39.75 i 67.29 jako ostre ($Crease = 1$), aby uzyskać ostre narożniki otworu kokpitu.

¹ Rysunek 75-21-176.

Po kilku próbach zdecydowałem, że muszę dodać jeszcze jedną krawędź, która rozdzieli ściany w luce zamkniętej na poprzedniej stronie. Ta linia krawędzi kończy się w tylnym narożniku kokpitu (Rysunek 7.1.14), ponieważ trójkątna ściana w tym miejscu nie zaburza powierzchni wynikowej. Jej obecność pozwoliła mi zachować na powierzchni podziałowej prosty kontur poziomicy 17”:



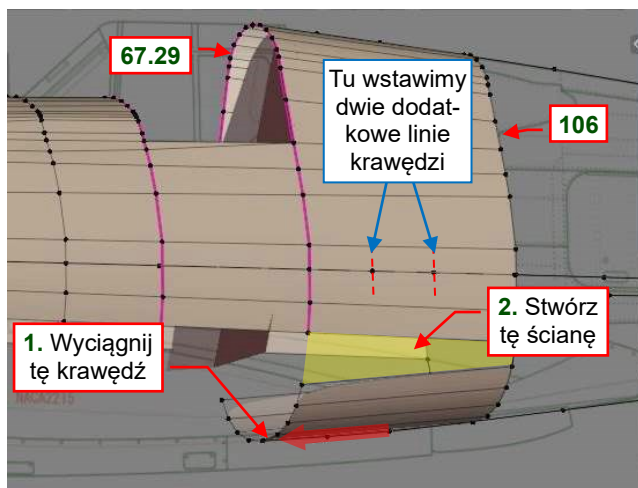
Rysunek 7.1.14 Kolejna krawędź siatki ponad poziomica 17”



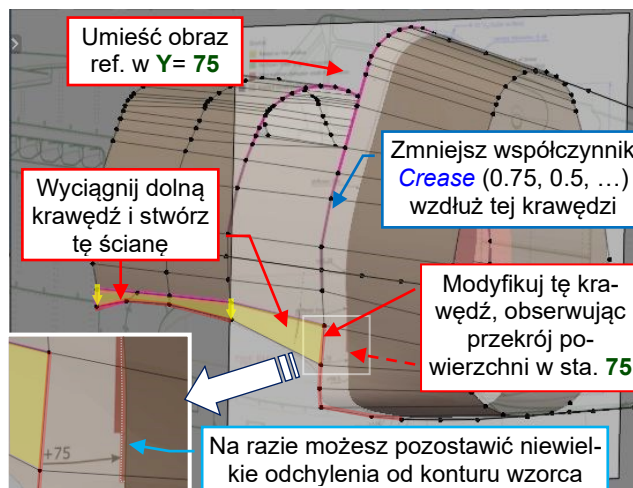
Rysunek 7.1.15 Kontur górnej części kadłuba

Skąd się wzięły wklęsłe poziomice na smukłym kadłubie P-40? Przecież wąski, rzędowy silnik V12 Allisona nie wymaga takiej przestrzeni. Odpowiedź podaje Rysunek 7.1.15: te kontury były przygotowane dla szerokiego okapotowania gwiazdowego silnika P-36. Dlatego we wczesnych wariantach P-40, na przegrodzie silnika występuje załamanie ciągłości styknych konturu kadłuba¹.

Kadłub P-40 był „wycięty” wzdłuż górnej powierzchni skrzydła. Jednak, zanim „przytniemy” tę siatkę, dopasujmy jej boki do konturów z rysunków referencyjnych. W tym celu wyciągnij kontur z wręgi #8 (Rysunek 7.1.16):



Rysunek 7.1.16 Wyciąganie dolnego konturu wręgi #8

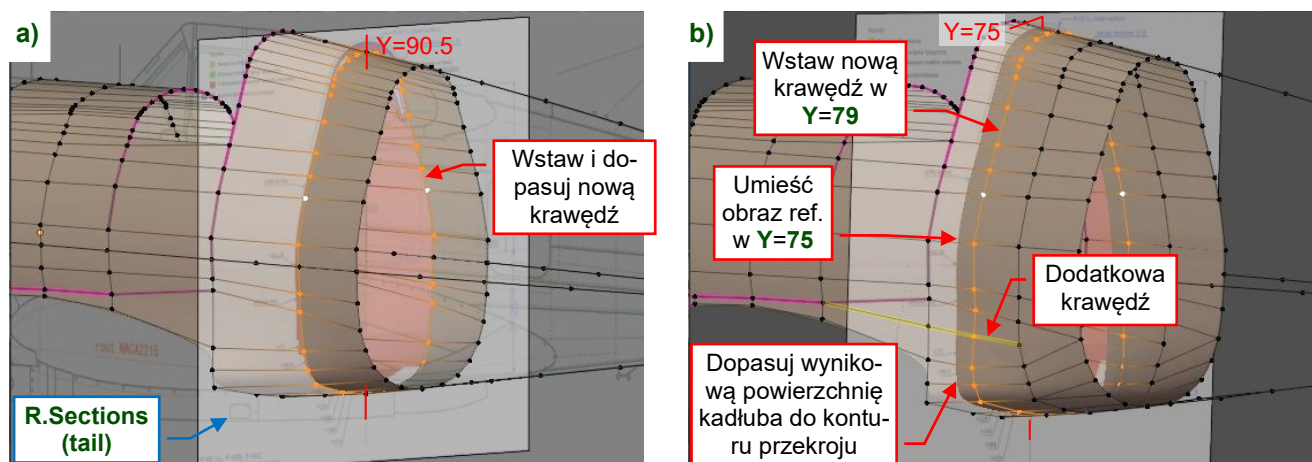


Rysunek 7.1.17 Pierwsze przybliżenie dolnej części kadłuba

Wypełnij ścianą lukę powstałą pomiędzy powierzchnią środkową i dolną (Rysunek 7.1.16), potem wyciągnij dolne krawędzie boczne w kontur grzbietu skrzydła (Rysunek 7.1.17). Umieść obraz **R.Sections (tail)** w stacji **75**. Przekształć dolny kontur stacji **67.29**, dopasowując wynikową powierzchnię kadłuba w stacji **75** do konturu z obrazu referencyjnego (Rysunek 7.1.17). W tym momencie zrób to w sposób zgrubny, pozostawiając odchylenia od konturu wzorcowego nie większe niż 1”. Dopasujemy je dokładniej po dodaniu dwóch kolejnych zaplanowanych linii „wręgi” pomiędzy stacjami **67.29** i **106** (por. Rysunek 7.1.16).

¹ W P-40D Curtiss przeprojektował cały kadłub, oprócz dolnej części ogona. Począwszy od tej wersji, konstrukcja stała się bardziej racjonalna: na przykład, przesunięto zbiornik oleju z ogona (gdzie sprawiał kłopoty podczas akrobacji) na przegrodę silnika.

Wstaw pierwszą z zaplanowanych linii krawędzi w stacji $90\frac{1}{2}$ (Rysunek 7.1.18a). Umieść w tym samym miejscu obraz **R.Sections (tail)** i dopasuj kształt wynikowej powierzchni do wzorcowego konturu wręgi #7.



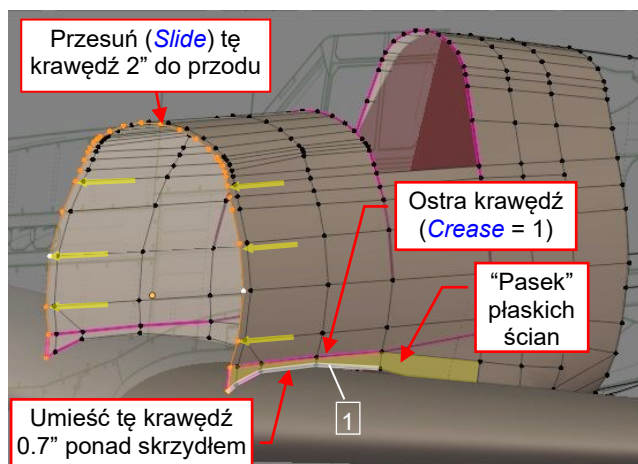
Rysunek 7.1.18 Wstawienie dwóch kolejnych linii krawędzi

Gdy to zrobisz, wstaw kolejną linię krawędzi w stacji **79** (Rysunek 7.1.18b). Przesuń obiekt **R.Sections (tail)** do stacji **75** i dopasuj wynikową powierzchnię podziałową do konturu z tego rysunku referencyjnego. Aby ułatwić sobie to zadanie, dodaj dodatkową krawędź podłużną pomiędzy wręgami #4 i #7 (Rysunek 7.1.18b).

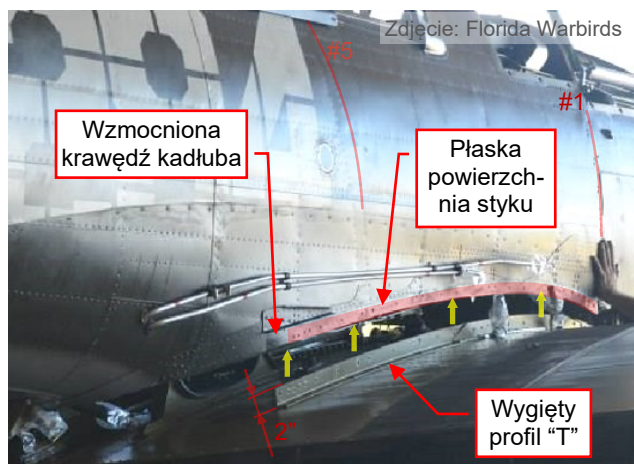


Dolna część kadłuba, którą teraz modelujemy, będzie potem przycięta i ukryta pod oprofilowaniem połączenia skrzydła i kadłuba. Jednak nadanie temu obszarowi oryginalnego kształtu może w przyszłości oszczędzić nam kłopotów z dopasowaniem zewnętrznych krawędzi tego oprofilowania.

Wyciągnij powierzchnię kadłuba z przegrody silnika na (**2"** do przodu – Rysunek 7.1.19). Zrób to poleceniem **Slide** z wyłączoną opcją **Clamp**¹. W następnym kroku przytniemy jej dolną część (por. Rysunek 7.1.1). Na wszelki wypadek wstawiłem w stacji **Y = 0** dodatkową linię krawędzi (Rysunek 7.1.19):



Rysunek 7.1.19 Inne drobne modyfikacje siatki kadłuba

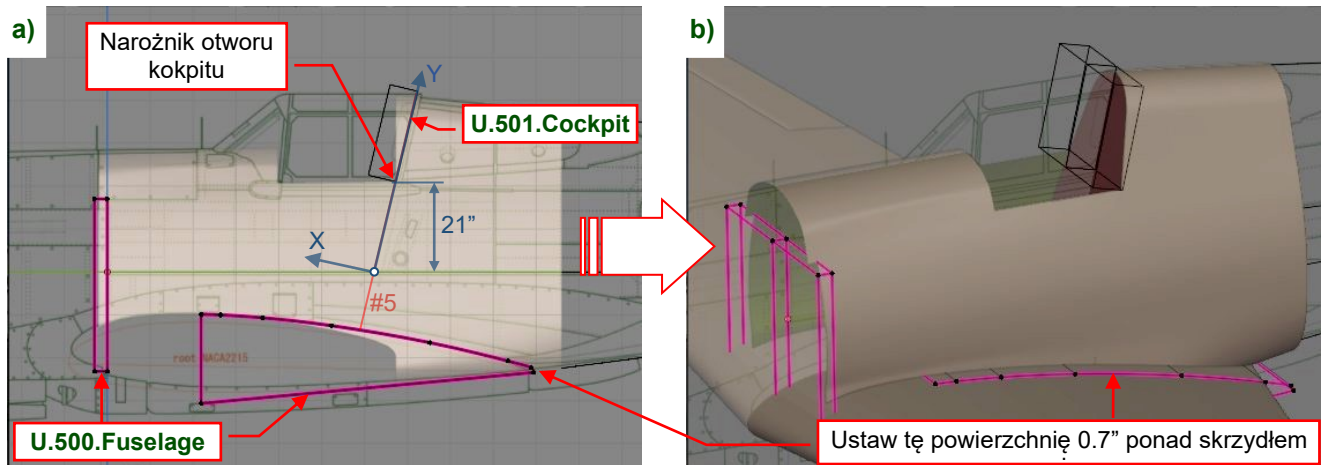


Rysunek 7.1.20 Mocowanie skrzydeł do kadłuba w P-40

Możesz także poprawić kształt krawędzi **1** (Rysunek 7.1.19), by lepiej pasowała do skrzydła. Potem podnieś jej wierzchołki o około **0.7"** ponad skrzydło. Upewnij się także, że ściany oznaczone na żółto są na tej samej płaszczyźnie. Dlaczego? Gdyż kadłub P-36/P-40 był mocowany do dwóch wygiętych profili „T”, przynitowanych do powierzchni skrzydła (Rysunek 7.1.20). Te profile, o wysokości **2"**, były w rzucie z góry płaskie. Ich pionowe ściany były dopasowane do wzmocnionych, płaskich (lokalnie) ścian kadłuba. Dolna krawędź kadłuba kończyła się nieco powyżej skrzydła, by zmieściły się pod nią podstawy tych teowników.

¹ Użyliśmy tej metody przy formowaniu końcówki skrzydła – por. str. 242.

Teraz możemy przyciąć tę siatkę modyfikatorami **Boolean**. Przygotuj bryły tnące (Rysunek 7.1.21a):

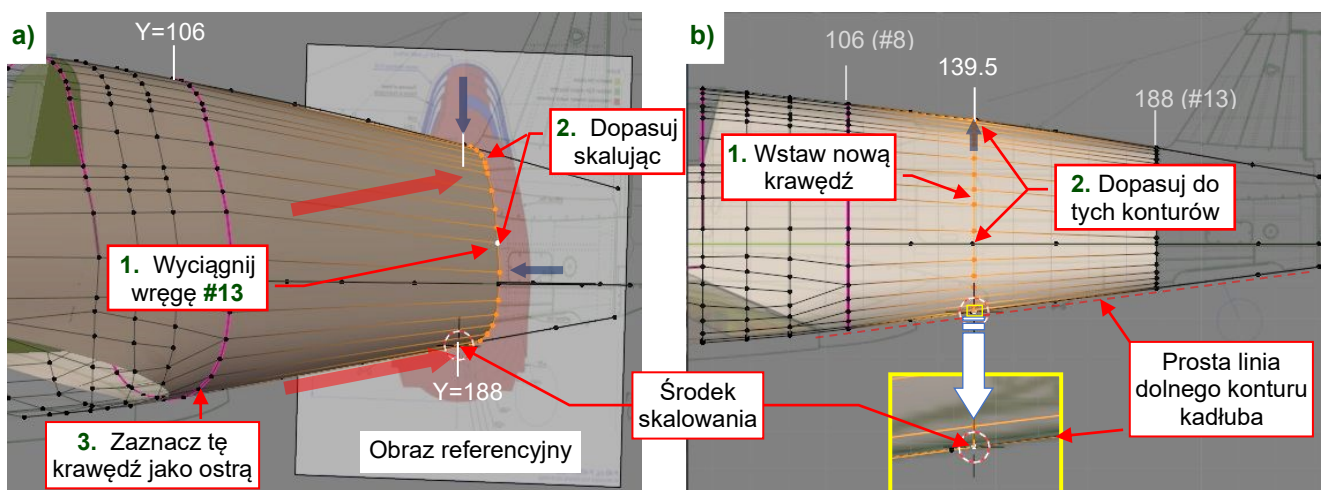


Rysunek 7.1.21 Przycinanie krawędzi środka kadłuba modyfikatorami **Boolean**

Fioletowe bryły z ilustracji powyżej należą do siatki pomocniczego obiektu **U.500.Fuselage**. Tylną, pochyłą krawędź otworu kokpitu (wzdłuż węgry #5) mógłbym odciąć narzędziem **Knife**. Jednak w następnym rozdziale użyjemy tego fragmentu siatki kadłuba do formowania tylnej części oszkleń kabiny i jej ramek. Ich kontury wzdłuż węgry #5 powinny pasować do kadłuba. Trudno byłoby zachować taką zgodność pochyłych krawędzi, gdy dookoła przesuwasz wszystkie wierzchołki siatki. Dlatego zdecydowałem się zachować wszystkie krawędzie „węgry” siatki w pionie, a pochyły kontur uzyskać za pomocą modyfikatora **Boolean**. Obiekt tnący, o nazwie **U.501.Cockpit**, jest tu obrócony o 13.5°. Użyjemy go także do „przycięcia” oszkleń kabiny.

Rysunek 7.1.21b) pokazuje przyciętą siatkę. Zwróć uwagę, że w **U.500.Fuselage** pozostawiłem lukę pomiędzy jego dwoma bryłami tnącymi. Przednia część otworu skrzydła pozostaje wymodelowana w siatce, a obiekt tnący płynnie przedłuża ten kontur (por. Rysunek 7.1.21a). Oczywiście, mogłem przygotować dłuższą bryłę tnącą, rozciągniętą się wzdłuż całej cięciwy skrzydła. Wtedy jednak przecinałaby „pudełko” umieszczone przed przegrodą silnika. Użyty w modyfikatorze **Boolean**, taki „wewnętrznie przenikający” się obiekt wygenerowałby różne artefakty. Unikam więc tych problemów korzystając z oddzielnych brył.

Teraz możemy zabrać się za ogon. Wyciągnij ze stacji **106** nową linię krawędzi i przesunij ją do stacji **188**, umieszczając jej najniższy wierzchołek na dolnym konturze kadłuba. To nasza węgry #13. Skaluj tę krawędź, dopasowując ją do konturu z obrazu referencyjnego **R.Sections (tail)** (Rysunek 7.1.22a):



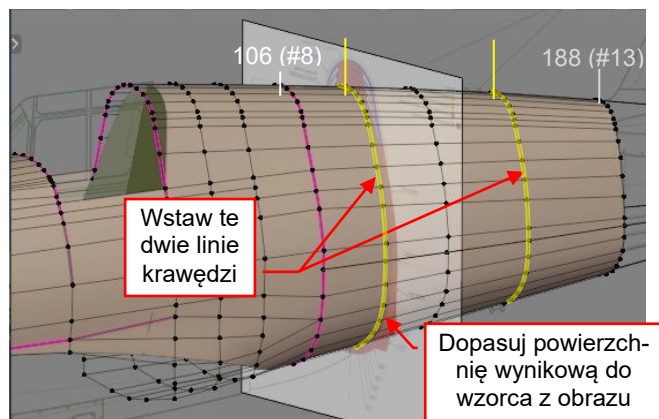
Rysunek 7.1.22 Formowanie ogona samolotu

Skalując, użyj dolnego wierzchołka tej węgry (Rysunek 7.1.22a zaznacza go kursorem 3D) jako środka transformacji. Gdy węgry #13 pasuje do konturu, wstaw kolejną linię krawędzi w stacji 139.5 (Rysunek 7.1.22b). Dopasuj ją, skalując, do górnego i bocznego konturu kadłuba, w ten sam sposób jak skalowałeś węgry #13.

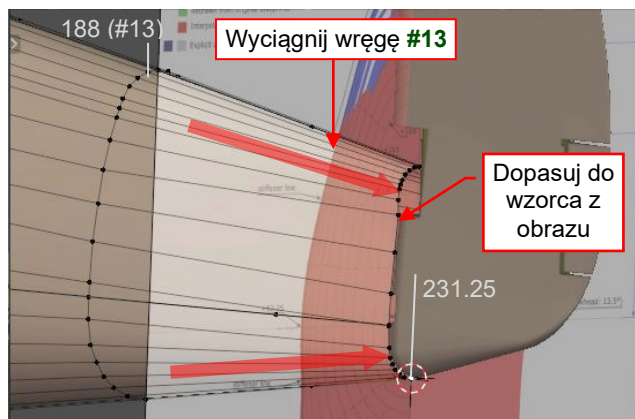


Podczas wstawiania kolejnych wręg ogona (Rysunek 7.1.22b) nie trzeba poprawiać ich położenia. To dzięki temu, że dół ogona P-40 jest linią prostą. Gdy tylko ustawisz wręgi **#8** i **#13**, każda nowa linia krawędzi wstawiona pomiędzy nimi pasuje do dolnego obrysu kadłuba.

Wstaw dwie pozostałe linie krawędzi w **Y=122.75** i **Y=161.22** (Rysunek 7.1.23). Dopasuj je do bocznego i górnego konturu kadłuba, tak jak to zrobiliśmy z poprzednimi sekcjami. Gdy to zrobisz, umieść w stacjach: **142**, **124** obraz **R.Section (tail)**. W każdej z tych stacji porównaj kontur wzorcowy z aktualnym przekrojem wynikowej powierzchni kadłuba z płaszczyzną obrazu. Gdy zauważysz odchylenie, popraw odpowiednie wierzchołki w najbliższych liniach wręg znajdujących się po przeciwnych stronach obrazu (oprócz wręgi **#8**):



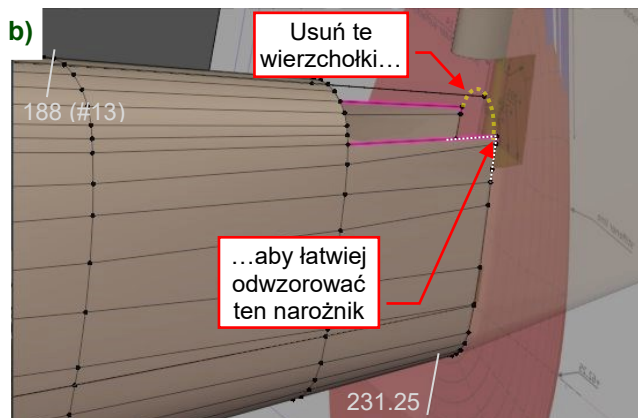
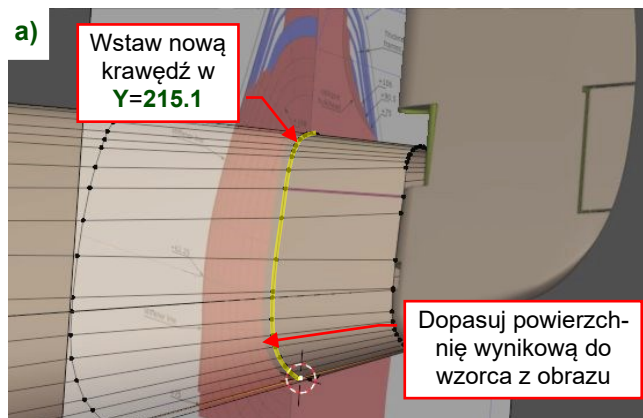
Rysunek 7.1.23 Wstawianie i dopasowanie pozostałych wręg



Rysunek 7.1.24 Wyciąganie ostatniego segmentu ogona

Wyciągnij z wręgi **#13** ostatni segment ogona i przesunij jego koniec do stacji **231 1/4**. Dopasuj tę krawędź do konturów kadłuba i kształtu wzorcowego przekroju, jak robiliśmy to z poprzednimi wręgami (Rysunek 7.1.24).

Wstaw w środek tego segmentu kadłuba nową linię krawędzi, w stacji **215.1**. Dopasuj ją do konturów kadłuba. Potem umieść obraz **R.Section (tail)** w stacjach: 188, 160, 101, 226.5 i dopasuj przekroje wynikowej powierzchni podziałowej do konturów odpowiednich wręg (Rysunek 7.1.25a).



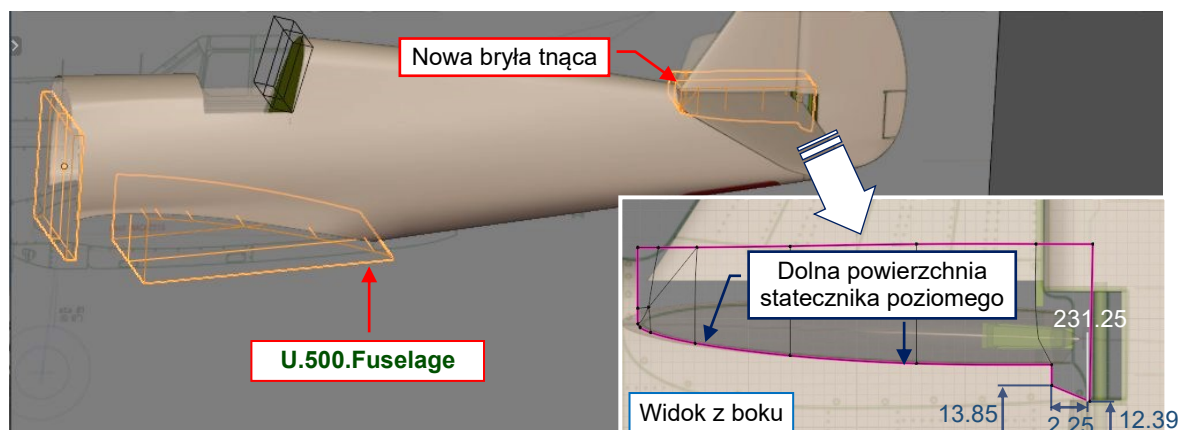
Rysunek 7.1.25 Formowanie końca kadłuba



Kolejność sprawdzania wręg kadłuba jest istotna. W tekście powyżej sugeruję zacząć od weryfikacji linii krawędzi wręgi **#13** (stacja **188**). Jestem pewien, że wyciągnięcie ostatniego segmentu kadłuba zmieniło w tym miejscu kształt powierzchni wynikowej. Gdy z powrotem ją dopasujesz, sprawdź stacje **160** i **201** pod kątem ewentualnych odchyień. Nie spodziewam się żadnych widocznych różnic w sekcji **226.5**. Jednak dobrą praktyką jest sprawdzenie wszystkich konturów wzorcowych.

Na koniec, aby lepiej dopasować obrys „U” ostatniego konturu, usunąłem górną część ostatniej linii krawędzi (Rysunek 7.1.25b). I tak za chwilę usuniemy (modyfikatorem **Boolean**) większy obszar z tego segmentu kadłuba, a prościej jest dopasować się do górnego narożnika ostatniej wręgi bez tych ścian siatki.

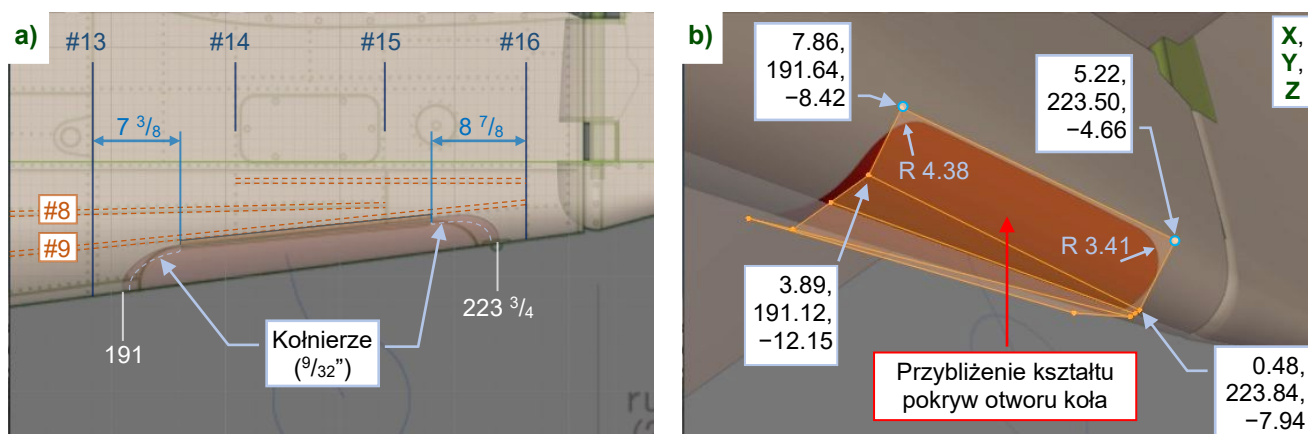
Dodaj do obiektu **U.500.Fuselage** nową bryłę (Rysunek 7.1.26), która odcina „nadmiar materiału” wokół statecznika poziomego¹. Zwróć uwagę na wymiary narożnika przy stacji **231.25** (nie znajdziesz ich na planach):



Rysunek 7.1.26 Dodatkowa bryła tnąca wokół podstawy statecznika

Ten odcięty kawałek kadłuba przyda się nam jeszcze przy formowaniu oprofilowania usterzenia. Dlatego zdecydowałem się wykonać ten otwór w sposób „odwracalny”, za pomocą modyfikatora **Boolean**.

Szczegółowe wymiary² wykazały, że na otwór kółka ogonowego był dłuższy niż na planach (Rysunek 7.1.27a):



Rysunek 7.1.27 Szczegóły otworu na kółko ogonowe i przybliżenie geometrii jego pokryw

Zawiasy taśmowe pokryw otworu kółka były przymocowane do podłużnicy **#9**. W P-40 tylna część ogona (za wręgą **#11** i poniżej osi kadłuba) została przeprojektowana. W porównaniu z P-36, podłużnica **#9** została odchyłona w górę, tworząc więcej miejsca na podwozie, podczas gdy podłużnica **#8** została zakończona na wrędze **#15**. Byłem w stanie dokładnie określić położenie początku i końca tego otworu podwozia (por. Rysunek 7.1.27a). Jednak jego szerokość jest przybliżona: wykorzystałem tu wymiary pokryw, szacunkowe odchylenie podłużnicy **#9** i kształt wręg z P-36 (**#13**, **#14**, **#15**, **#16**)³.

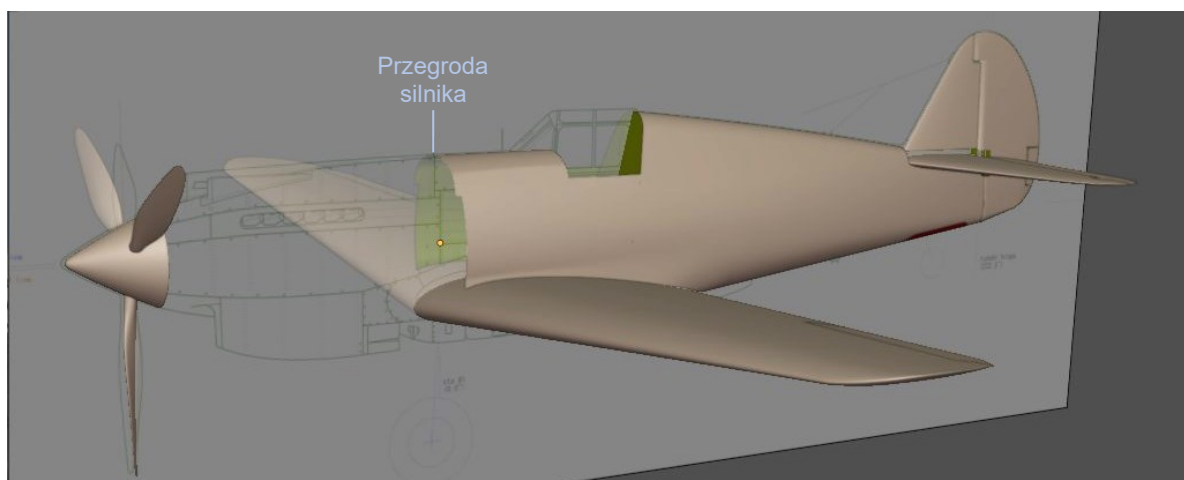
Kolejnym problemem były zaokrąglone narożniki tego otworu. Dokumentacja podaje ich promienie dla rozwiniętej blachy poszycia. Przybliżmy je za pomocą pomocniczego obiektu (Rysunek 7.1.27b). Nazwij go **X.500.Tail Wheel.Door**. Zaokrąglij jego narożniki za pomocą **Bevel (Vertex)** (skaluj promienie za pomocą wag) i wygładź modyfikatorem **Subdivision**. Wynikową powierzchnię „połóż” na kadłubie modyfikatorem **Shrinkwrap**. Później w tej książce stworzymy pod tymi pokrywami otwór kółka i jego kołnierze (Rysunek 7.1.27a).

¹ W tym samolocie statecznik poziomy leżał na wyprofilowanym fragmencie struktury kadłuba. Był przymocowany do jego bocznych okuć 8 śrubami. Te okucia i łby śrub kryły się pod dolną częścią oprofilowania krawędzi przecięcia statecznika i kadłuba.

² Pochodzą z rysunku 87-21-523. Zgodnie z jego tabelką, to ramka otworu na kółko ogonowe z P-40B i późniejszych wariantów. W P-40-cu ten otwór był krótszy, gdyż pierwsze P-40 miały kółka ogonowe o mniejszej średnicy.

³ Założyłem, że promienie ich podstawowych konturów pozostały takie same jak w P-36. Użyłem także wymiarów pokryw otworu.

Podstawowa część kadłuba jest już uformowana, więc możesz usunąć z jego siatki kontury pomocnicze stworzone na początku tej sekcji (por. Rysunek 7.1.3). Rysunek 7.1.28 pokazuje rezultat:



Rysunek 7.1.28 Uformowany kadłub za przegrodą silnika

Oczywiście, w dalszych sekcjach zmodyfikujemy wiele szczegółów tego obiektu. Wytniemy otwór kółka ogonowego, stworzymy zagłębienia za kabiną pilota i wiele innych detali.

Podsumowanie

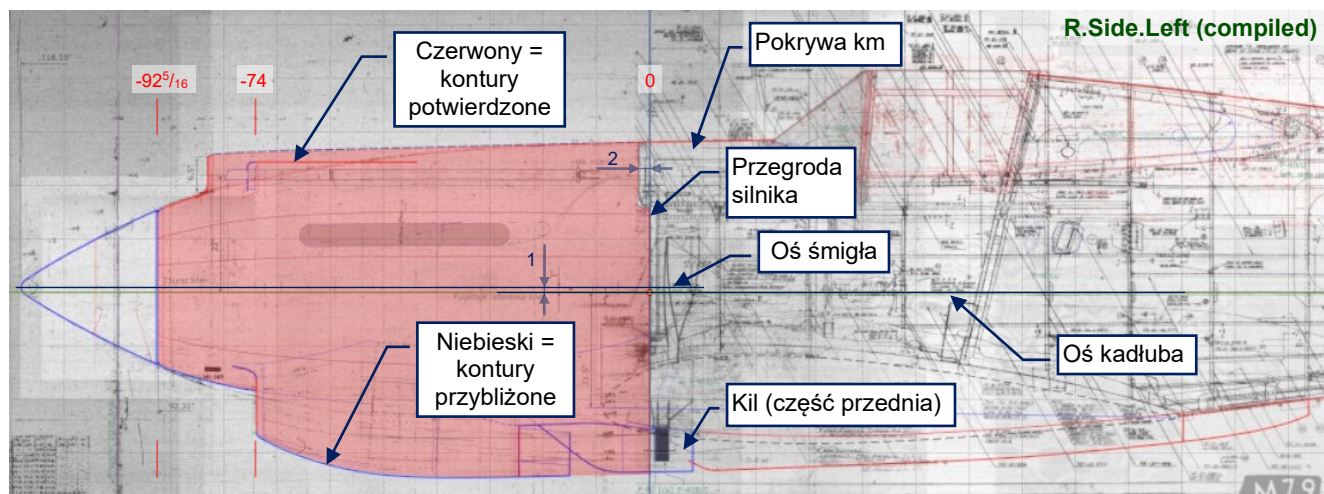
- Sugeruję podzielić kadłub na (co najmniej) dwa oddzielne obiekty: okapotowanie silnika (od kołpaka śmigła do przegrody silnika) i część główną, rozciągającą się od przegrody silnika do steru kierunku (str. 275).
- Siatka kadłuba jest formowana z krawędzi „podłużnic” i „wręg” (str. 284). Zaczęliśmy od obrysowania pomocniczymi krzywymi podziałowymi konturu kadłuba z boku i z góry (str. 276). Ich wierzchołki determinują położenie krawędzi „wręg” na siatce.
- Położenie krawędzi „podłużnic” określiliśmy obrysowując krzywymi podziałowymi kontury dwóch kluczowych wręg (str. 278).
- Stworzyliśmy pierwsze segmenty powierzchni kadłuba łącząc te początkowe kontury wręg (str. 279, 280). Następnie wyciągnęliśmy z nich kolejne segmenty (str. 279, 281, 283, 284). By lepiej odwzorować krzywiznę kadłuba, w środku tych segmentów wstawialiśmy dodatkowe linie krawędzi „wręg” (str. 282, 283, 284).
- Uważaj na krawędzie kokpitu i szyny odsuwanych osłon kabiny (str. 280, 281).
- Wykorzystaj modyfikatory **Boolean** i pomocnicze bryły do „przycięcia” wynikowej powierzchni kadłuba i stworzenia ewentualnych otworów (str. 283, 285).
- Czasami możesz zdecydować się modelować otwór bezpośrednio w siatce (str. 275). To jest proste, jeżeli narożniki jego krawędzi leżą na płaskim fragmencie kadłuba. Tak uformowaliśmy otwór kokpitu (str. 280).
- Aby uzyskać ostry narożnik otworu modelowanego bezpośrednio w siatce wygładzonej modyfikatorem **Subdivision Surface**, w co najmniej dwóch z jego krawędzi ustaw współczynnik **Crease** na 1 (str. 280).



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: <model/p40/history/P40B-11.01.blend>.

7.2 Osłona silnika

W tej sekcji uformujemy podstawową bryłę osłony silnika P-40 (Rysunek 7.2.1). Następne sekcje tego rozdziału poświęcę szczegółom w jej górnej i dolnej części (osłonie chłodnicy), ze względu na ich złożoną geometrię.



Rysunek 7.2.1 Przednia część kadłuba, którą stworzymy w tej sekcji

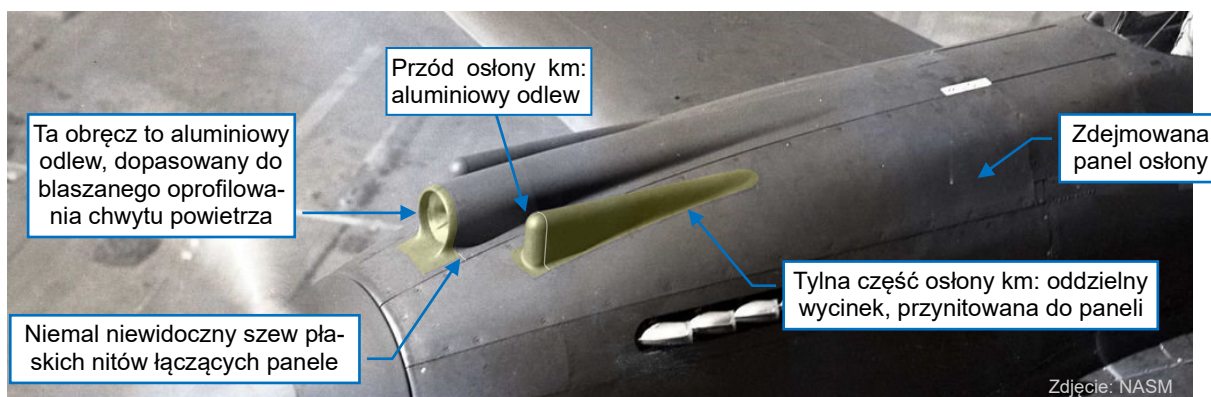
Jedną z baz wymiarowych osłony jest oś śmigła. Ta oś leży 1" ponad osią kadłuba ($Z=0$), której używaliśmy w poprzedniej sekcji. Stacje osłony mają ujemne numery, odpowiadające ich współrzędnym na osi Y . Na przykład: podstawa kołpaka śmigła leży na stacji $-92 \frac{5}{16}$, chwyt powietrza do chłodnicy cieczy na stacji -74 , i tak dalej. Stacja 0 to płaszczyzna dolnej części przegrody silnika.

W tej sekcji użyjemy następujących obrazów referencyjnych (dodaliśmy je do tego projektu już wcześniej):

- **R.Side.Left (compiled)** - widok z boku.
- **R.Top (Temma)** - widok z góry. Na tym rysunku zaznaczyłem na czerwono dokładniejszy kontur osłony silnika.
- **R.Sections (middle)** - zawiera kontury ostatnich 4 przekrojów (pomiędzy stacjami -32 i 0).
- **R.Sections (cowling)** - zawiera kontury przekrojów od podstawy kołpaka śmigła do stacji -44 .

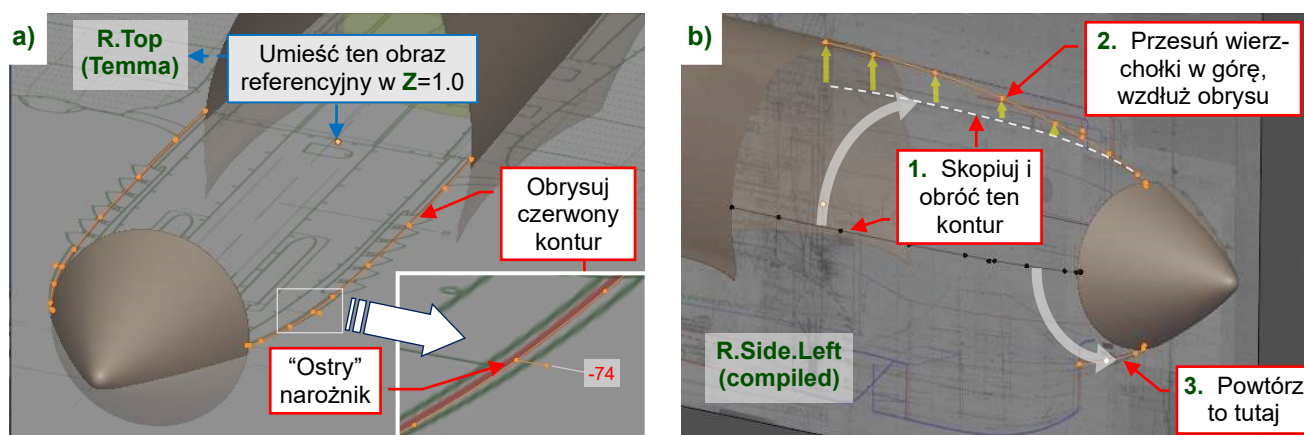
Oryginalna dokumentacja tego zespołu dla wczesnych wariantów P-40 zaginęła. Będę tu korzystać z wymiarów odcyfrowanych z kilku zachowanych szkiców XP-40 (por. Tom I, sekcja 9.7). Opisują one końcową wersję tego prototypu, wg stanu z zimy 1939/40. Porównując te obrysy ze zdjęciami doszedłem do wniosku, że kontur osłony chłodnic w seryjnych P-40-cu/B/C był głębszy o 1.5" niż w XP-40. Naniósłem jego przypuszczalny kształt na rysunek referencyjny **R.Side.Left (compiled)** (niebieskie linie – por. Rysunek 7.2.1).

Najpierw uformujemy nieco uproszczoną, główną bryłę tej osłony. Potem użyjemy modyfikatorów **Boolean** do wycięcia w tej powierzchni miejsc na szczegóły, takie jak chwyt powietrza do silnika, osłony km, czy wlot chłodnicy. W prawdziwym samolocie były one także tworzone z oddzielnych części (Rysunek 7.2.2):



Rysunek 7.2.2 Szczegóły osłony silnika na fabrycznie nowym P-40 (jeszcze bez km)

Zacznijmy formowanie od obrysowania krzywymi konturów osłony w rzucie z góry. W tym rzucie promień krzywizny wokół stacji -74 wydaje się mniejszy niż na konturach z boku¹ (Rysunek 7.2.3a):

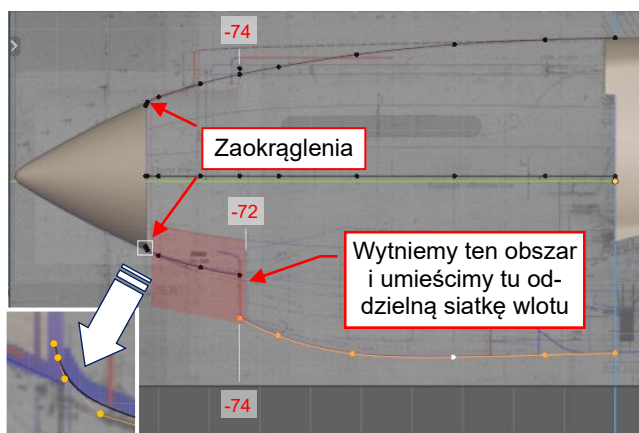


Rysunek 7.2.3 Przygotowanie wstępnych konturów okapotowania silnika

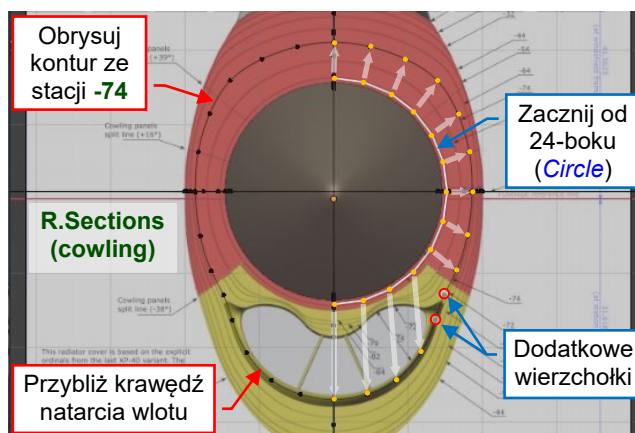
Stwórz nowy obiekt **Plane** w kolekcji **2b.Cowling**. Nazwij go **B.600.Cowling** i od razu dodaj modyfikatory **Mirror** i **Subdivision Surface**. Przekształć tę początkową ścianę w pojedynczą krzywą podziałową, obrysowując czerwony kontur zaznaczony na obrazie **R.Top (Temma)**. W stacji -74 musiałem utworzyć „ostry” narożnik: tak się objawia nieciągłość promieni krzywizny. Być może będziemy musieli wstawić w tym miejscu „ostrą” krawędź, tak jak w ogonie, w stacji 106 (por. str. 277, 283). Jednak kształt wynikowej powierzchni podziałowej zazwyczaj odrobinę się różni od takich wstępnych krzywych², więc może obędzie się tutaj bez zwiększania wspc. **Crease**.

Górny i dolny kontur osłony wydają się być podobne do konturów bocznych. Stwórz je więc poprzez obrót kopi krzywej bocznej (Rysunek 7.2.3b). Potem przesun ich wierzchołki wzdłuż osi **Z**, dopasowując do konturów w rzucie z boku. W ten sposób nie musisz uzgadniać liczby i położenia odpowiednich wierzchołków, jak to robiliśmy w przypadku konturów kadłuba za przegrodą silnika (por. str. 277).

Rysunek 7.2.4 pokazuje dolny kontur chłodnicy. Zwróć uwagę na przerwę w stacji -74. W docelowej siatce będzie tu otwór. Potem modyfikatorem **Boolean** wytniemy obszar dookoła (do stacji -72) i wstawimy w to miejsce bardziej szczegółową siatkę (oddzielny obiekt) wlotu powietrza do chłodnicy.



Rysunek 7.2.4 Szczegóły konturów bocznych



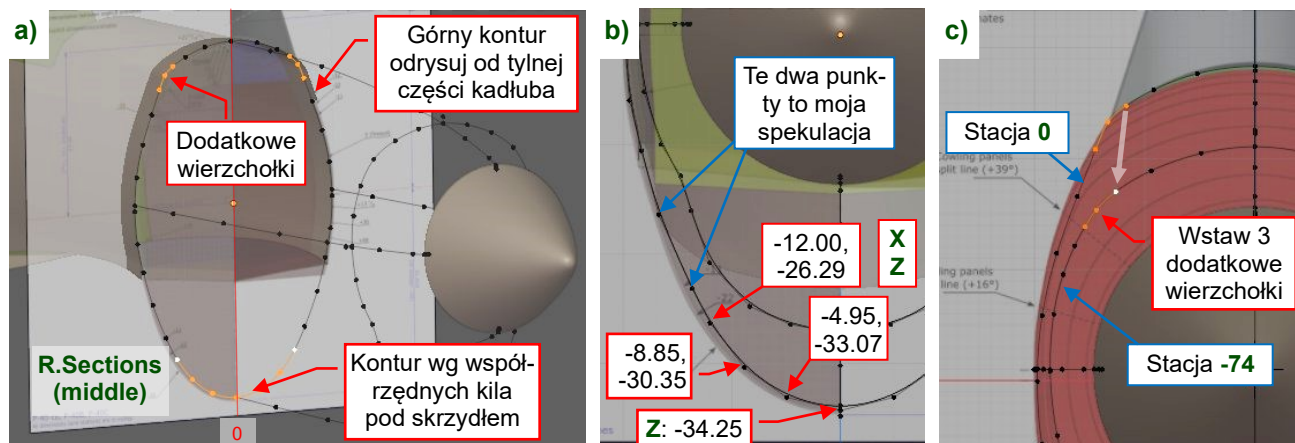
Rysunek 7.2.5 Formowanie przekroju ze stacji -74

Gdy kontury z boku, góry i dołu są gotowe, uformuj pierwszy z kluczowych przekrojów w stacji -74 (Rysunek 7.2.5). Zacząłem od 24-bocznego okręgu, który powiększyłem i dopasowałem do konturów na rysunku. Aby odtworzyć kontur dolny, dodałem dwa dodatkowe wierzchołki w narożniku wlotu chłodnicy.

¹ Nie biorę pod uwagę zaokrągleń wlotów powietrza do silnika czy chłodnicy. Na razie tworzymy uproszczoną wersję powierzchni

² Powierzchnie podziałowe Carmull-Clarka „degradują” się w krzywe podziałowe tylko wzdłuż swoich brzegów (oraz tych krawędzi, których **Crease** = 1). Wszystkie inne punkty są wyznaczone w nieco inny sposób (por. str. 1498, 1504, 1509)

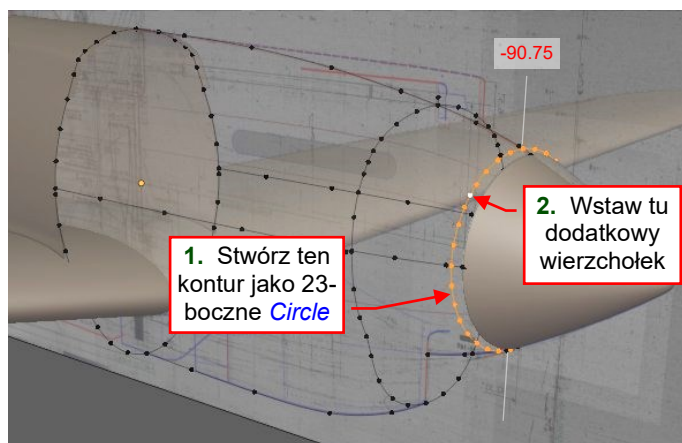
Drugi kluczowy przekrój leży w stacji **0**. Obrysowałem jego górną część (ponad skrzydłem) korzystając z powierzchni obiektu **B.500.Fuselage** (Rysunek 7.2.6a). Aby uzyskać zaokrąglone narożniki osłon km, musiałem dodać kolejne trzy wierzchołki, zwiększając ich liczbę ponad ośią kadłuba do 10:



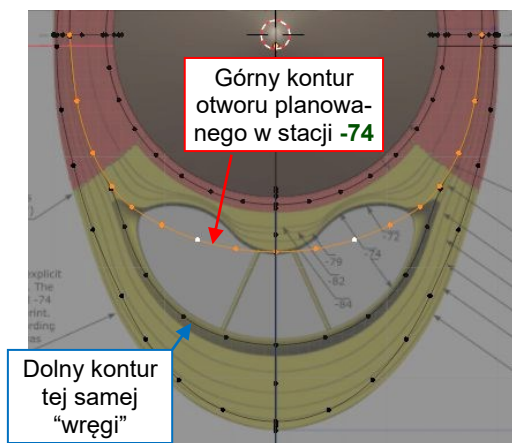
Rysunek 7.2.6 Formowanie przekroju kadłuba w stacji 0

Kształt niższej części przekroju kadłuba w stacji **0** (tej pod skrzydłem) był czystą spekulacją, dopóki nie znalazłem wymiarów jego dolnych 120° we współrzędnych kila¹ (por. Rysunek 7.2.1). Rysunek 7.2.6b) podaje położenie odpowiednich punktów sterujących (wierzchołków siatki) tej krzywej podziałowej, ponieważ nie ma jej na obrazie referencyjnym. Na koniec, aby uzgodnić liczbę wierzchołków pomiędzy kolejnymi „wręgami”, wstawiłem trzy dodatkowe punkty do konturu w stacji **-74** (Rysunek 7.2.6c). Oczywiście, ich obecność zmieniła kształt tej krzywej, więc musiałem znów dopasować zmodyfikowany fragment do rysunku referencyjnego.

Według szkiców XP-40, przekrój osłony w stacji **-90 3/4** był regularnym okręgiem. Aby dopasować się do liczby wierzchołków w poprzednich dwóch „wręgach”, stwórz go jako 32-boczne **Circle**. Potem wstaw dodatkowy wierzchołek w górny kontur i przekształć kontur wynikowy z powrotem w okrąg (Rysunek 7.2.7):



Rysunek 7.2.7 Formowanie przekroju kadłuba w stacji $-90 \frac{3}{4}$

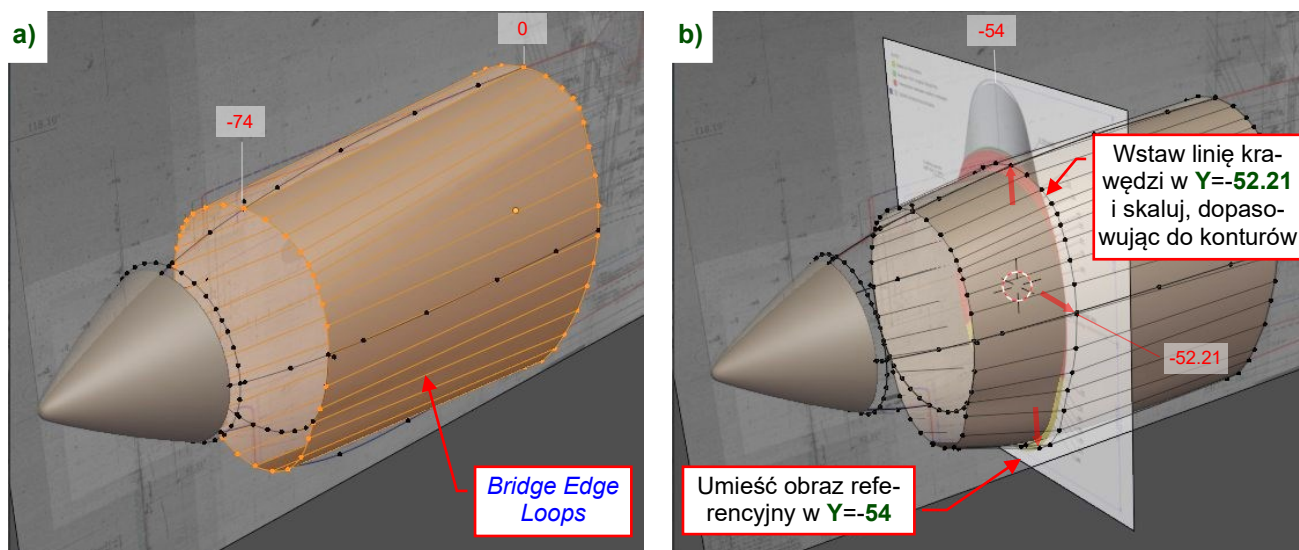


Rysunek 7.2.8 Dodatkowy przekrój w stacji **-74**

Na koniec dodaj kolejny kontur w stacji **-74**, ponad wlotem chłodnicy (Rysunek 7.2.8). Choć zamierzamy usunąć tę część finalnej powierzchni modyfikatorem **Boolean**, spodziewam się użyć jej jako wzorca podczas formowania szczegółowej siatki tego wlotu.

¹ Na dostępnych zdjęciach, „kil” pod skrzydłem wydaje się identyczny we wszystkich wariantach P-40 (od P-40-cu do P-40N). Wśród rysunków z AirCorps Library można znaleźć trzy segmenty tego kila (87-23-504, 87-23-503, 87-23-502). Każdy z nich zawiera współrzędne jego kolejnych przekrojów. Co interesujące, tabela ze współrzędnymi przedniej części zawiera także wiersz dla stacji **0**. Jednak ten rysunek pochodzi z września 1940, najprawdopodobniej z P-40D. Potem jednak znalazłem te same współrzędne w całkiem niespodziewanym miejscu: na rysunku przyłącza pokryw kila (87-23-015). Według jego tabelki tytułowej, pierwsza setka tych części była przygotowana dla P-40-cu. To byłoby potwierdzenie, że te współrzędne dotyczą wszystkich wariantów P-40.

Stwórz pierwszą część powierzchni osłony silnika łącząc początkowe kontury przy przegrodzie (stacji **0**) i stacji **-74** (Rysunek 7.2.9a):



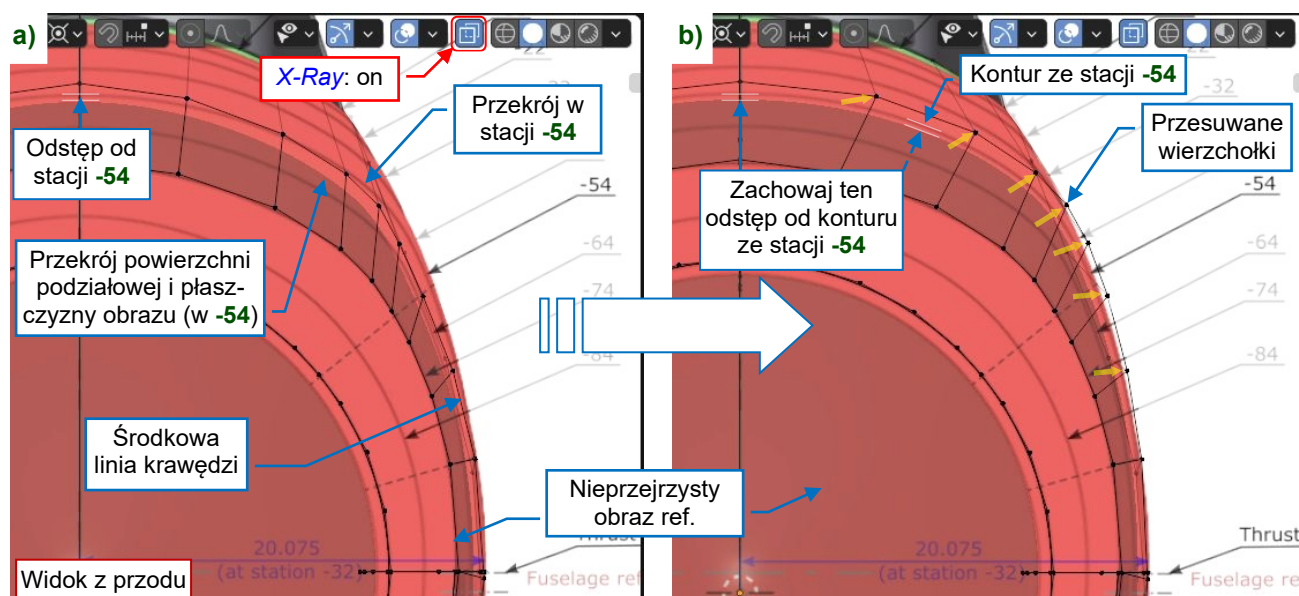
Rysunek 7.2.9 Formowanie podstawowej powierzchni (od przegrody silnika do stacji -74)

Potem wstaw w **Y=-52.21** (Rysunek 7.2.9b) pierwszą z zaplanowanych sekcji środkowych. Potem ustaw środek transformacji na przecięciu osi śmigła z tą stacją (**X:0, Y:-52.21, Z:1**). W pierwszym kroku skaluj tę linię wierzchołków, dopasowując ją do wierzchołków (punktów sterujących) krzywych przygotowanych na str. 288.



Dopasowujemy na razie tylko wysokość i szerokość takich środkowych sekcji. To pierwsze przybliżenie ich kształtu. Na razie kształt nowo wstawionych krawędzi może odbiegać od rysunków referencyjnych. Dokładnie dopasujemy ich kontury po wstawieniu wszystkich zaplanowanych sekcji.

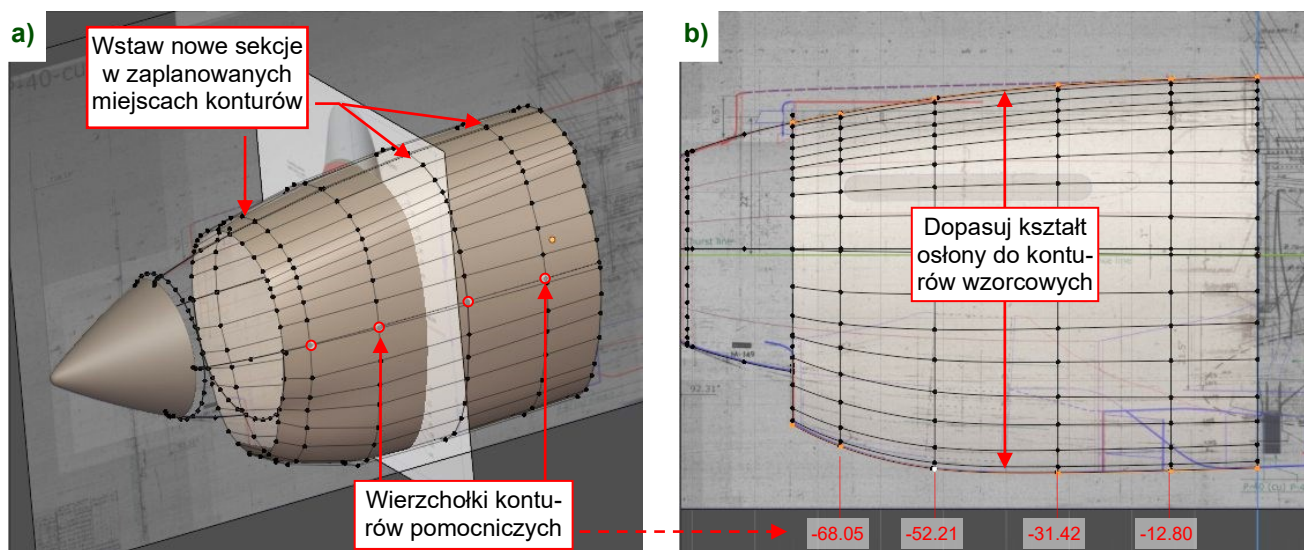
Choć w tym momencie szerokość i wysokość powierzchni wynikowej mogą odbiegać od krzywych wzorcowych, to jej przekrój poprzeczny powinien przypominać poprawny kontur. Dopasujemy ją do stacji najbliższej do tej środkowej sekcji. Umieść obraz referencyjny w stacji **-54** (Rysunek 7.2.9b). Na czas tej operacji wyłącz jego przejrzystość i włącz w oknie 3D opcję **X-Ray** (Rysunek 7.2.10a). W widoku z przodu przesuвай wierzchołki środkowej krawędzi tak, aby przekrój powierzchni wynikowej biegł wzdłuż konturu stacji **-54** (Rysunek 7.2.10b):



Rysunek 7.2.10 Przybliżanie kształtu środkowej sekcji (w stacji -54)

Zachowaj takie odstępów obrysu od wzorcowego konturu **-54**, jaki widzisz na osiach **Z** i **X** (Rysunek 7.2.10). Użyj tej samej metody do dopasowania dolnego przekroju powierzchni wynikowej do dolnego konturu stacji **-54**.

Gdy przygotujesz w ten sposób pierwszą środkową sekcję, będziesz miał mniej pracy z dopasowywaniem pozostałych krawędzi „wręg” zaplanowanych dla tej siatki. Wstaw je teraz (Rysunek 7.2.11a):



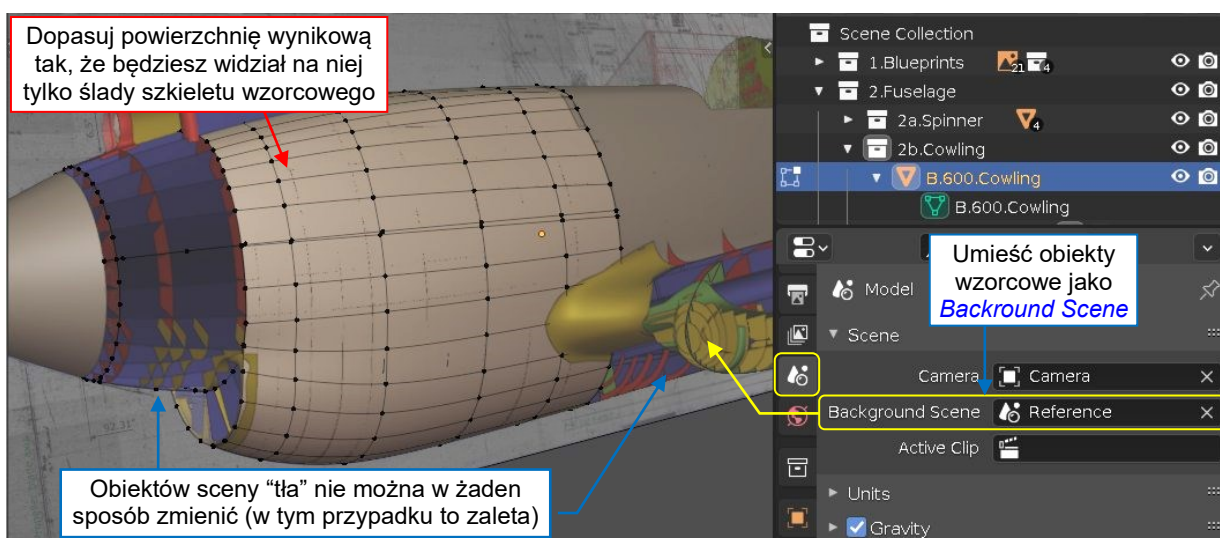
Rysunek 7.2.11 Wstawianie wszystkich linii krawędzi „wręg” przewidzianych dla tego segmentu

Po wstawieniu, skaluj ich szerokości i wysokości, dopasowując do wierzchołków pomocniczych konturów (por. Rysunek 7.2.9b). Potem dopasuj je do wzorcowych konturów przekrojów (por. Rysunek 7.2.10b). Tym razem zrób to dokładnie (ponieważ wszystkie zaplanowane punkty sterujące tej siatki są już na swoim miejscu). Możesz sobie pomóc kopiując obraz **R.Sections (cowling)** i umieszczając każdą z tych kopii w odpowiednich stacjach: **-64, -54, -44, -32**. Dla dolnych części sekcji **-32, -22, -11, 0** użyj kopii obrazu **R.Sections (middle)**.



W takim rzędzie wielu obrazów jeden często zasłania drugi. Jeżeli chcesz odtworzyć ten kształt z większą dokładnością, możesz przygotować, jako oddzielne obiekty, wzorcowe kontury tych przekrojów. (Coś w rodzaju pomocniczego „wzorcowego szkieletu” formowanej bryły).

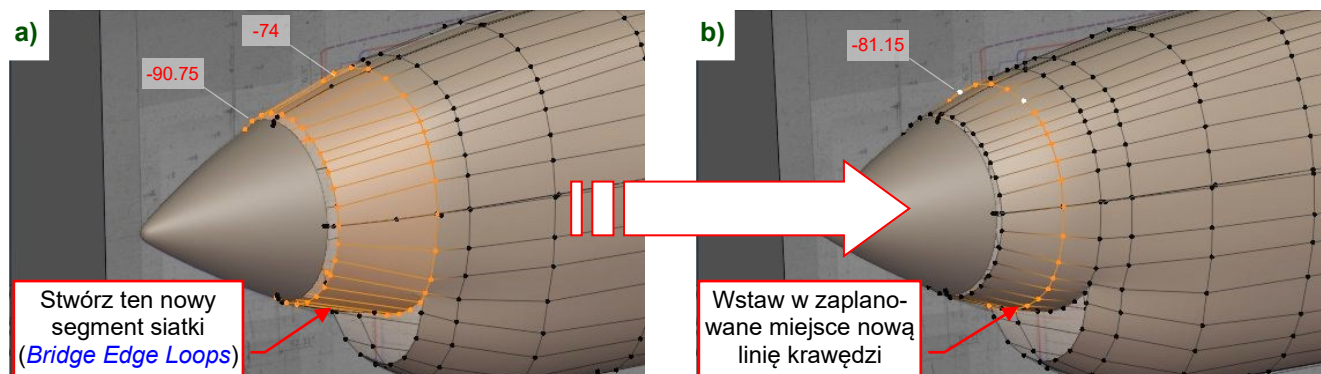
Abyś mógł się przekonać, jaka jest różnica pomiędzy używaniem obrazów a obiektów referencyjnych, przygotowałem pełen „wzorcowy szkielet” P- 40B. Znajdziesz go w materiałach, które towarzyszą tej książce (por. str. 620, Rysunek 15.2.7). Zaimportuj z tego pliku do swojego projektu scenę o nazwie **Reference** (por. opis na str. 620) i ustaw ją jako „tło” – tzw. **Background Scene** (Rysunek 7.2.12):



Rysunek 7.2.12 Dokładniejsza technika: dopasowywanie powierzchni wynikowej do wzorcowego „szkieletu”

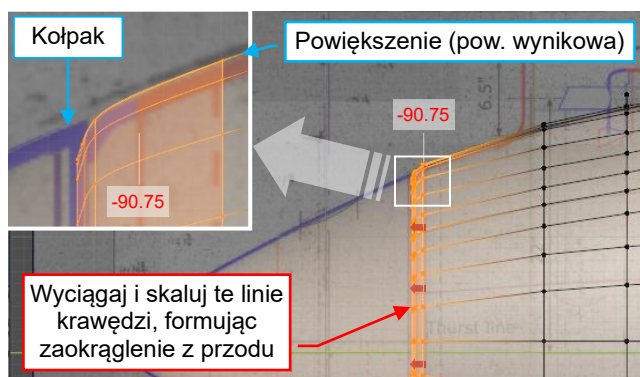
Podczas formowania tej części osłony, na stacji **-64** możesz nadal dopuścić jakieś niewielkie różnice (poniżej 0.1”). Ostatecznie uformujemy ją wraz z przednią częścią osłony (od kołpaka śmigła do stacji **-74**).

Stwórzmy przednią część osłony. Zaczniemy od połączenia konturów ze stacji **-74** i **-90.75** (Rysunek 7.2.13a). Potem wstaw w środek linię krawędzi w **Y = -81.15** (Rysunek 7.2.13b) i dopasowaniu wynikowej powierzchni do obrazów referencyjnych (lub do „wzorcowego szkieletu”):

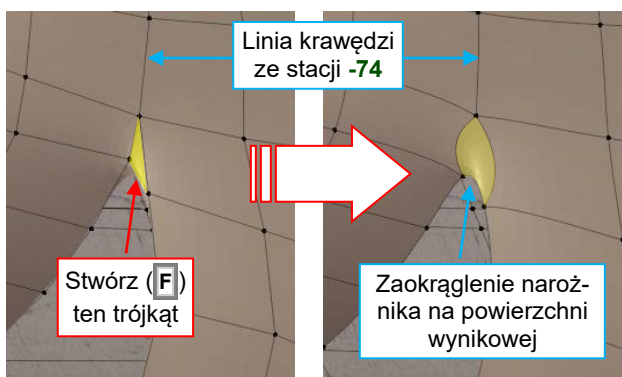


Rysunek 7.2.13 Formowanie przedniej części osłony silnika

Dzięki temu, że przekroje od stacji **-90.75** to regularne okręgi, możemy uformować zaokrągloną przednią krawędź osłony silnika poprzez wyciąganie i skalowanie. Wstaw w środek tego ostatniego, krótkiego segmentu siatki dwie dodatkowe linie krawędzi, aby uzyskać taki kształt, jak na konturach wzorcowych (Rysunek 7.2.14):



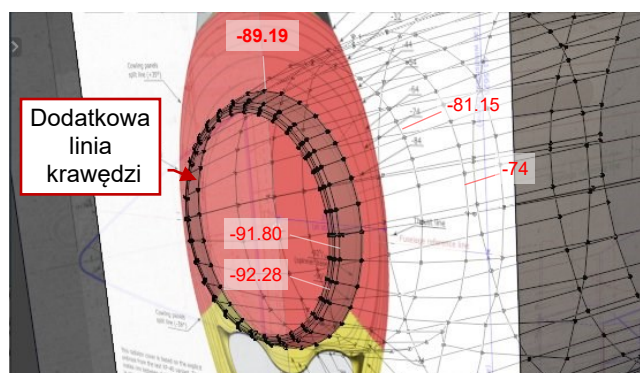
Rysunek 7.2.14 Formowanie zaokrąglenia za kołpakiem



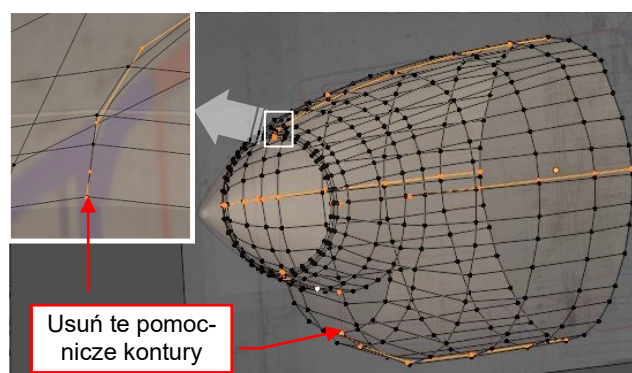
Rysunek 7.2.15 Dodatkowa ściana w narożniku stacji -74

W związku z tym, że ostatecznie nie oznaczyliśmy krawędzi w stacji **-74** jako „ostrzych” (**Crease** = 1), stwórz w narożniku jej otworu trójkątną ścianę (Rysunek 7.2.15).

Linia krawędzi ze stacji **-81.15** wystarczy do dopasowania powierzchni wynikowej do konturów z boku i z góry. Jednak okazuje się, że nie wystarczy do dokładnego dopasowania kolejnych przekrojów pomiędzy osią poziomą i pionową. Aby odwzorować ten kształt, wstawiłem dodatkową linię krawędzi w **Y = -89.19**. Jej obecność zmusiła mnie do przesunięcia dwóch przednich krawędzi „wręg” (**-90.75** → **-91.80**, por. Rysunek 7.2.16):



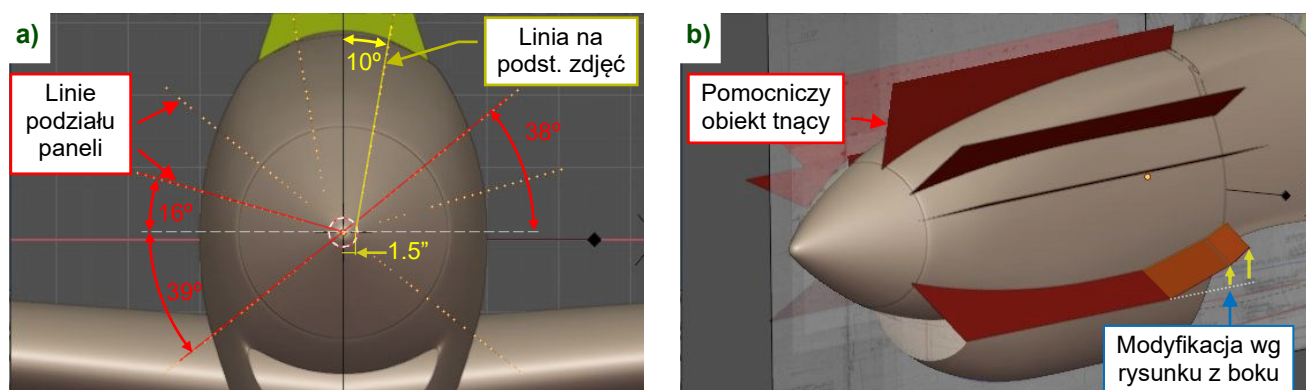
Rysunek 7.2.16 Końcowe dopasowywanie powierzchni



Rysunek 7.2.17 Usuwanie konturów pomocniczych

Gdy powierzchnia osłony silnika jest dopasowana, sprawdź jeszcze raz wszystkie jej kontury. Gdy nie widzisz żadnego błędu, możesz usunąć jej krzywe pomocnicze z siatki (Rysunek 7.2.17).

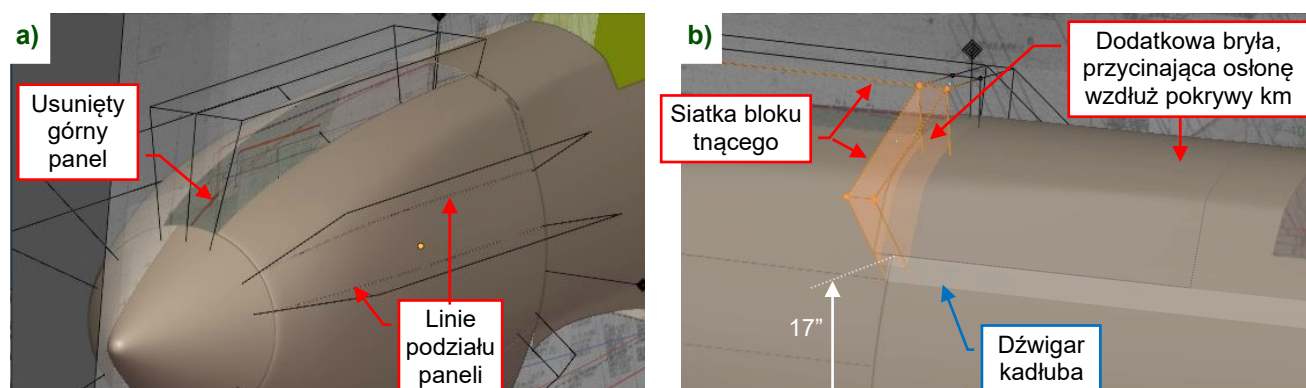
Gdy powierzchnia osłony jest uformowana, możemy ją przyciąć modyfikatorami **Boolean**. Zanim jednak to zrobimy, wytnijmy linie łączenia paneli. W widoku z przodu są to linie proste (Rysunek 7.2.18a):



Rysunek 7.2.18 Pomocniczy obiekt do wycięcia linii połączeń paneli

Te panele były mocowane zamkami dzus do rozciągniętych pod nimi podłużnic. Przygotuj pomocniczy obiekt tnący o nazwie **U.600.Panel Seams** składający się z czterech płaszczyzn. Obróć te płaszczyzny wokół osi śmigła (Rysunek 7.2.18a). Potem uczynj je symetrycznymi (modyfikatorem **Mirror**) i nadaj im grubość 0.05" (modyfikatorem **Solidify**). W rezultacie ten pomocniczy obiekt powinien wyglądać tak, jak pokazuje Rysunek 7.2.18b).

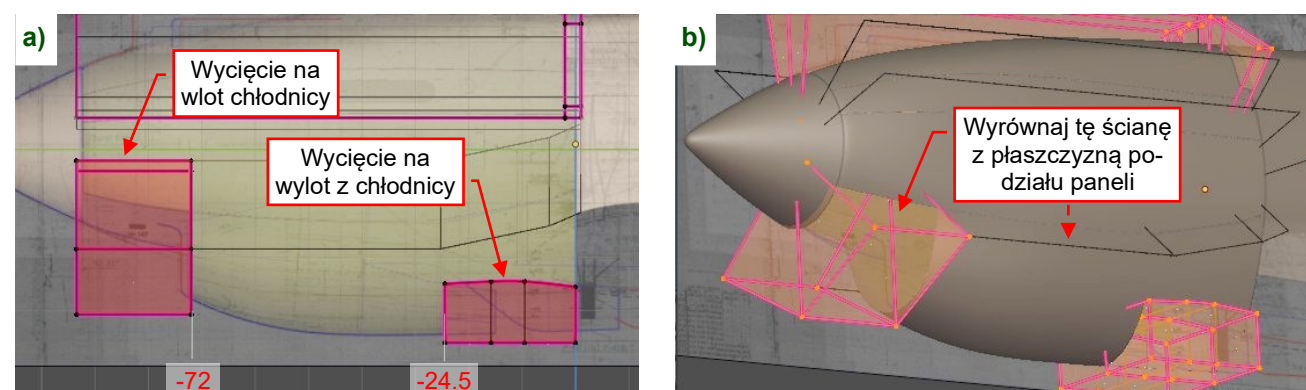
Teoretycznie, moglibyśmy połączyć te „płaszczyzny podziału” z blokami, którymi przytniemy tę osłonę (Rysunek 7.2.19a). Jednak taka kombinacja wymagałaby użycia przy przecinaniu wolniejszej opcji **Exact**. Lepszym pomysłem jest stworzyć z tych bloków drugi obiekt tnący i zastosować dla obydwu opcję **Fast**.



Rysunek 7.2.19 Pomocniczy obiekt do przycięcia powierzchni osłony

Jak widać powyżej, zacząłem od pojedynczego bloku, wycinającego górną panel (Rysunek 7.2.19a). Stworzymy ją oddzielnie, wraz z chwytem powietrza do silnika. Potem wyciągnąłem na bok z tego klina „pudełko”, które przycina powierzchnię wzdłuż pokryw km, aż do głównego dźwigara (do **Z=17**, por. Rysunek 7.2.19b).

Rozbudujmy ten obiekt tnący o bloki przycinające dolne powierzchnie (Rysunek 7.2.20):

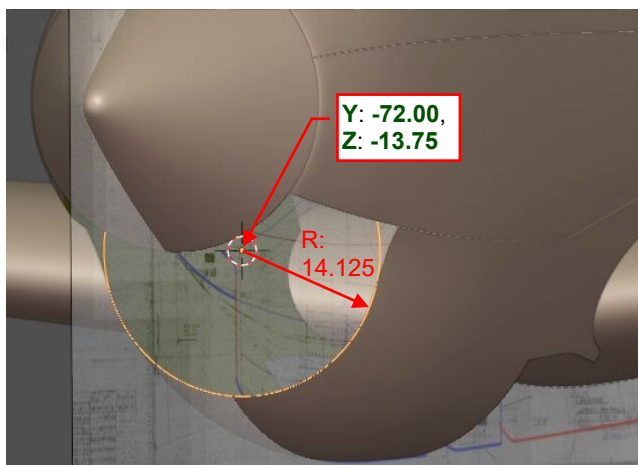


Rysunek 7.2.20 Dodatkowe bryły tnące

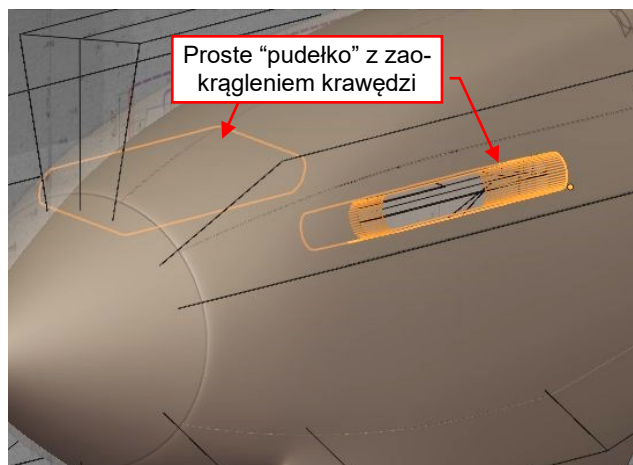


Ośłona silnika jest najmniej udokumentowanym podzespołem wczesnych wariantów P-40. Na przykład – linia podziału górnej paneli (por. Rysunek 7.2.18a) jest oparta na zdjęciach i różnych założeniach. To samo dotyczy szczegółów osłony chłodnic cieczy.

W oparciu o wyblakłe, niemal nieczytelne szkice Curtiss, oszacowałem, że kontur wlotu do chłodnicy w stacji **-72** był łukiem o promieniu = **14.125** i środku w **Z = -13.75** (Rysunek 7.2.21). Stworzyłem taki obiekt wzorcowy. Gdy w dalszej części tego rozdziału będziemy formować szczegóły tego wlotu, użyjemy centrum tego okręgu jako środka transformacji. Oczywiście, takie założenia dotyczące kształtu osłony chłodnicy wymagają dalszej weryfikacji (por. Rozdział 14).



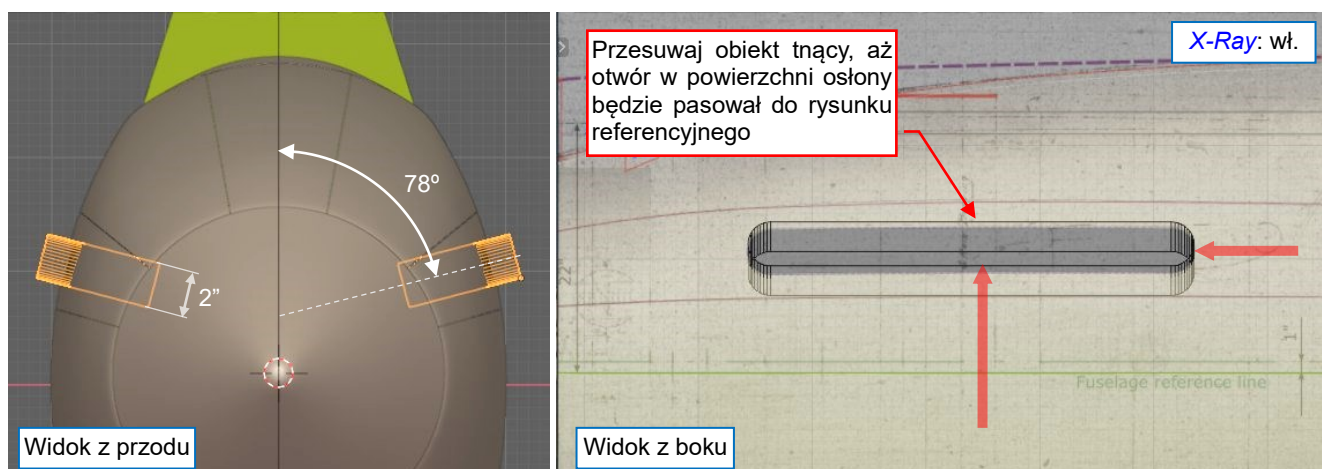
Rysunek 7.2.21 Wzorcowy okrąg wlotu chłodnicy



Rysunek 7.2.22 Obiekt wycinający otwór rur wydechowych

W bokach osłony silnika P-40 znajdowały się otwory na rury wydechowe. Ich kształt jest także przybliżeniem, opartym na geometrii silnika Allison i częściowych rysunkach Curtiss. Dlatego użyłem do ich wycięcia dedykowanego obiektu tnącego, który będzie łatwo poddać ewentualnym modyfikacjom (Rysunek 7.2.22).

Rysunek 7.2.23 pokazuje szczegóły geometrii tego obiektu. To proste „pudełko”, z narożnikami zaokrąglonymi modyfikatorem **Bevel (Weight)** (promień: **1"**). Prawa strona jest wygenerowana przez modyfikator **Mirror** (względem płaszczyzny symetrii kadłuba). Użyj tego obiektu w kolejnym modyfikatorze **Boolean**, dodanym do obiektu osłony. Określ długość i położenie tego „pudełka” dopasowując kształt uzyskanego otworu w powierzchni okapotowania silnika z rzutem z boku. Użyłem do tego obrazu **R.Side.Left (compiled)**:



Rysunek 7.2.23 Szczegóły otworów rur wydechowych

W przyszłości taki obiekt tnący można będzie łatwo zmodyfikować (gdyby się okazało, że otwory na rury wydechowe nie pasują do zdjęć rzutowanych na ten model).

Obiekty tnące

Modyfikatory osłony silnika

Aby zobaczyć ucięte części powierzchni, wyłącz tę opcję

Rysunek 7.2.24 Ukończona w tej sekcji osłona silnika

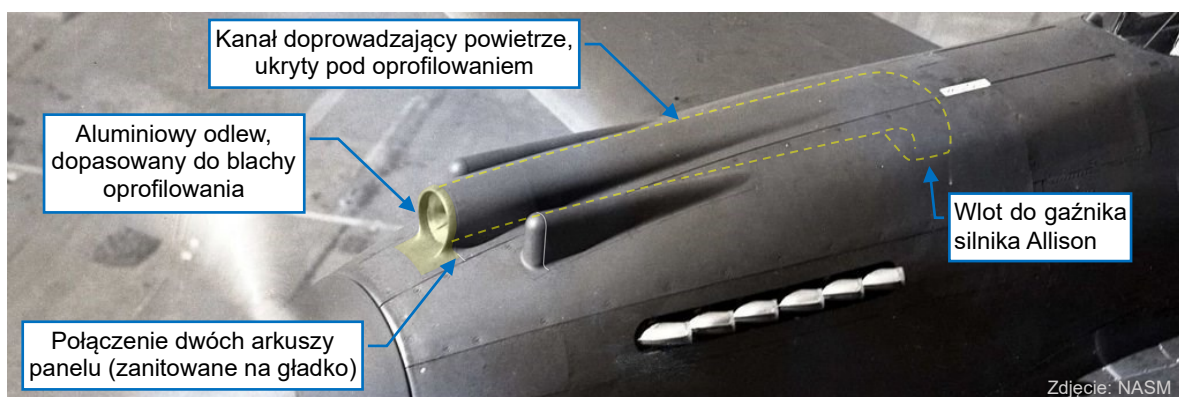
- Osłona silnika jest najmniej udokumentowanym podzespołem wczesnych wariantów P-40 (do P-40C włącznie). Wiele jej szczegółów jest opartych na przypuszczeniach (założeniach) i może ulec zmianie w wyniku odnalezienia nowych materiałów referencyjnych.
- Zaczęliśmy od obrysowania pomocniczymi krzywymi konturów osłony z góry i z boku (str. 288). Ich wierzchołki określiły położenie (stacje) krawędzi „wręg” przyszłej siatki. Następnie uformowaliśmy kontury trzech kluczowych przekrojów, w stacjach **0**, **-74** i **-95.75** (str. 288, 289). Wszystkie trzy mają taką samą liczbę wierzchołków.
- Uformowaliśmy powierzchnię osłony silnika łącząc trzy przygotowane kontury przekrojów (str. 290 - 292). W środku tych segmentów wstawiliśmy dodatkowe linie krawędzi (str. 291, 292). Każda z nich odpowiada jednemu z wierzchołków pomocniczych konturów (str. 291). Wynikowa powierzchnia podziałowa jest dopasowana do konturów wzorcowych przekrojów (str. 290, 291, 292). Aby dokładniej dopasować ją do tych obrysów, czasami musieliśmy wstawić dodatkową („niezaplanowaną”) linię krawędzi (str. 292).
- Aby przyciąć tę osłonę, użyliśmy pomocniczych obiektów tnących i modyfikatorów *Boolean* (str. 293). Jednym z nich jest obiekt wycinający krawędzie (połączenia) paneli (str. 293). Przypuszczam, że w przyszłości będziemy musieli poprawiać kształt otworu na rury wydechowe. Dlatego stworzyłem ich bryłę tnącą jako oddzielny obiekt, skojarzony z trzecim modyfikatorem *Boolean* dodanym do obiektu osłony silnika.



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: *model\p40\history\P40B-11.02.blend*.

7.3 Chwyt powietrza do silnika

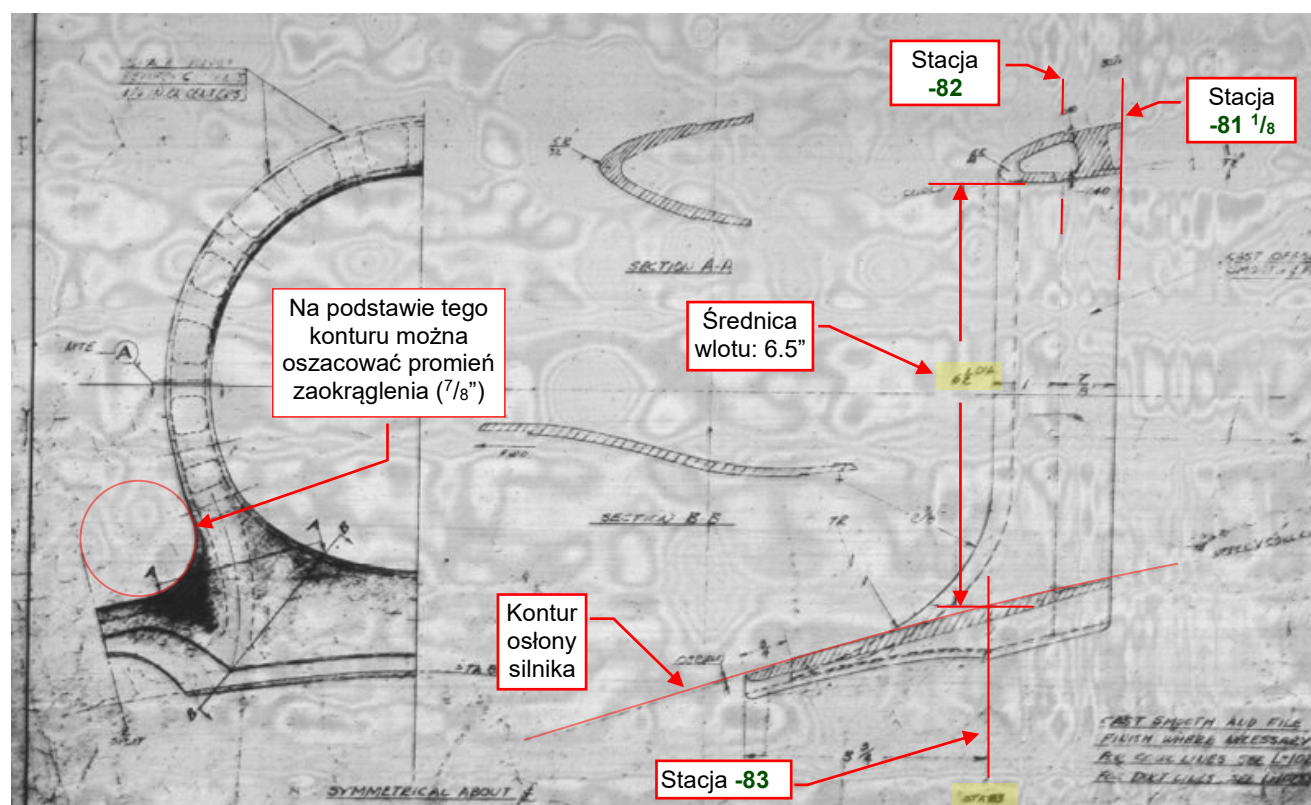
Odtworzenie szczegółów osłony silnika wczesnych wariantów P-40 wymaga dużo pracy, więc zdecydowałem się poświęcić każdemu z tych elementów odrębną sekcję tego rozdziału. W tej opiszę formowanie chwytu powietrza do silnika. Pokazywałem go już na początku poprzedniej sekcji (Rysunek 7.3.1):



Rysunek 7.3.1 Szczegóły chwytu powietrza do silnika

Ten chwyt miał okrągły wlot powietrza. Dalszy kanał, ukryty pod osłoną silnika, doprowadzał je do gaźnika Stromberg, umieszczonego za cylindrami silnika Allison. Wlot do tego gaźnika był prostokątny. Zakładam, że przekroje poprzeczne kanału powietrza P-40 płynnie przechodziły z okręgu na początku w prostokąt na końcu.

Szukałem jakiegokolwiek rysunku tego podzespołu. Jedyne, co znalazłem, to szkic (SK-2603) odlewu wlotu powietrza. Według tabelki znamionowej, jest to część dokumentacji XP-40 (Rysunek 7.3.2):



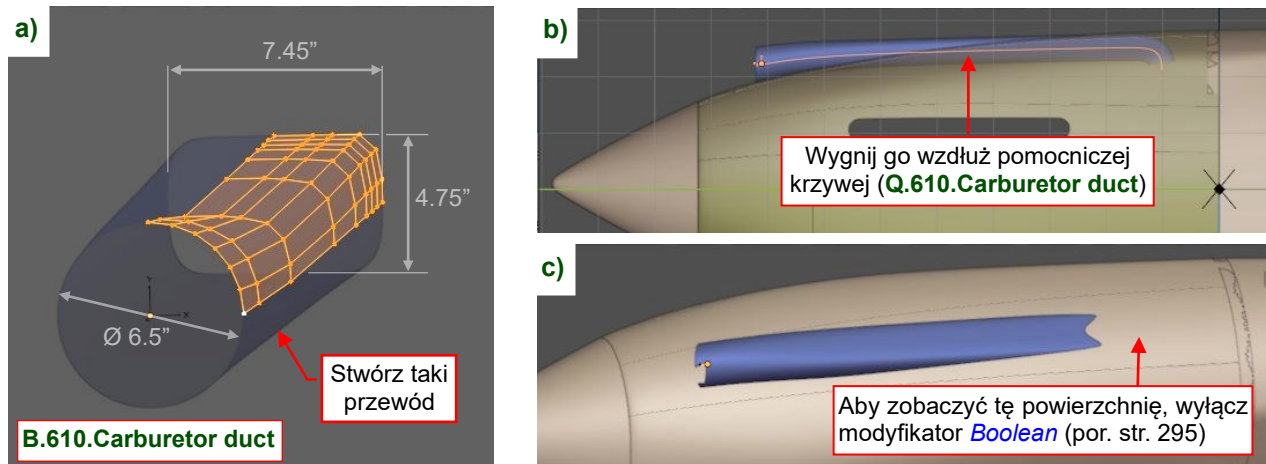
Rysunek 7.3.2 Szkic SK-2603 z dokumentacji XP-40

Wygląda podobnie do tej samej części z seryjnych P-40-cu, pokazywanych przez Rysunek 7.3.1. Jednak nie zakładaj, że były identyczne – nie mamy nic na potwierdzenie takiej hipotezy.

W naszym modelu, sugeruję podzielić tę górną panel na dwie części wzdłuż tylnej krawędzi tego odlewu (jak w oryginalnym samolocie). Najpierw uformujemy część tylną, potem bardziej złożoną siatkę części z wlotem.

W związku z brakiem dokumentacji, kształt osłony za wlotem ze szkicu **SK-2603** będzie moją spekulacją. Stworzyłem ją korzystając z dostępnych zdjęć i geometrii wlotu do gaźnika silnika Allison.

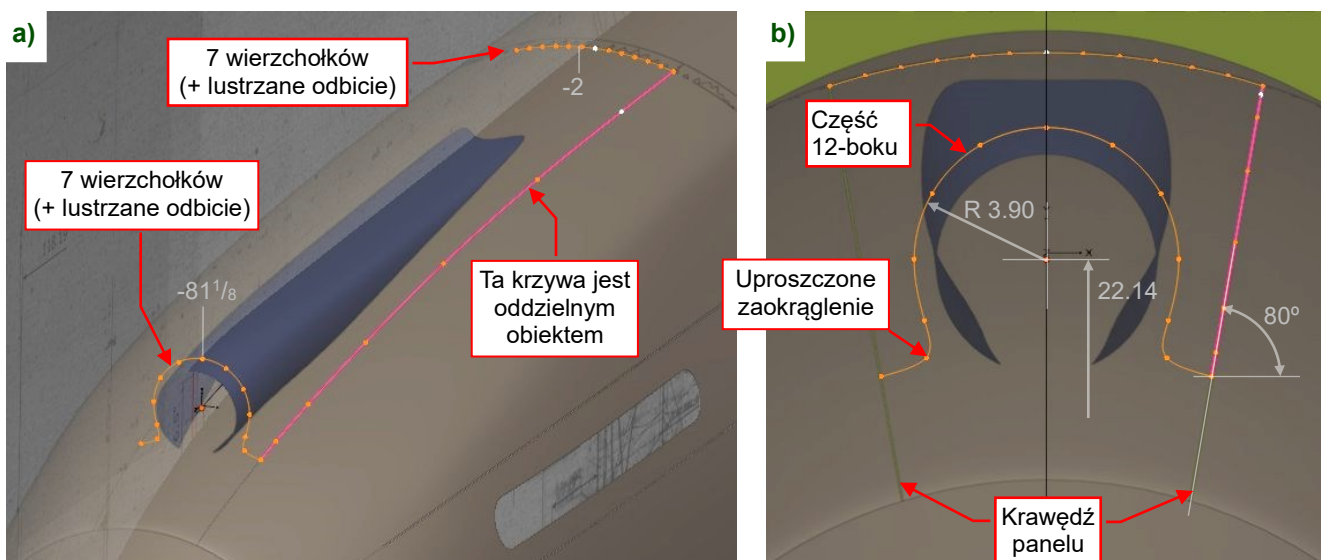
Na początek, uformujmy wewnętrzny kanał, który przenosił napływające powietrze ponad cylindrami silnika do wlotu gaźnika. Zaczniemy od stworzenia prostej rury, łączącej okrągły przekrój z przodu (o średnicy **6.5"**) z prostokątnym przekrojem z tyłu (**4.75" x 7.45"**), tak jak to pokazuje Rysunek 7.3.3a):



Rysunek 7.3.3 Formowanie wewnętrznego kanału powietrza do gaźnika

Nazwij ten obiekt **B.610.Carburetor duct**. Wstaw w środek tej siatki dwie nowe sekcje, a potem wygnij go wzdłuż pomocniczej krzywej (**Q.610.Carburetor duct**) za pomocą modyfikatora **Curve** (str. 555). Pokazuje to Rysunek 7.3.3b). Kształt przecięcia tego kanału z podstawową powierzchnią osłony (Rysunek 7.3.3c) pozwala się zorientować, co mają zasłonić kolejne kontury przekrojów poprzecznych górnej paneli.

Jak zazwyczaj, zaczniemy formowanie siatki tego zewnętrznego panelu od podprowadzenia konturów jego kluczowych krzywych. W tym przypadku są to jego kontury zewnętrzne (Rysunek 7.3.4a):

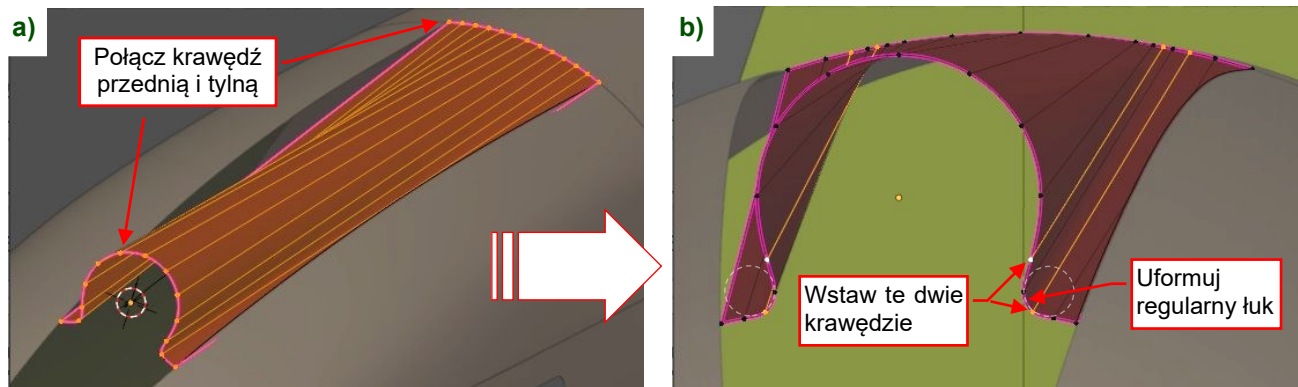


Rysunek 7.3.4 Wstępne kontury panelu zewnętrznego

Unikaj umieszczenia zbyt wielu wierzchołków w tylnym łuku. Z tego powodu, na początek nie tworzyłem łuków w narożnikach przedniego konturu. Są tam zwykłe krzywe podziałowe rozciągnięte na trzech wierzchołkach. Krzywe przednia i tylna zawierają po 7 węzłów (wierzchołków), odbitych względem płaszczyzny symetrii.

Krawędź boczna biegnie wzdłuż linii podziału paneli (por. str. 293, Rysunek 7.2.18). Aby łatwo odtworzyć ten pochylony kontur, utworzyłem ją jako oddzielny obiekt, obrócony o 10° (por. Rysunek 7.3.4b). Taka orientacja pozwala mi przesuwając wierzchołki krzywej wzdłuż lokalnych osi tego obiektu, zachowując nienaruszony prosty kontur tej krawędzi w rzucie z przodu.

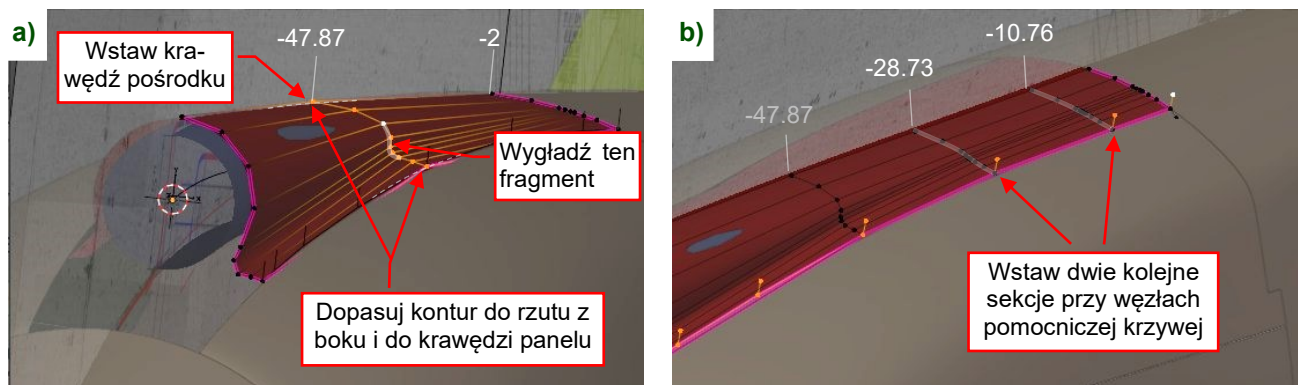
Stwórz pierwsze ściany siatki łącząc wierzchołki jej przedniej i tylnej krawędzi (Rysunek 7.3.5a):



Rysunek 7.3.5 Połączenie przedniego i tylnego konturu

Wstaw dwie dodatkowe krawędzie „podłużne” (Rysunek 7.3.5b), które pozwalają nam uzyskać w narożniku przedniej krawędzi regularny łuk. Teraz w naturalny sposób wyjaśniło się, gdzie na tylnej krawędzi mają leżeć te dodatkowe dwa wierzchołki.

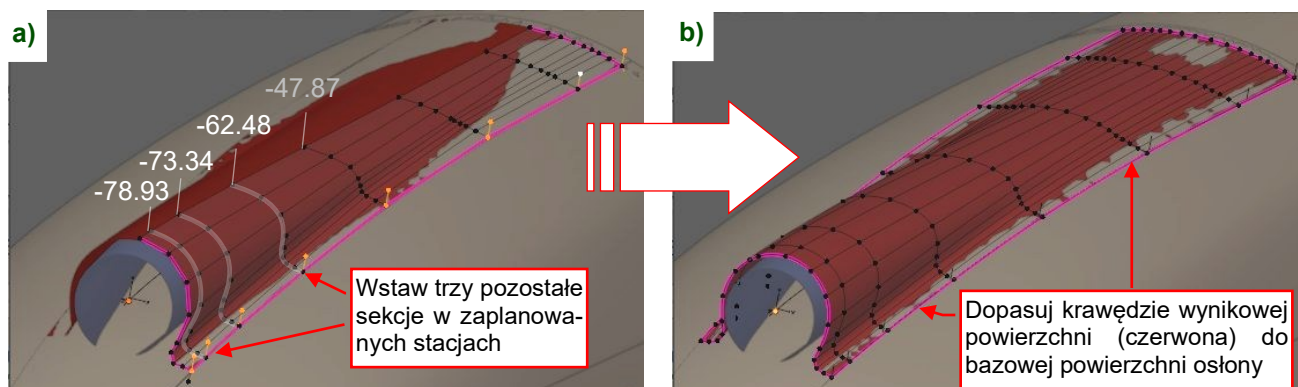
Teraz wstaw w środkowym z zaplanowanych miejsc nową linię krawędzi „wręg” (Rysunek 7.3.6a):



Rysunek 7.3.6 Wstawianie środkowych linii krawędzi

Zmniejsz tę krawędź wzdłuż osi **Z** i wygładź jej kontur („S”) przesuwając wierzchołki. Gdy już ją uformowałeś i dopasowałeś do rysunku referencyjnego i krawędzi panelu, wstaw kolejną linię krawędzi (Rysunek 7.3.6b). Umieszczaj każdą z nich w odpowiednim wierzchołku krzywej krawędzi panelu i dopasowuj do linii na obrazie.

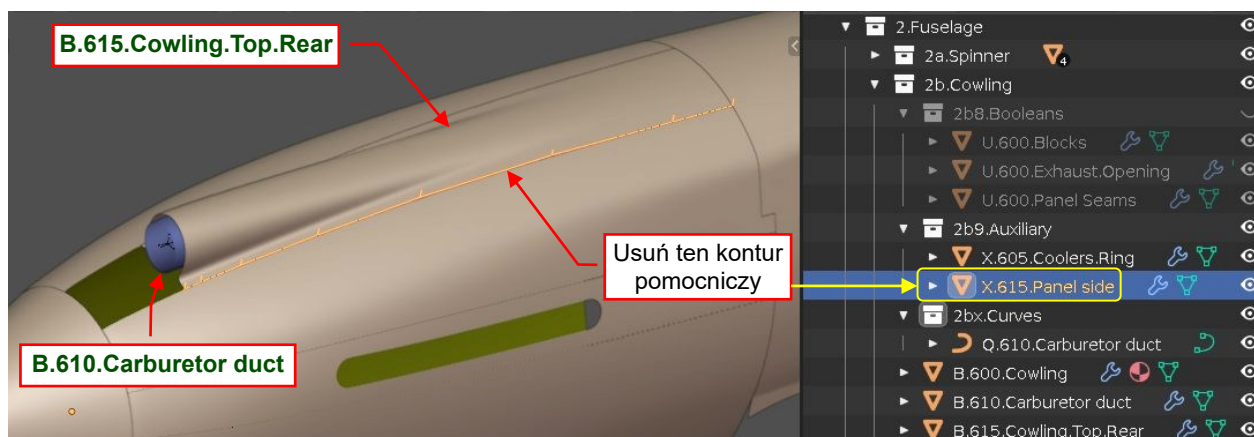
W ten sam sposób wstaw i dopasuj trzy linie krawędzi z przodu (Rysunek 7.3.7a), także zaczynając od środkowej (tej ze stacji **-73.34**). Potem dopasuj tylną i boczne krawędzie powierzchni wynikowej do oryginalnej osłony silnika (Rysunek 7.3.7b):



Rysunek 7.3.7 Dokończenie formowania górnej paneli

Aby widzieć tę część podstawowej powierzchni osłony, wyłącz opcję **Realtime** w pierwszym z jej modyfikatorów **Boolean** (por. str. 295). (W przykładzie pokazanym przez Rysunek 7.2.24 to modyfikator **Boolean (blocks)**).

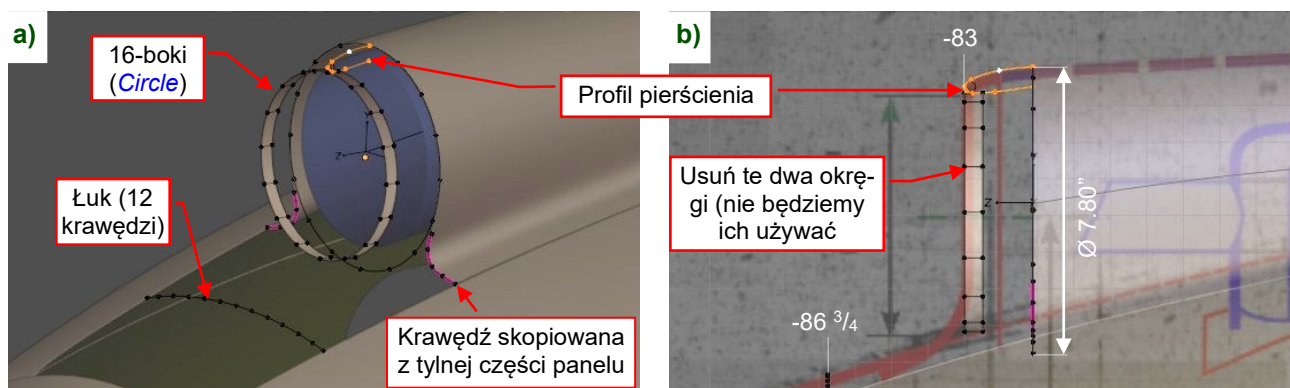
Rysunek 7.3.8 pokazuje ukończoną tylną część górnego panelu osłony. Nazwij ją **B.615.Cowling.Top.Rear**:



Rysunek 7.3.8 Tylna część górnego panelu osłony silnika

Teraz możesz usunąć pomocniczy kontur boczny (nazwałem go **X.615.Panel side** – por. Rysunek 7.3.8), ponieważ nie będziemy już go potrzebować.

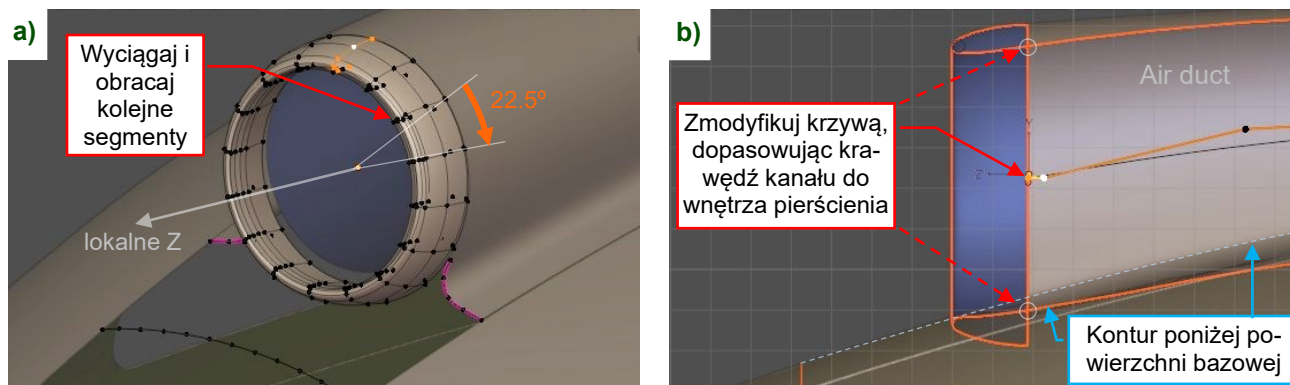
Zacznijmy przednią część – wlot powietrza – od narysowania jego kluczowych konturów (Rysunek 7.3.9):



Rysunek 7.3.9 Wlot powietrza – kontury początkowe

Stwórz te krzywe jako nowy obiekt, o nazwie **B.620.Cowling.Top.Forward**. Dla tego pierścienia będziemy potrzebować nieco gęstszej siatki niż dla tylnej części, więc oprzyj ją o 16-boczne **Circle**. W widoku z boku uformuj także przekrój poprzeczny pierścienia. Odwzoruj go korzystając ze szkicu pokazanego przez Rysunek 7.3.2.

Zacznij formowanie siatki wlotu od wyciągnięcia tego poprzecznego konturu. Obracaj wyciąganie krawędzie o **22.5°** wokół lokalnej osi **Z**, tworząc pierścień (Rysunek 7.3.10a):



Rysunek 7.3.10 Wlot powietrza – wyciągnięcie podstawowego pierścienia

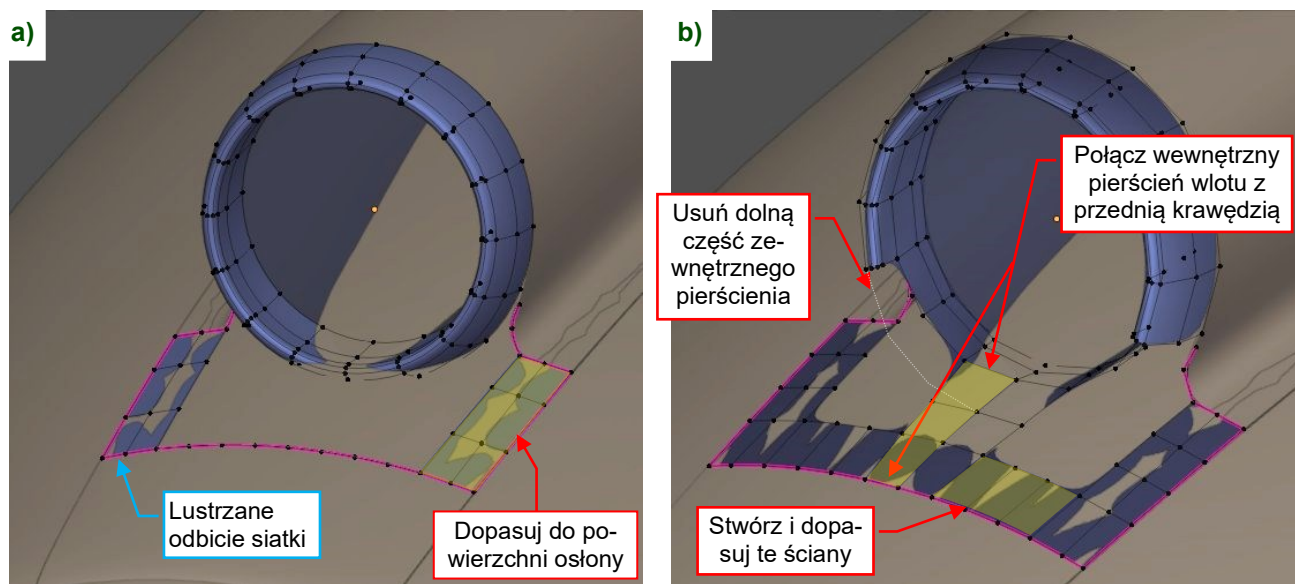
Skaluj promień przedniej krawędzi kanału powietrza (**B.610.Carburetor duct**), aby dopasować go do szerokości wewnętrznego pierścienia, mierzonej wzdłuż globalnej osi **X**. Potem w widoku z boku dopasuj krzywą **Q.610.Carburetor duct**, tak aby kontur boczny kanału także pasował do pierścienia wlotu (Rysunek 7.3.10b).

Zwróć uwagę, że Rysunek 7.3.10b) pokazuje dolny kontur kanału powietrza poniżej konturu krawędzi podstawowej bryły osłony silnika, podczas gdy na **SK 2603** (Rysunek 7.3.2) leży on na tym konturze. To wynik porównania ze zdjęciami referencyjnymi – widać w seryjnych P-40 dokonano drobnej korekty tego kształtu.



Pamiętaj, że używamy szkicu z dokumentacji prototypu. Wygląda na to, że przygotowując P-40 do produkcji seryjnej wprowadzono kilka modyfikacji. Można je zidentyfikować tylko na zdjęciach.

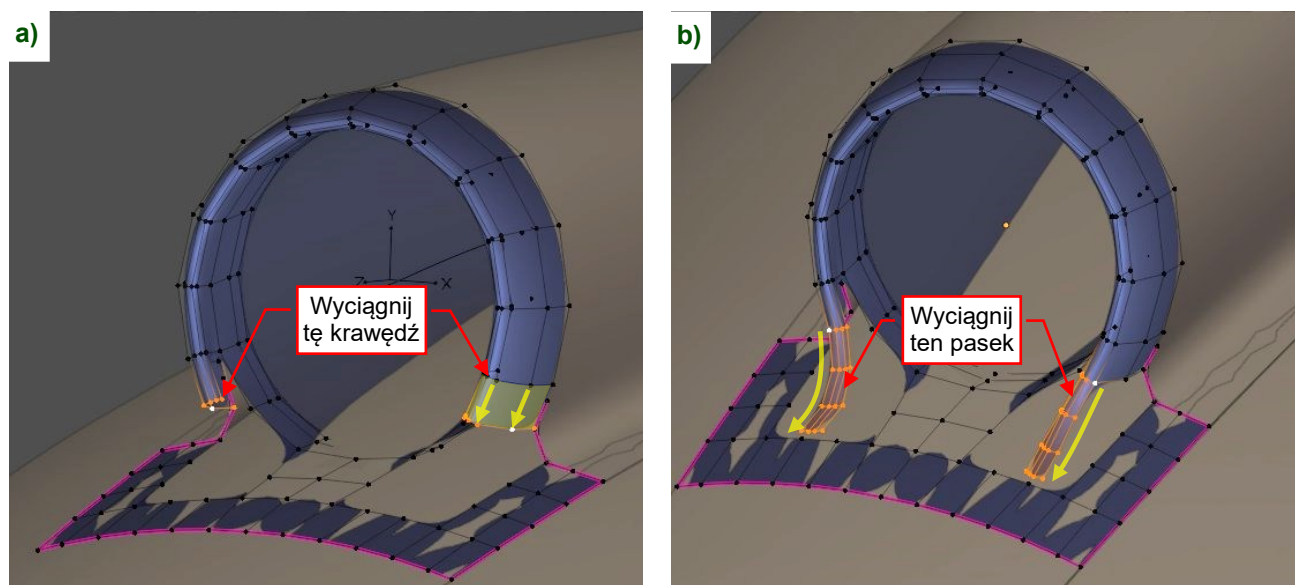
W następnym kroku, połącz odpowiednie wierzchołki z tylnej i przedniej krawędzi tej siatki. Wstaw w uzyskany „pasek” trzy dodatkowe krawędzie. Dopasuj te ściany do powierzchni osłony silnika (Rysunek 7.3.11a):



Rysunek 7.3.11 Łączenie pierwszych fragmentów przedniej i tylnej krawędzi siatki

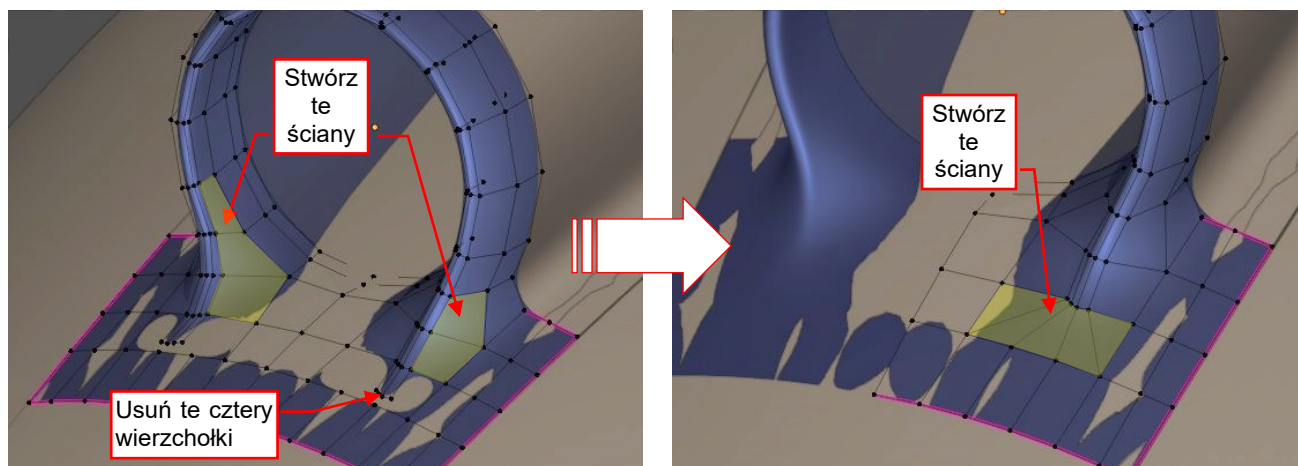
Usuń dolne wierzchołki z pierścienia wlotu (por. Rysunek 7.3.10a), a potem połącz wewnętrzną stronę pierścienia z odpowiednimi wierzchołkami z przedniej krawędzi siatki (Rysunek 7.3.11b).

Wyciągnij dolną krawędź natarcia pierścienia (Rysunek 7.3.12a) a potem wyciągnij jego przednie ściany w krawędź natarcia oprofilowania wlotu (Rysunek 7.3.12b):



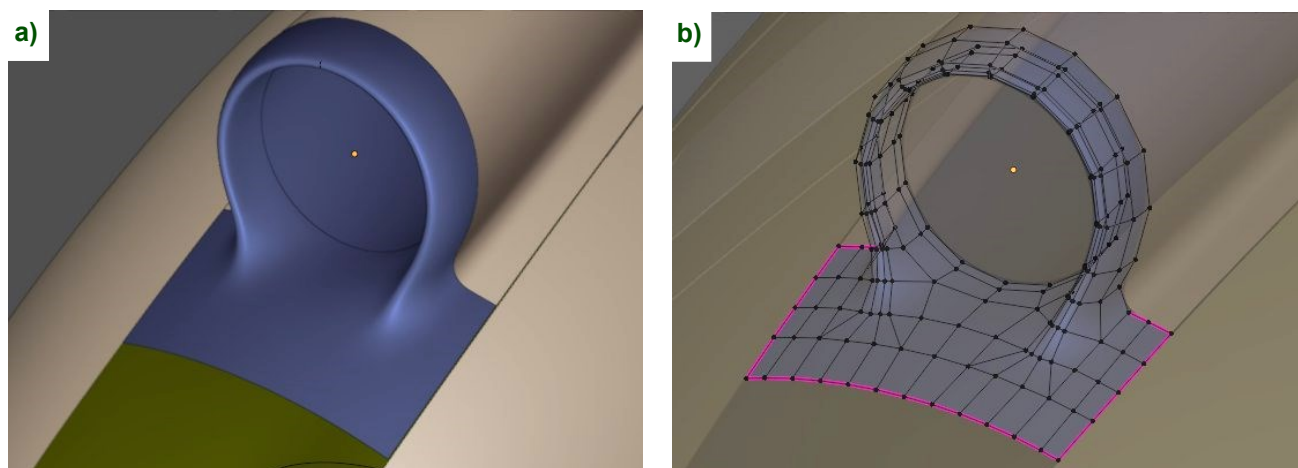
Rysunek 7.3.12 Wyciąganie ścian bocznych

Stwórz nowe ściany (**F**), które zamykają luki w tej siatce (Rysunek 7.3.13):



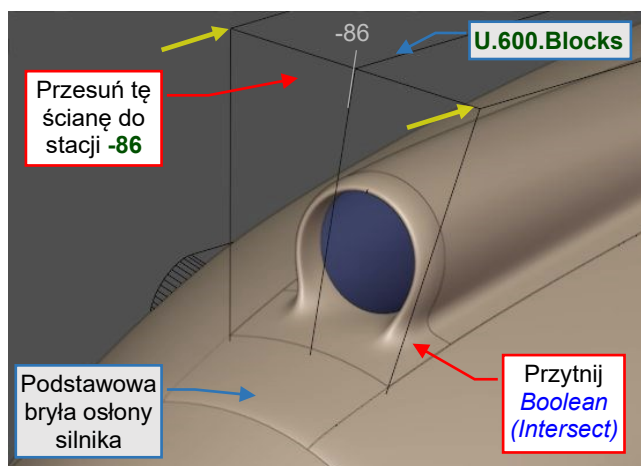
Rysunek 7.3.13 Zamykanie luk w siatce

Rysunek 7.3.14a) pokazuje uzyskany kształt, a Rysunek 7.3.14b) – szczegóły topologii jego siatki:

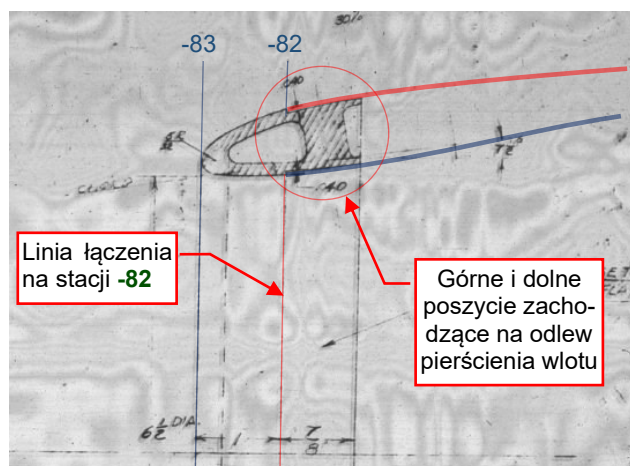


Rysunek 7.3.14 Uformowany wlot powietrza i jego siatka

Skróć do stacji **-86** górny blok pomocniczego obiektu przycinającego powierzchnię osłony silnika (Rysunek 7.3.15). Użyj go także w modyfikatorze **Boolean (Intersection)** do przycięcia powierzchni wlotu:



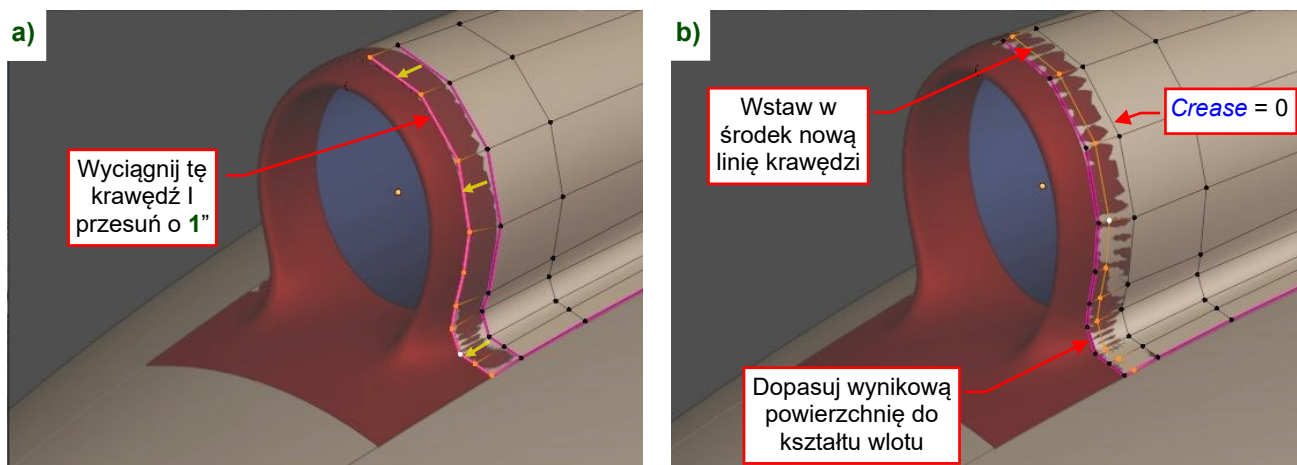
Rysunek 7.3.15 Przycinanie powierzchni wlotu



Rysunek 7.3.16 Szczegóły tylnej krawędzi wlotu

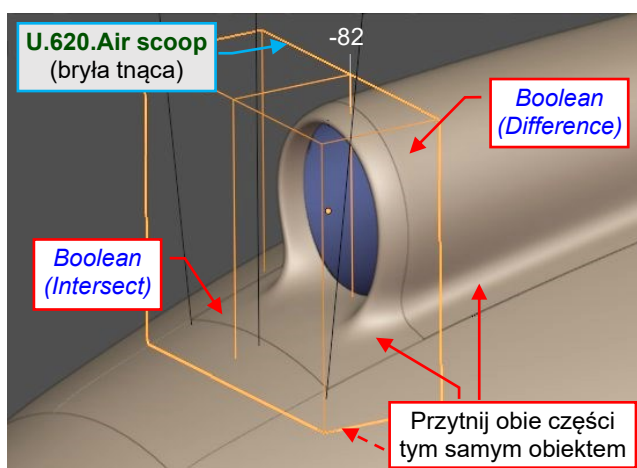
Podczas formowania tych dwóch części górnej paneli, zapomniałem, że tylna część zachodziła na odlew wlotu (Rysunek 7.3.16). W rezultacie linia podziału była w stacji **-82**, podczas gdy ja umieściłem ją nieco bliżej przegrody silnika. Aby przesunąć tą linię podziału, dodamy nowe paski ścian o szerokości $\frac{7}{8}$ do tylnej części panelu i kanału powierza. O tę samą szerokość przytniemy tylną krawędź wlotu.

Najpierw, wyciągnij do przodu przednią krawędź tylnej części o $\frac{7}{8}$ " (**0.875**) (Rysunek 7.3.17a). Potem wstaw w środek tego paska kolejną linię krawędzi (Rysunek 7.3.17b). Zmniejsz wspc. **Crease** krawędzi ze stacji **-81.125** na 0, i dopasuj przód paska do powierzchni pierścienia wlotu (użyj kontrastowej barwy obiektu):

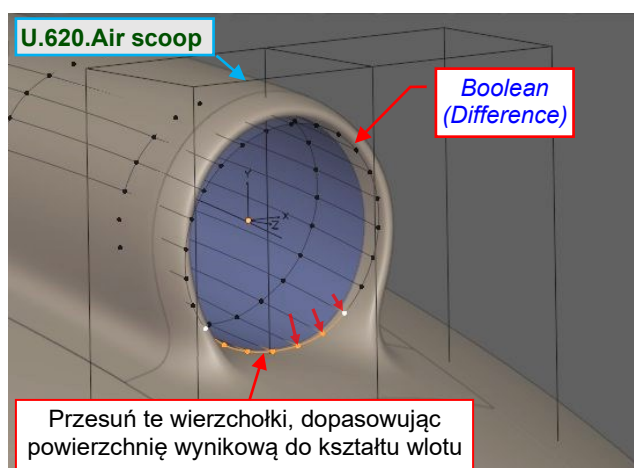


Rysunek 7.3.17 Wyciąganie przednich krawędzi tylnej części panelu

Gdy tylna panel pasuje do wlotu, stwórz kolejną pomocniczą bryłę tnącą i dodaj do obydwu części górnego panelu modyfikatory **Boolean**, które przytną je wzdłuż tej linii (Rysunek 7.3.18):



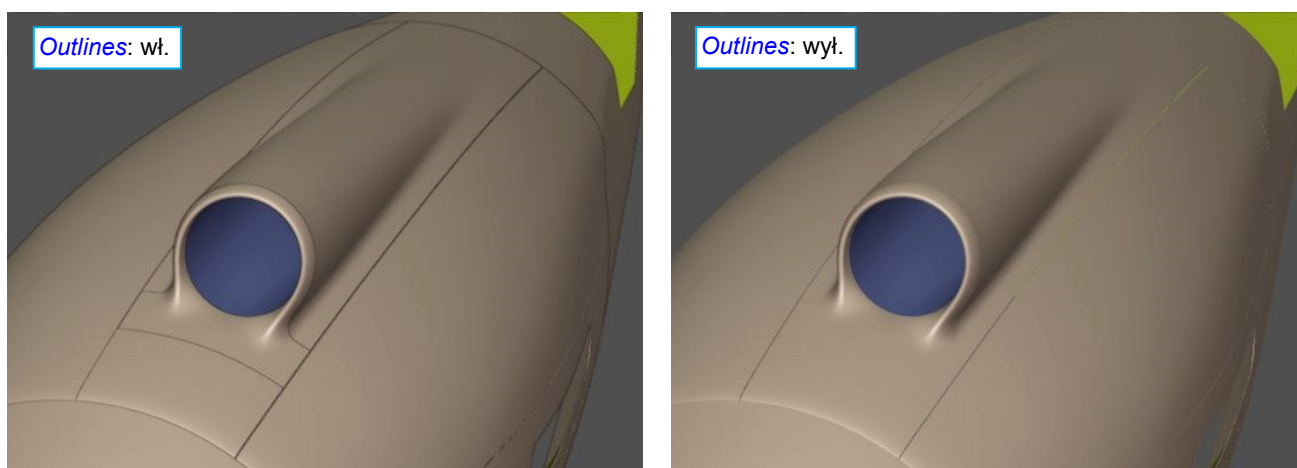
Rysunek 7.3.18 Przycinanie powierzchni wzdłuż linii podziału



Rysunek 7.3.19 Dopasowanie kanału powietrza

Dopasuj i przytnij w podobny sposób za pierścieniem wlotu wewnętrzny kanał powietrza (Rysunek 7.3.19).

Rysunek 7.3.20 pokazuje gotową górną panel, z włączonymi obrysami obiektów i bez tych obrysów:



Rysunek 7.3.20 Gotowy chwyt powietrza do silnika

Podsumowanie

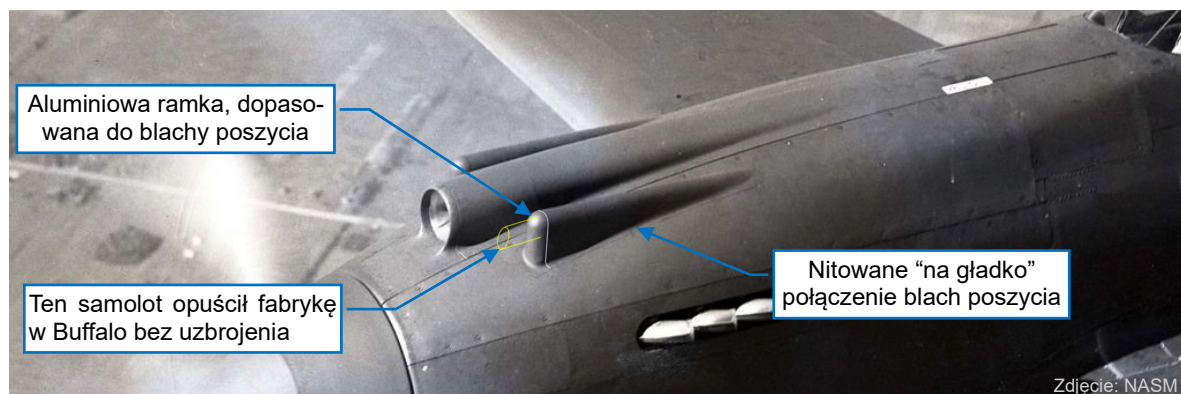
- Znalazłem tylko pojedynczy szkic chwytu powietrza do silnika z XP-40 (str. 296). Nawet ten rysunek różni się w pewnych szczegółach od części użytych w P-40-cu, B, C (str. 299). W praktyce, cała ta geometria jest oparta na różnych założeniach i wymaga dokładniejszego sprawdzenia ze zdjęciami.
- Chwyt powietrza do gaźnika zajmuje większą część górnej paneli osłony silnika (str. 296), więc stworzyliśmy go jako tę panel. Był podzielony na część przednią (od kołpaka śmigła do stacji -82: por. str. 299) i tylną (od stacji -82 do pokrywy km: por. str. 301). Odtworzyliśmy te części jako oddzielne obiekty. Dodatkowo wykorzystaliśmy przycięty przód podstawowej powierzchni osłony jako dodatkową, trzecią część (str. 301).
- Zaczęliśmy od uformowania wewnętrznego kanału powietrza (str. 297), jako „rury” wygiętej wzdłuż pomocniczej krzywej. Jeden z jej końców jest dopasowany do okrągłego przekroju wlotu powietrza, podczas gdy drugi – do prostokątnego kształtu gaźnika silnika Allison. Kształt wynikowych konturów tego kanału dostarczył wskazówek co do kształtu „okrywającego” go górnego panelu.
- Początkowo, tylna część tego panelu była obrysowana przez przednią, tylną i boczną krzywą (str. 297). Liczby wierzchołków (węzłów) przedniej i tylnej krzywej były identyczne. Wierzchołki (węzły) bocznej krzywej określały położenie środkowych linii krawędzi „wręg” przyszłej siatki.
- Uformowaliśmy górną panel łącząc jej przednią i tylną krawędź (str. 298), a potem wstawiając dodatkowe linie krawędzi w środku (str. 298). Brzegi powierzchni wynikowej zostały dopasowane do powierzchni bazowej osłony silnika.
- Nowa, przednia część górnego panelu została ograniczona do obiektu odpowiadającego oryginalnemu odlewowi (str. 301). Reszta tej części, pomiędzy kołpakiem śmigła i stacją -86 została „zaadoptowana” z podstawowej powierzchni osłony silnika.
- Odtworzyliśmy odlew wlotu powietrza zaczynając od kilku wstępnych konturów (str. 299). Na początek, utworzyliśmy regularny pierścień z przodu kanału powietrza (str. 299). Potem usunęliśmy dolną część tego pierścienia i podłączyliśmy jego środkowe i boczne wierzchołki z przednią krawędzią (str. 300). Na koniec wyciągnęliśmy krawędzie natarcia oprofilowania wlotu (str. 300) i zamknęliśmy pozostałe luki w siatce nowymi ścianami (str. 301).
- Aby przyciąć krawędzie tej osłony, użyliśmy dwóch obiektów tnących i modyfikatorów *Boolean* (str. 301, 302). Jednego z tych obiektów już używaliśmy do przycinania podstawowej osłony (*U.600.Blocks*), podczas gdy drugi (*U.620.Air scoop*) został dodany specjalnie z myślą o tym wlocie powietrza.



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: *model\p40\history\P40B-11.03.blend*.

7.4 Osłony luf km

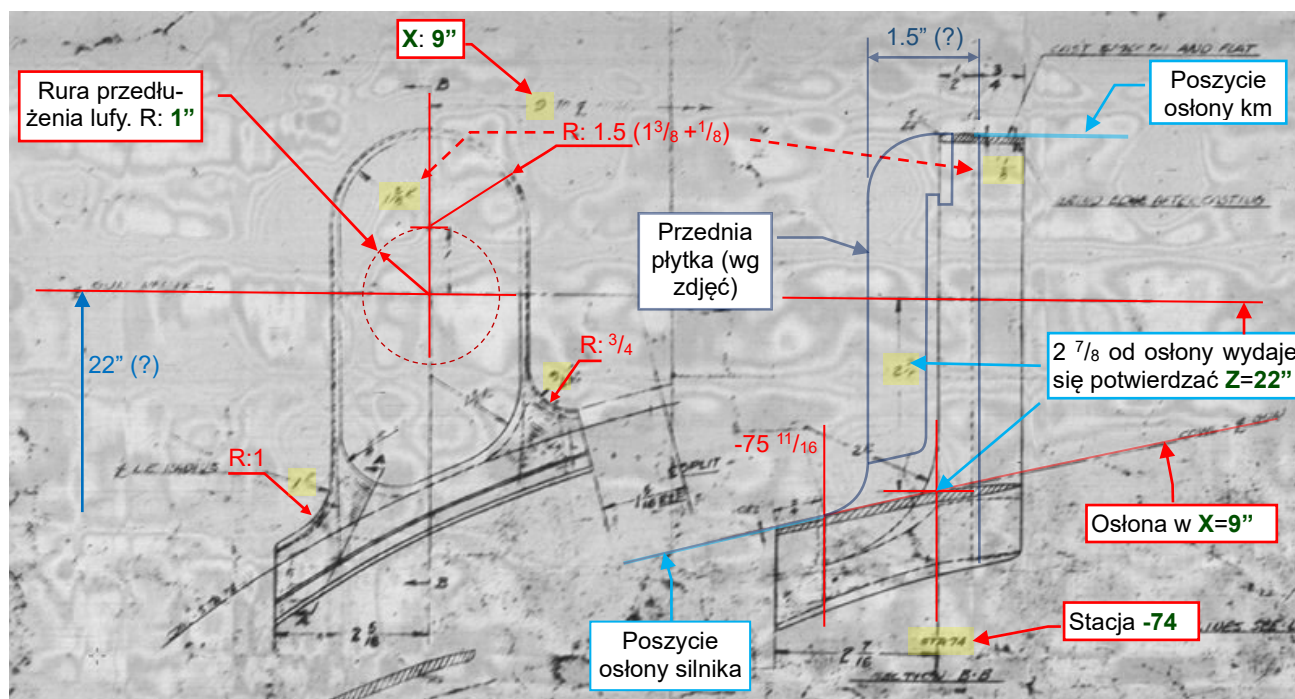
W tej sekcji odtworzymy osłony wokół luf nkm 12.7mm (a właściwie ich przedłużenia), montowanych w kadłubach wczesnych wersji P-40 (Rysunek 7.4.1):



Rysunek 7.4.1 Szczegóły osłon luf km

W większości samolotów z II W.Ś. napotkasz „negatyw” takich osłon: wgłębienia w kadłubie. Metoda modelowania i jednych, i drugich, jest jednak taka sama.

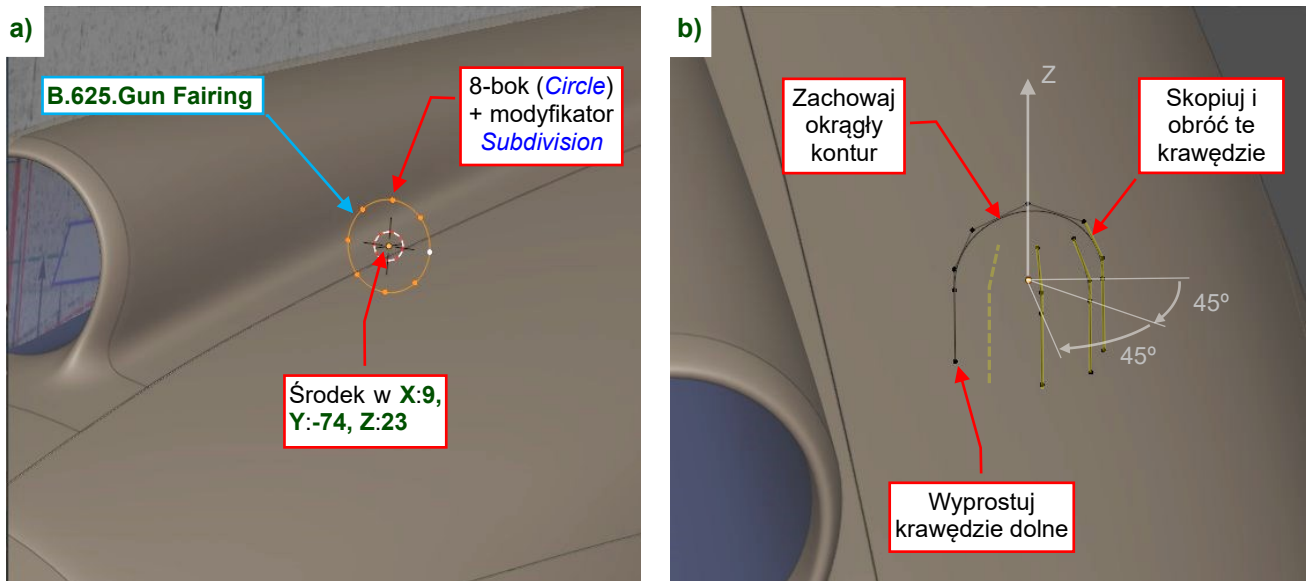
Podobnie jak w przypadku chwytu powietrza do silnika, znalazłem tylko jeden szkic ([SK-2605](#)) tego podzespołu z dokumentacji XP-40. Ukazuje on kluczowy element: odlewana z aluminium ramkę, do której było przynitowane blaszane poszycie tylnej części osłony. W tej ramce była mocowana wymienna przednia płytką, która mogła być zaślepiona (Rysunek 7.4.2) lub z otworem na przedłużenie lufy nkm.



Rysunek 7.4.2 Szkic SK-2605 z dokumentacji XP-40

Jedną z baz wymiarowych tej osłony jest oś lufy karabinu. Wg [SK-2605](#), znajdowała się w tym samym miejscu, co w P-36: 9" od płaszczyzny symetrii. Współrzędnej Z tej osi nie ma na tym szkicu, więc przyjąłem, że jest taka, jak w P-36: 22" od osi kadłuba, lub 21" od osi śmigła. Średnica tego przedłużenia lufy to 2", a grzbiety iskrowników silnika Allison, ponad którymi biegły te osłony, znajdowały się na wysokości Z około 20.5". Pomiędzy nimi pozostałby więc jeszcze prześwit 0.5". Podstawa wymiennej przedniej płytki znajdowała się w XP-40 na stacji -74. Zauważyłem, że linia podziału tej płytki i ramki na zdjęciach różni się od tej ze szkicu. Myślę, że to

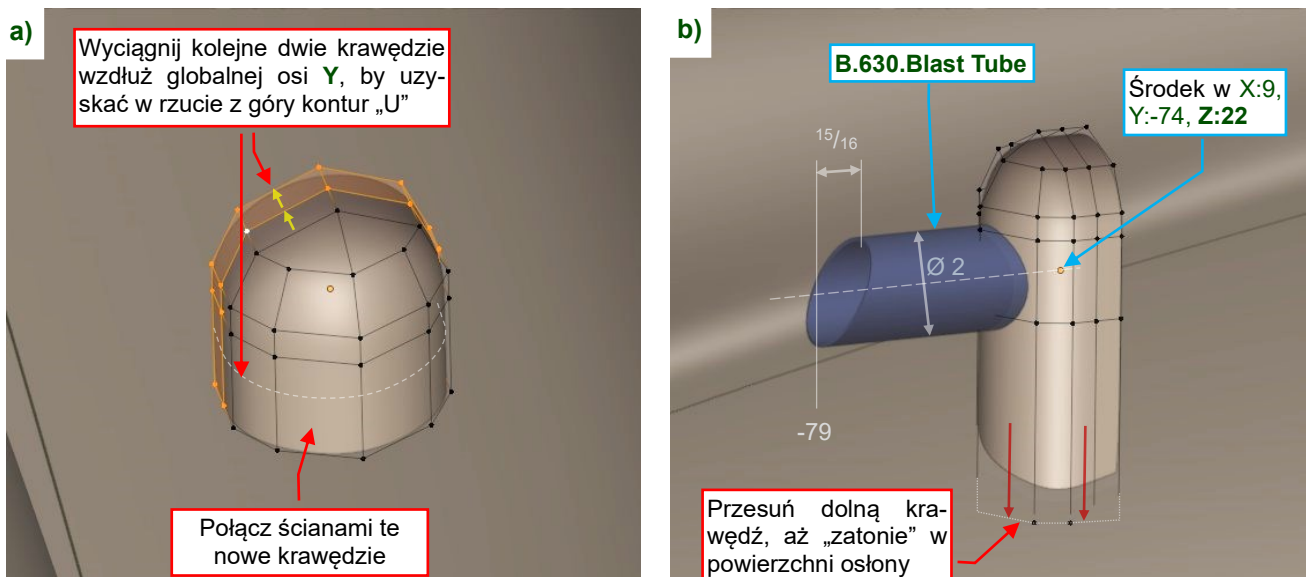
kolejny szczegół zmieniony podczas przygotowania produkcji seryjnej. Nie mam pewności co do szerokości tej przedniej płytki – niebieskie kontury naniesione na Rysunek 7.4.2 są oparte o pomiary proporcji na zdjęciach. Korzystając z wymiarów ze szkicu **SK-2605** (Rysunek 7.4.2), zacznij tę osłonę od stworzenia okręgu o promieniu **1.5"** i środku w **X:9, Y:-74, Z:23**. Użyj do tego ośmiokąta (lub nawet sześciokąta) wygładzonego modyfikatorem **Subdivision Surface** (Rysunek 7.4.3a).



Rysunek 7.4.3 Pierwsze kontury osłony lufy

Nazwij ten nowy obiekt **B.625.Gun Fairing**. Przekształć jego kontur w odwrócone „U” (Rysunek 7.4.3b), zachowując regularny łuk w części górnej. Stwórz krawędzie przedniej powierzchni poprzez kopiowanie bocznych krawędzi tego konturu początkowego (zaznacz wszystkie jego wierzchołki oprócz najwyższego). Obróć te nowe krawędzie wokół środka obiektu i globalnej osi **Z** o **45°** i **90°**.

Stwórz ściany (**F**) pomiędzy tymi nowymi krawędziami (Rysunek 7.4.4a):

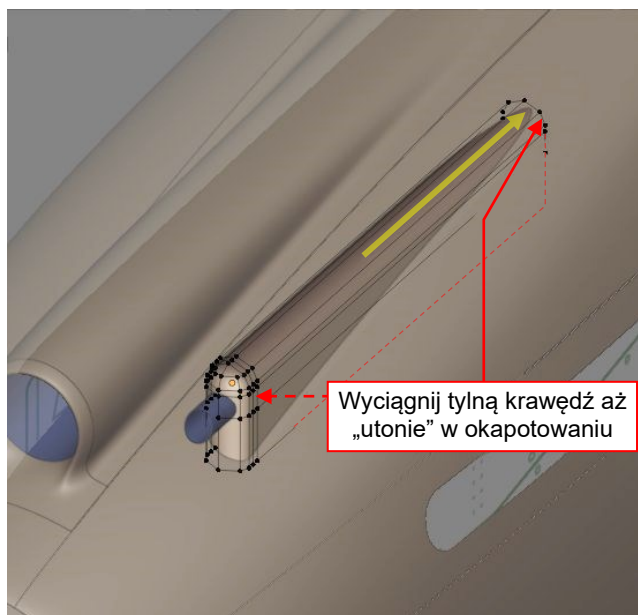


Rysunek 7.4.4 Formowanie przedniej płytki

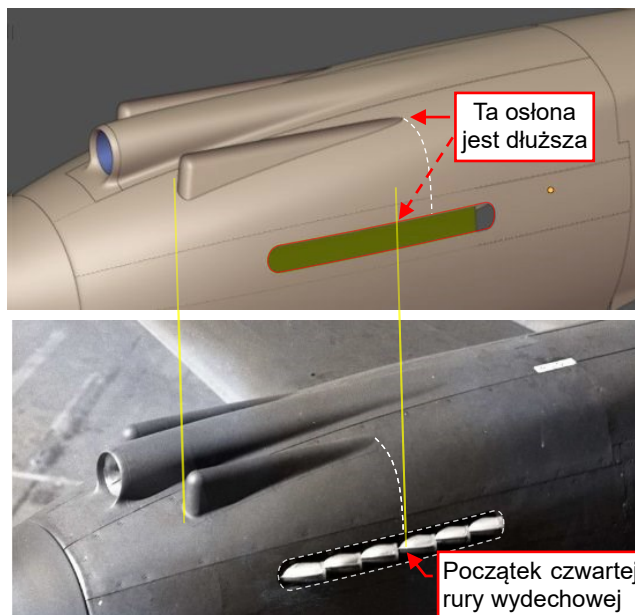
Aby uzyskać kontur „U” w widoku z góry, dwa razy wyciągnij tylną krawędź siatki. Możesz także dodać obiekt przedłużenia lufy (nazwij go: **B.630.Blast Tube**), tak jak pokazywany przez Rysunek 7.4.4b)¹.

¹ Takie krótsze przedłużenia luf były wprowadzone pod koniec 1940. Na zdjęciach początkowy, dłuższy wariant, zdaje się kończyć u podstawy kołpaka śmigła (w stacji **-93.31**). W [20] znalazłem wymiary krótszego wariantu. Na nieszczęście, nie mogłem określić ich bazy! Tyle,

Wyciągnij tylną część tej osłony, aż „utonie” w powierzchni okapotowania silnika (Rysunek 7.4.5):



Rysunek 7.4.5 Wyciąganie tylnej części oprofilowania

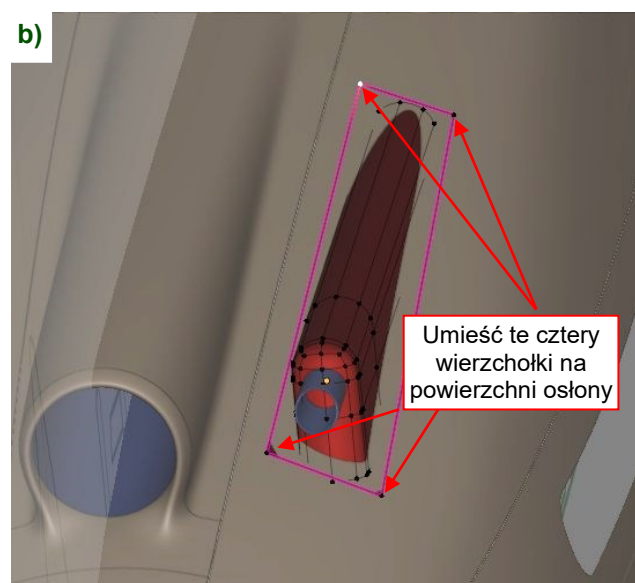


Rysunek 7.4.6 Porównanie ze zdjęciami

Rutynowo porównuję każdy formowany obiekt ze zdjęciami. W tym przypadku zauważyłem różnicę: moje oprofilowanie było dłuższe niż to na zdjęciu (Rysunek 7.4.6).

No cóż, budujemy to okapotowanie silnika w oparciu o różne założenia. Jednym z nich była przypuszczenie, że geometria górnej części osłony silnika w P-40 była taka sama, jak w XP-40 (por. Tom I, sekcja 9.6). W oparciu o to założenie i różnicę ujawnioną przez Rysunek 7.4.6, doszedłem do wniosku, że w seryjnych P-40 osłony luf km zostały obniżone o 0.5". W istocie, brak jest przyczyny, dla której musiały być tak wysokie jak na **SK-2605**: po obniżeniu i tak zachowany jest dystans wokół przedłużeń luf (por. Rysunek 7.4.2). Oczywiście, jeżeli moje założenie o tym samym kształcie okapotowania w P-40 i XP-40 jest błędne, wówczas błędne są powyższe konkluzje. Na koniec tej fazy projektu porównamy model ze zdjęciami, by sprawdzić tę hipotezę.

Rysunek 7.4.7a) pokazuje osłonę obniżoną o 0.5", dzięki czemu jej koniec „tonie” w osłonie w tym samym miejscu, co na zdjęciu referencyjnym:

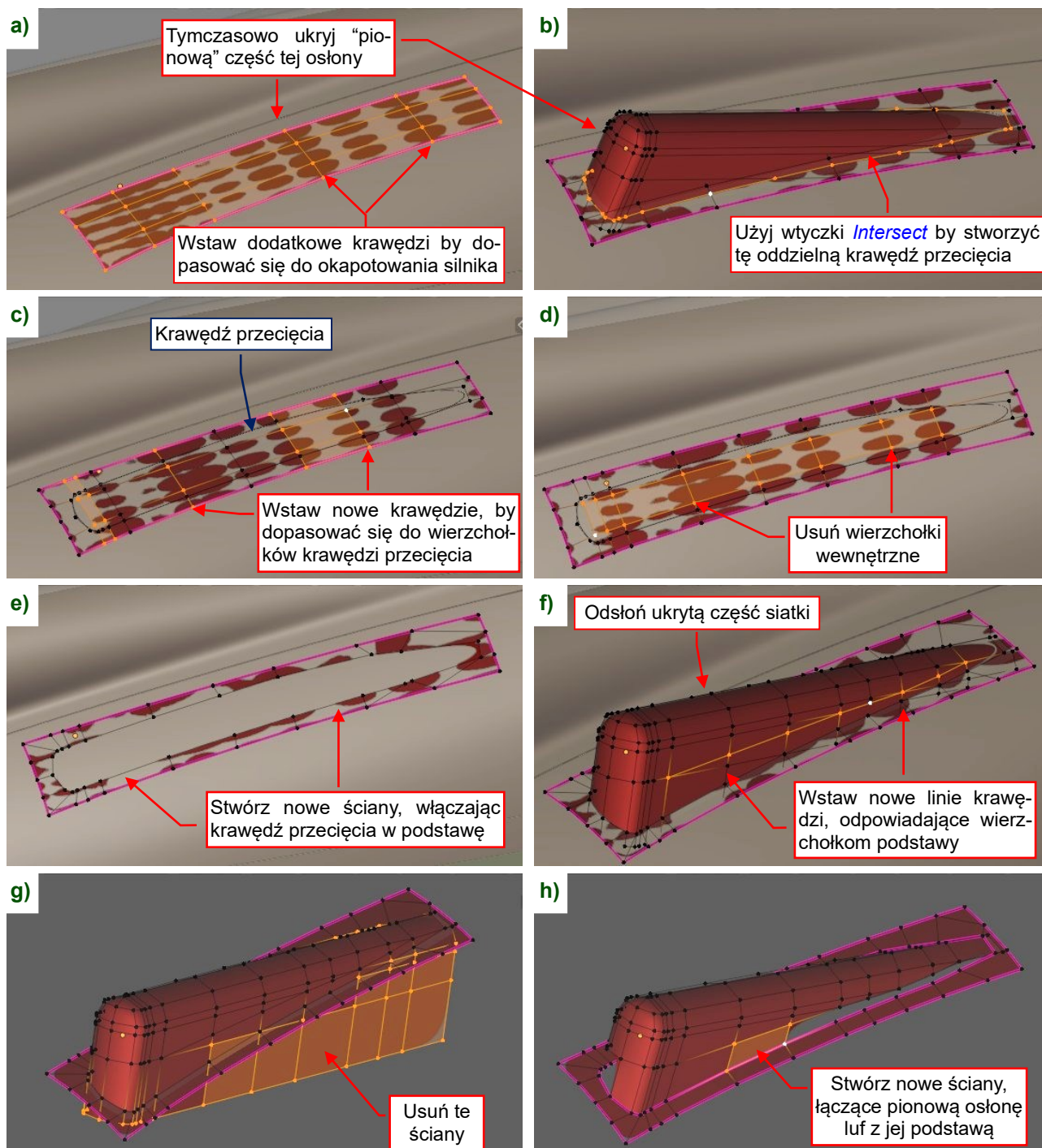


że w opisie towarzyszącym temu rysunkowi znalazłem takie zdanie: „Air Corps zwyczajnie odciął ostatnie czternaście cali z każdej z tych rur”. Korzystając z proporcji z innych zdjęć, założyłem, że ta nowa końcówka znajduje się w stacji **-79** (+/- 1").

Rysunek 7.4.7 Dalsze zmiany siatki

Po tej aktualizacji, uformuj tą część oprofilowania lufy, która leży na podstawowej osłonie silnika. Zaczynij od umieszczenia czterech wierzchołków na jej powierzchni (Rysunek 7.4.7b).

Ukryj **[H]** wszystkie wierzchołki siatki oprócz czterech dodanych przed chwilą (Rysunek 7.4.7b). Wstaw w ten płaski wycinek nowe krawędzie i dopasuj go do powierzchni siatki (Rysunek 7.4.8a). Potem użyj polecenia **Edge → Intersect Faces** (z dodatku *Intersect*, por. str. 531, 482) aby uzyskać wydzieloną krawędź przecięcia ścian siatki osłony (Rysunek 7.4.8b):



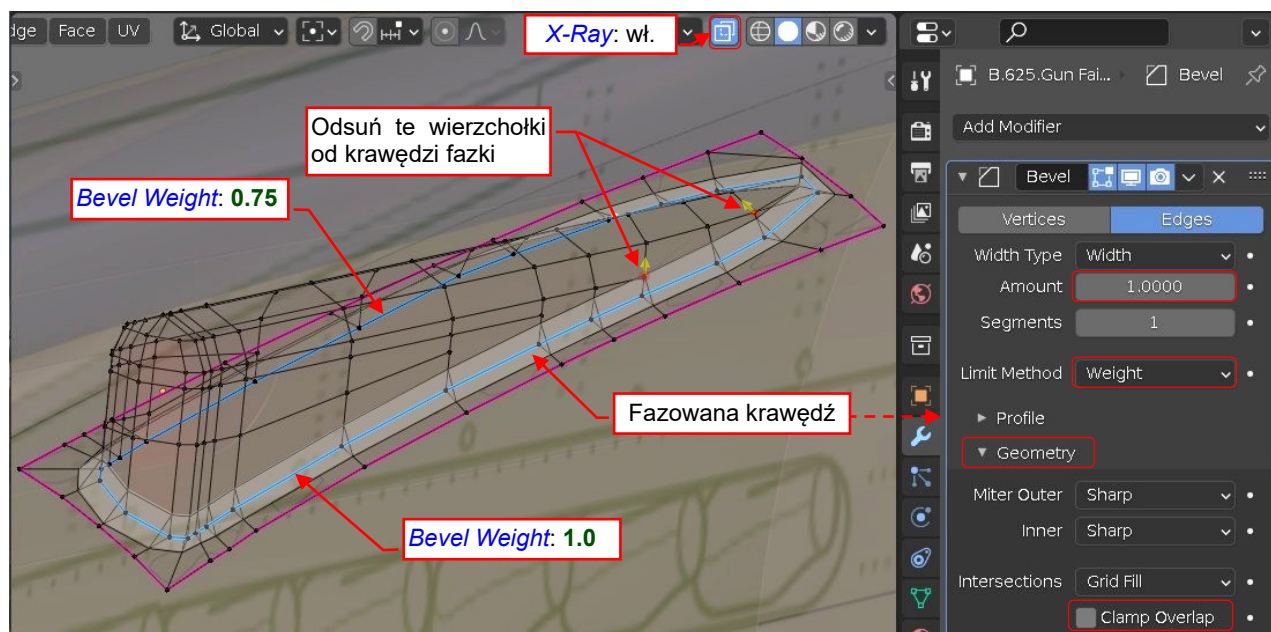
Rysunek 7.4.8 Formowanie podstawy osłony luf

Dopasuj topologię tej podstawy osłony tak, by pasowała do krawędzi przecięcia (Rysunek 7.4.8c). Następnie usuń środkowe wierzchołki z tej części siatki (Rysunek 7.4.8d) i połącz pozostałe ściany z krawędzią przecięcia (Rysunek 7.4.8e).

Odkryj pozostałe ściany siatki (Rysunek 7.4.8f) i wstaw nowe linie krawędzi, pasujące do położenia krawędzi podstawy. Gdy jest to potrzebne, możesz także przesuwając te wierzchołki wzdłuż globalnej osi **Y**, tworząc „ukośne” krawędzie (zamiast tworzyć kolejne). Następnie usuń wszystkie dolne ściany (Rysunek 7.4.8g) i stwórz nowe, które łączą powierzchnię podstawy z resztą siatki osłony (Rysunek 7.4.8h).

Modyfikacje siatki, pokazywane przez Rysunek 7.4.8e-h) powinny stworzyć wzdłuż krawędzi przecięcia rząd czworokątnych ścian. Idealnie byłoby, gdyby wysokość tych ścian wynosiła około 1". Jak widać na przykładzie poniżej, nie zawsze jest to możliwe.

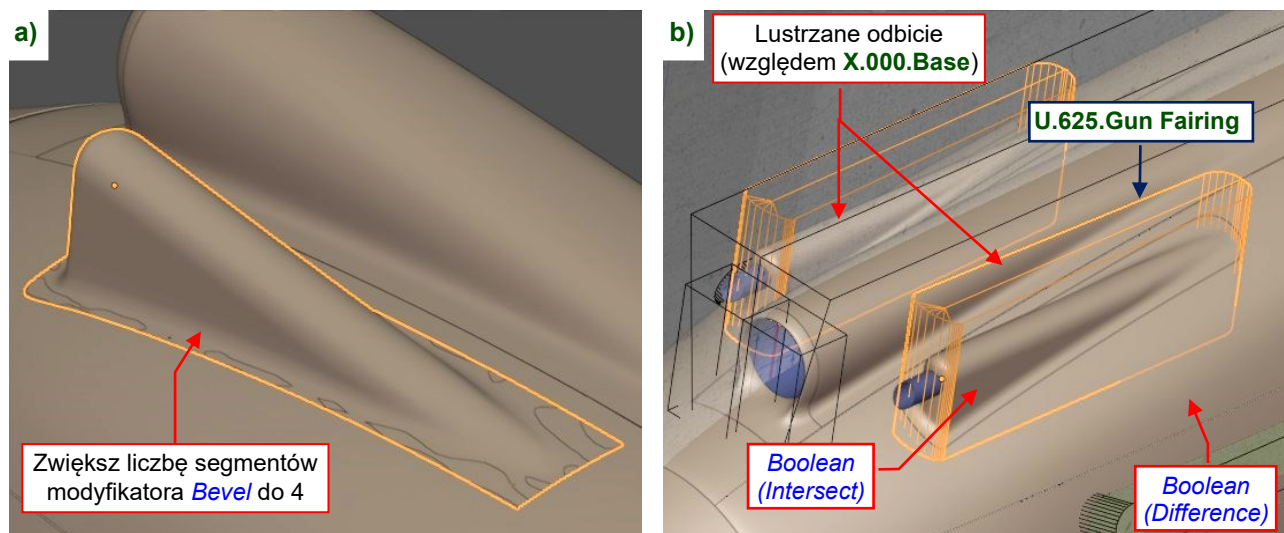
Przypisz do tej linii krawędzi przecięcia współczynnik **Bevel Weight**. Ze względu na różne promienie zaokrągleń po wewnętrznej i zewnętrznej stronie osłony (por. Rysunek 7.4.2) zróżnicuj te wagi (Rysunek 7.4.9):



Rysunek 7.4.9 Przygotowanie do zaokrąglenia krawędzi modyfikatorem **Bevel**

Dodaj do obiektu osłony nowy modyfikator **Bevel (Weight)**. Umieść go na liście modyfikatorów powyżej **Subdivision Surface**. Ustal szerokość tego fazowania na **1** i wyłącz opcję **Geometry:Clamp Overlap** (por. str. 561). Na początek, pozostaw pojedynczy segment tej fazki. Włącz w oknie 3D w tryb **X-Ray** i sprawdź wynikowe krawędzie (Rysunek 7.4.9). Gdy zauważysz miejsce, gdzie fazowanie zakrywa jakiś wierzchołek boku siatki, odsuń ten wierzchołek od obszaru fazowania. Aby uzyskać gładki kształt powierzchni wynikowej, staraj się utrzymać te wierzchołki około 0.5" od krawędzi fazki.

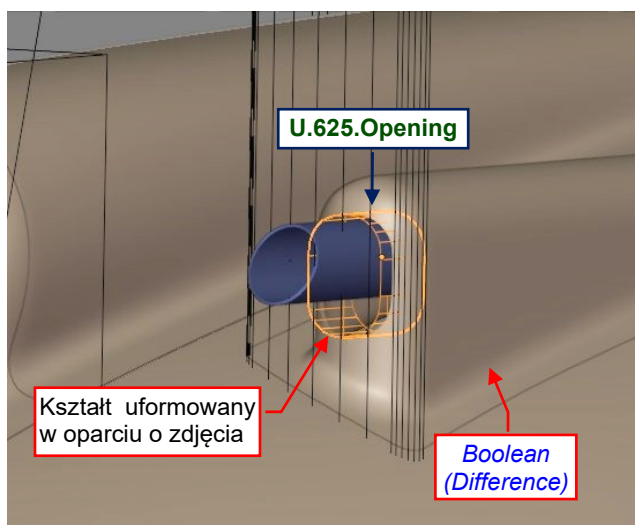
Gdy krawędzie fazki są sprawdzone i wolne od bocznych wierzchołków, zwiększ liczbę jej segmentów do 4, tworząc w ten sposób zaokrąglenie wokół tej osłony (Rysunek 7.4.10a):



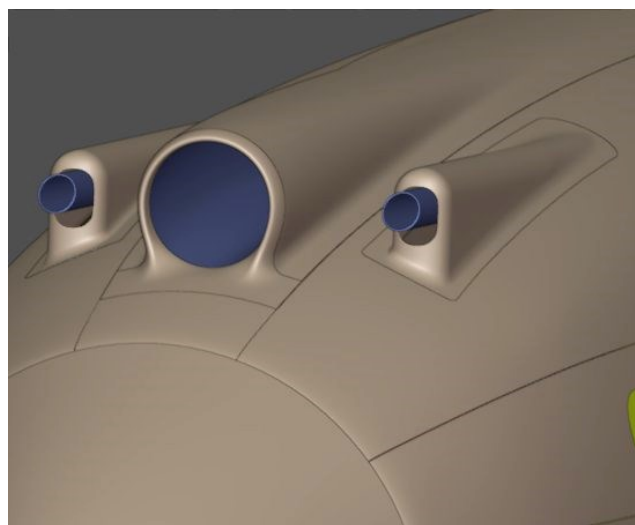
Rysunek 7.4.10 Dalsze modyfikacje obiektu osłony luf km

W widoku z góry stwórz bryłę tnącą zewnętrzne kontury osłony luf. Użyj jej w nowych modyfikatorach **Boolean** do przycięcia krawędzi zewnętrznych osłony i uzyskania otworu w okapowaniu silnika (Rysunek 7.4.10b).

Na koniec, stwórz obiekt, który wycina w przedniej płytce otwór wokół przedłużenia lufy nkm (Rysunek 7.4.11):



Rysunek 7.4.11 Wycięcie otworu w przedniej płytce



Rysunek 7.4.12 Gotowe osłony luf km

Kształt i proporcje tego otworu dobrałem na podstawie zdjęć. Obiekt tnący to zwykłe „pudełko” krawędziami zaokrąglonymi modyfikatorem **Bevel (Weight)**, aby można go było łatwo w przyszłości zmienić (w oparciu o jakieś nowe dane). Założyłem, że ten otwór miał rozmiary **2"x3"**, z narożnikami zaokrąglonymi łukami **R=0.9"**.

Rysunek 7.4.12 pokazuje gotowe osłony luf km.

Podsumowanie

- Tak jak w poprzedniej sekcji tego rozdziału, mieliśmy tylko jeden rysunek osłony lufy km (str. 304). Pokazano na nim stałą część przedniego odlewu („ramkę”), z przedprodukcyjnego wariantu XP-40. Ten detal różni się w szczegółach od ramki montowanej w seryjnych P-40, m. in. kształtem wyjmowanej przedniej płytki. Mam także wątpliwości co do jego wysokości (str. 306). Ta geometria jest oparta na różnych założeniach i wymaga dokładnego sprawdzenia ze zdjęciami referencyjnymi.
- Przekrój poprzeczny tej osłony ma kształt odwróconego „U”. Zaczęliśmy go tworzyć od okręgu o średnicy odpowiadającej szerokości osłony (str. 305). Potem przekształciliśmy ten kontur w odwrócone „U”. Wierzchołki przedniej płytki uzyskaliśmy obracając kontur początkowy wokół osi pionowej, a tylną część – poprzez wyciągnięcie wzdłuż globalnej osi **Y** (str. 306).
- Najtrudniejszą częścią w tej części jest zaokrąglona krawędź podstawy. Zaczęliśmy ją od odtworzenia części powierzchni osłony silnika wokół tego obiektu. Potem wyznaczyliśmy krawędź przecięcia jej ścian z resztą siatki osłony luf (str. 307). Po poprawkach w topologii, połączyliśmy obydwie części siatki wzdłuż krawędzi przecięcia. Następnie zaokrągliliśmy tę krawędź modyfikatorem **Bevel** (str. 308).
- Aby dopasować to oprofilowanie do osłony silnika, przygotowaliśmy obiekt tnący (**U.625.Gun Fairing**), którego użyliśmy w modyfikatorach **Boolean** (str. 309). W jednym z tych modyfikatorów wykorzystaliśmy tryb **Intersect**, do przycięcia zewnętrznych brzegów panelu osłony. Do wycięcia w okapowaniu silnika dopasowanego otworu na tę panel, użyliśmy modyfikatora **Boolean** w trybie **Difference**.
- Nie zachowały się żadne rysunki otworu w przedniej części tej osłony. Odtworzyliśmy go za pomocą kolejnego obiektu tnącego, którego rozmiar i kształt powstał w oparciu o zdjęcia.



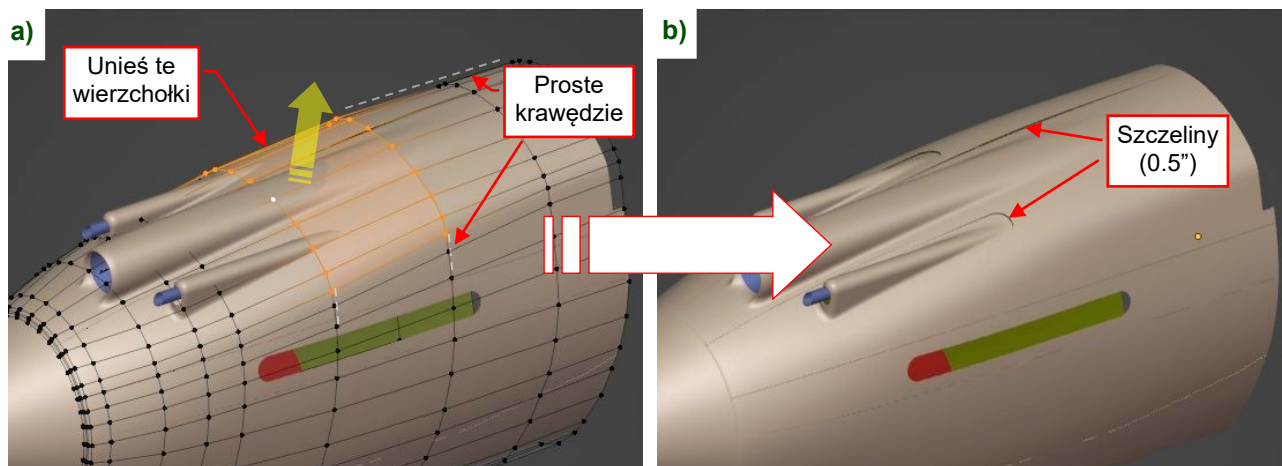
W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: <model\p40\history\P40B-11.04.blend>.

Pracując nad innymi częściami osłony silnika, miałem okazję „świeżym okiem” porównać mój model z archiwalnymi zdjęciami¹. Tym razem porównałem obszar, w którym chwyt powietrza do silnika „zagłębia” się w okapotowaniu. Ostatecznie oceniłem, że ich trudno dostrzegalna (wygladzona) krawędź przecięcia w moim modelu jest dłuższa, niż na tych zdjęciach. Wysokość osłony chwytu powietrza była wcześniej zweryfikowana ze zdjęciami i potwierdzona przez wymiary z dokumentacji (por. str. 296). Dlatego zdecydowałem się na podniesienie środkowego segmentu osłony silnika o 0.5". To przywraca wysokość osłon luf nkm do 24.5", tak jak na szkicu z XP-40 (22"+1"+1.5" – por. str. 304).



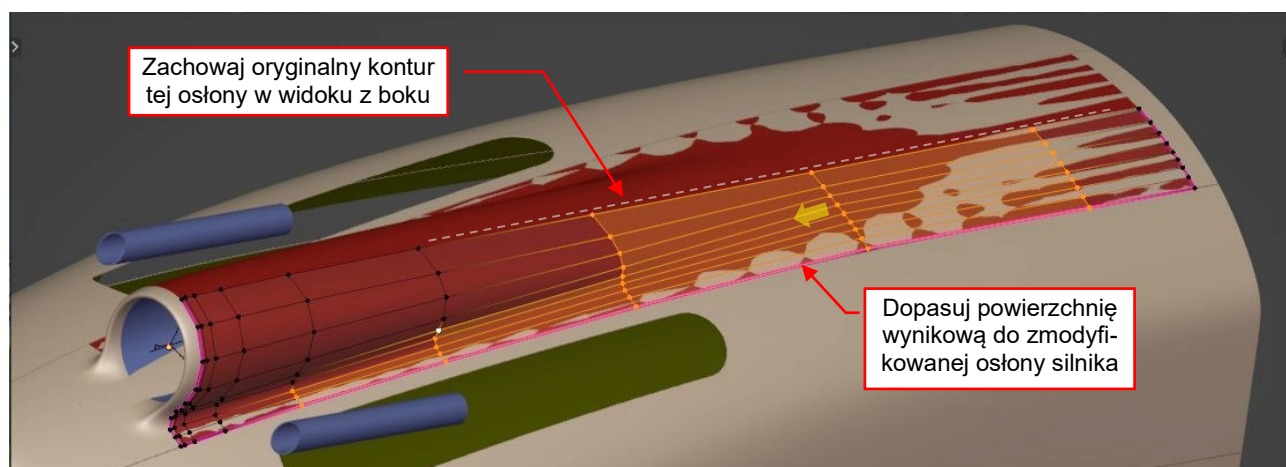
Na koniec tej fazy „formowania” modelu zamierzam sprawdzić, który z tych wariantów osłony najlepiej odwzorowuje jej rzeczywisty kształt. Zrobimy to odtwarzając projekcję zdjęcia (por. Rozdział 14).

Zacząłem od podniesienia środkowego fragmentu górnej osłony (Rysunek 7.4.13):



Rysunek 7.4.13 Podniesienie górnej części osłony silnika

Aby zamknąć szczeliny, które pojawiły się wzdłuż krawędzi paneli, zmodyfikowałem siatkę chwytu powietrza do silnika. Dopasowałem jej boczne krawędzie do nowego kształtu okapotowania (Rysunek 7.4.14):



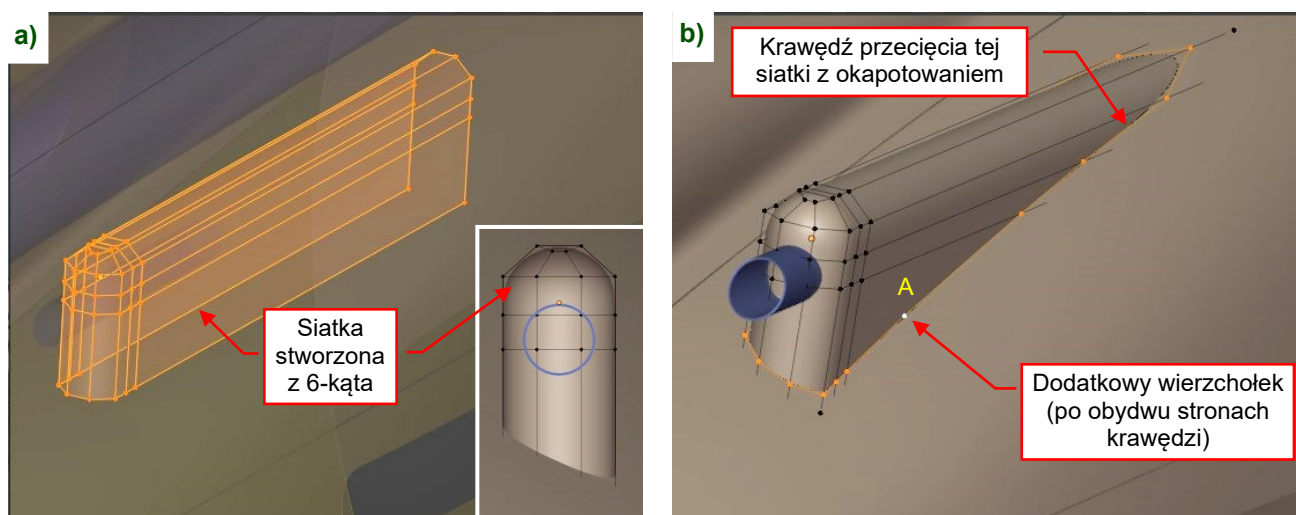
Rysunek 7.4.14 Dopasowanie siatki chwytu powietrza do silnika

¹ Porównywałem jej kształt z różnymi historycznymi zdjęciami fabrycznie nowych P-40. W ten sposób starałem się wykluczyć ewentualne błędów popełnione przez zespoły odbudowujące obecnie latające samoloty. (Zespoły odbudowujące okapotowanie silnika we wczesnych P-40 opierają się na wcześniej odbudowanych egzemplarzach, przez co mogą powtórzyć błędy popełnione przez poprzedników).

Jak widać powyżej, tymczasowo przypisałem do tej siatki kolor czerwony. Aby lepiej widzieć całą powierzchnię osłony, wyłączyłem także modyfikator **Boolean (blocks)** obiektu **B.600.Cowling** (jak pokazane na str. 295, Rysunek 7.2.24). W ten sposób mogłem łatwo sprawdzić, kiedy wynikowa powierzchnia „dotknie” osłony.

W podobny sposób mógłbym także zmodyfikować siatkę osłon luf km. Jednak oszacowałem, że stworzenie ich od nowa wymaga podobnej ilości pracy. Przy okazji chciałem się też przekonać, czy ich siatka oparta o sześciokąt (zamiast ośmiokąta – por. str. 305, Rysunek 7.4.3) będzie dużo prostsza.

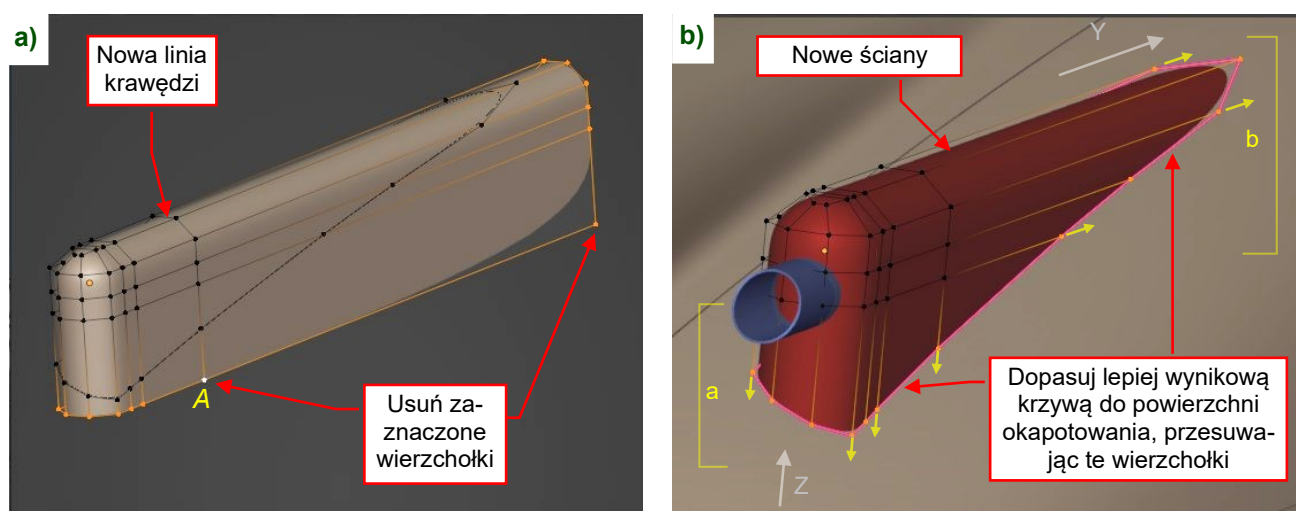
Poniżej widać powtórkę z tworzenia osłony luf km, opisanej w tej sekcji. Rysunek 7.4.15a) pokazuje nową siatkę podstawową, opartą o sześciokąt. Rysunek 7.4.15b) pokazuje przecięcie tych ścian ze ścianami osłony:



Rysunek 7.4.15 Formowanie nowych osłon luf km

Z pokazanej przez Rysunek 7.4.15b) krawędzi przecięcia usunąłem już wszystkie dodatkowe, niepotrzebne wierzchołki. Pozostałem tylko te, należące do krawędzi siatki osłony luf, oraz dwa inne, w przedniej części, oznaczone jako **A** (Rysunek 7.4.15b). Te dwa wierzchołki pozwolą lepiej dopasować kontur do okapotowania.

W następnych krokach wstawiłem nową linię krawędzi, w pobliżu wierzchołków **A** (Rysunek 7.4.16a). By ta linia krawędzi była „płaska” w płaszczyźnie **ZX**, przesunąłem obydwa punkty **A**¹. Następnie usunąłem zewnętrzne krawędzie oryginalnej siatki i stworzyłem nowe ściany wzdłuż krawędzi przecięcia (Rysunek 7.4.16b)

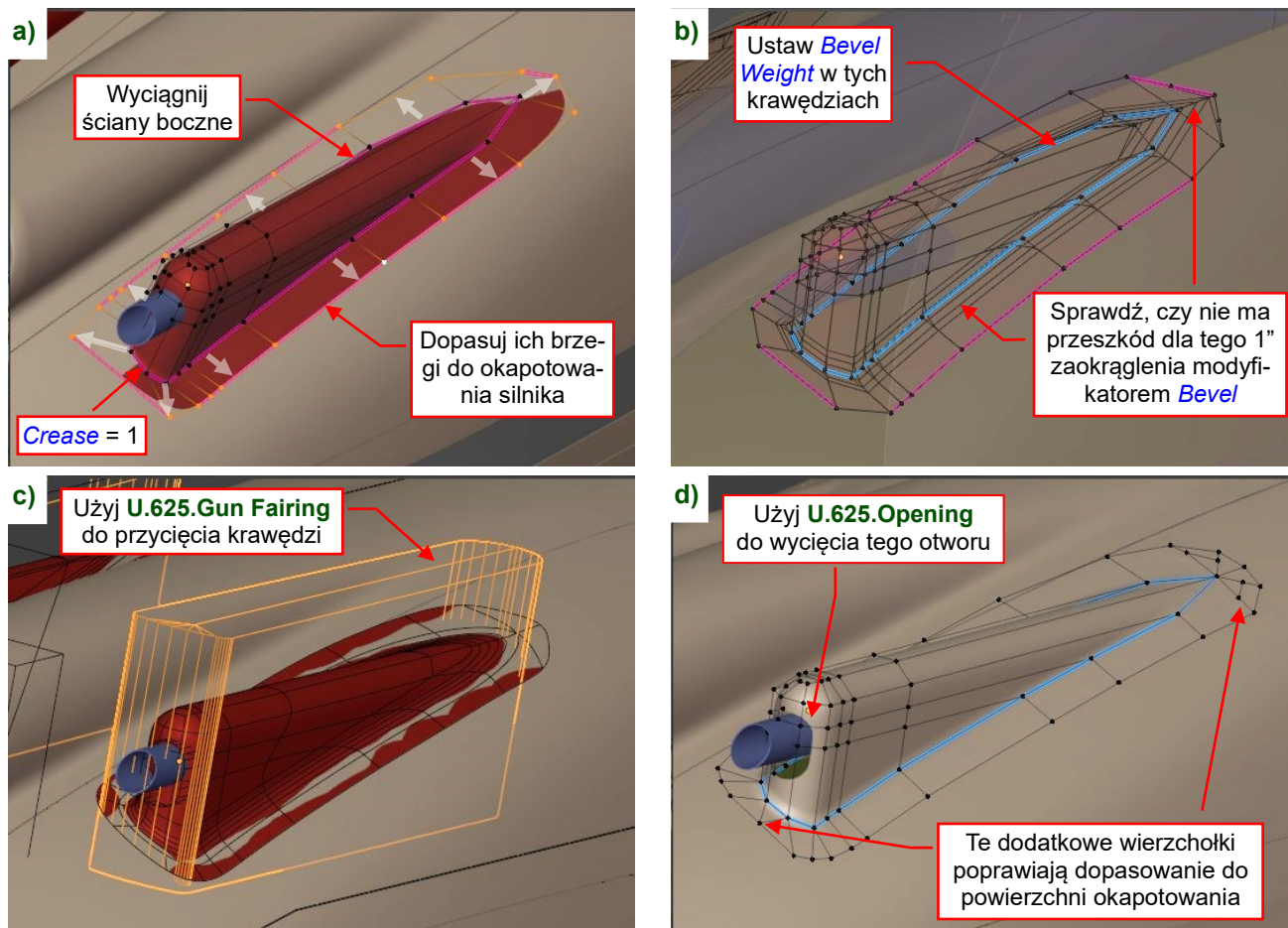


Rysunek 7.4.16 Włączanie do siatki osłony krawędzi przecięcia

¹ Ponieważ krawędź przecięcia osłony luf z okapotowaniem silnika była zaokrąglona (R od 0.75" do 1.0"), istnieje pewna tolerancja (+/- 0.05") w dopasowaniu tego konturu do powierzchni okapotowania. Ta pozwala na niewielkie poprawki położenia wierzchołków **A**.

Po tej retopologii, dopasowałem wynikowy brzeg osłony do powierzchni okapotowania silnika. Aby zachować oryginalny kształt „korytka” tej osłony, wykonałem te poprawki przesuwając wierzchołki ścian z obszaru **a** (por. Rysunek 7.4.16b) wzdłuż globalnej osi **Z**. Wierzchołki z obszaru **b** przesuwalem wzdłuż globalnej osi **Y**.

Rysunek 7.4.17 pokazuje dalsze kroki formowania tej osłony lufy km:



Rysunek 7.4.17 Dalsze formowanie nowej osłony lufy km

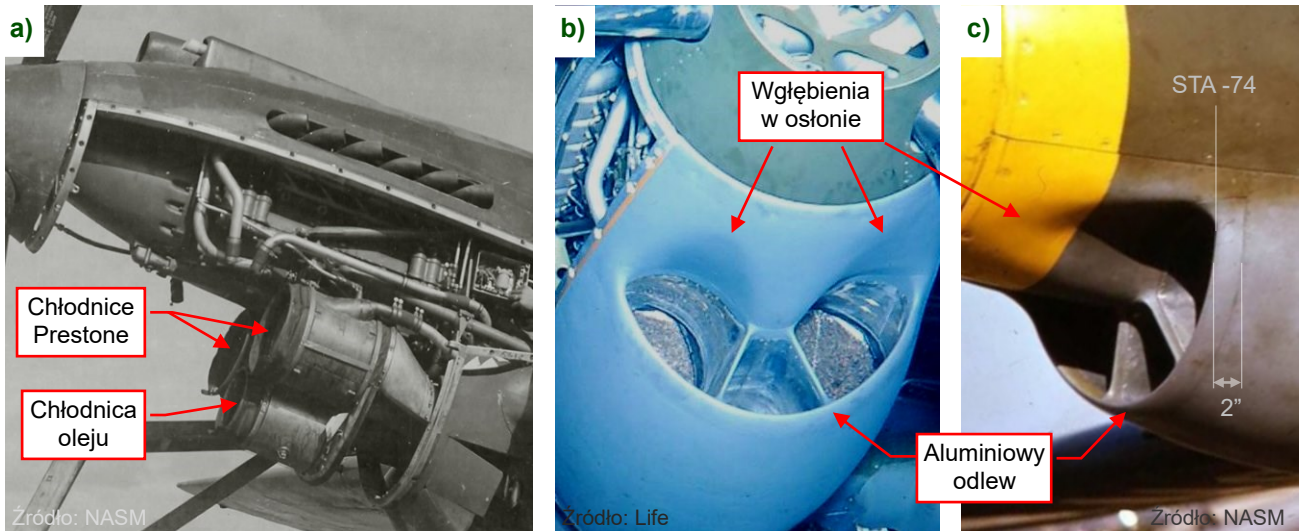
Rysunek 7.4.17a) to wyciągnięcie ścian bazy osłony z jej krawędzi przecięcia (por. tę metodę z przedstawioną przez Rysunek 7.4.8a-e). Stwierdziłem, że w tym przypadku takie uproszczenie tworzy zadowalające rezultaty. Jak widać (Rysunek 7.4.17d), siatka uzyskana z sześciokąta jest prostsza niż ta pokazywana przez Rysunek 7.4.9. Pomimo to nadal tworzy zadowalający kształt (odchylenia przekrojów powierzchni wynikowej grzbietu od idealnego łuku są na poziomie 0.01").



Te modyfikacje wprowadziłem podczas pracy nad wlotem powietrza do chłodnic, więc możesz je znaleźć w pliku z wynikiem następnej sekcji: [model\p40\history\P40B-11.05.blend](#).

7.5 Wlot powietrza do chłodnic

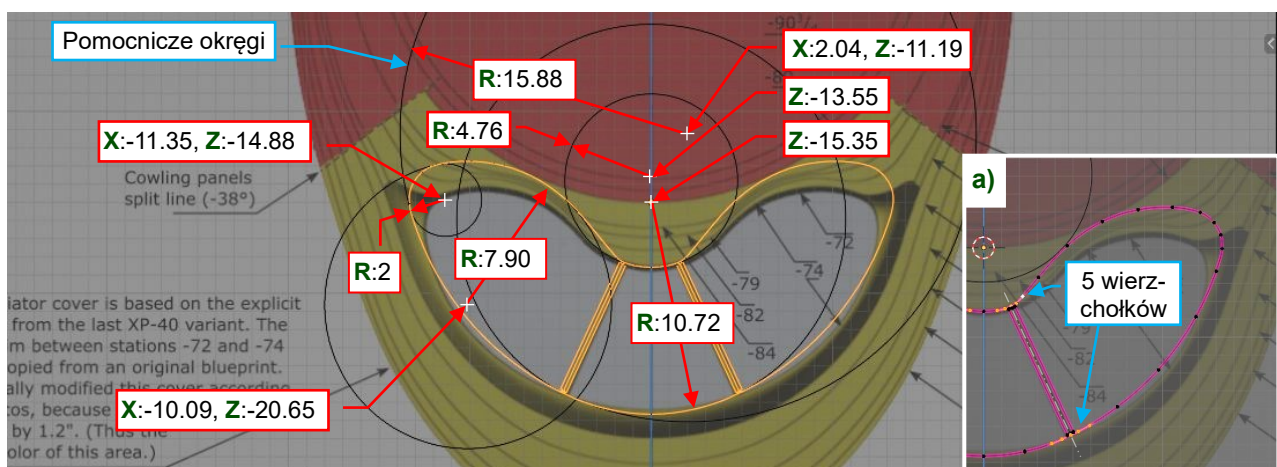
W P-40 chłodnice glikolu i oleju były umieszczone pod silnikiem (Rysunek 7.5.1a). Ich wlot powietrza dzielił się na 3 kanały: centralny do chłodnicy oleju, boczne do chłodnic glikolu (Rysunek 7.5.1b), znanego w USA pod nazwą handlową Prestone. Aby zwiększyć przepływ powietrza w kanałach bocznych, projektanci stworzyli wgłębienia przed chwytem powietrza (Rysunek 7.5.1b, c). W tej sekcji odtworzymy ten złożony kształt tego wlotu, a także same chłodnice (ponieważ pod pewnymi kątami są widoczne z zewnątrz).



Rysunek 7.5.1 Chłodnice cieczy P-40 i ich wlot powietrza

Znalazłem tylko kilka wyblakłych szkiców tego zespołu, w dokumentacji XP-40 (por. Tom I, sekcja 9.7). Na ich podstawie założyłem, że krawędź natarcia wlotu powietrza znajdowała się w stacji **-74**¹. Jednak przygotowując model dla tej sekcji, odkryłem, że w widoku z przodu kontury z XP-40 nie pasują do zdjęć seryjnych P-40. Obraz referencyjny przekrojów okapotowania silnika, wstawiony jako **R.Sections (cowling)** (por. str. 276) odtwarza kształt z XP-40, więc na ilustracji poniżej podaję szczegóły poprawionej geometrii wlotu. Projektanci Curtiss często konstruowali krzywe z łuków, więc przygotowałem ten opis w podobny, zwięzły sposób. Wstaw w swój model Blendera te okręgi jako obiekty pomocnicze, a potem pociągnij wzdłuż nich początkowe, kluczowe krzywizny krawędzi natarcia wlotu. Pamiętaj, że to tylko przybliżenie (oceniam zakres jego błędu na +/- 0.1").

Rysunek 7.5.2 opisuje geometrię wlotu w stacji **-74**. Narysowałem je na tle obrazu referencyjnego z konturami ze szkiców XP-40. Dzięki temu od razu dostrzeżesz różnice:

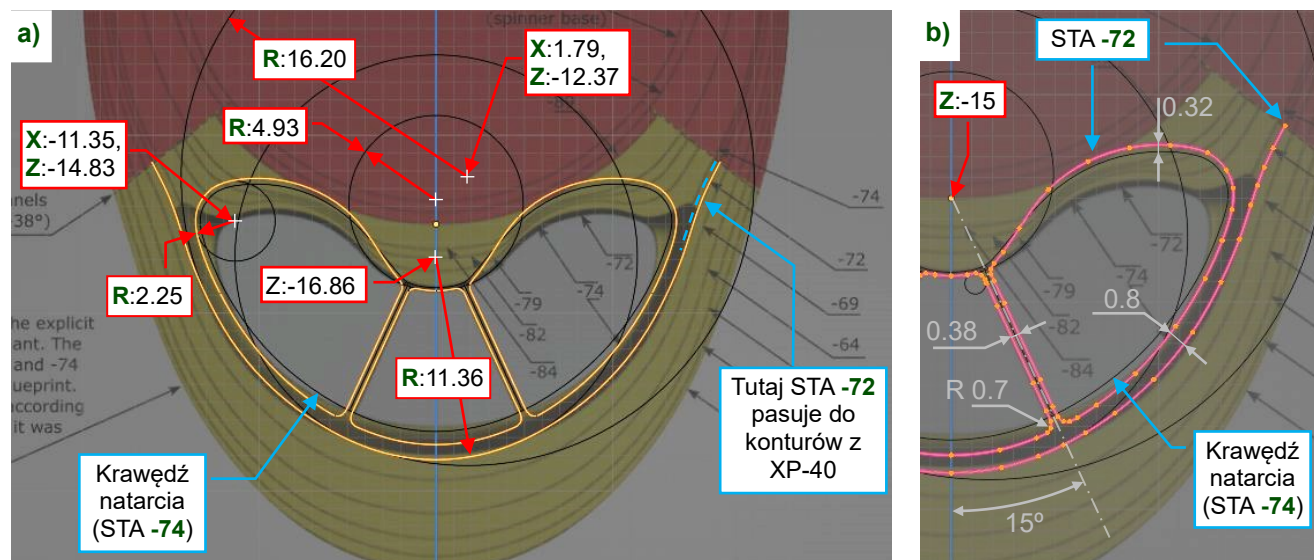


Rysunek 7.5.2 Uaktualniony wg zdjęć kontur krawędzi natarcia wlotu (stacja -74)

¹ Na rysunku Jumpei Temmy krawędź natarcia tego wlotu jest bliżej kołpaka śmigła o 0.7".

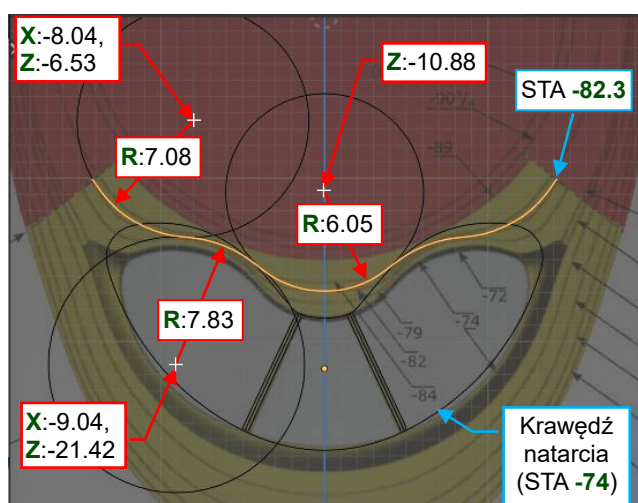
Rysunek 7.5.2a) pokazuje rozkład wierzchołków wzdłuż tego konturu. Ich układ zdeterminuje topologię siatki, którą stworzymy. Dlatego umieść więcej wierzchołków przy obydwu końcach „szprychy”, która rozdziela kanały powietrza: jeden pośrodku i dwa kolejne po każdej ze stron. W sumie – po 5 wierzchołków na każdym końcu.

Rysunek 7.5.3 pokazuje przekrój osłony odpowiadający krawędzi paneli za aluminiowym odlewem wlotu, w stacji **-72** (por. Rysunek 7.5.1c). Kształtując te krzywe, umieść taką samą liczbę wierzchołków wzdłuż ich łuków, jaka pokazuje Rysunek 7.5.2a): za chwilę będziemy łączyć je ścianami.

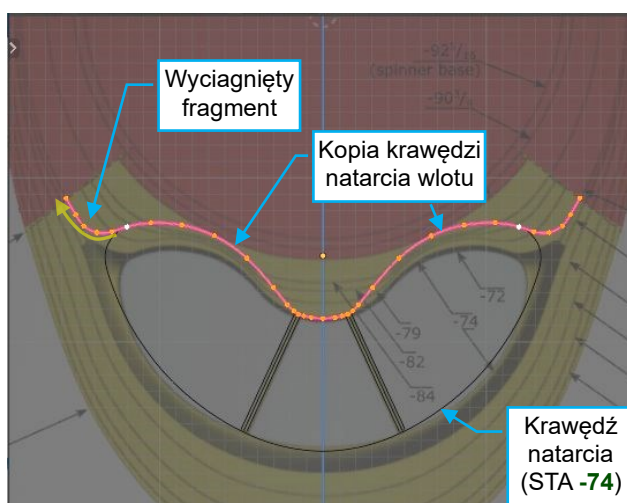


Rysunek 7.5.3 Uaktualniony wg zdjęć kontur krawędzi natarcia wlotu (stacja -74)

Rysunek 7.5.4 pokazuje przekrój okapatowania silnika przed wlotem powietrza, w stacji **-82.3**¹.



Rysunek 7.5.4 Przekrój poprzeczny w stacji -82.3



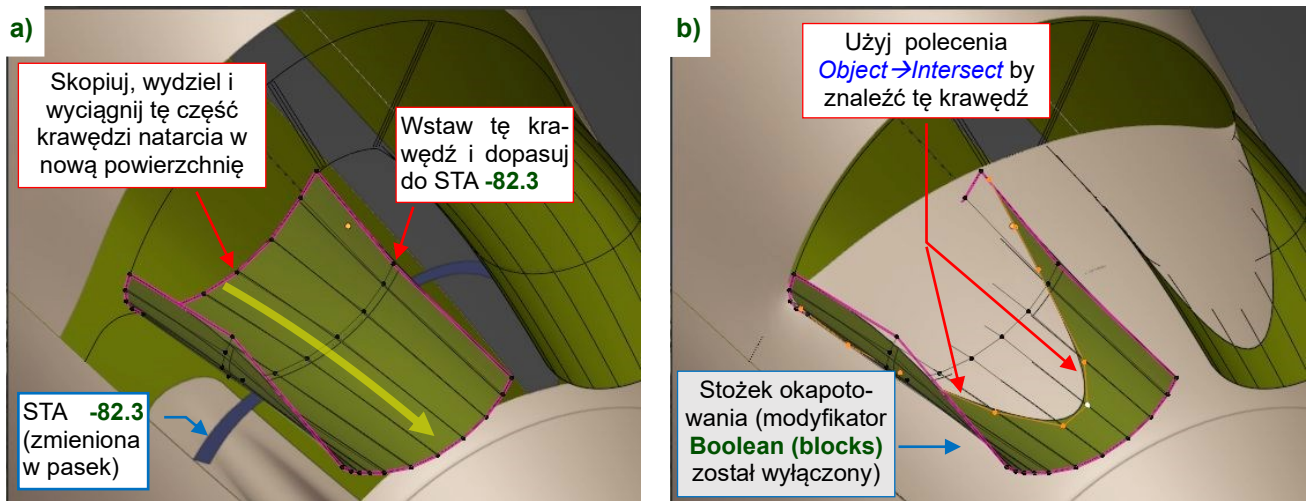
Rysunek 7.5.5 Wstępny kontur obiektu B.645.Coolers Inlet

Skopiowałem także górną część krawędzi natarcia (stacja **-74**) i wyciągnąłem jej koniec (Rysunek 7.5.5). To pierwsza krawędź siatki wlotu powietrza chłodnic. Nazwij ten obiekt **B.645.Coolers Inlet**.

Myszę, że najtrudniejszym fragmentem tej siatki jest przednia część wlotu, ze względu na zagłębienia przed wlotami chłodnic Prestone. Konceptyjnie, są one kontynuacją stożka kołpaka śmigła połączoną z dwoma wklęsłymi powierzchniami. Zaczniemy modelowanie wlotu od uformowania tego obszaru, ponieważ czasami topologie najtrudniejszych fragmentów mają niespodziewany wpływ na resztę siatki.

¹ Kontury pokazywane przez Rysunek 7.5.2 i Rysunek 7.5.4 odtworzyłem z precyzyjnego rzutowania modelu na zdjęcie (por. Rozdział 14) wczesnego P-40-cu. Na nosach tych samolotów USAAC malował szerokie na 10" pasy w kontrastowym kolorze. Przekrój pokazany przez Rysunek 7.5.4 to tylna krawędź takiego pasa (pokazuje ją Rysunek 7.5.17)

Rozpocznij od wyciągnięcia wklęsłej powierzchni z górnego konturu krawędzi natarcia w stacji **-74** (Rysunek 7.5.6a). Ukształtuj ją tak, by pasowała do przekroju w stacji **-82.3**. Ta powierzchnia powinna przeciąć stożek podstawowej bryły okapotowania silnika w pobliżu stacji **-89**:

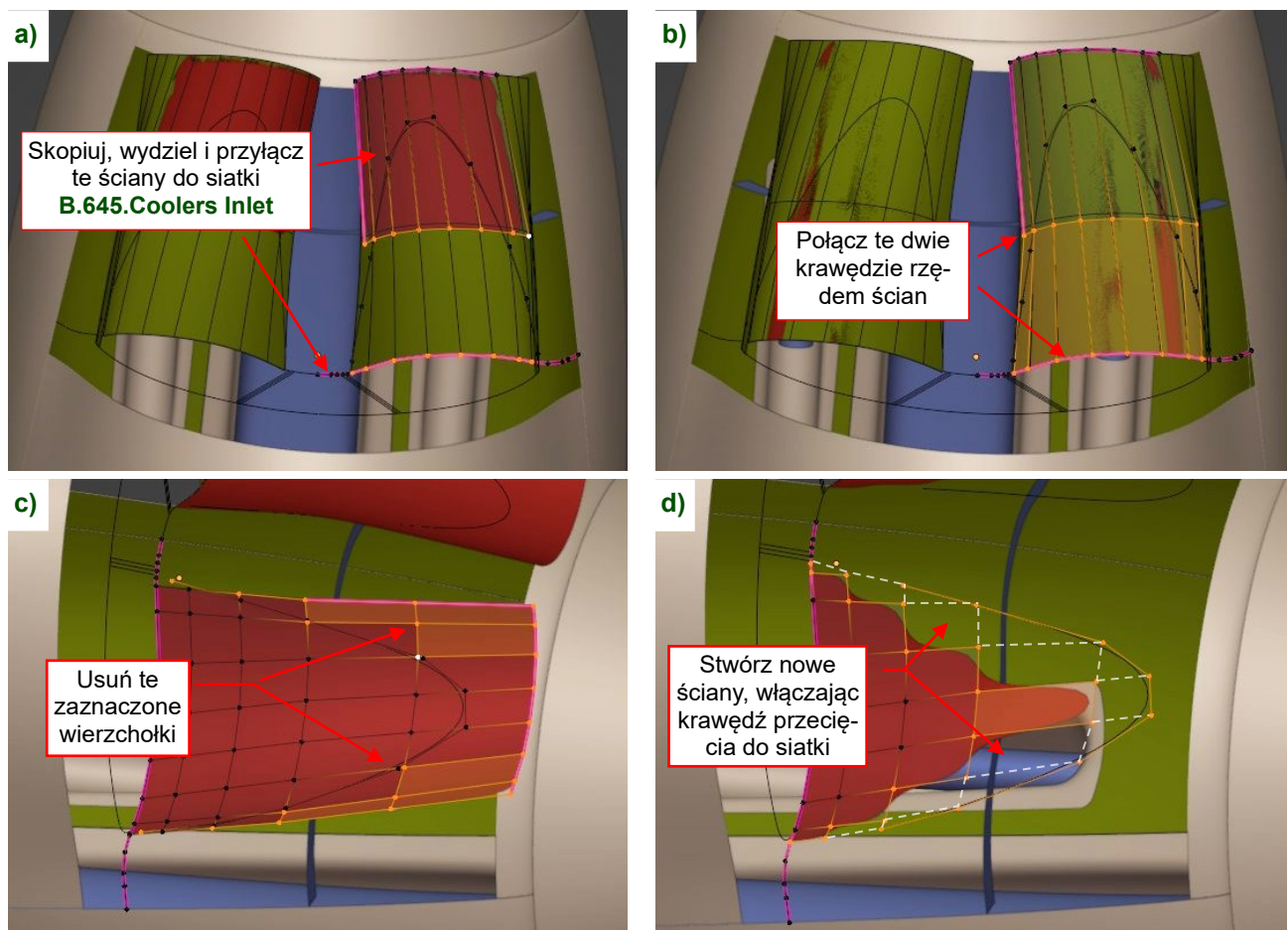


Rysunek 7.5.6 Formowanie pomocniczej wklęsłej powierzchni przed wlotem

Użyj dodatku **Intersect** aby znaleźć krawędź przecięcia tej siatki i okapotowania silnika (Rysunek 7.5.6b).

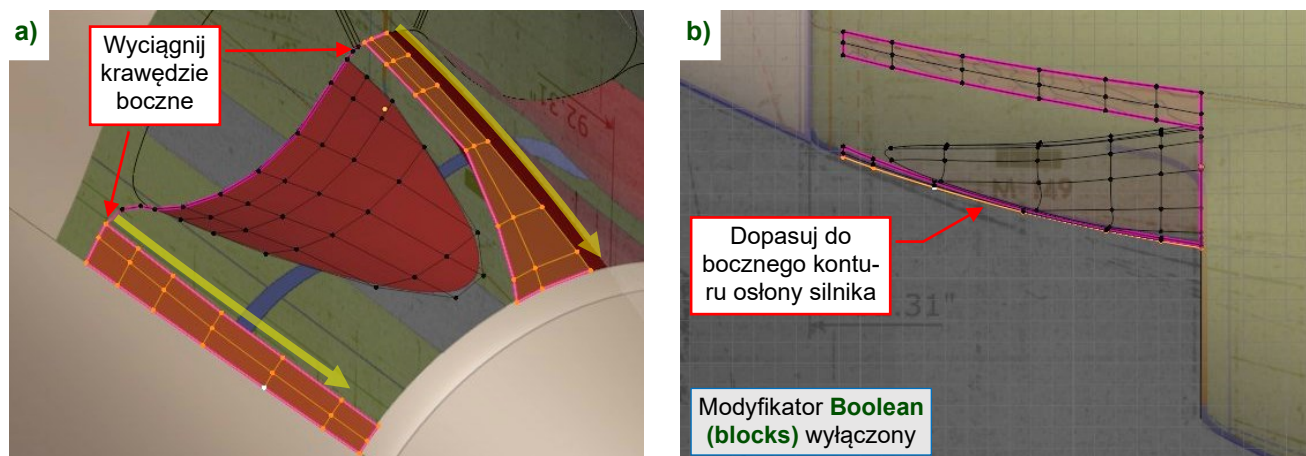
Skopiuj krawędź przecięcia i przedni segment uformowanej siatki (por. Rysunek 7.5.6b), wydziel je, a następnie dołącz do siatki obiektu **B.645.Coolers.Inlet** (Rysunek 7.5.5). Pozostaw powierzchnie, której przygotowanie pokazywał Rysunek 7.5.6, wśród pomocniczych obiektów. Będzie wzorcem podczas pracy nad wlotem.

Teraz połącz te ściany i krawędź przecięcia z poprzednio stworzoną wstępną krawędzią (por. Rysunek 7.5.5):



Rysunek 7.5.7 Formowanie wklęsłych części przed wlotem powietrza

Gdy scalałeś te elementy we wklęsłą powierzchnię, wyciągnij krawędzie boczne wzdłuż jej brzegów (Rysunek 7.5.8a). Aby dopasować kontury boczne tej powierzchni do kształtu okapotowania silnika (**B.600.Cowling**), tak jak pokazuje to Rysunek 7.5.8b), tymczasowo wyłącz widoczność jego modyfikatora **Boolean (blocks)**:



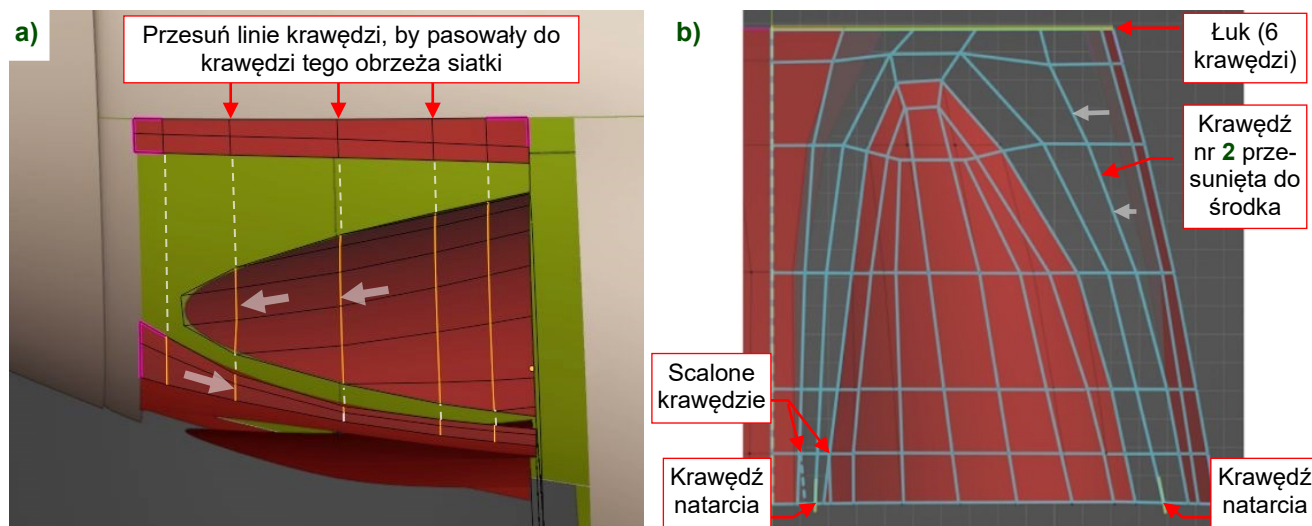
Rysunek 7.5.8 Dopasowanie brzegów powierzchni



W tej sekcji często przełączamy widoczność modyfikatora **Boolean (blocks)** obiektu **B.600.Cowling**, tak jak opisuje to Rysunek 7.2.24 (str. 295). Będę pisał o takim przełączeniu „**wyłącz/włącz widoczność Boolean (blocks)**” – mam nadzieję, że ten skrót myślowy będzie zrozumiały.

Zanim stworzymy ściany zamykające lukę pomiędzy „wypukłym” i „wklęsłym” segmentem tej siatki, musimy przygotować ich topologię. Uwier mi, jeżeli zaczniesz to robić bez żadnego planu, uzyskasz brzydką, nieregularną siatkę. Taka siatka nadal może wygenerować przeciętnie wyglądającą powierzchnię, ale kłopoty się zaczną, gdy będziesz chciał ją poprawić, przesuwać niektóre z jej wierzchołków¹.

Zacząłem od przesunięcia krawędzi „wręg” w częściach: środkowej i wklęsłej, dopasowując je do położenia podobnych linii krawędzi na pasku biegnącym wzdłuż linii podziału paneli (Rysunek 7.5.9a):



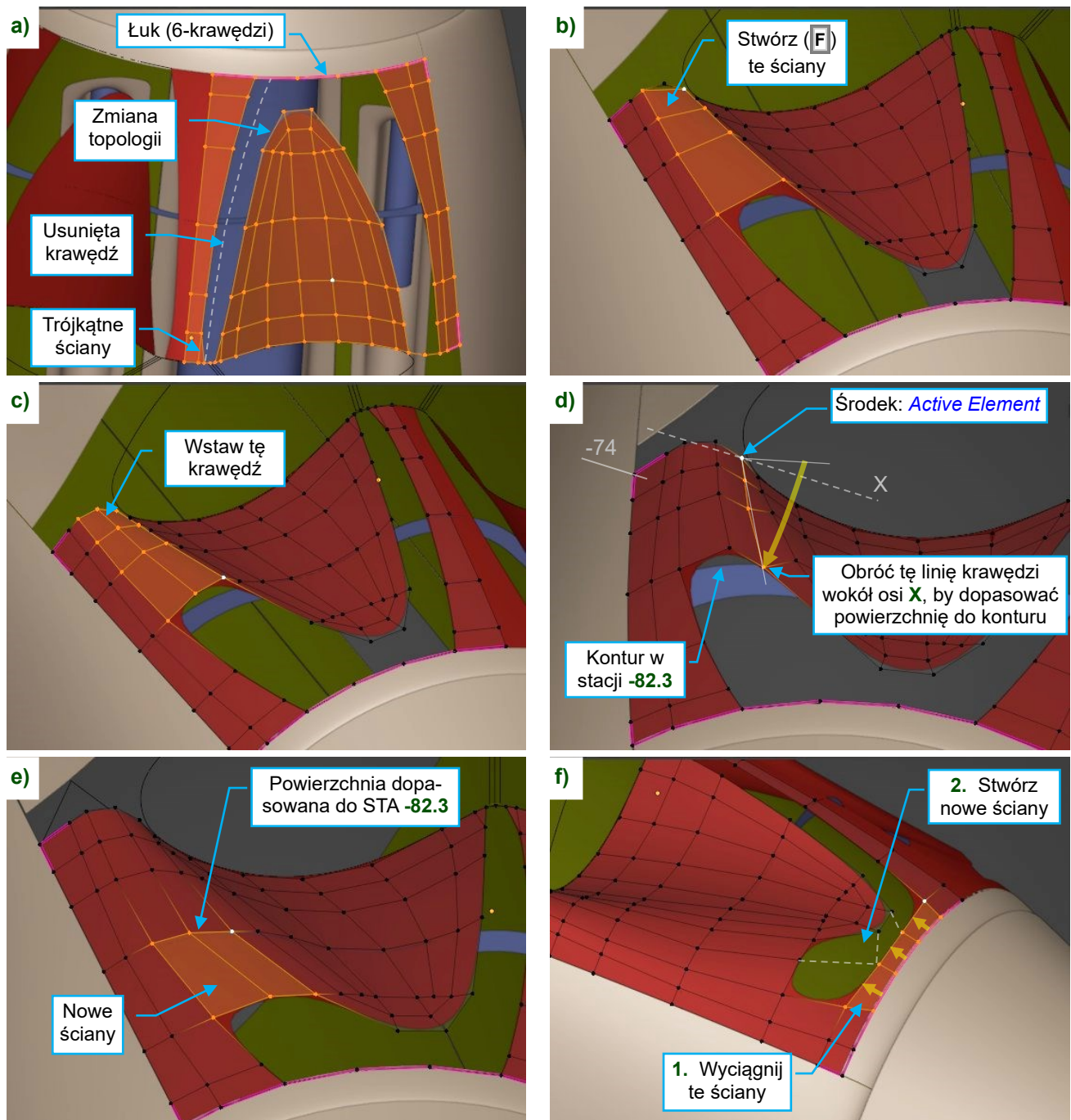
Rysunek 7.5.9 Planowanie topologii siatki

Potem zrobiłem zrzut ekranu z siatką tego obiektu. Użyłem go jako obrazu referencyjnego do narysowania planowanej topologii w Inkscape (Rysunek 7.5.9b). Zgodnie z tym planem, potrzebujemy dodać z przodu tej siatki łuk złożony z 6 krawędzi.

¹ Szczerze: siatka pokazana w tej sekcji jest moją trzecią próbą, ale pierwszą z zaplanowaną wcześniej topologią. Porzuciłem dwie pierwsze wersje, bo ich siatki były nieregularne („brzydkie”). Co chwila miałem potem problemy ze zmianą kształtu ich wynikowych powierzchni.

Zmodyfikowałem topologię siatki zgodnie z tym szkicem Inkscape. Rysunek 7.5.10a) pokazuje zmiany, które wprowadziłem do obszaru wklęsłego (porównaj je z układem pokazanym przez Rysunek 7.5.8a). Dodałem także 6-krawędziowy łuk w stacji **-90.8**. Połączyłem go z obydwojma wypukłymi „paskami” siatki. Potem dopasowałem zmienioną, wklęsłą część do pomocniczej powierzchni (tej pokazywanej przez Rysunek 7.5.6).

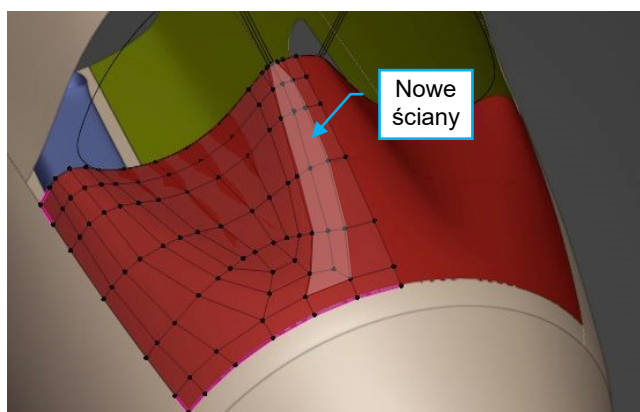
W następnym kroku, zamknąłem tylną część łuki w siatce ścianami (Rysunek 7.5.10b), które potem podzieliłem zgodnie ze szkicem Inkscape (Rysunek 7.5.10c):



Rysunek 7.5.10 Zamykanie luki wokół wklęsłej części siatki

Dopasowałem powierzchnię wynikową tej siatki do wzorcowego konturu ze stacji **-82.3**. Podczas pierwszego przybliżenia obróciłem odpowiednie linie krawędzi wokół ich wierzchołków ze stacji **-74** (Rysunek 7.5.10d), a potem indywidualnie dopasowałem każdy z tych punktów kontrolnych. Potem stworzyłem kolejną parę nowych ścian, która zamyka następny segment łuki w siatce (Rysunek 7.5.10e). Wyciągnąłem środkowe ściany wąskiego „paska”, biegnącego wzdłuż przedniego łuku (Rysunek 7.5.10f). Potem zamknąłem kolejnymi ścianami ostatnie przerwy po tej stronie w siatce.

Użyj tych samych metod do zamknięcia luku po drugiej stronie wklęsłego obszaru wlotu, tworząc siatkę podobną do tej, pokazanej przez Rysunek 7.5.11:



Rysunek 7.5.11 Zamknięta siatka przodu wlotu



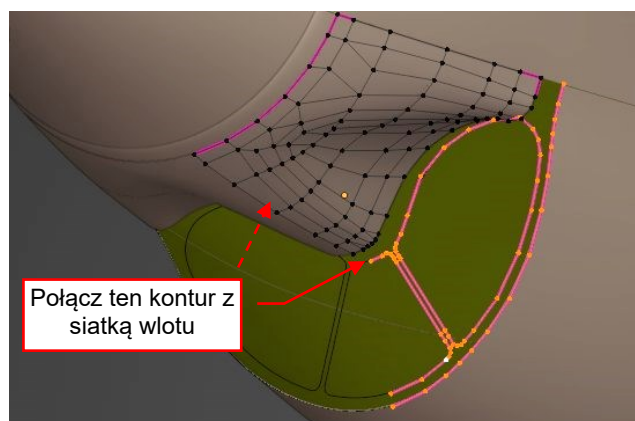
Rysunek 7.5.12 Dopasowywanie wynikowej powierzchni

Po zamknięciu tej siatki, dopasuj obszary wzdłuż jej brzegów do podstawowej bryły okopotowania (Rysunek 7.5.12). W tym celu, na chwilę wyłączyłem widoczność modyfikatora **Boolean (blocks)** osłony silnika.

Włącz z powrotem ten modyfikator i włącz także jego opcję **Edit Mode**, aby lepiej widzieć wynikową krawędź osłony w stacji **-72**. Ponieważ jej obecny kształt różni się nieco od nowego konturu referencyjnego (por. Rysunek 7.5.3a), dopasuj powtórnie jej przednią część (Rysunek 7.5.13):

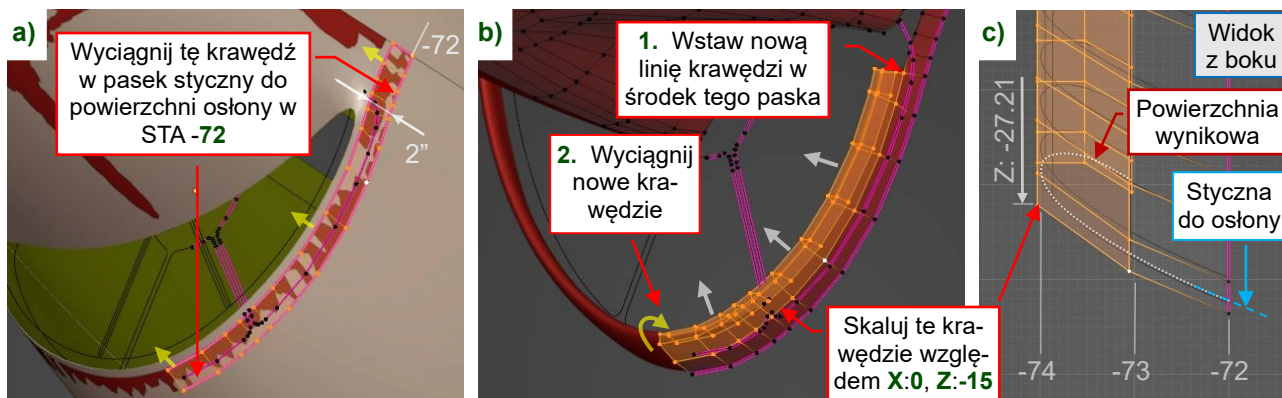


Rysunek 7.5.13 Dopasowanie osłony do konturu w STA -72



Rysunek 7.5.14 Łączenie konturów STA -72 z wlotem

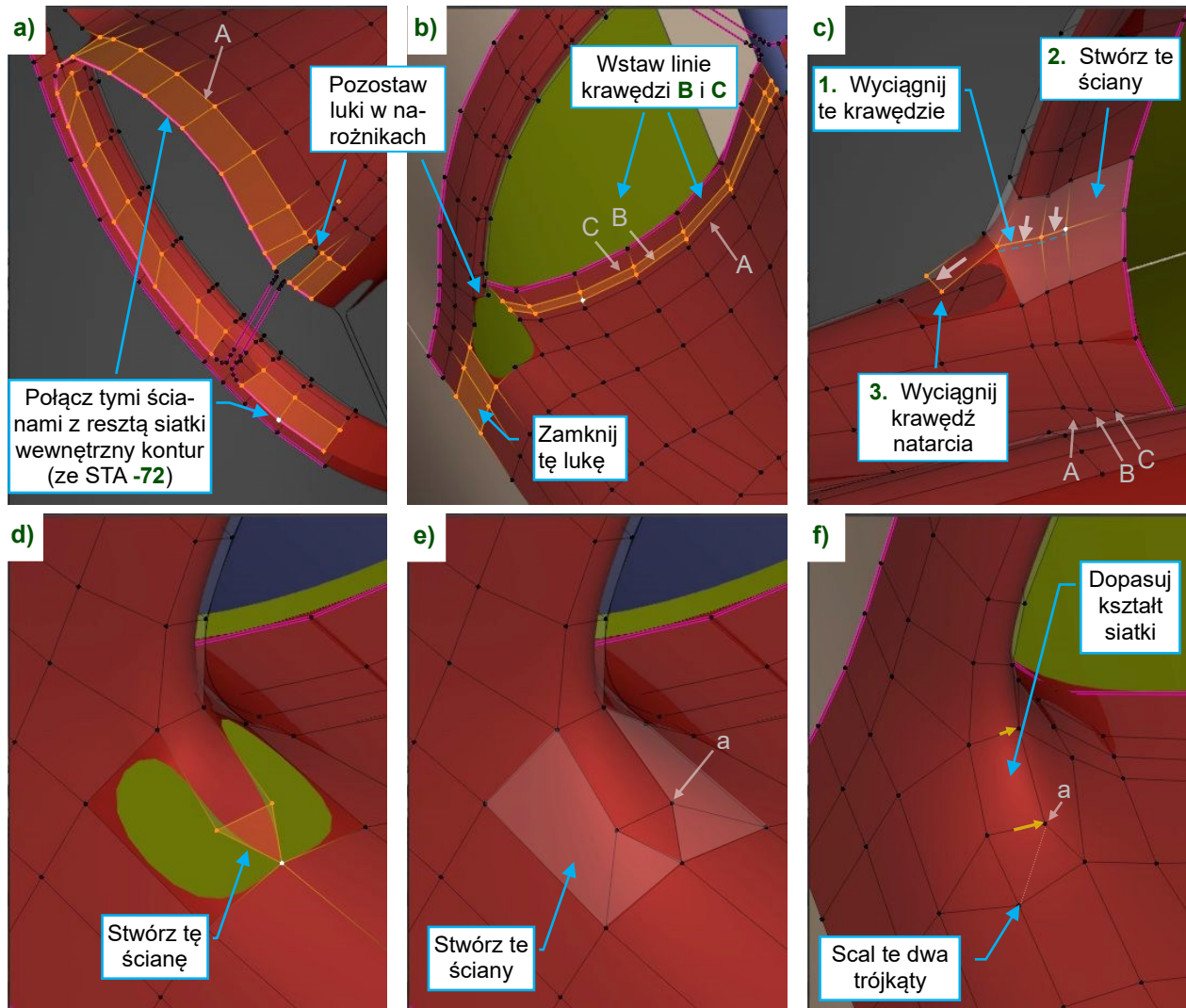
Połącz kontur przekroju ze stacji **-72** z siatką wlotu (**B.645.Coolers Inlet**), jak pokazuje to Rysunek 7.5.14. Wyciągnij zewnętrzny kontur STA **-72** o **2"**, i dopasuj go do powierzchni osłony (Rysunek 7.5.15a):



Rysunek 7.5.15 Formowanie krawędzi natarcia

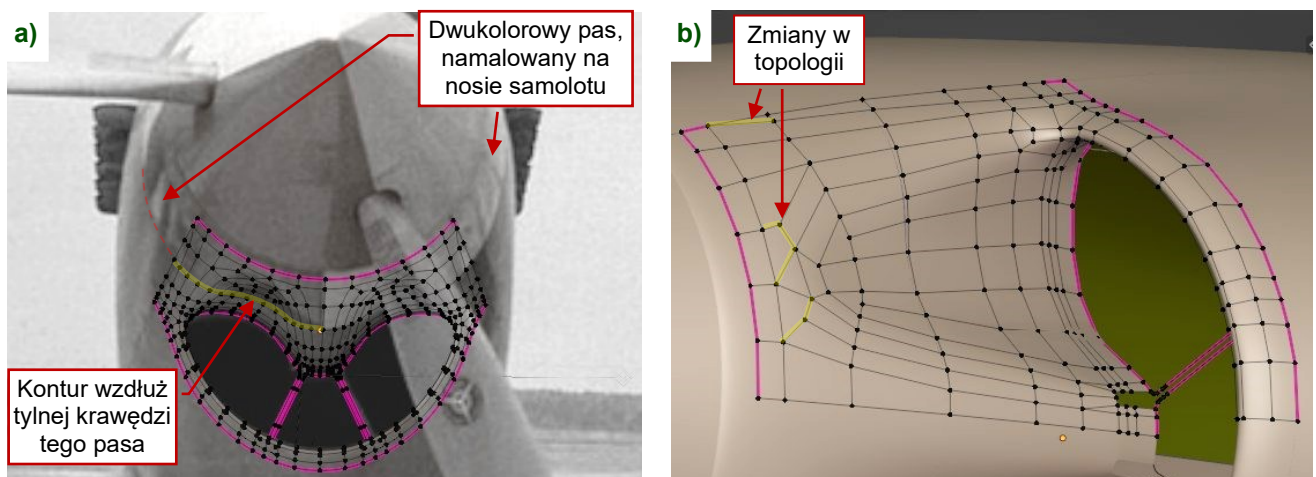
Wstaw w środek tego paska kolejną linię krawędzi, potem wyciągnij jej przednie krawędzie (Rysunek 7.5.15b), tworząc kształt pokazywany przez Rysunek 7.5.15c). Aby zmienić promień wyciągniętych konturów, skaluj je z zablokowaną osią Y, używając jako środka transformacji kursora 3D umieszczonego w **Z = -15**.

Rysunek 7.5.16 pokazuje, jak zamknąłem w tej siatce narożnik krawędzi natarcia:



Rysunek 7.5.16 Zamknięcie krawędzi natarcia wlotu

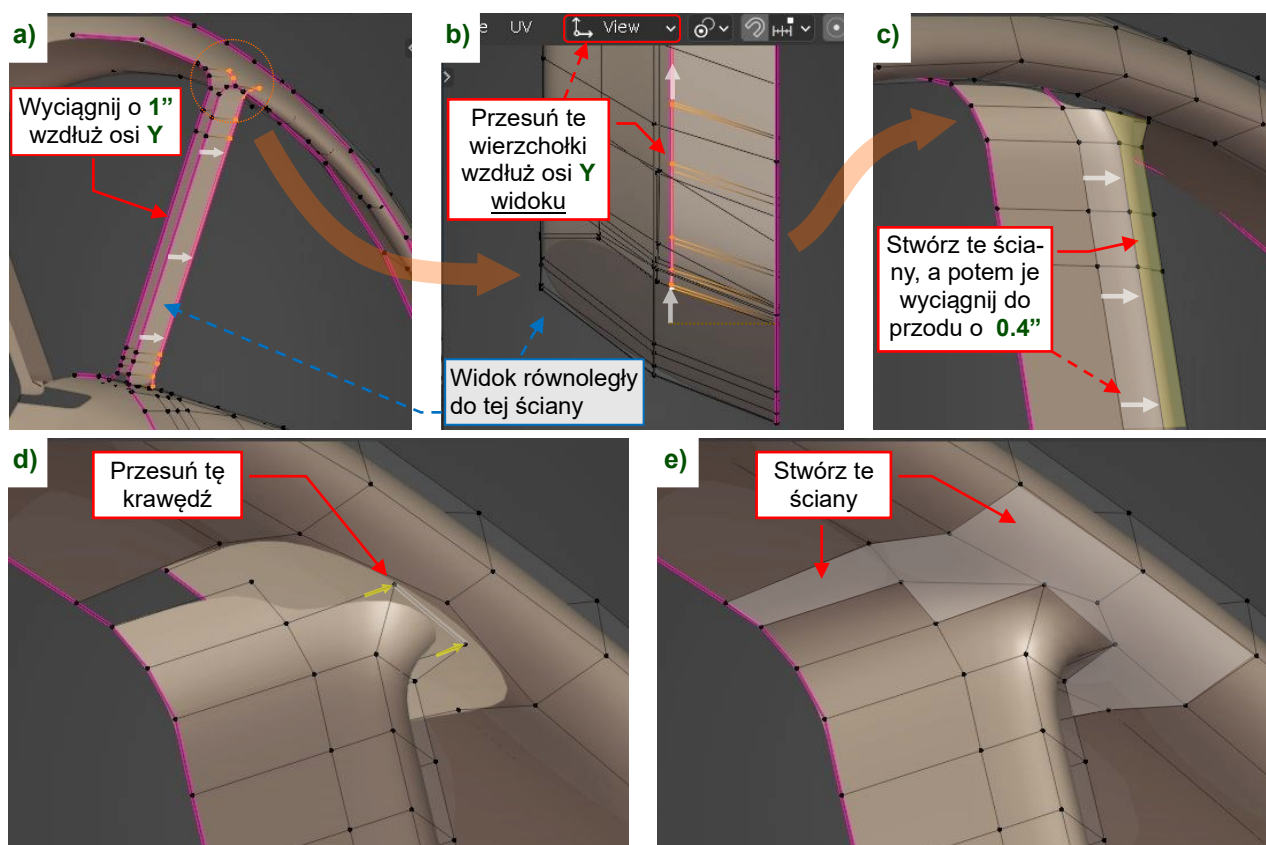
Przez cały czas sprawdzałem ten kształt ze zdjęciami. Rysunek 7.5.17a) pokazuje ekstremalny przypadek takiego testu. Ustawiłem model w identycznej projekcji jak P-40-cu na zdjęciu w tle. Potem użyłem tego obrazu jako bezpośredniego wzoru, w ten sam sposób jak używa się rzutów z przodu czy z boku na planach. (szczegół tej metody wyjaśnia Rozdział 14):



Rysunek 7.5.17 Sprawdzenie i dopasowywanie kształtu powierzchni wynikowej

W wyniku tych testów, poprawiłem nieco kształt i topologię siatki wlotu (Rysunek 7.5.17b).

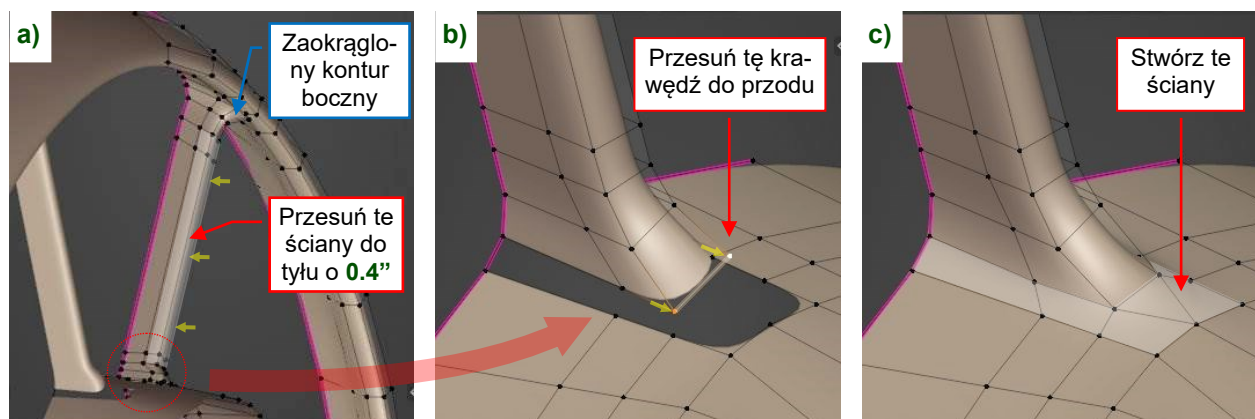
Teraz możemy uformować „szprychę” tego wlotu. Zaczniij od wyciągnięcia jej konturu ze stacji **-72** wzdłuż globalnej osi **Y** o **1"** (Rysunek 7.5.18a):



Rysunek 7.5.18 Formowanie środka i dolnej części „szprychy” wlotu

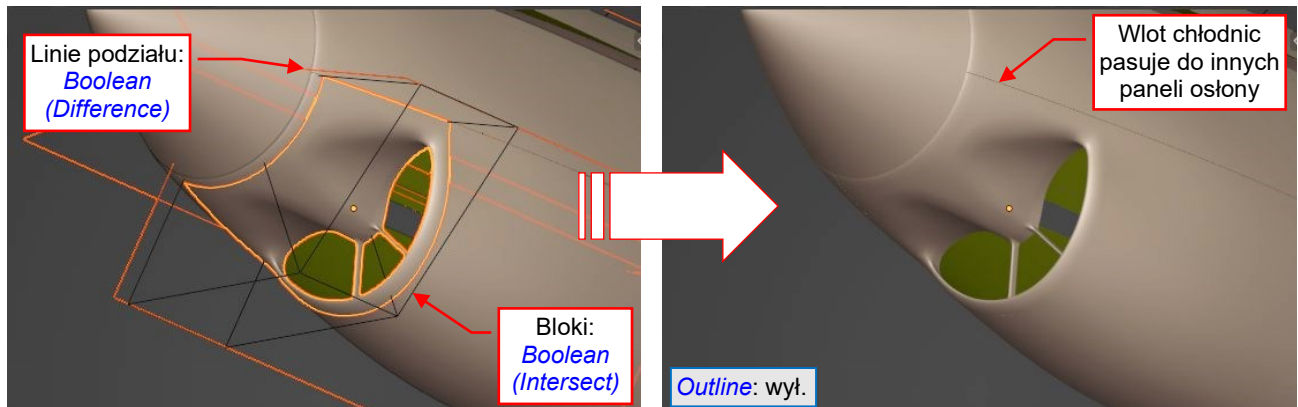
W jednym z okien ustaw projekcję równoległą do bocznej ściany „szprychy” (zaznaczając tę ścianę i naciskając **Shift-7**). W tym oknie przesun wzdłuż osi **Y widoku** przednie wierzchołki nowo utworzonych ścian, czyniąc ich boki równoległymi do boków sąsiednich ścian z pierścienia wlotu (Rysunek 7.5.18b). Stwórz ściany pomiędzy przednimi krawędziami tej „szprychy”, a potem je wyciągnij do przodu o około **0.4"** (Rysunek 7.5.18c). To nada jej krawędzi natarcia zaokrąglony przekrój. Przesun do przodu (wzdłuż globalnej osi **Y**) dwa zewnętrzne wierzchołki tej krawędzi (Rysunek 7.5.18d). To początek zakrzywionego konturu „szprychy”, który widać na zdjęciach. Na koniec, stwórz nowe ściany, które zamykają lukę pomiędzy podstawą szprychy i krawędzią natarcia wlotu (Rysunek 7.5.18e).

Przesun środkową część krawędzi natarcia szprychy o **0.4"** do tyłu. Ten krok kończy formowanie zakrzywienia konturu przy zewnętrznych narożnikach wlotu (Rysunek 7.5.19a). Potem przesun do przodu najwyższe wierzchołki krawędzi natarcia (Rysunek 7.5.19b) i zamknij lukę w tej siatce nowymi ścianami (Rysunek 7.5.19c):



Rysunek 7.5.19 Formowanie górnej części „szprychy” wlotu

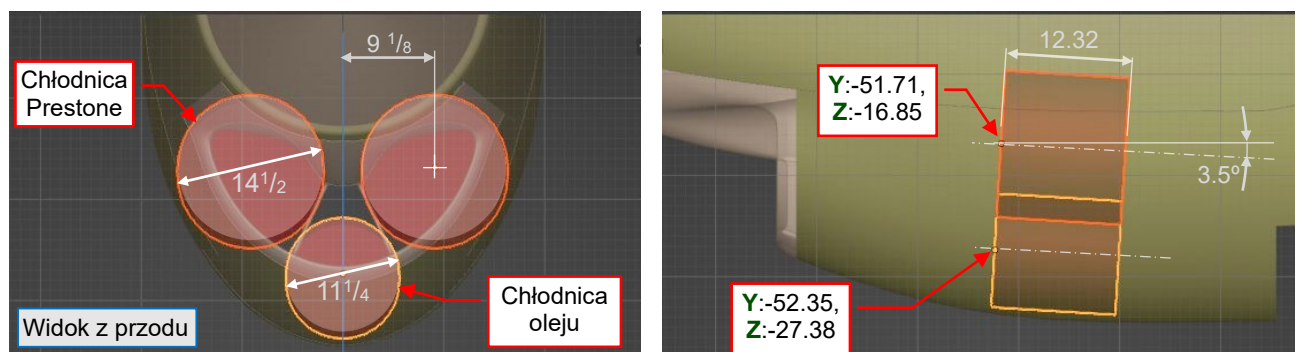
Przypisz obiektowi wlotu modyfikator **Solidify** (*Thickness*: **0.04"**), a następnie przytnij jego zewnętrzne krawędzie za pomocą tych samych brył, których użyliśmy do przycinania okapotowania (Rysunek 7.5.20):



Rysunek 7.5.20 Przycinanie brzegów wlotu

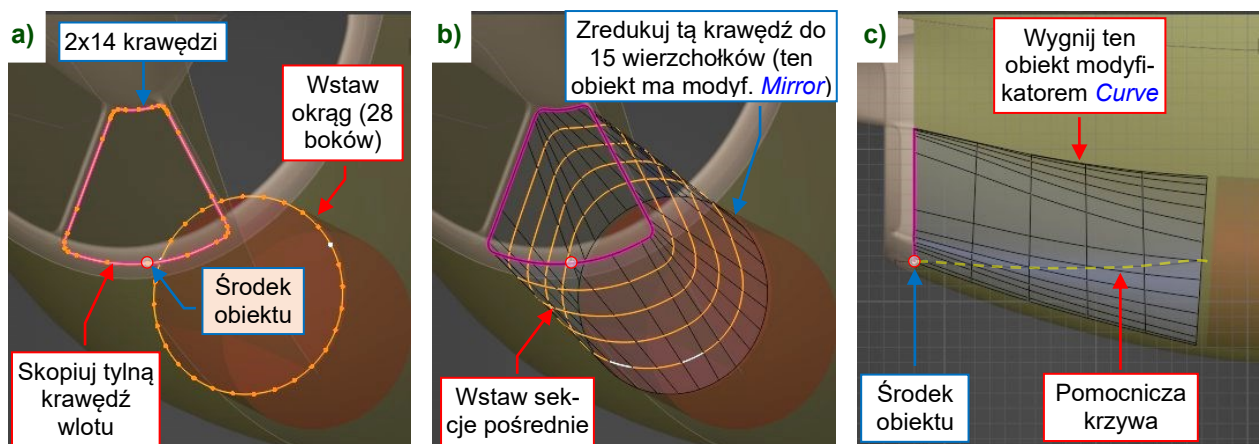
Rysunek 7.5.20 pokazuje gotowy obiekt wlotu chłodnicy. Teraz musimy odtworzyć wewnętrzne kanały powietrza i chłodnice, ponieważ były widoczne z zewnątrz (pod pewnymi kątami). Chłodnice przydadzą się także w następnej sekcji, do formowania kanałów wylotowych.

Stwórz chłodnice jako proste cylindry: wzór „plastra miodu” ich czołowych i wylotowych powierzchni odtworzymy później, używając tekstur. Rysunek 7.5.21 pokazuje położenie i rozmiary tych chłodnic:



Rysunek 7.5.21 Wymiary chłodnic

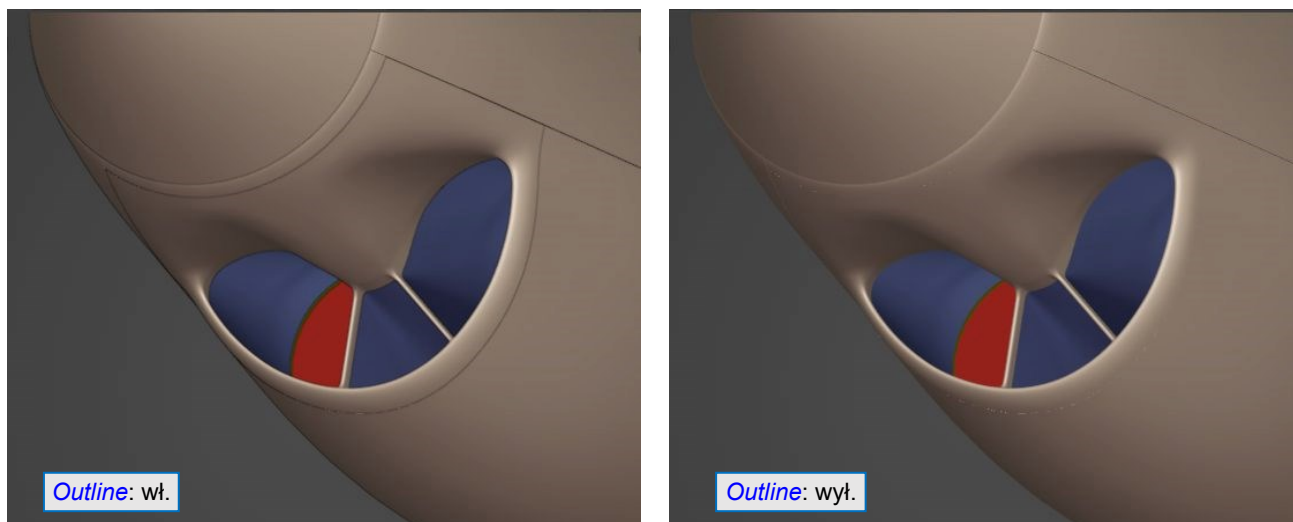
Aby odtworzyć kanał powietrza do chłodnicy, skopiuj z siatki wlotu jej kontur w stacji **-72** i wydziel go w nowy obiekt. Przed chłodnicą wstaw w tej siatce okrąg o średnicy jej cylindra i liczbie boków równej liczbie krawędzi skopiowanego konturu (Rysunek 7.5.22a). Potem połącz te krawędzie ścianami (**Bridge Edge Loops**):



Rysunek 7.5.22 Formowanie kanału do chłodnicy oleju

Wstaw w środek tej „rury” cztery lub pięć pośrednich sekcji (**Loop Cut**, Rysunek 7.5.22b), a następnie wygnij tę siatkę wzdłuż pomocniczej krzywej (Rysunek 7.5.22c). W ten sam sposób stwórz kanał do chłodnicy Prestone.

Rysunek 7.5.23 pokazuje gotowe kanały chłodnic i ich wloty:



Rysunek 7.5.23 Gotowy wlot chłodnic

Podsumowanie

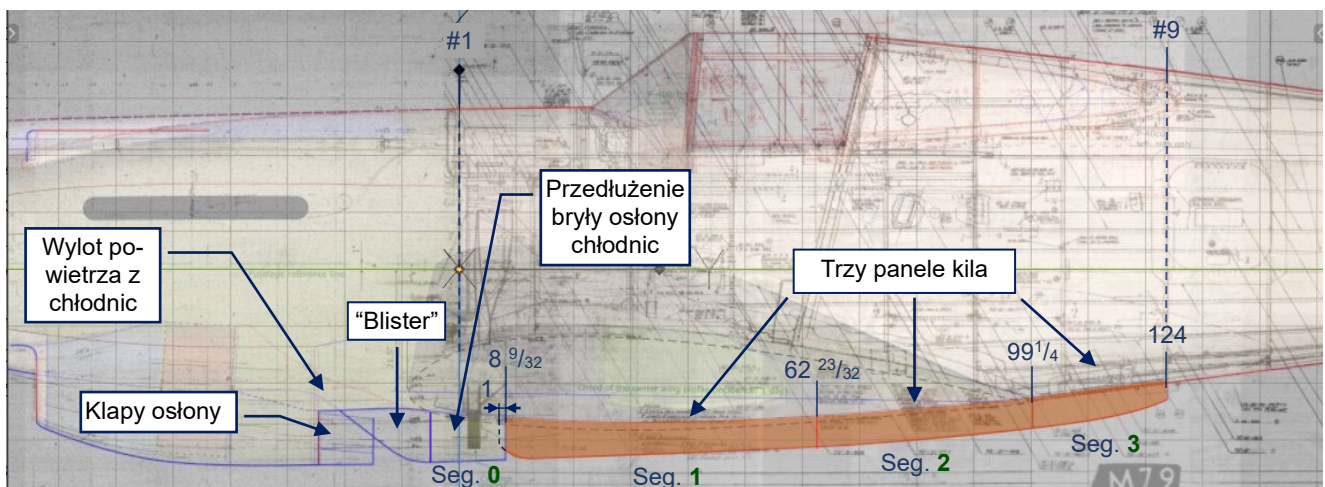
- Przygotowując produkcję seryjną P-40, Curtiss nieco zmienił kształt osłony chłodnic. Różni się on od kilku zachowanych szkiców XP-40 ([L-10202](#), [L-10276](#), [SK-2692](#)). Zaprezentowana na str. 313-314 geometria jest przybliżeniem tego kształtu i wymaga dalszej dokładnej weryfikacji ze zdjęciami (takiej jak ta, pokazana na str. 319).
- Najpierw przygotowaliśmy kluczowe kontury (str. 313-314) tej osłony. Odwzorowując wewnętrzne i zewnętrzne kontury przekrojów ze stacji **-72** (str. 314) pamiętaj, że ich wierzchołki będą połączone siatką krawędzi natarcia wlotu. Zawczasu pomyśl o przyszłym łączeniu odpowiednich węzłów tych krzywych w pary.
- Zaczęliśmy formowanie od przedniej części wlotu, będącej kontynuacją stożka kołpaka śmigła z wgłębieniami przed chłodnicami Prestone (str. 313). Najpierw określiliśmy kształt tych wgłębnień poprzez wyciągnięcie górnej części konturu ze stacji **-74** i dopasowaniu tej nowej powierzchni do przekroju w stacji **-82.3**. Zanikają one w stacji **-89** (str. 315). Potem określiliśmy krawędź przecięcia siatek tego zagłębienia i stożka osłony silnika. Połączyliśmy tę linię krawędzi z siatką wlotu (str. 315). Następnie wyciągnęliśmy wypukłe fragmenty powierzchni wzdłuż granic paneli, dopasowując je do konturu osłony (str. 316). Na koniec, zamknęliśmy luki w siatce wlotu (str. 317, 318), tworząc nowe krawędzie zgodnie z zaplanowaną topologią (str. 316).
- Krawędź natarcia wlotu została wyciągnięta z konturu jego przekroju w stacji -72 (str. 318). Zamknęliśmy ją włączając w siatkę wewnętrzny kontur tego samego przekroju (str. 319). Potem zamknęliśmy luki w narożnikach (str. 319) i wyciągnęliśmy „szprychę” wlotu (str. 320).
- Uzyskana siatka została porównana z kilkoma zdjęciami referencyjnymi (str. 319) i przycięta za pomocą tych samych obiektów tnących, których użyliśmy do przycięcia podstawowej osłony silnika (str. 321).
- Odtworzyliśmy także same chłodnice i ich wewnętrzne kanały powietrza (str. 321).



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: [model\p40\history\P40B-11.05.blend](#).

7.6 Kil pod kadłubem

Pod skrzydłami P-40 widać przedłużenie osłony chłodnic, sięgające się aż do wręgi #9 (Rysunek 7.6.1). Dokumentacja Curtiss określa je jako „kil” (jak w statkach), więc i ja będę dalej używał tej nazwy.



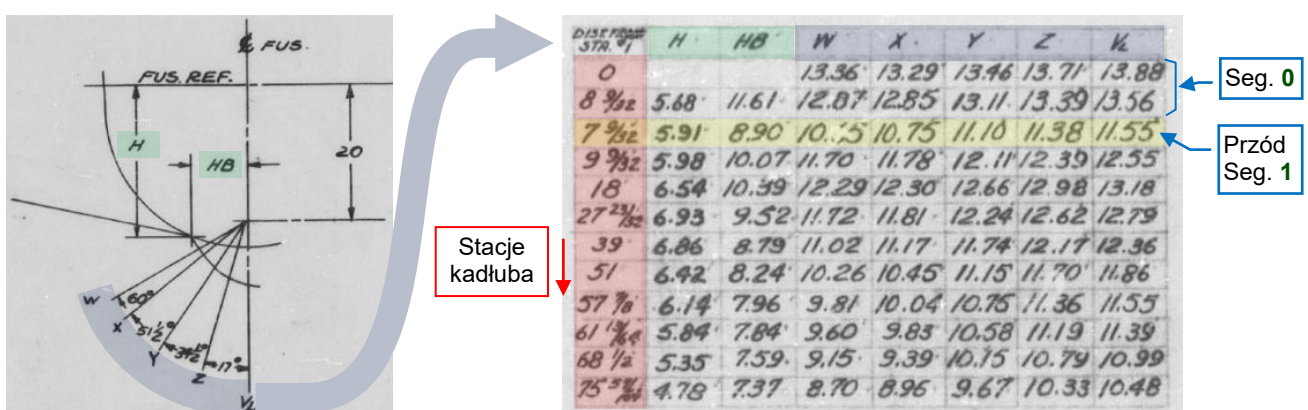
Rysunek 7.6.1 Wylot powietrza z chłodnic i „kil” pod spodem P-40B

Ten kil składa się z czterech odejmowanych paneli. Segment 0 jest geometryczną kontynuacją osłony chłodnic (początkowo wydawało mi się, że różni się szerokością). Segment 1 był mocowany zamkami dzus, podczas gdy segmenty 2 i 3 - klasycznymi śrubami. Wszystkie cztery osłaniały przewody paliwa i oleju (Rysunek 7.6.2):



Rysunek 7.6.2 Instalacje zakryte przez panele kila P-40

Przekroje tego kila na rysunkach Jumpei Temmy mają pewne niedociągnięcia. Jeżeli chcesz poprawić swój model, wykorzystaj współrzędne z oryginalnej dokumentacji (rys. nr [87-23-504](#), [-503](#), [-502](#)). Rysunek 7.6.3 pokazuje diagram i tabelę współrzędnych od przegrody silnika (stacja 0 kadłuba) do stacji 75 57/64:



Rysunek 7.6.3 Współrzędne przedniej części kila

Sekcje „**MODEL**” w tabelkach tych rysunków wymieniają także najwcześniejsze warianty P-40. Geometria kila jest wyrażona we współrzędnych cylindrycznych, których środek leży w **Z=-20**. Zwróć uwagę na dwa górne wiersze współrzędnych pokazanych przez Rysunek 7.6.3: to przekroje Segmentu **0** w stacjach **0** i **8 9/32**. Prawdopodobnie to jedyne potwierdzone wymiary osłony silnika w P-40-cu/B/C.

Rysunek 7.6.4 pokazuje współrzędne z rys. [87-23-503](#), [-502](#). Częściowo się „nakładają” (w stacji **#8**):

STA.	9/32	H.B.	W	X	Y	Z	V	H
51	8.24	10.26	10.45	11.15	11.70	11.86	6.42	
57 1/2	7.96	9.81	10.04	10.75	11.36	11.55	6.14	
61 1/2	7.84	9.60	9.83	10.58	11.19	11.33	5.84	
68 1/2	7.59	9.15	9.39	10.15	10.79	10.99	5.35	
75 1/2	7.37	8.70	8.96	9.67	10.33	10.49	4.78	
83	7.11	8.24	8.47	9.16	9.79	9.93	4.17	
89 1/2	6.90	7.81	8.04	8.67	9.21	9.31	3.54	
8	106	6.04	6.53	6.71	7.09	7.30	7.36	1.74

87-23-503 (Segment 2)

STA.	9/32	H.B.	W	X	Y	Z	V	H
89 1/2	6.90	7.81	8.04	8.67	9.21	9.31	3.54	
8	106	6.04	6.53	6.71	7.09	7.30	7.36	1.74
111	5.58	6.00	6.19	6.50	6.60	6.61	2.19	
115	5.08	5.45	5.61	5.87	5.90	5.89	2.07	
119 3/8	4.28	4.51	4.61	4.73	4.71	4.72	2.29	
9	129	2.96	2.96	2.96	2.96	2.96	2.96	19.86
130	0	-75	-75	-75	-75	-75	-75	0

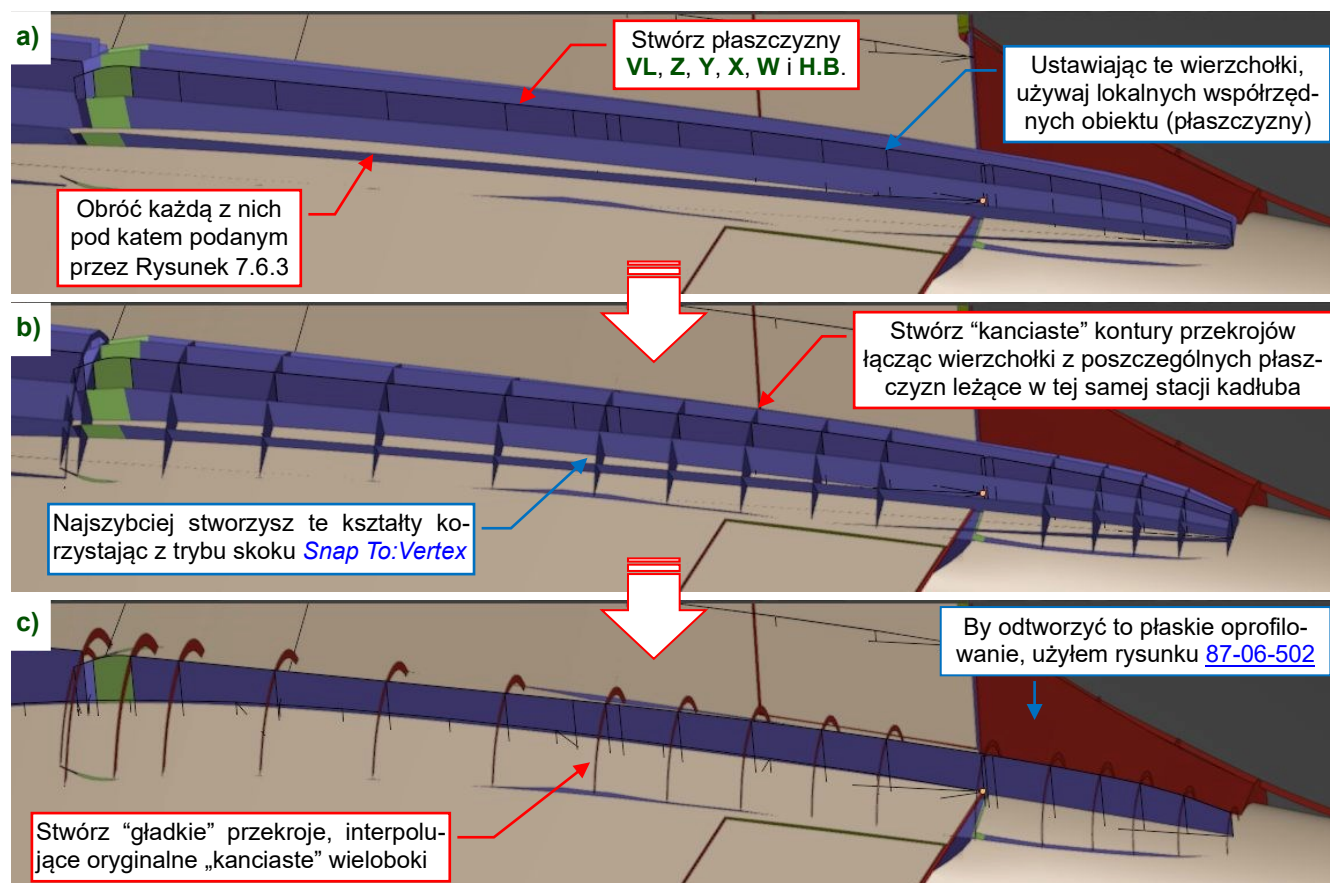
Wierzchołek teoretycznego stożka

87-23-502 (Segment 3)

Rysunek 7.6.4 Współrzędne środkowej i tylnej części kila

Możesz odtworzyć ten kil korzystając z planów Temmy i „skompilowanego” widoku z boku (**R.Side.Left (compiled)**) – por. str. 85 i 90). Jednak w tym poradniku zdecydowałem się użyć oryginalnych wymiarów.

Aby skorzystać ze wszystkich, odtworzyłem te punkty w przestrzeni 3D modelu jako wierzchołki pomocniczych wieloboków. Rysunek 7.6.5 pokazuje szczegóły tej metody:



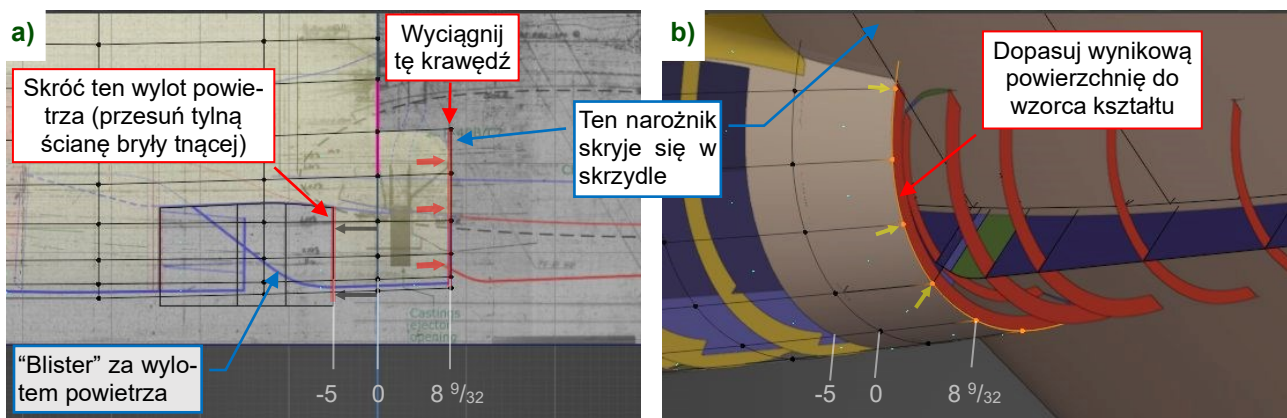
Rysunek 7.6.5 Odzworowanie współrzędnych kila w przestrzeni modelu

W zasadzie ten kil był wygiętym stożkiem, więc jeżeli chcesz, możesz odtworzyć tylko jego kluczowe przekroje.



Przygotowanie takich pomocniczych wzorców wymaga nieco czasu. Jeżeli chcesz pominąć ten etap, możesz zaimportować do projektu gotową „scenę ze wzorcem” (por. sekcja 15.2, str. 620).

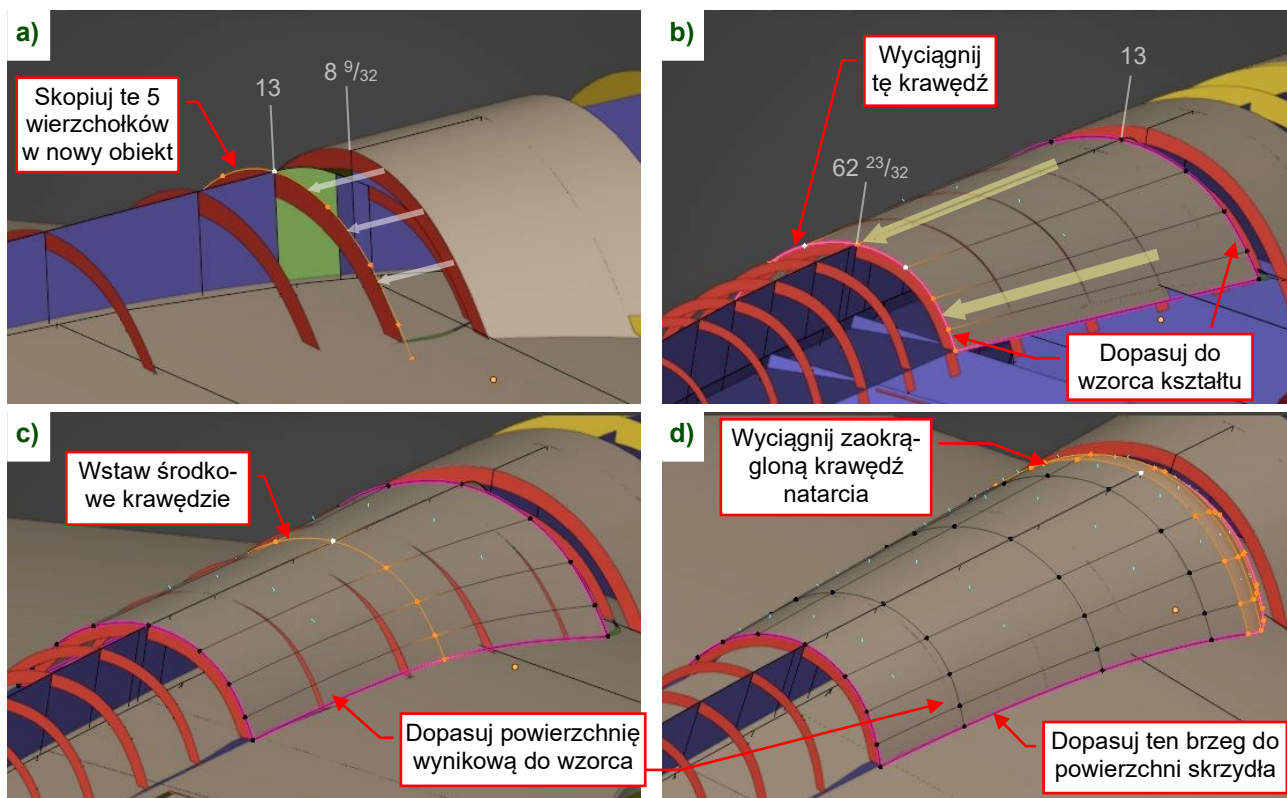
Aby uformować Segment **0**, skróć tylne wycięcie w okapotowaniu silnika do stacji **-5** i wyciągnij dolną część tylnej krawędzi tej osłony (6 wierzchołków) do stacji **8 $\frac{9}{32}$** (Rysunek 7.6.6a). Nie martw się „narożnikiem” uformowanym przez najwyższe wierzchołki wyciągniętego segmentu: będzie skryty w skrzydle¹.



Rysunek 7.6.6 Formowanie Segmentu **0** (kontynuacji osłony silnika)

Dopasuj linie krawędzi w stacjach **0** i **8 $\frac{9}{32}$** do odpowiednich konturów wzorcowych (Rysunek 7.6.6b). Na razie pomiń „blister” i inne szczegóły wylotu z chłodnic. Ukształtujemy je w dalszej części tej sekcji.

Skopiuj tylną krawędź okapotowania silnika w nowy obiekt, o nazwie **B.660.Keel.001** (Rysunek 7.6.7a). Wyciągnij go aż do stacji **62 $\frac{23}{32}$** i dopasuj jego tylną i przednią krawędź do wzorca (Rysunek 7.6.7b):

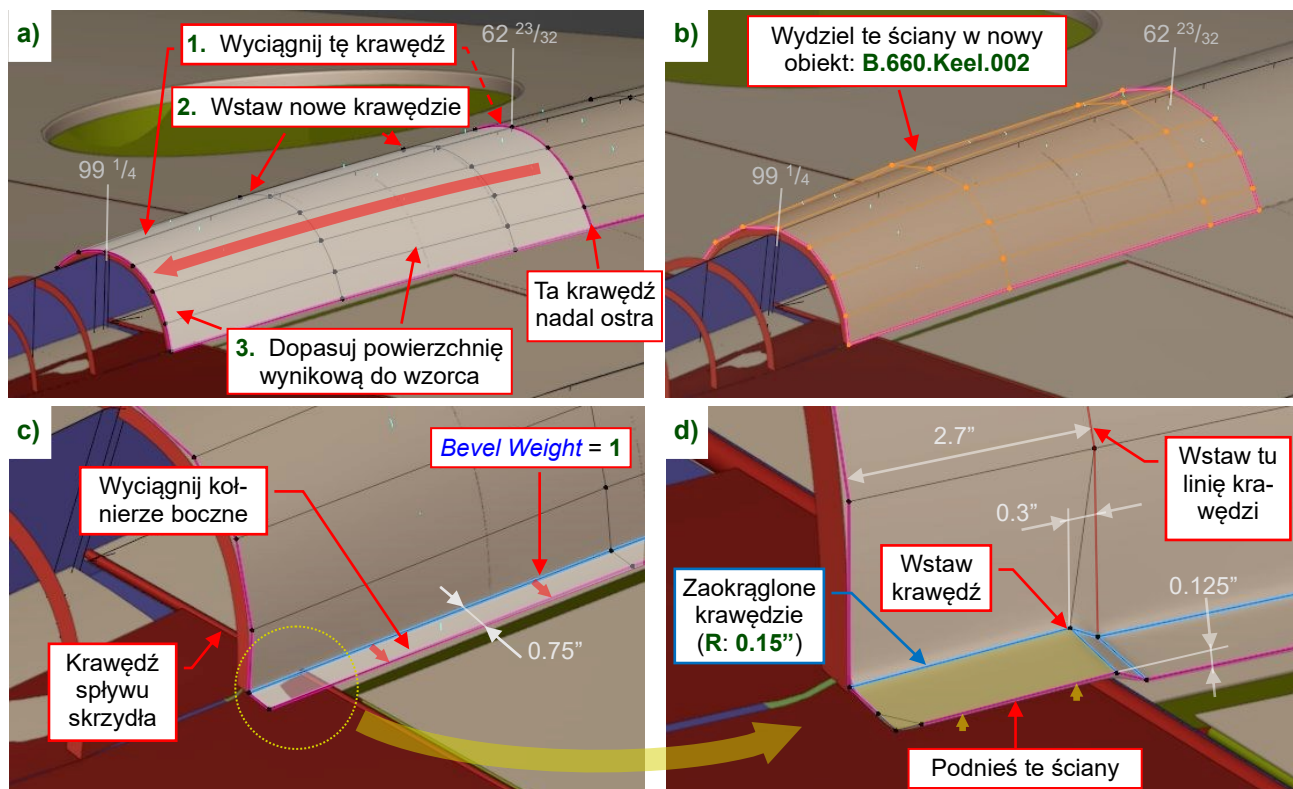


Rysunek 7.6.7 Formowanie Segmentu **1** (przedni panel kila)

Dolny (boczny) kontur tego segmentu jest niemal prosty. Musimy jednak wstawić w tę siatkę dodatkowe linie krawędzi, aby dopasować ją do dolnej powierzchni skrzydła (Rysunek 7.6.7c). Zanim to zrobimy, wstaw modyfikator **Solidify (0.032")** na spód jego listy modyfikatorów (łatwiej jest dopasować powłokę o niezerowej grubości). Na koniec, wyciągnij zaokrągloną „krawędź natarcia” tego panelu (Rysunek 7.6.7d).

¹ Jeżeli bardzo ci się ten narożnik nie podoba, możesz go przyciąć dodając kolejny modyfikator **Boolean (Difference)** do obiektu osłony.

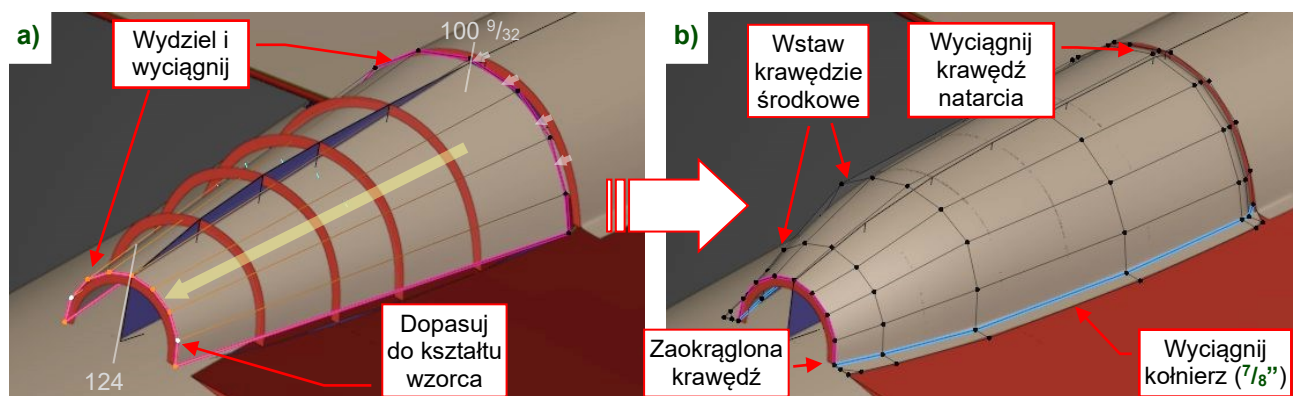
Zacznij formować środkowy segment (2) poprzez wyciągnięcie powierzchni kila do stacji $99\frac{1}{4}$. Zachowaj ostrą krawędź (*Crease* = 1) w stacji $62\frac{23}{32}$ i wstaw dodatkowe krawędzie w środek, dopasowując tę panel do konturów wzorcowych (Rysunek 7.6.8a). Potem wydziel ściany pomiędzy stacjami $62\frac{23}{32}$ i $99\frac{1}{4}$ w nowy obiekt, o nazwie **B.660.Keel.002** (Rysunek 7.6.8b):



Rysunek 7.6.8 Formowanie Segmentu 2 (środkowy panel kila)

Wyciągnij boczne kołnierze (szerokość: $\frac{3}{4}$ ") i dopasuj je do dolnej powierzchni skrzydła (Rysunek 7.6.8c). Na razie „toną” w listwie na krawędzi spływu. To nie błąd: wg rys. 87-23-503 końce tych kołnierzy były podniesione o $\frac{1}{8}$ " aby dopasować się do tego „zawieszonego” profilu (str. 185). By uformować ten szczegół, wstaw **2.7"** od końca tego panelu dodatkową linię krawędzi. Wstaw w kołnierz kolejną, dodatkową krawędź, **0.3"** od tej pierwszej. Przesuń ostatni odcinek kołnierza pionowo o **0.125"** (Rysunek 7.6.8d). Zaokrąglaj te krawędzie wielosegmentowym modyfikatorem *Bevel (Weight)* (umieszczonym przez modyfikatorem *Subdivision Surface*).

Aby stworzyć ostatni segment kila (**3**), skopiuj i wydziel ostatnią krawędź siatki **B.665.Keel.002** w obiekt o nazwie **B.665.Keel.003**. Potem wyciągnij tę krawędź do stacji **124** (Rysunek 7.6.9a):

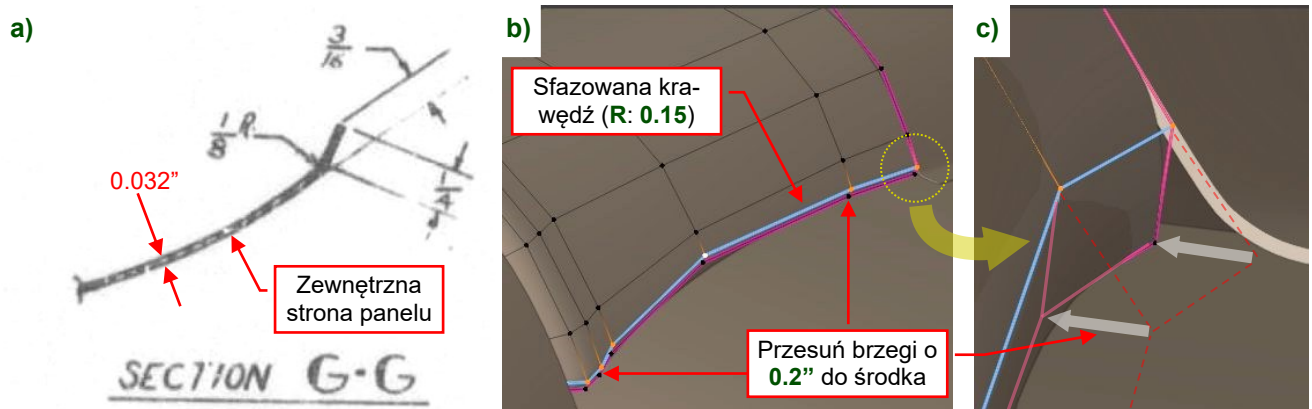


Rysunek 7.6.9 Formowanie Segmentu 3 (tylny panel kila)

Wstaw kilka środkowych linii krawędzi i dopasuj wynikową powierzchnię do konturów wzorcowych. Wyciągnij zaokrągloną „krawędź natarcia” i boczne kołnierze mocujące (tutaj ich szerokość to $\frac{7}{8}$ "). Ustaw współczynnik *Bevel Weight* ich wewnętrznych krawędzi na **1**, aby uzyskać regularne zaokrąglenie (Rysunek 7.6.9b).

Podczas formowania Segmentu **3**, pomiń dodatkowy otwór zrzutu oleju/paliwa w środku tego panelu, pokazany na rys. [87-23-502](#). Nie widać go na archiwalnych zdjęciach P-40-cu/B/C. Przypuszczam, że został dodany w późniejszych wariantach (może w P-40N).

Analizując rysunek Segmentu **1** ([87-23-504](#)) zauważyłem także niewielką fazkę wzdłuż jego bocznych krawędzi. Widać ją na przekroju G-G (Rysunek 7.6.10a)¹. Odtworzyłem ten szczegół wstawiając dodatkowe sfazowane krawędzie wzdłuż brzegów panelu (Rysunek 7.6.10b,c):



Rysunek 7.6.10 Fazka na krawędzi bocznej Segmentu **1**

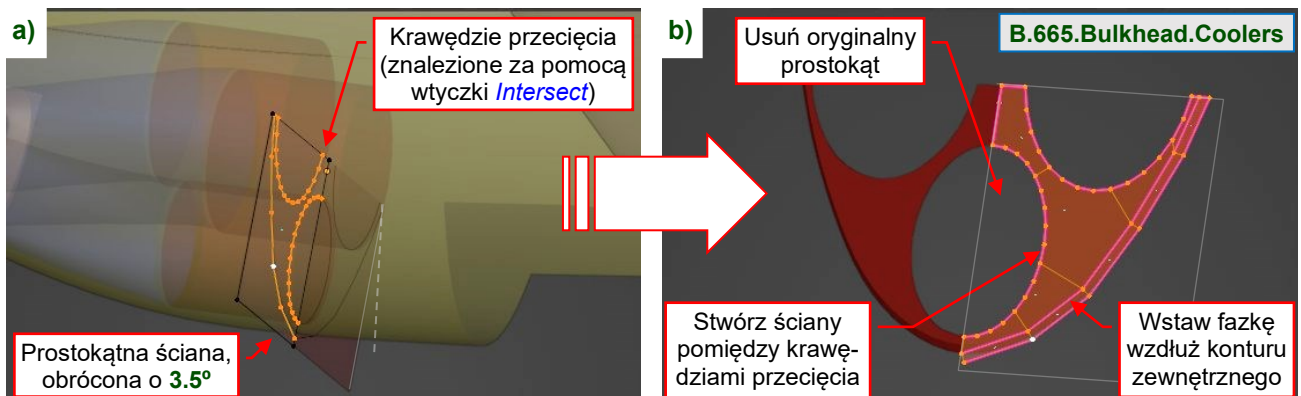
W tym momencie mamy już gotowe trzy panele tego kila (Rysunek 7.6.11):



Rysunek 7.6.11 Gotowe części kila

Teraz uformujmy wylot powietrza z chłodnic (m.in. „blister” z przodu kila).

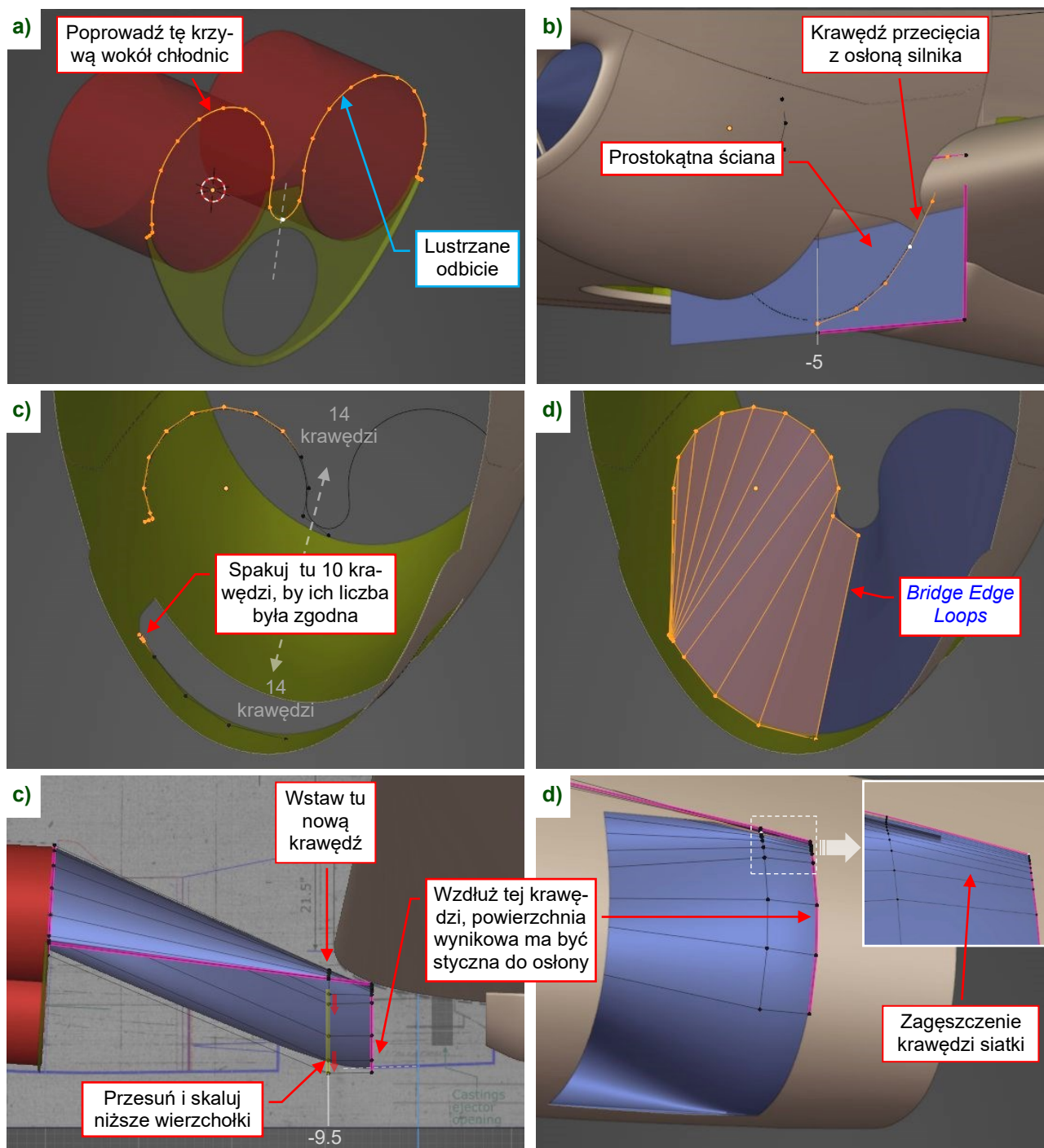
Rozpocznij ten zespół od odtworzenia wręgi przymocowanej do chłodnic. Była prostopadła do ich osi, a więc obrócona o 3.5° (por. str. 321). Stwórz ją jako zwykły prostokąt (*Plane*). Znajdź jej przecięcie z siatkami osłony i chłodnic (Rysunek 7.6.12a), a potem użyj tych krawędzi do uformowania wręgi (Rysunek 7.6.12b):



Rysunek 7.6.12 Formowanie wręgi chłodnic

¹ Przypuszczam, że taki dystans był wymagany przez geometrię zamków dzus, które mocowały tę panel do wewnętrznego kołnierza pokazwanego przez Rysunek 7.6.2.

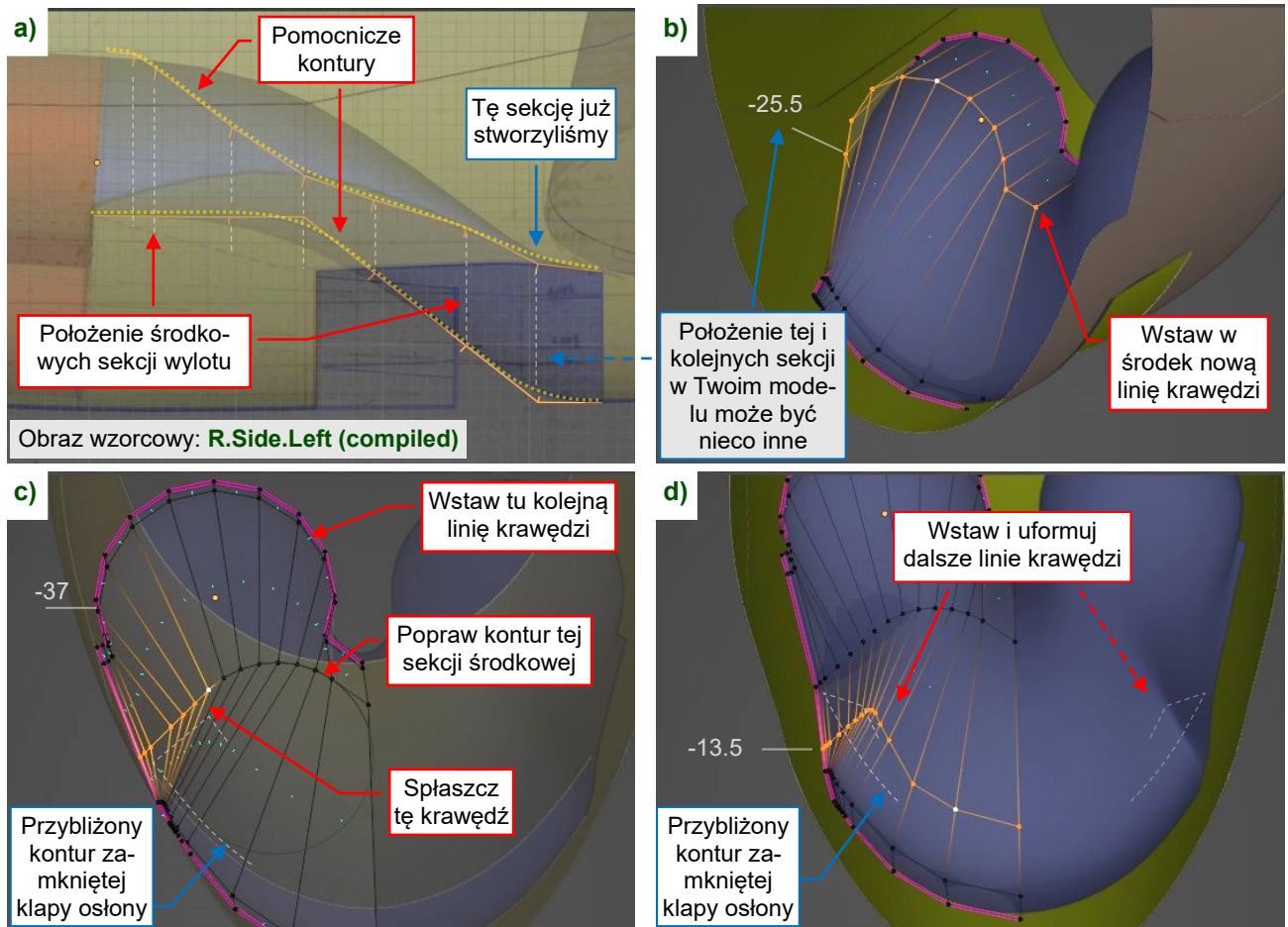
Formowanie wylotu powietrza rozpocznij od uformowania z krzywych wokół chłodnic kształtu przypominającego „M”. Umieść go na płaszczyźnie wręgi chłodnic (Rysunek 7.6.13a). Nazwij go **B.670.Coolers.Outlet**. Stwórz w jego siatce prostokątną ścianę (*Plane*) w stacji kadłuba **-5** i znajdź jej krawędź przecięcia z osłoną silnika (Rysunek 7.6.13b). W ten sposób mamy już pierwszą i ostatnią krawędź wylotu („blister” będzie tylną częścią tej siatki). Aby uzgodnić liczbę ich wierzchołków, podziel zewnętrzny segment tylnej linii krawędzi. W mojej siatce, umieściłem tam dodatkowe 10 wierzchołków (Rysunek 7.6.13c). W ten sposób uzyskałem tą samą liczbę krawędzi w obydwu konturach:



Rysunek 7.6.13 Formowanie wylotu powietrza

Połącz (*Bridge Edge Loops*) te kontury ścianami (Rysunek 7.6.13d). Wstaw pierwszą krawędź środkową w pobliżu stacji **-10**, potem przesuń i skaluj jej niższe wierzchołki, tworząc pierwsze przybliżenie kształtu „blistera” (Rysunek 7.6.13e). Nie przejmuj się na razie zagęszczeniem krawędzi przy zewnętrznym narożniku tej siatki (Rysunek 7.6.13f). Będziemy ich potrzebować na następnej stronie.

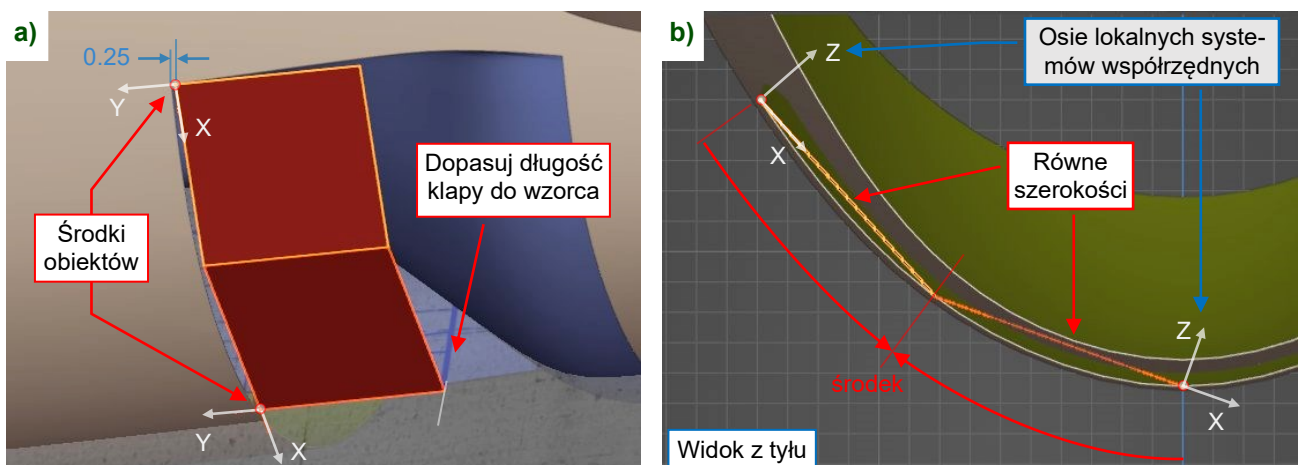
Aby określić liczbę i pozycję środkowych sekcji siatki wylotu, użyłem pomocniczych obiektów do odwzorowania jego górnych i dolnych konturów (Rysunek 7.6.14a). Na każdym z tych konturów zaznaczyłem wymagane punkty sterujące za pomocą krótkich, wyciągniętych krawędzi poprzecznych:



Rysunek 7.6.14 Formowanie wylotu powietrza (ciąg dalszy)

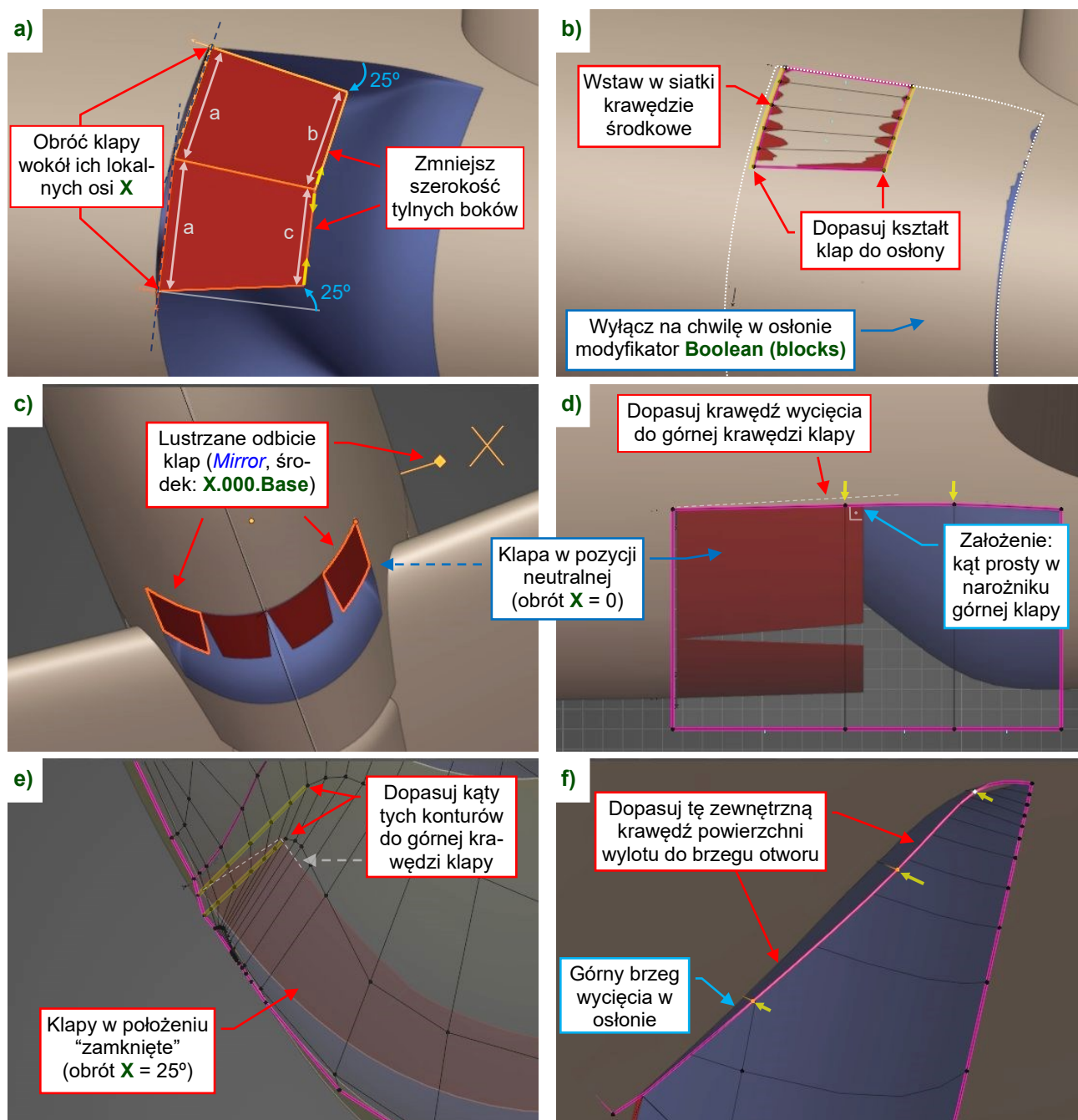
Wstaw kolejne linie krawędzi w siatkę wylotu, w miejscach oznaczonych na konturach pomocniczych (Rysunek 7.6.14b). Zmień kształt tych nowych krawędzi, tworząc przestrzeń dla górnej kłapy ustawionej w pozycji „zamknięte” (Rysunek 7.6.14c, d). Załóż, że powierzchnia wlotu była prostopadła do osi tej kłapy.

Do dalszych, końcowych poprawek, potrzebujemy kłap wylotu. Stwórz dwie identyczne, płaskie prostokątne płytki. Ustal środki (*origin*) tych obiektów w ich narożnikach. Umieść je w stacji **-24.25** (Rysunek 7.6.15a). Dopasuj ich tylne krawędzie do konturów z rzutu z boku. Dopasuj szerokości tych prostokątów do kształtu i rozmiaru osłony w stacji **-24.5** (Rysunek 7.6.15b):



Rysunek 7.6.15 Ustalanie płaszczyzn kłap wylotu powietrza

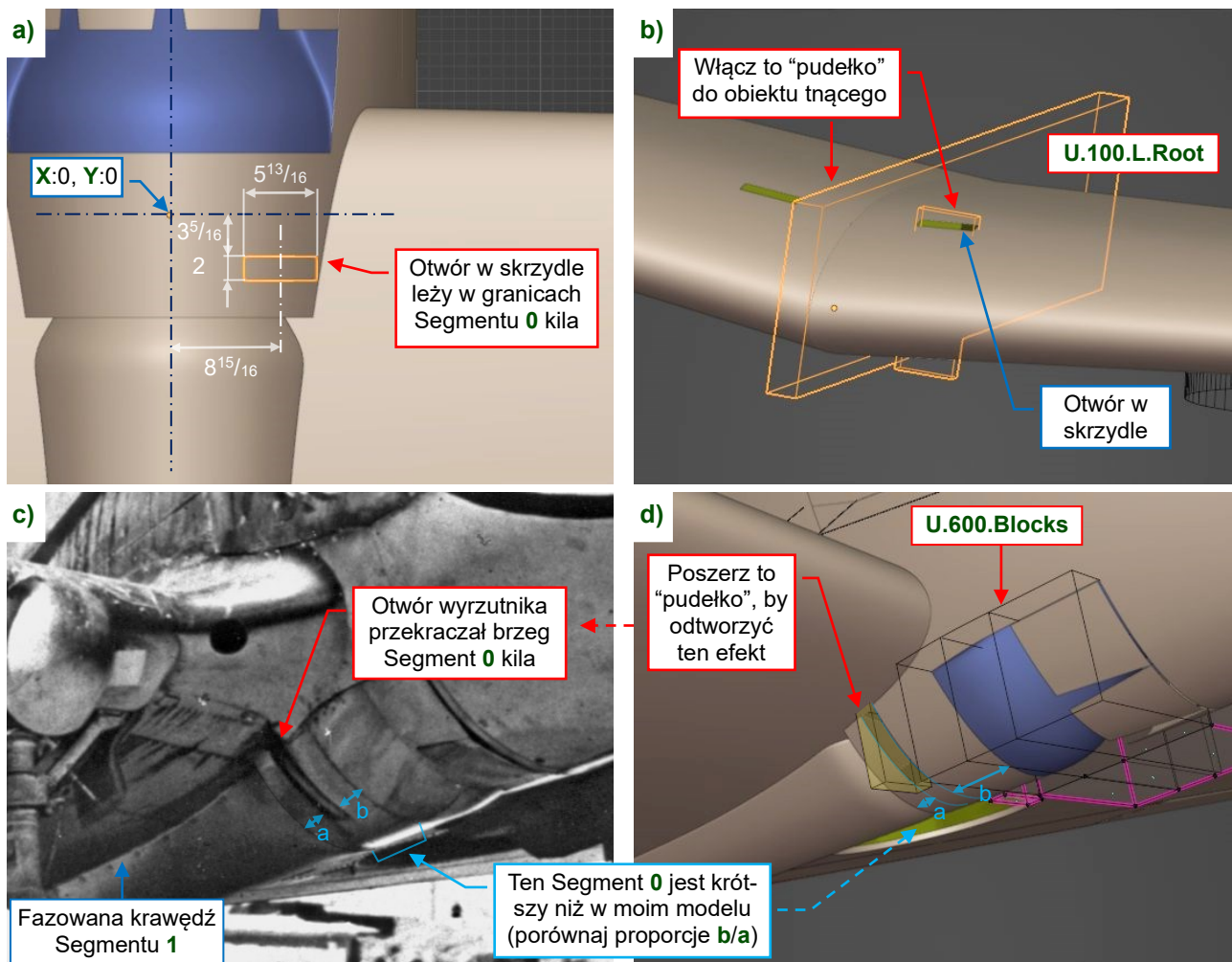
Ustaw środek transformacji na *Individual Origins*. W tym trybie, gdy obrócisz obiekty klap (Rysunek 7.6.15) wokół ich lokalnych osi **X**, będą się otwierać/zamykać jak w oryginale (spróbuj!). Na zdjęciach można zauważyć, że górne i dolne klapy wylotu miały różne kształty. Zmierzyłem na tych zdjęciach wartości ich proporcji **a/b** i **a/c** (Rysunek 7.6.16a). Te proporcje pozwoliły mi ustalić przybliżony kąt obrotu tych klap w pozycji „zamknięte”: **-25°**. Przekształć te prostokąty w trapezy, które, gdy obrócone pod tym kątem, stykają się bocznymi krawędziami. Potem ustaw z powrotem obrót klap wokół osi **X** na 0 (do pozycji neutralnej). Wstaw w ich siatki kilka środkowych krawędzi i dodaj modyfikatory *Subdivision Surface*. Dopasuj ich wynikowy kształt do powierzchni osłony, przesuując (*Slide*) wierzchołki i/lub zmieniając ich lokalne współrzędne **Z** (Rysunek 7.6.16b):



Rysunek 7.6.16 Dopasowywanie klap osłony i wewnętrznej powierzchni wylotu

Dodaj do obiektów klap modyfikatory *Mirror* i wskaż **X.000.Base** jako ich *Mirror Object*. To stworzy ich lustrzane odbicia po drugiej stronie osłony (Rysunek 7.6.16c). Zakładam, że górny tylny narożnik górnej klap tworzył kąt prosty, więc poprawiłem górny kontur powierzchni wylotu chłodnic, aby pasował do tej klap (Rysunek 7.6.16d). Potem obróciłem te klapy w pozycję „zamknięte”. Poprawiłem kształt powierzchni wylotu, dopasowując ją do krawędzi klap (Rysunek 7.6.16e) i brzegów otworu w osłonie silnika (Rysunek 7.6.16f).

W ostatnim kroku stworzymy otwory wyrzutnika łusek (i ogni w taśm). Oczywiście, zrobimy to za pomocą dodatkowej „bryły tnącej”. Przeglądając dostępne dane, znalazłem wymiary tych otworów na rysunkach złożeniowych skrzydeł P-36¹. Przygotowałem nową bryłę – „pudełko”, pasujące do tych wymiarów (Rysunek 7.6.17a):



Rysunek 7.6.17 Wycinanie otworu wyrzutnika łusek

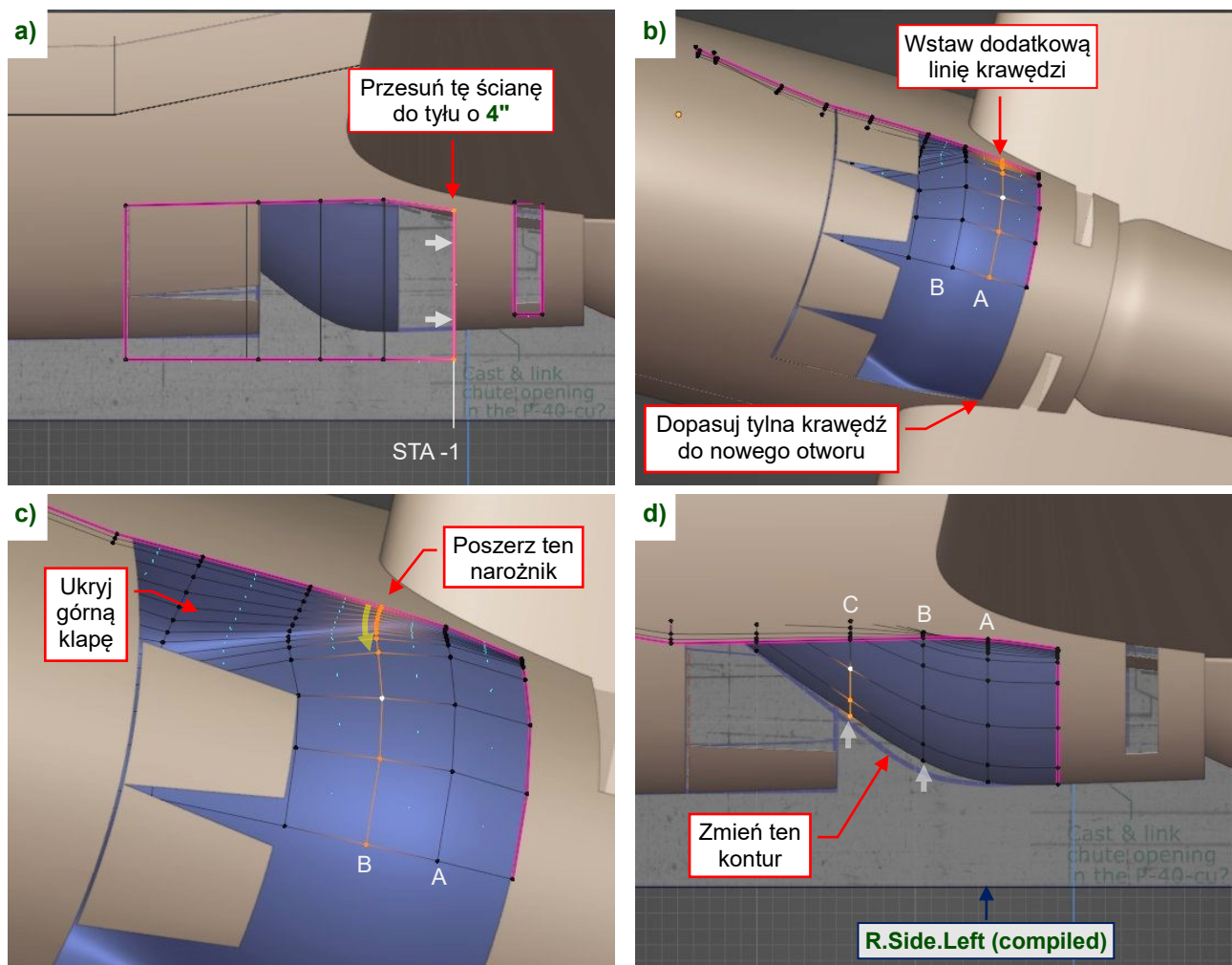
Aby stworzyć otwory w skrzydle, włączyłem tę bryłę do obiektu **U.100.L.Root** (Rysunek 7.6.17b). Osłona kila jest minimalnie szersza niż ten otwór (Rysunek 7.6.17a). Na zdjęciach te otwory przecinają zewnętrzne krawędzie kila (Rysunek 7.6.17c). Aby uzyskać taki efekt, stworzyłem kolejne, nieco szersze „pudełko” i połączyłem je z obiektem **U.600.Blocks** (Rysunek 7.6.17d).

Jednak porównując zdjęcie (Rysunek 7.6.17c) z moim modelem, możesz zauważyć, że tylna krawędź „blistra” powinna być bliżej otworu wyrzutnika. Zrobiłem ten błąd, przygotowując rzut z boku, który używamy tutaj jako obraz wzorcowy **R.Side.Left (compiled)**². Zdecydowanie potrzebujemy porównać te szczegóły osłony silnika z precyzyjnie nałożonymi zdjęciami (por. Rozdział 14), tak jak to zrobiliśmy w przypadku wlotu do chłodnic (por. str. 319)! Jednak wolę zacząć to pracochłonne porównywanie, gdy wszystkie elementy modelu będą już na swoim miejscu (każdy z nich pomaga dopasować się do projekcji zdjęcia). W tym momencie poprawimy tylko ten kil, by uzyskać jakieś wstępne przybliżenie tego kształtu.

¹ Patrz rys. [75-03-064](#). Te P-36 były wyposażone w dwa km M2: 0.50" i 0.30", zamontowane obok siebie w kadłubie. Rysunki pokazują, że ich wyrzutniki łusek były identyczne po obu stronach kadłuba. W P-40-cu/B/C na tych samych podstawach umieszczono dwa nkm 0.50". Początkowo (w P-40-cu) zachowano nawet oddzielne zasobniki z amunicją, jak w P-36. W skrzydłach wczesnych P-40 otwory tych wyrzutników wyglądają tak samo jak w P-36, więc założyłem, że mogę tu użyć wymiarów z jego dokumentacji.

² Szczegóły przygotowania tego rzutu opisuje Tom I, sekcje 9.4-9.7. W szczególności, popełniłem błąd w interpretacji szczegółów wyrzutnika łusek pokazywanego przez rys. [75-69-902](#). Założyłem, że jego otwór był o 2" bliżej przegrody silnika i nieco szerszy. W efekcie, wszystkie długości Segmentu 0 kila i jego „blistra”, pokazane przez rysunek **R.Side.Left (compiled)** są nieprawidłowe.

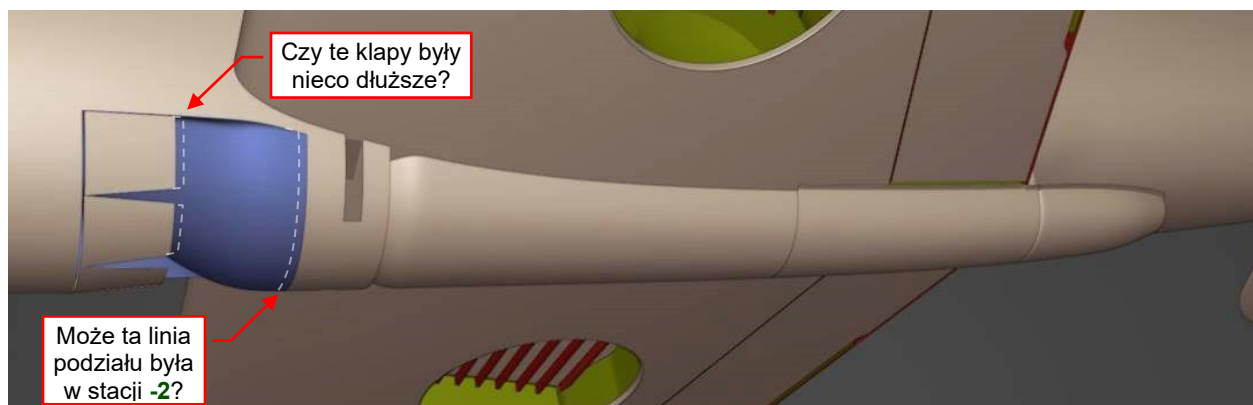
Przesuń tylną ścianę siatki **U.600.Blocks** do stacji **-1** (Rysunek 7.6.18a). Przesuń tylną krawędź „blistra”, dopasuj ją do tego zmodyfikowanego otworu i wstaw krawędź **A** (Rysunek 7.6.18b). Ukryj na chwilę górną klapę wylotu i poszerz (pogłęb) narożniki na linii krawędzi **A** i **B** (Rysunek 7.6.18c), za rogiem kłapy. W widoku z boku skaluj wzdłuż osi **Z** dół linii krawędzi **B** i **C**, tworząc mniej „kanciasty” kontur blistra (Rysunek 7.6.18d):



Rysunek 7.6.18 Modyfikacje, wprowadzone do „blistra” i Segmentu 0

Nadal pozostaje w tym obszarze wiele elementów do odtworzenia: trójkątne płytki „uszczelniające” pomiędzy klapami, wręgi kłap, ich osie i popychacze, przewody wentylacyjne, pionowe ściany wyrzutnika łusek, itd. Biorąc pod uwagę możliwą modyfikację tego obszaru w wyniku dokładnego porównania ze zdjęciami, zdecydowałem się jednak na stworzenie tych szczegółów później, w ostatniej części tego przewodnika.

Na ten moment, pozostawiamy kil i wylot chłodnicy w takim stanie, jaki pokazuje Rysunek 7.6.19:



Rysunek 7.6.19 Wątpliwości dot. geometrii wylotu z chłodnic (do późniejszego sprawdzenia)

Podsumowanie

- Aby odtworzyć geometrię kila, użyliśmy współrzędnych z oryginalnych rysunków (str. 323-324). Obejmują one segmenty **1**, **2** i **3**. Dla segmentu **0** mamy tylko współrzędne w dwóch stacjach: $-8^9/32$ i **0** (por. str. 323). Przy formowaniu „blistra” i klap z przodu tego kila, musieliśmy opierać się wyłącznie na zdjęciach. Używałem do tego tylko zdjęć historycznych, gdyż Segment **0** w odrestaurowanych samolotach wygląda inaczej¹. Tradycyjne porównywanie ze zdjęciami (opisane w Tom I, sekcja 5.1) prowadzi do mozolnego przybliżania właściwego kształtu metoda „prób i błędów”, który możesz obserwować na stronach 325, 331, 332.
- Aby efektywnie wykorzystać wszystkie współrzędne segmentów kila, stworzyliśmy pomocnicze kontury w przestrzeni 3D (str. 324).
- Formowaliśmy każdy z segmentów jako oddzielny obiekt, ponieważ panele **1** i **2** były mocowane w różny sposób (str. 327), a pomiędzy panelami **2** i **3** był slot (str. 326).
- Aby uformować każdy z segmentów kila, kopiowaliśmy jego przednią krawędź z poprzedniego panelu (str. 325, 326). W przypadku Segmentu **1** była to dolna część brzegu osłony silnika. Wyciągnęliśmy ten kontur we wstępną powierzchnię, potem wstawiliśmy kilka linii krawędzi w środek jej siatki. Na koniec dopasowaliśmy powierzchnię wynikową do wzorcowych „wręg” i konturu spodu skrzydła. W panelach **1** i **3** wyciągnęliśmy zaokrąglone krawędzie natarcia (str. 325, 326). W panelach **2** i **3** wyciągnęliśmy boczne kołnierze. Zaokrągliliśmy ich wewnętrzne krawędzie wykorzystując modyfikator *Bevel (Weight)*.
- Uformowaliśmy wylot powietrza z chłodnicy i „blistra” z przodu kila w podobny sposób jak pozostałe segmenty (str. 328). Z powodu bardziej złożonego kształtu tej części, użyliśmy pomocniczych konturów bocznych do określenia położenia środkowych linii krawędzi tej siatki (str. 329).
- Przygotuj każdą z klap jako oddzielny obiekt. Zaczynij od płaskich prostokątów, ustawionych wzdłuż konturu osłony (str. 329). Ich lokalne osie **X** powinny biec wzdłuż osi obrotu klap. Następnie przekształć te prostokątne klapy w trapezy, wstaw kilka środkowych krawędzi i dopasuj do powierzchni osłony (str. 330).
- Aby wyciąć otwory na wyrzutniki łusek km, dodaliśmy dwie dodatkowe bryły do siatek obiektów tnących. (Chodzi o obiekty wykorzystywane do „przycinania” osłony silnika i skrzydła – por. str. 331).



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: *model\p40\history\P40B-11.06.blend*.

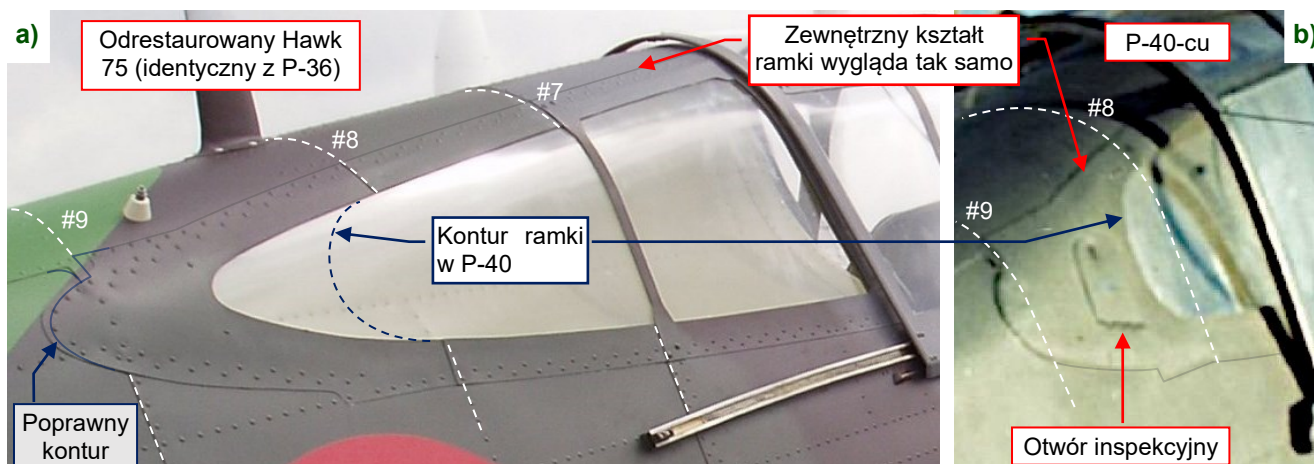
¹ Sądzę, że to wynik jakiegoś błędu popełnionego przy restauracji pierwszego z „długonosych” P-40. Kolejne zespoły używały zdjęć tego dobudowanego P-40 jako wzoru (por. Tom I, sekcja 9.3, Rysunek 9.3.4). W ten sposób powtórzyły ten sam błąd.

Rozdział 8. Kabina pilota

Zdecydowałem się opisać modelowanie kabiny pilota w oddzielnym rozdziale, ze względu na jego mieszaną strukturę (metalowa ramka + szkło organiczne), która wymaga specyficznych metod modelowania.

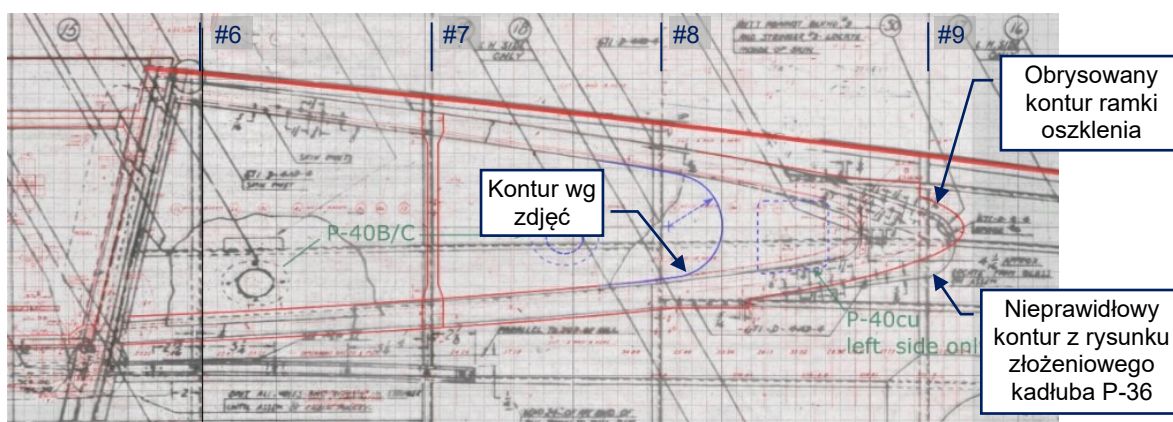
8.1 Oszklenie za głową pilota

Zacznijmy modelowanie osłony kabiny od stworzenia jego tylnej części, za zagłówkiem fotela pilota. Rysunek 8.1.1a) pokazuje tę część w Hawk 75 (wariant eksportowy P-36), dla której zachowała się oryginalna dokumentacja¹. W P-40-cu projektanci zmodyfikowali wewnętrzny kontur tej ramki. Skrócili tylne wycięcie, umieszczając pomiędzy wręgami #8 i #9 mały otwór inspekcyjny² (Rysunek 8.1.1b):



Rysunek 8.1.1 Oszklenie za głową pilota w P-36 i P-40-cu

Te osłony znikły w późniejszych wariantach (P-40B/C), ale kształt wycięcia pozostał już taki, jak w P-40-cu. W obydwu obrazach referencyjnych, których używamy – **R.Side.Left (Temma)** i **R.Side.Left (compiled)** – położenie i promień tego tylnego „narożnika” został skopiowany ze zdjęć. W **R.Side.Left (compiled)** kontur ramki dopasowałem także do podłużnic kadłuba (Rysunek 8.1.2):



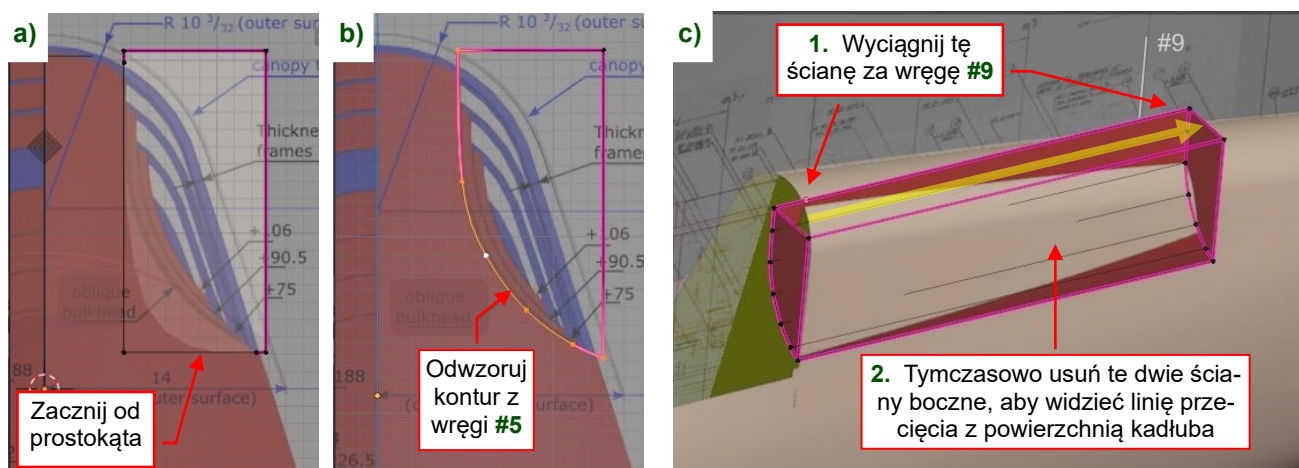
Rysunek 8.1.2 Wzorcowy kontur w widoku z boku (**R.Side.Left (compiled)**)

Pracując nad tym modelem, użyłem oryginalnego rysunku ramki tego panelu z P-36: [75-21-078](#). Włączyłem jego kontur w obraz **R.Side.Left (compiled)**, i dodatkowo obrysowałem go czerwoną linią (na tym obrazie kolor czerwony oznacza „potwierdzone”). Zaokrąglony narożnik za wręgą #8 jest narysowany na niebiesko (ten kolor oznacza „przypuszczenie”), ponieważ został skopiowany ze zdjęć.

¹ Por. rys. [75-21-078](#) i [-080](#). Zwróć uwagę na poprawiony kontur końcówki ramki tej paneli pokazany przez Rysunek 8.1.1a). Naniosłem go w oparciu o te rysunki. Wydaje mi się, że to drobny błąd w tym bardzo starannie odtworzonym egzemplarzu Hawk 75.

² Dokładniej: w tym samym miejscu po lewej stronie P-40-cu znajdowała się większa osłona, zamykająca wlew do zbiornika oleju. Projektanci umieścili ten zbiornik pomiędzy wręgami #8 i #9, ponad zbiornikiem paliwa (por. rys. [87-46-003](#)). Jednak wkrótce się okazało, że tak radykalna zmiana (w P-36 zbiornik oleju był przed przegrodą silnika) ograniczyła manewrowość P-40-cu. Aby temu zaradzić, w P-40B/C zmniejszono długość (i zwiększono wysokość) zbiornika paliwa, by umieścić za nim zbiornik oleju – bliżej osi kadłuba. W rezultacie, wlewy do obydwu zbiorników znalazły za lewą tylną szybą kabiny. Były dostępne poprzez okrągłe wycięcia w jej szkło. Dopiero w P-40D zbiornik oleju wrócił przed kabinę pilota (blisko środka ciężkości samolotu) – w miejsce usuniętych z kadłuba km.

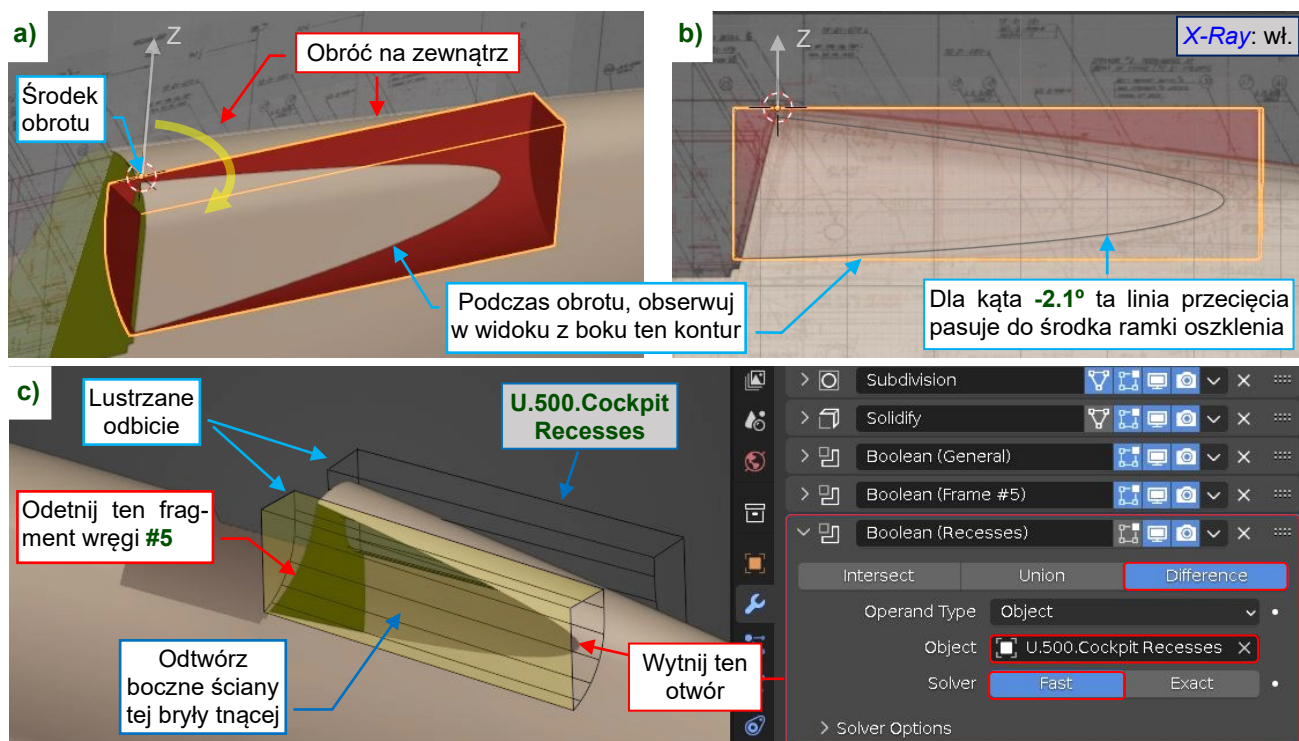
Na początek, użyj jako wzorca obrazu **R.Sections (tail)**. Stwórz prostokąt (**Plane**) przed wręgą **#5** (Rysunek 8.1.3a), potem dodaj modyfikator **Subdivision Surface** i obrysuj kontur wręgi (Rysunek 8.1.3b):



Rysunek 8.1.3 Formowanie pomocniczego obiektu tnącego

Gdy już go uformowałeś, wyciągnij tę ścianę wzdłuż globalnej osi **Y** za stację **#9** (Rysunek 8.1.3c). Nazwij ten obiekt **U.500.Cockpit Recesses** i umieść w kolekcji **2c8.Booleans**. W kolejnym kroku musimy zobaczyć linię przecięcia zaokrąglonej części tej „tuby” z powierzchnią kadłuba, więc tymczasowo usuń z jej siatki (**X**, **Only Faces**) dwie płaskie ściany boczne (Rysunek 8.1.3c).

Teraz dopasuj zaokrągloną część tego pomocniczego obiektu do kształtu wręg **#6**, **#7** i **#8** z obrazu referencyjnego. Jako pierwsze przybliżenie, ustaw kursor 3D (środek obrotu) na przecięciu z wręgą **#5** (Rysunek 8.1.4a) i obróć ten obiekt wokół globalnej osi **Z**, obserwując jego linię przecięcia z kadłubem. Dla kąta **-2.1°** linia przecięcia pasuje do środka ramki. Co ciekawe, ustawiona pod tym kątem pasuje także do wręg (**#5...#8**):

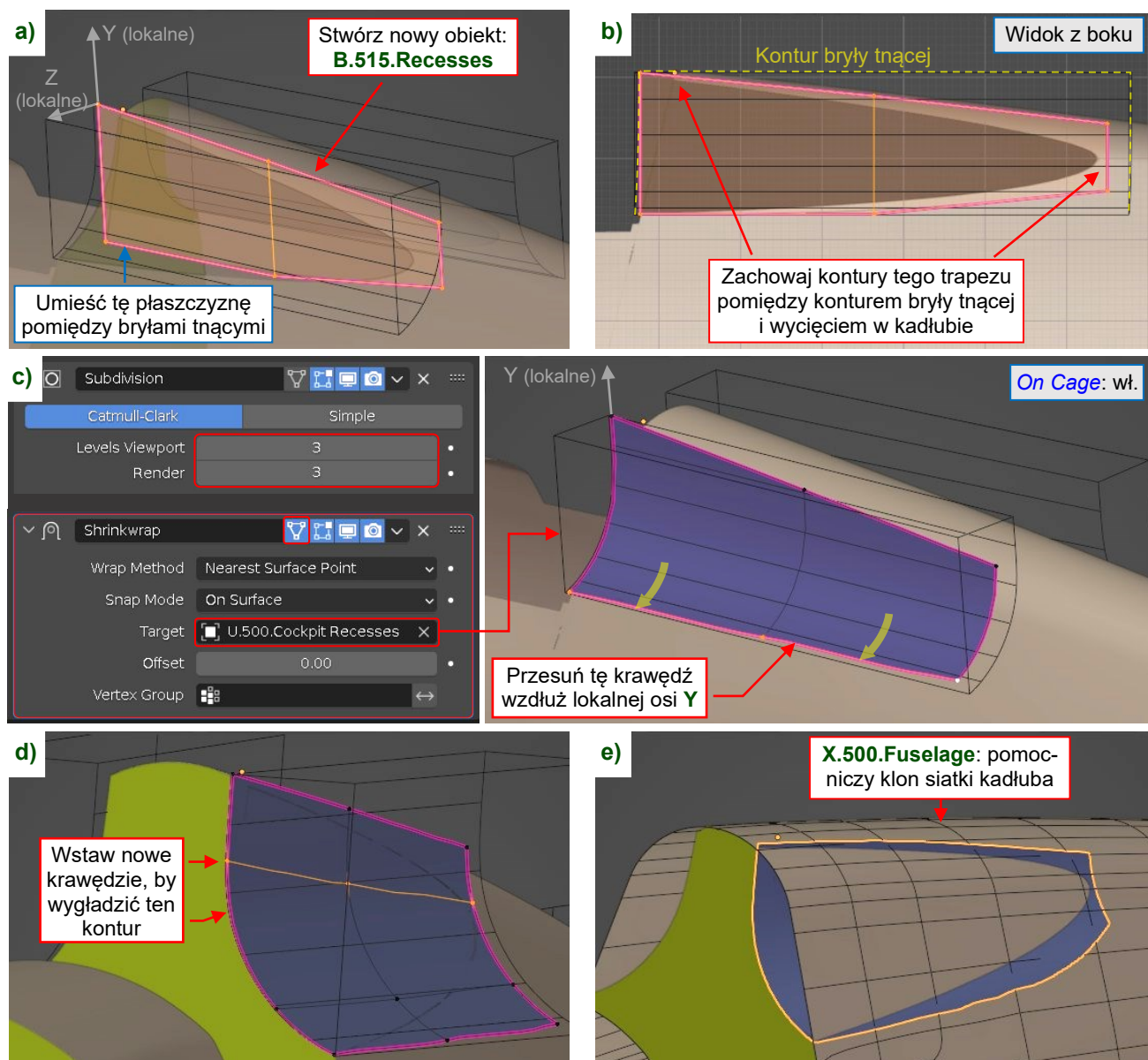


Rysunek 8.1.4 Wycinanie miejsca na wgłębienie za zagłówkiem pilota

Użyj modyfikatora **Mirror** (z **X.000.Base** jako **Mirror Object**) by stworzyć lustrzane odbicie tej „tuby” po prawej stronie. Odtwórz dwie usunięte ściany boczne by zamknąć tę bryłę. Następnie użyj jej w nowych modyfikatorach **Boolean (Difference)**, dodanych do obiektów **B.500.Fuselage** i **B.510.Frame #5** (Rysunek 8.1.4b).

Wgłębienia poszycia za wręgą #5 odtworzymy wykorzystując modyfikator *Shrinkwrap* (por. str. 565).

Utwórz najpierw powierzchnię wyjściową: prosty, płaski trapez. Ustaw go jak pokazuje Rysunek 8.1.5a) i b):



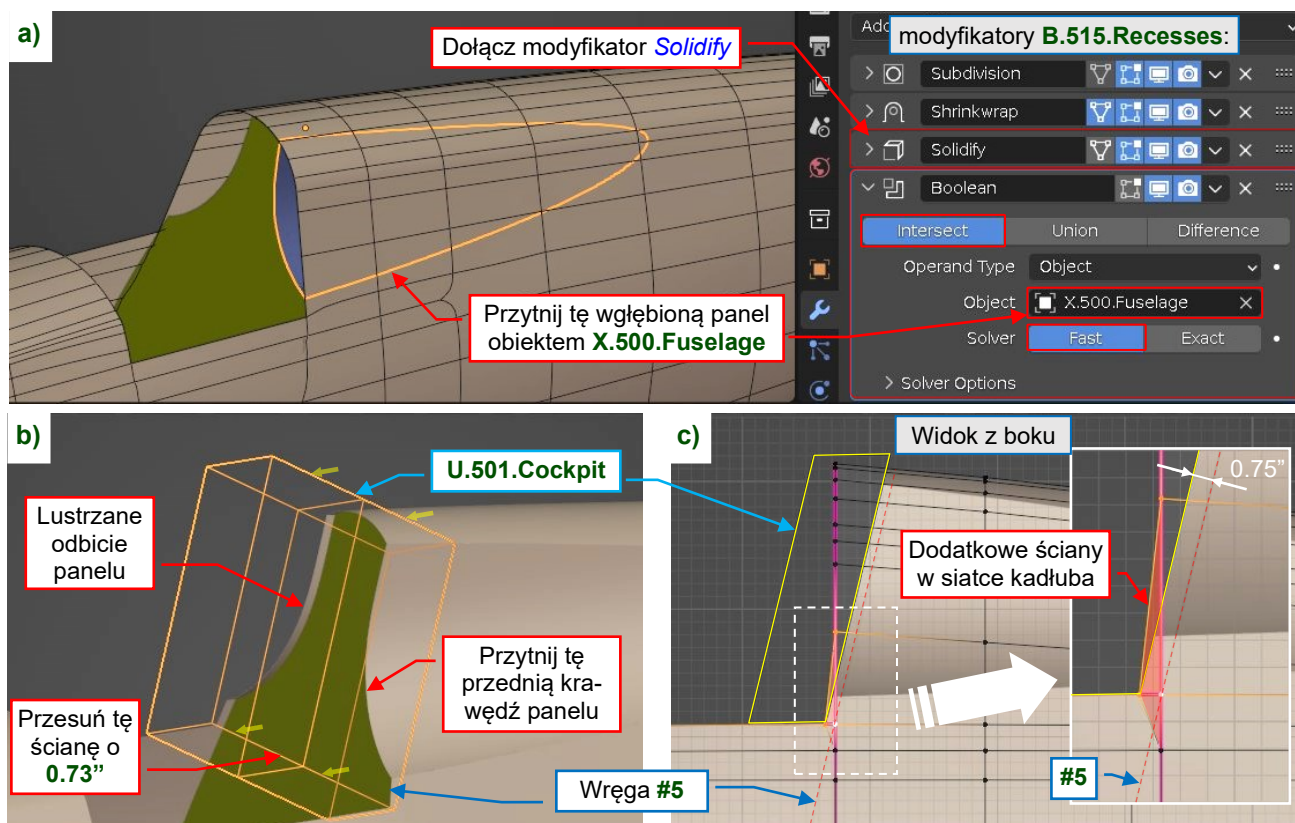
Rysunek 8.1.5 Przygotowywanie zagłębionej części poszycia kadłuba

Nazwij ten nowy obiekt **B.515.Recesses**. Dodaj do jego modyfikatorów *Subdivision Surface*. Ustaw jego poziom podziału na **3**. Potem dołącz modyfikator *Shrinkwrap*. Ustaw jego metodę na *Project* i wskaź jako *Target* obiekt **U.500.Cockpit.Recesses** (Rysunek 8.1.5c). Włącz opcję *Shrinkwrap:On Cage*, a potem przesuń dolną krawędź siatki **B.515.Recesses** wzdłuż lokalnej osi **Y**, by zakryć całe wycięcie w kadłubie.

Początkowo, przekroje powierzchni wynikowej są nieco kanciaste, ponieważ modyfikator *Subdivision* dzieli każdą oryginalną krawędź na osiem równych części. Aby je wygładzić, wstaw w tę siatkę dwie lub trzy dodatkowe krawędzie (Rysunek 8.1.5d). Zrób to z włączoną opcją *On Cage* modyfikatora *Shrinkwrap*. Przesuń (*Slide*) te nowe krawędzie do obszarów o większej krzywiźnie. Wówczas ich ostre krawędzie ulegną wygładzeniu.

Użyjmy oryginalnego kształtu kadłuba do przycięcia zewnętrznych konturów tych wgłębień. W tym celu sklonuj obiekt **B.500.Fuselage** (*Duplicate Linked* lub **Alt-D**, por. str. 464). Nazwij ten klon **X.500.Fuselage** i umieść w kolekcji **2c9.Auxiliary**. Usuń z niego wszystkie modyfikatory oprócz *Mirror* i *Subdivision Surface*. Do szybkiej identyfikacji, która z kopii kadłuba jest aktualnie widoczna, włącz w **X.500.Fuselage** dodatkową opcję *Viewport Display:Wireframe* (Rysunek 8.1.5e).

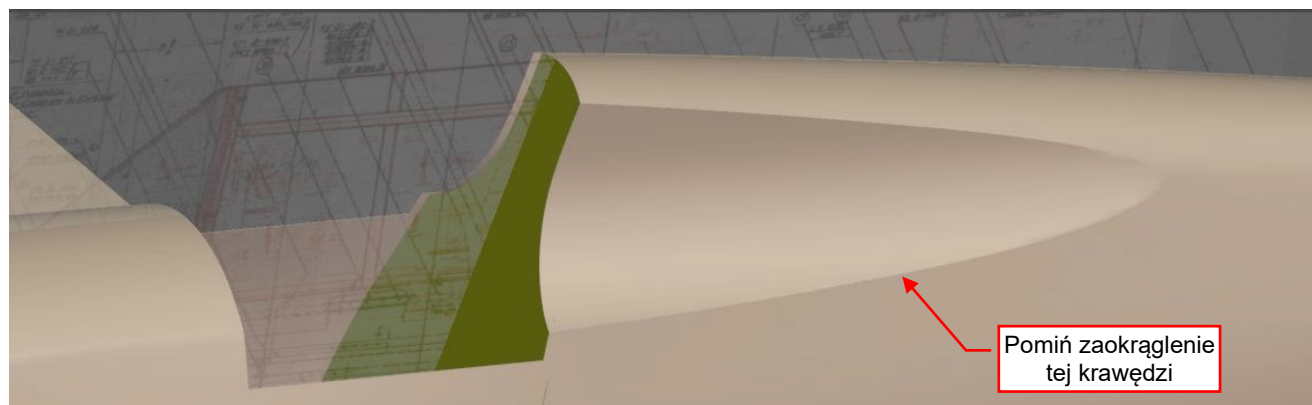
Dodaj do obiektu **B.515.Recesses** modyfikator *Solidify* (*Thickness: 0.032"*) i modyfikator *Boolean (Intersect)*, który używa **X.500.Fuselage** jako obiekt tnący (Rysunek 8.1.6a):



Rysunek 8.1.6 Prycinanie powierzchni zagłębień kadłuba

Na zdjęciach kokpitu widać, że poszycie kadłuba sięga za płaszczyznę wręgi #5. Rysunek ramki tylnego oszkleń (por. []) podaje jej szerokość: $\frac{3}{4}"$. Zmodyfikuj właściwy obiekt tnący (**U.501.Cockpit**) przesuwając jego tylną ścianę do przodu o **0.73"** ($\cos(13.5^\circ) * 0.75$). Potem użyj tego obiektu do przycięcia wklęsłej paneli za pomocą kolejnego modyfikatora *Boolean (Difference)* (Rysunek 8.1.6b). Powiel ten rezultat na drugą stronę samolotu dołączając do listy modyfikatorów **B.515.Recesses** kolejny: *Mirror (Mirror Object: X.000.Base)*. Zmieniony kształt bryły tnącej zmusił mnie do dodania dwóch dodatkowych ścian do siatki kadłuba w narożniku kokpitu (Rysunek 8.1.6c). W przeciwnym razie pojawiłaby się luka pomiędzy dolną krawędzią ramki tylnego oszkleń i boczną krawędzią otworu kokpitu.

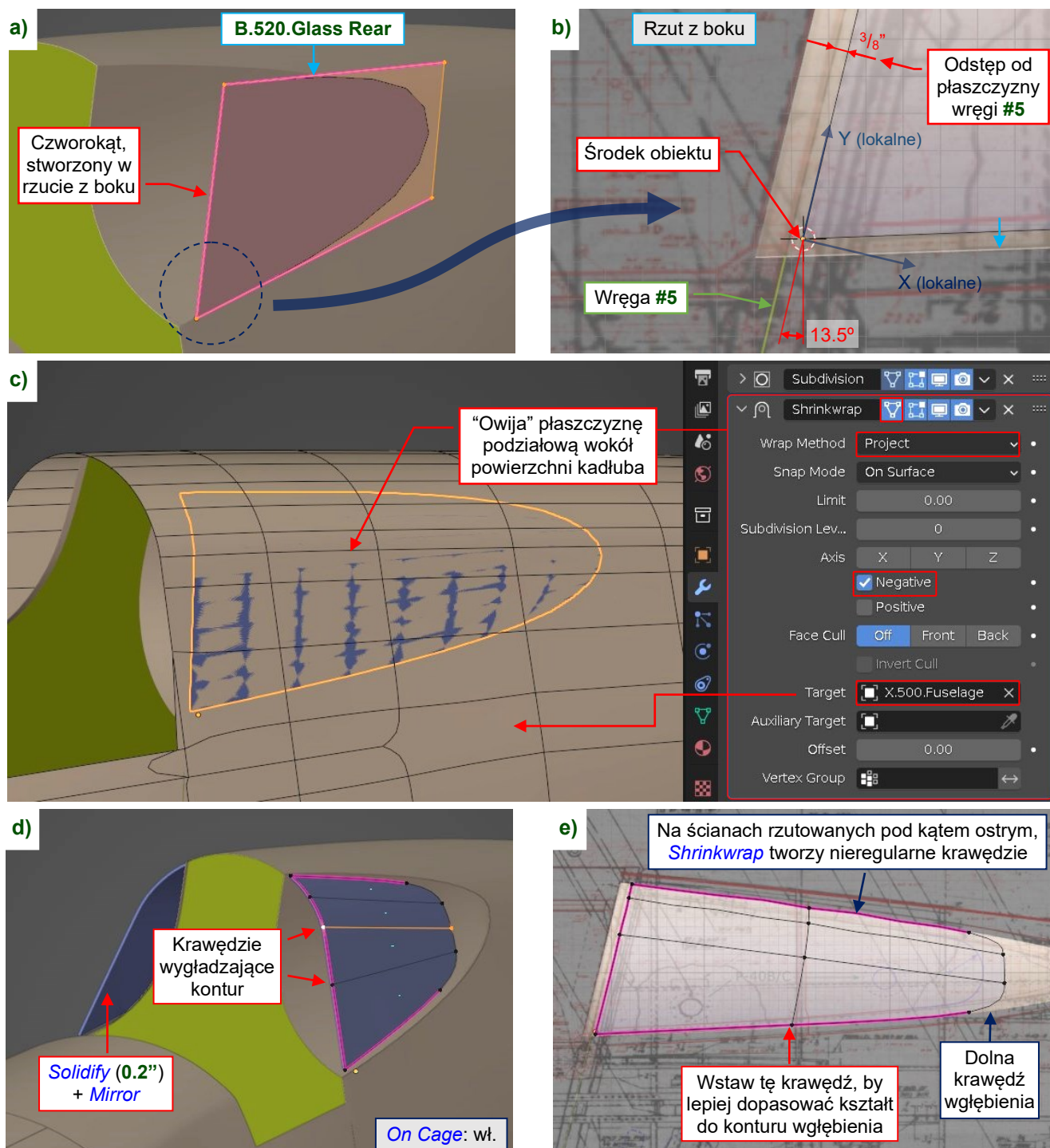
Rysunek 8.1.7 pokazuje kadłub P-40 z gotowymi zagłębieniami za kabiną pilota:



Rysunek 8.1.7 Kadłub z zagłębieniami

W prawdziwym samolocie, górne krawędzie tych zagłębień były zaokrąglone ($R: \text{ok. } 0.2"$). Jednak odtworzenie tego szczegółu wymagałoby znacznej pracy, podczas gdy rezultat byłby i tak zupełnie zasłonięty przez ramkę tylnego oszkleń kabiny. Dlatego pozostawiłem te krawędzie jako „ostre”.

Stwórzmy szkło tylnej części kabiny. Zacznij od płaskiego trapezu, wygładzonego modyfikatorem *Subdivision Surface* (Rysunek 8.1.8a). Nazwij go **B.520.Glass.Rear**. Aby nie zawracać sobie głowy nachyleniem przedniej krawędzi (pochylenie: 13.5°), obróć cały obiekt o ten kąt (Rysunek 8.1.8b). Zgodnie z dokumentacją, przednia krawędź tej szklanej paneli była $\frac{3}{8}$ " za wręgą #5. Umieść środek (*origin*) obiektu **B.520.Glass.Rear** na tej płaszczyźnie, w lewym, dolnym narożniku panelu. Ten panel powinien być nieco odsunięty ($\sim 1"$) od kadłuba:



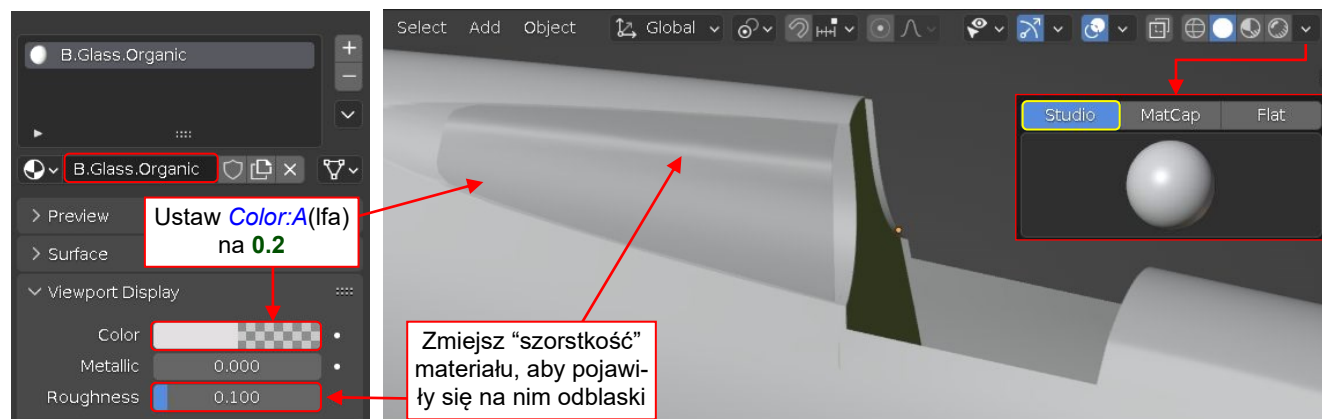
Rysunek 8.1.8 Formowanie powierzchni szkła

Użyłem modyfikatora *Shrinkwrap* w trybie *Project* (Rysunek 8.1.8c) aby „położyć” tę panel na powierzchnię kadłuba (*Target: X.500.Fuselage*). Początkowo użyłem w *Subdivision Surface* 3-ci poziom podziału. Aby nie przesadzać z liczbą ścian modelu, zmniejszyłem potem ten poziom do 2 i wstawiłem w tę siatkę dodatkowe krawędzie by wygładzić jej powierzchnię (Rysunek 8.1.8d). Dodaj do modyfikatorów tego obiektu: *Solidify* (*Thickness: 0.2"*) i *Mirror* (*Mirror Object: X.000.Base*). Zewnętrzne krawędzie tego panelu będą ukryte po ramką, ale możesz poprawić jego kształt w rzucie z boku, by lepiej pasował do jej konturu (Rysunek 8.1.8e).



Podczas edycji siatki zdeformowanej modyfikatorem **Shrinkwrap**, zachowuj jej wierzchołki na oryginalnej płaszczyźnie. W tej sekcji to lokalne **XY** – gdy przesuwasz wierzchołki, zablokuj lokalną oś **Z**.

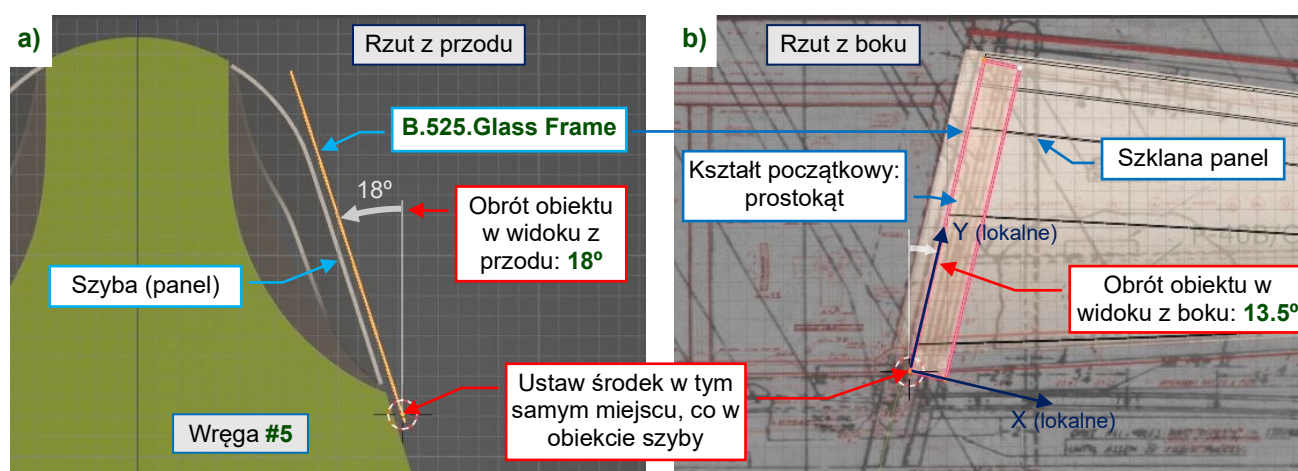
Stwórz nowy materiał (por. str. 574) dla szkła organicznego i przypisz go do tego panelu. Nazwij go **B.Glass.Organic**¹. Na razie ustaw tylko jego właściwości z panelu **Viewport Display** (Rysunek 8.1.9):



Rysunek 8.1.9 Początkowe ustawienie materiału **B.Glass.Organic**

Najważniejszym z tych ustawień jest przejrzystość. Użyj czwartego składnika **Color**, o symbolu **A(lfa)**, do określenia tej wartości (por. str. 457). Ustawmy **Color:A** na **0.2**. Aby zwiększyć połyskliwość powierzchni szkła, zmniejsz **Roughness** do około **0.1**. Te połyski będą jednak tylko widoczne tylko po przełączeniu okna 3D w tryb cieniowania **Studio**. (Wyraźnie w trybie cieniowania **MatCap** Blender nadpisuje współczynniki szorstkości ustawione w panelu **Viewport Display**).

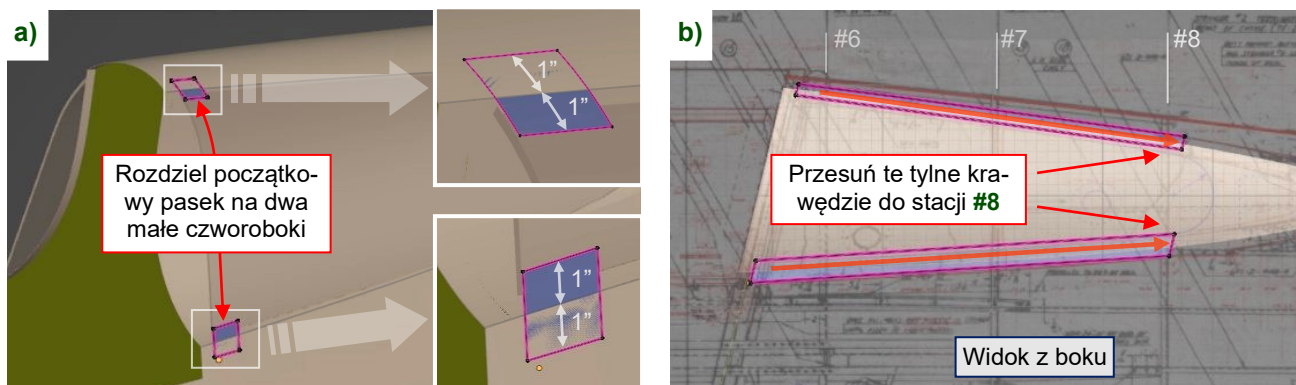
Gdy szkło jest na miejscu, stwórzmy ramkę tego okna. Tak jak w przypadku szyby, zacznij od stworzenia w rzucie z boku prostego czworokąta, wygładzonego modyfikatorem **Subdivision** (poziom: **2**). Dołącz także modyfikator **Shrinkwrap (Project)**, ustawiony tak, jak pokazuje Rysunek 8.1.8c). Nazwij ten nowy obiekt **B.525.Glass.Frame**. Aby zmniejszyć deformacje górnej krawędzi „owiniętej” powierzchni (por. Rysunek 8.1.8e) w widoku z przodu obróć **B.525.Glass.Frame** o **18°**, ustawiając obiekt równoległe do powierzchni kadłuba (Rysunek 8.1.10a). Dodatkowo, obróć ten obiekt w widoku z boku o **13.5°**, aby jego przednia krawędź biegła wzdłuż wręgi **#5** i przedniej krawędzi szkła (Rysunek 8.1.10b):



Rysunek 8.1.10 Wstępne ustawienia obiektu ramki

¹ Jest to pierwszy z materiałów, których użyjemy w finalnych renderach. W kolejnej części tego poradnika, o materiałach i teksturach, stworzymy materiał **B.Camouflage** dla zewnętrznych powierzchni, **B.Inner (Curtiss Green)** dla wewnętrznych, i tak dalej. Sugeruję poprzedzać nazwy tych wszystkich „normalnych” materiałów tą samą literą, np. – „B”.

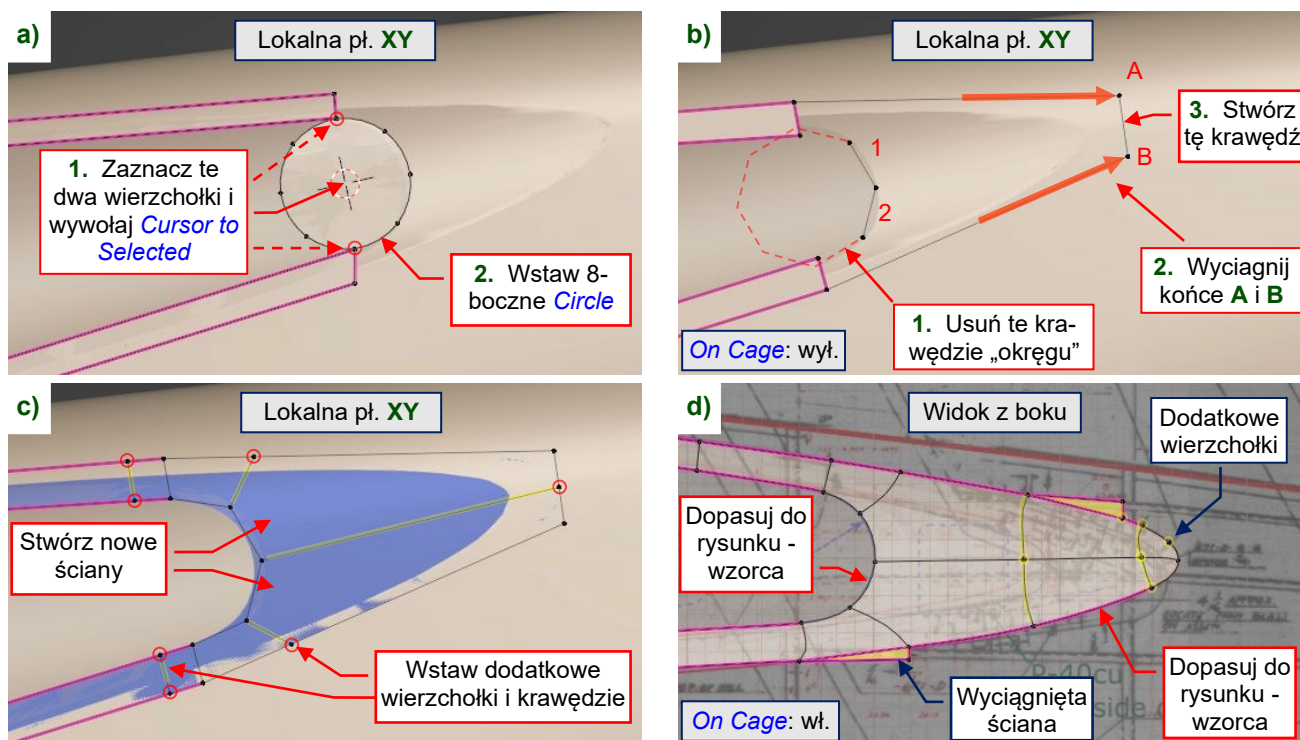
Włącz tryb **Shrinkwrap:On Cage** i rozdziel początkowy prostokąt w dwa mniejsze, umieszczone na górnej i dolnej krawędzi wgłębienia w kadłubie (Rysunek 8.1.11a). Przesuń narożniki tych czworokątów po lokalnej płaszczyźnie **XY**, tak aby ich środki na wynikowej (rzutowanej na kadłub) powierzchni biegły wzdłuż krawędzi wgłębienia¹. Upewnij się, że narożniki wynikowych (rzutowanych) czworokątów leżą 1" od tych krawędzi:



Rysunek 8.1.11 Formowanie ramki okna

Przesuń tylne krawędzie tych ścian po lokalnej pł. **XY** wzdłuż krawędzi wgłębienia (Rysunek 8.1.11b).

Teraz przełącz projekcję okna 3D na lokalny widok z góry obiektu **B.525.Glass Frame** (**Shift-7** w **ObjectMode**). Wyłącz tryb **Shrinkwrap:On Cage** (bo dziwnie deformuje krawędzie nie połączone z żadną ścianą). Wstaw 8-bok (**Circle**) w wewnętrzny narożnik ramki (Rysunek 8.1.12a). Usuń większość jego krawędzi oprócz **1** i **2** (por. Rysunek 8.1.12b). Wyciągnij wierzchołki **A** i **B** (Rysunek 8.1.12b) i połącz je nową krawędzią:

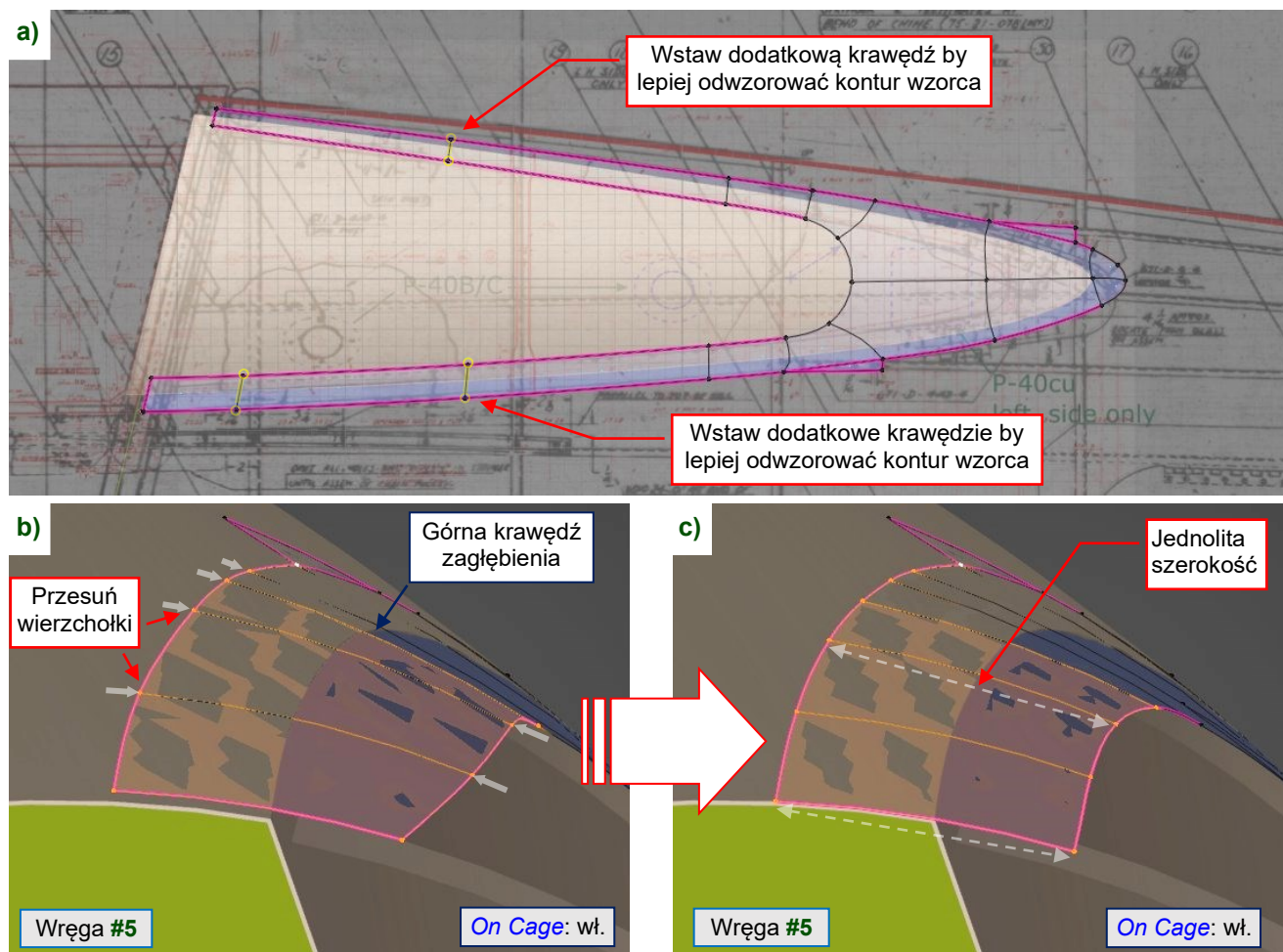


Rysunek 8.1.12 Formowanie ramki okna (c.d.)

Stwórz nowe ściany pomiędzy tymi krawędziami (Rysunek 8.1.12c). Potem włącz tryb **Shrinkwrap:On Cage**, przełącz się na rzut z boku i popraw topologię tej siatki dzieląc n-gony i wyciągając nowe ściany (Rysunek 8.1.12d). Przesuwaj te wierzchołki po lokalnej płaszczyźnie **XY**, dopasowując ramkę do rysunku wzorcowego.

¹ Pamiętaj, aby podczas tych przesunięć zablokować lokalną oś **Z**! Dla ułatwienia, możesz tymczasowo przełączyć domyślną orientację transformacji na **Local** (por. Rysunek 8.1.11c). Gdy to zrobisz, możesz użyć skrótu **G**, **Shift-Z**, a potem przesunąć wierzchołki tej siatki.

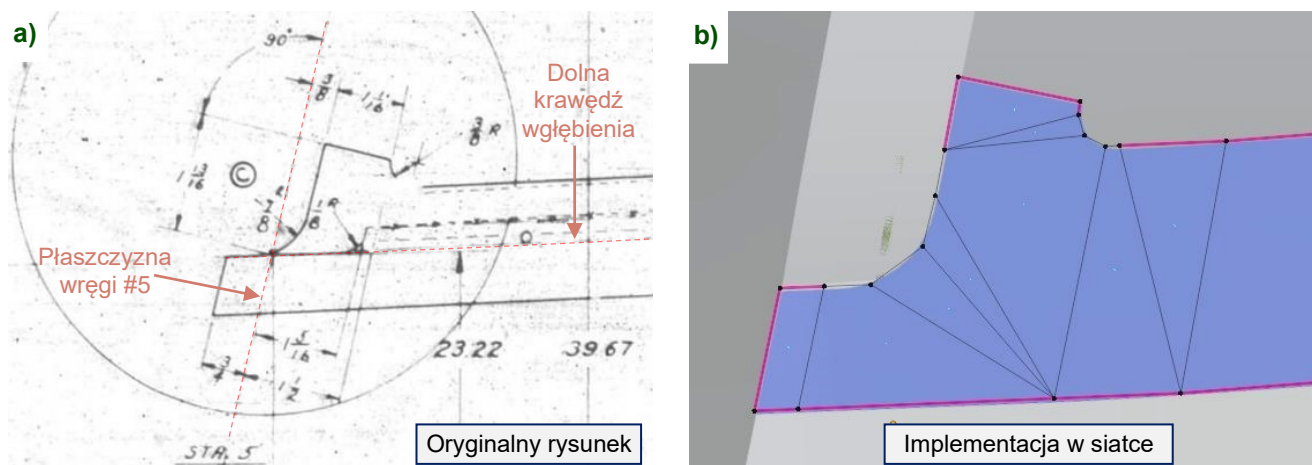
Aby lepiej dopasować „paski” ramki rozciągające się pomiędzy wręgami #5 i #8 do wzorcowego konturu, wstaw w każdy z nich dodatkowe krawędzie (Rysunek 8.1.13a):



Rysunek 8.1.13 Formowanie ramki okna (c.d.)

Po tych znacznych zmianach, dobrym pomysłem jest przyjrzeć się tym „paskom” ramki pod ostrym kątem, by sprawdzić czy ich krawędzie pozostały równoległe (Rysunek 8.1.13b). Jak widać, musiałem przesunąć ([Slide](#)) kilka wierzchołków by wyrównać szerokość ramki (Rysunek 8.1.13c). Zrób to samo z jej dolną częścią.

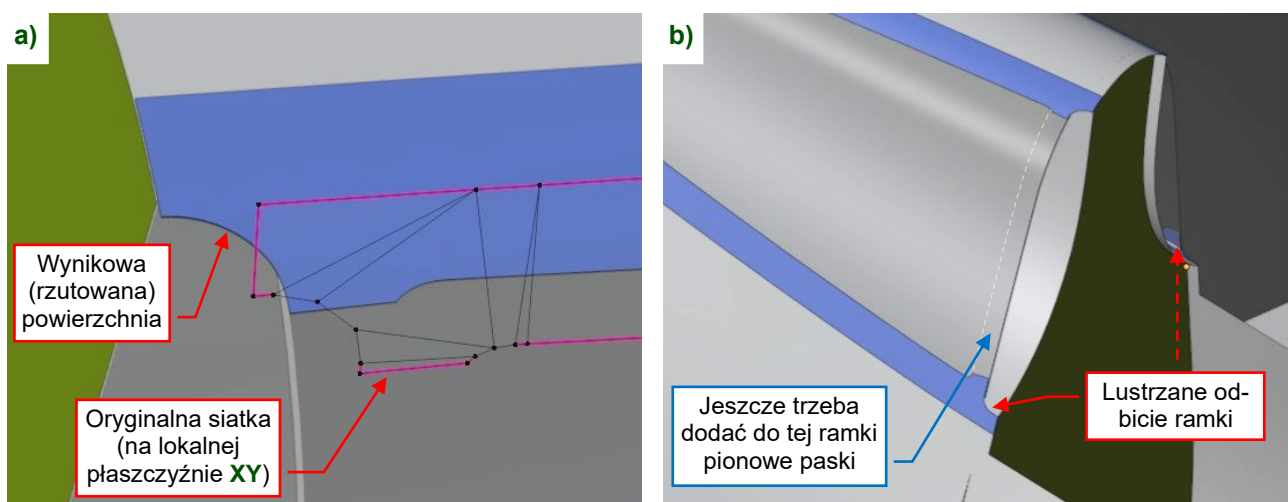
Rysunek [75-21-078](#) pokazuje szczegóły narożników ramki przy wręce #5. Rysunek 8.1.14a) pokazuje wymiary dolnego narożnika. To całkiem złożony kształt! Zauważ, że jego wymiary wykorzystują wręgę #5 jako bazę.



Rysunek 8.1.14 Formowanie narożnika ramki okna

Odwzoruj ten kształt na lokalnej płaszczyźnie **XY** obiektu ramki (Rysunek 8.1.14b).

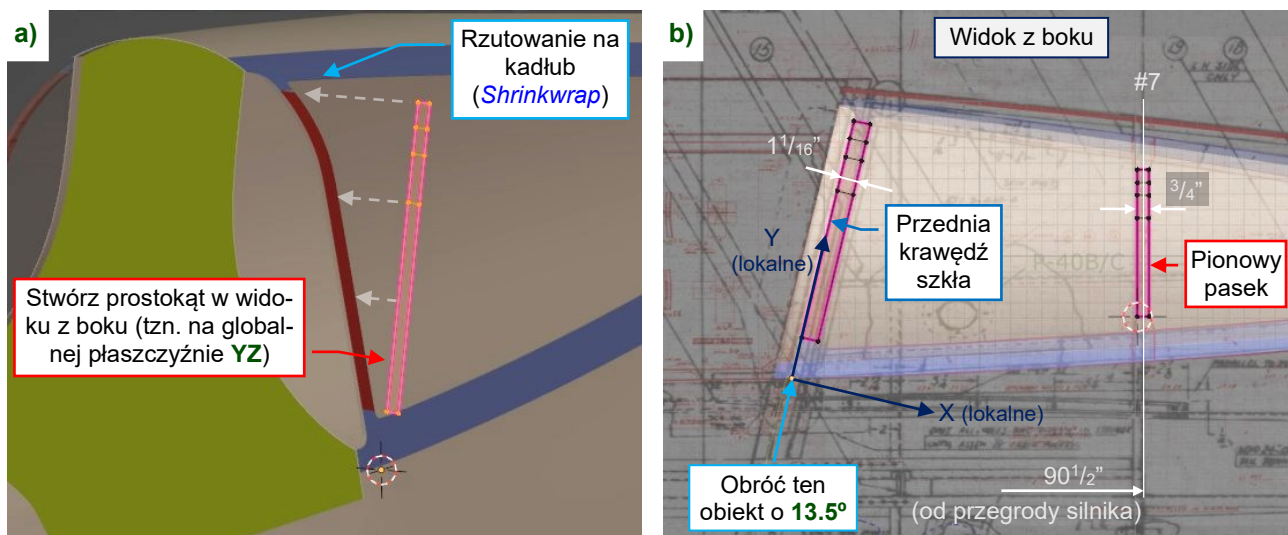
W podobny sposób odtwórz górny narożnik ramki okna (Rysunek 8.1.15a)¹. Dla takiego rzutowanego pod dużym kątem kształtu trzeba zmniejszyć wysokość siatki na lokalnej płaszczyźnie **XY**:



Rysunek 8.1.15 Formowanie ramki okna (c.d.)

Gdy górny narożnik jest gotowy, dołącz do listy modyfikatorów obiektu **B.525.Glass Frame** modyfikatory **Solidify** (**Offset: 1**, **Thickness: 0.032**) oraz **Mirror** (**Mirror Object:X.000.Base**). Rezultat powinien wyglądać jak pokazywany przez Rysunek 8.1.15b).

W **B.525.Glass Frame** górne końce prostych pionowych krawędzi rzutowanych na powierzchnię kadłuba są zagięte do tyłu z powodu obrotu tego obiektu wokół dwóch osi (por. Rysunek 8.1.10). Aby uniknąć takich kłopotów, odtwórzmy dwa pionowe paski ramki okna jako oddzielny obiekt². Stwórz pierwszy, przedni pasek w widoku z boku. Umieść jego środek (**origin**) w tym samym miejscu, co środek **B.525.Glass Frame**. Obróć obiekt paska tylko wokół globalnej osi **X** o **13.5°** (Rysunek 8.1.16):



Rysunek 8.1.16 Odtwarzanie pionowych pasów ramki okna

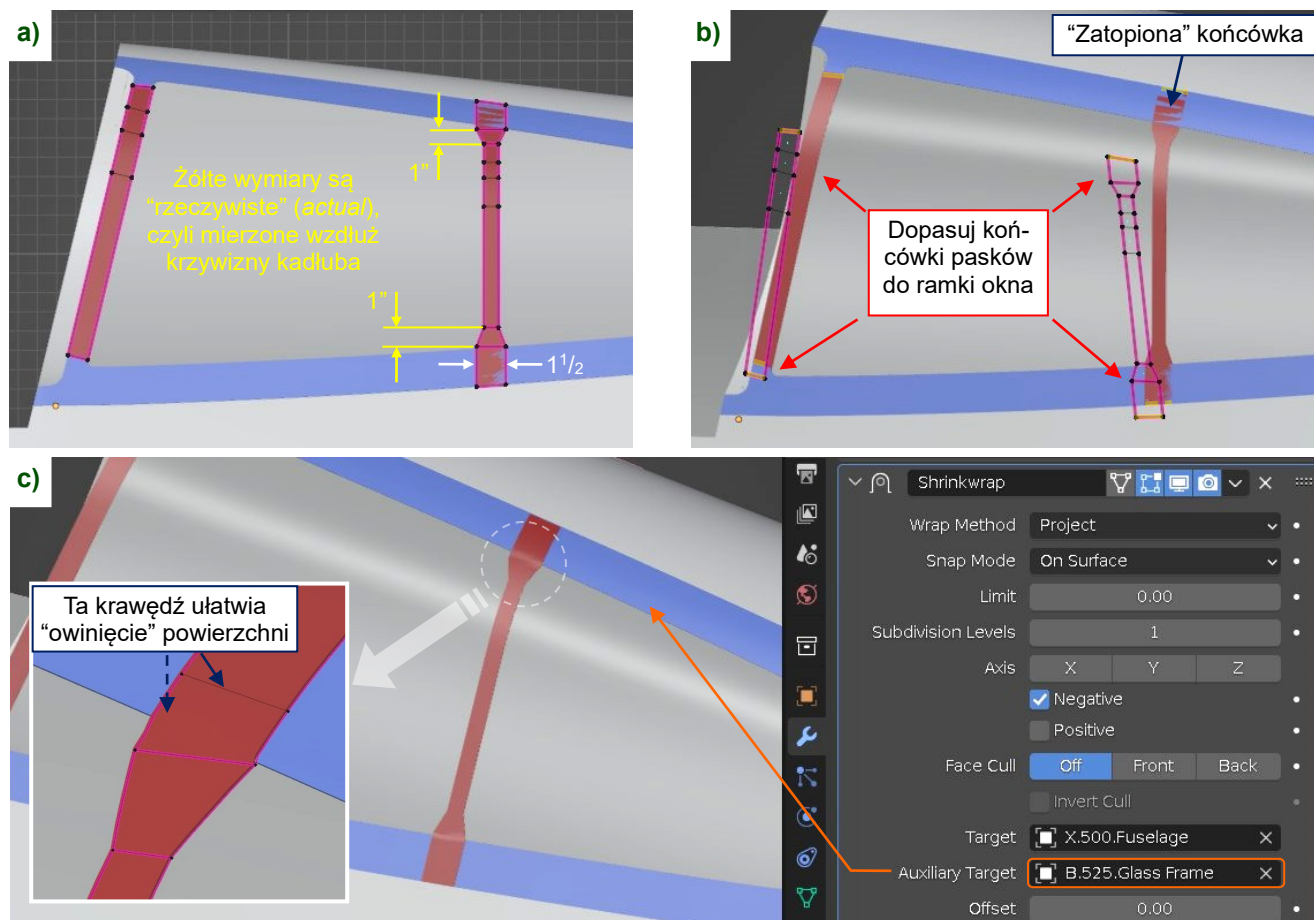
Nazwij ten nowo stworzony obiekt **B.530.Glass Frame**. Dodaj do niego te same modyfikatory, jak użyte przez obiekt **B.525.Glass Frame** (**Subdivision Surface**, **Shrinkwrap**, **Solidify**, **Mirror**).

Umieść kursor 3D na lokalnej płaszczyźnie **XY**, przełącz aktualną projekcję na widok z boku, i stwórz tylny pasek jak prostokąt wyrównany do globalnej osi **Z** (Rysunek 8.1.16b).

¹ Wykorzystaj wymiary ze szczegółu C na rysunku 75-21-078.

² W prawdziwym samolocie każdy z tych pasów był oddzielną częścią, więc ten podział odpowiada podziałowi technologicznemu.

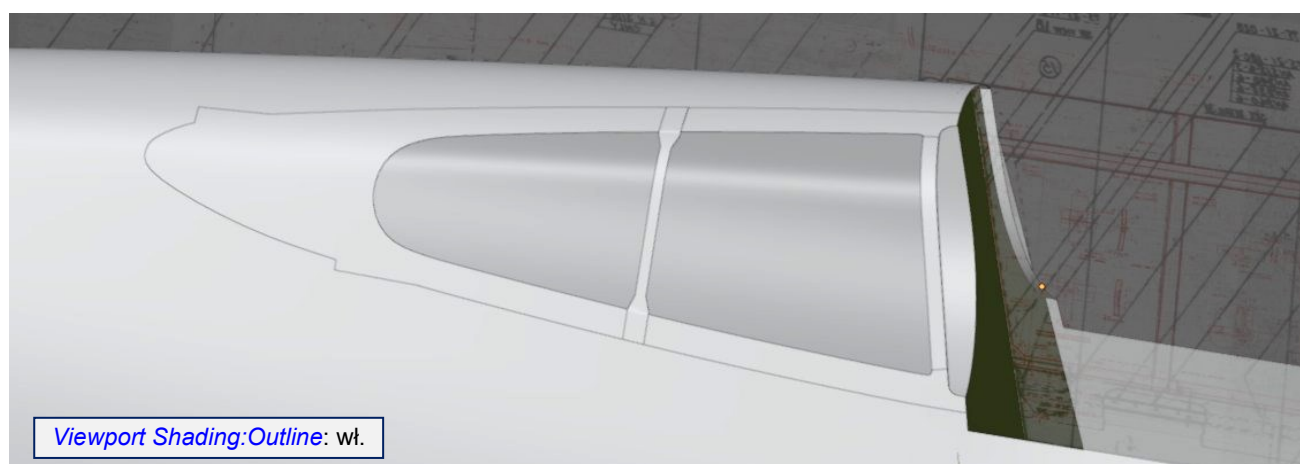
Uformuj końcówki tylnego paska zgodnie z wymiarami (Rysunek 8.1.17a)¹. Wstaw kilka środkowych krawędzie, aby wygładzić powierzchnie wynikowe „położone” na krzywiznę kadłuba. Dopasuj pionowe współrzędne górnego i dolnego końca paska, aby ich wynikowe rzuty pasowały do ramki okna (Rysunek 8.1.17b):



Rysunek 8.1.17 Odtwarzanie pionowych pasków ramki okna (c.d.)

Zwróć uwagę, że końce tylnego paska „toną” w ramce okna (Rysunek 8.1.17b). W prawdziwym samolocie były nałożone (przynitowane) do blachy ramki. Na szczęście, łatwo można ten efekt odtworzyć. W modyfikatorze **Shrinkwrap** obiektu **B.530.Glass Frame** wskaż **B.525.Glass Frame** jako **Auxiliary Target** (Rysunek 8.1.17c).

Rysunek 8.1.18 pokazuje gotowe oszklenie za głową pilota:



Rysunek 8.1.18 Gotowe oszklenie za wręgą #5

¹ Źródło: [75-21-078](#).

W tym oszkleniu nadal brakuje kilku szczegółów: wlewów do zbiorników paliwa i oleju oraz ich wycięć w lewej szybie, wewnętrznych wzmocnień (widocznych na zdjęciach pod przednią krawędzią ramki). Odtworzymy je w ostatniej części tego poradnika.

Podsumowanie

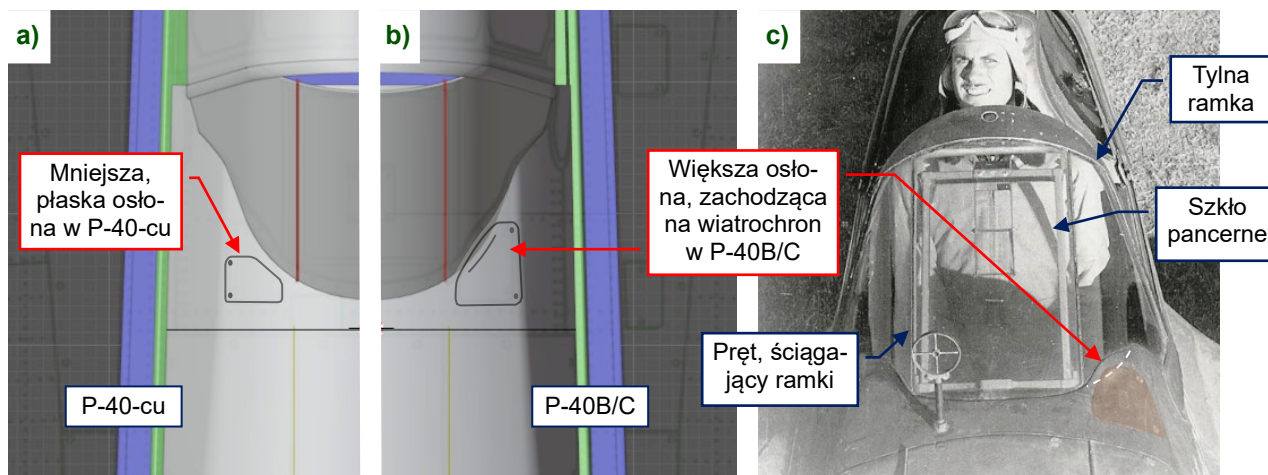
- Do odtworzenia oszklenia za wręgą **#5** wykorzystaliśmy obrazy referencyjne (str. 335-336). Skompilowałem je z oryginalnej dokumentacji P-36 i archiwalnych zdjęć. Zrobiłem to w oparciu o założenie (potwierdzone przez różne zdjęcia), że jedyną różnicą w geometrii tego zespołu pomiędzy P-36 i P-40 jest kształt wycięcia ramki w pobliżu stacji **#8** (str. 335). Użyliśmy także szczegółowych rysunków ramki okna P-36 (str. 335, 342, 343, 344).
- Zaczęliśmy od pomocniczego obiektu wycinającego wgłębienie w kadłubie (str. 336). Okazało się, że proste wyciągnięcie początkowego konturu wgłębienia z wręgi **#5**, po niewielkim obrocie pasuje do konturów pozostałych wręg (str. 336). Wykorzystaliśmy go w kolejnym modyfikatorze *Boolean*, dołączonym do kadłuba.
- Aby szybko uformować wewnętrzną powierzchnię wgłębienia, „położyliśmy” za pomocą modyfikatora *Shrinkwrap* na obiekcie tnącym płaszczyznę podziałową (str. 337). Potem ją przycięliśmy za pomocą pomocniczego kłona powierzchni kadłuba (str. 338).
- Uformowaliśmy szkło tylnej szyby jako płaszczyznę podzieloną modyfikatorem *Subdivision Surface*. „Położyliśmy” ją na powierzchnię kadłuba za pomocą modyfikatora *Shrinkwrap (Project)* (str. 339). To szkło organiczne było osiem razy grubsze (**0.2**) od blachy pokrycia (**0.025**–**0.032**). Zdefiniowaliśmy nowy materiał dla tej i innych szklanych części (str. 340).
- Nasza ramka okna jest zbudowana z dwóch obiektów: głównej części i pionowych pasków. Płaszczyzna głównej części ramki jest obrócona do powierzchni kadłuba (str. 340). W ten sposób zmniejszamy deformację jej projekcji na powierzchnię kadłuba, generowaną przez modyfikator *Shrinkwrap (Project)*. Pionowe paski mają podobne ustawienia do tej ramki, ale nie są pochylone do kadłuba (str. 343). Aby stworzyć efekt końców paska nakładających się na ramkę, użyliśmy w jego modyfikatorze *Shrinkwrap* opcji *Auxiliary Target* (str. 344).
- Wszystkie komponenty tego oszklenia używają relatywnie prostych, płaskich siatek, rzutowanych na pomocnicze powierzchnie za pomocą modyfikatorów *Shrinkwrap*.
- Wykorzystanie klon siatki kadłuba w ukrytym obiekcie pomocniczym nie zwiększa wynikowej liczby ścian modelu ani rozmiaru pliku **.blend*. Dzieje się tak dlatego, że obydwa obiekty współdzielą tę samą siatkę. Zalecam używanie takich klonów jako „celów” w modyfikatorach *Shrinkwrap* i *Boolean*.



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: *model\p40\history\P40B-12.01.blend*.

8.2 Wiatrochron (wczesna wersja)

Wiatrochron wydaje się być stosunkowo prostą częścią myśliwca z lat czterdziestych XX w. Jednak w większości przypadków jego krawędź przecięcia z kadłubem ujawni każdy błąd w ich przekrojach. W P-40-cu wiatrochron bardziej przypominał P-36 (Rysunek 8.2.1a), podczas gdy w P-40B/C ma powiększone otwory zamków km. Te większe otwory „wypchnęły” dolną ramkę wiatrochronu na powierzchnię szyby (Rysunek 8.2.1b,c):

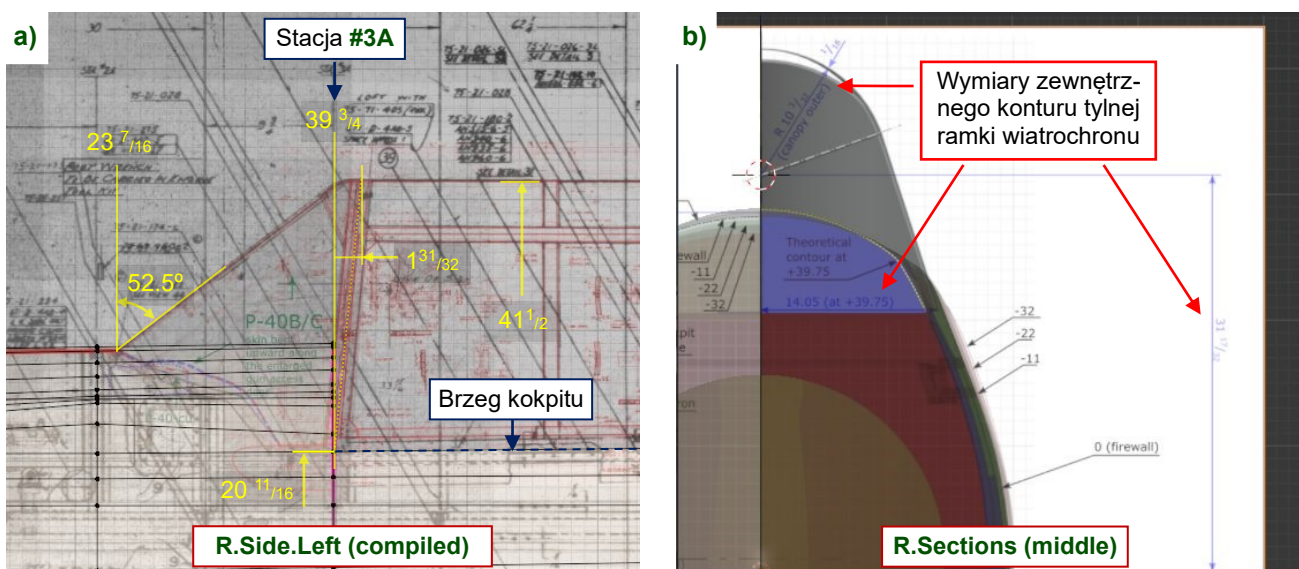


Rysunek 8.2.1 Różnice w wiatrochronach P-40-cu i P-40B/C

Ten wiatrochron był wykonany z trzech cylindrycznych kawałków szkła organicznego (grubość: 0.25"). Ich zewnętrzne krawędzie były osadzone w dwóch ramkach: tylnej i dolnej. Ramki były odlewami z aluminium. Połączono je dwoma prętami, biegnącymi za szkłem wiatrochronu. Dolna ramka była ukryta pod poszyciem kadłuba.

Gdy zaczynałem pisać tę sekcję, zakładałem, że geometria wczesnych P-40 za przegrodą silnika była identyczna z P-36. Pracując nad wiatrochronem P-40-cu używaj następujących rysunków wzorcowych¹:

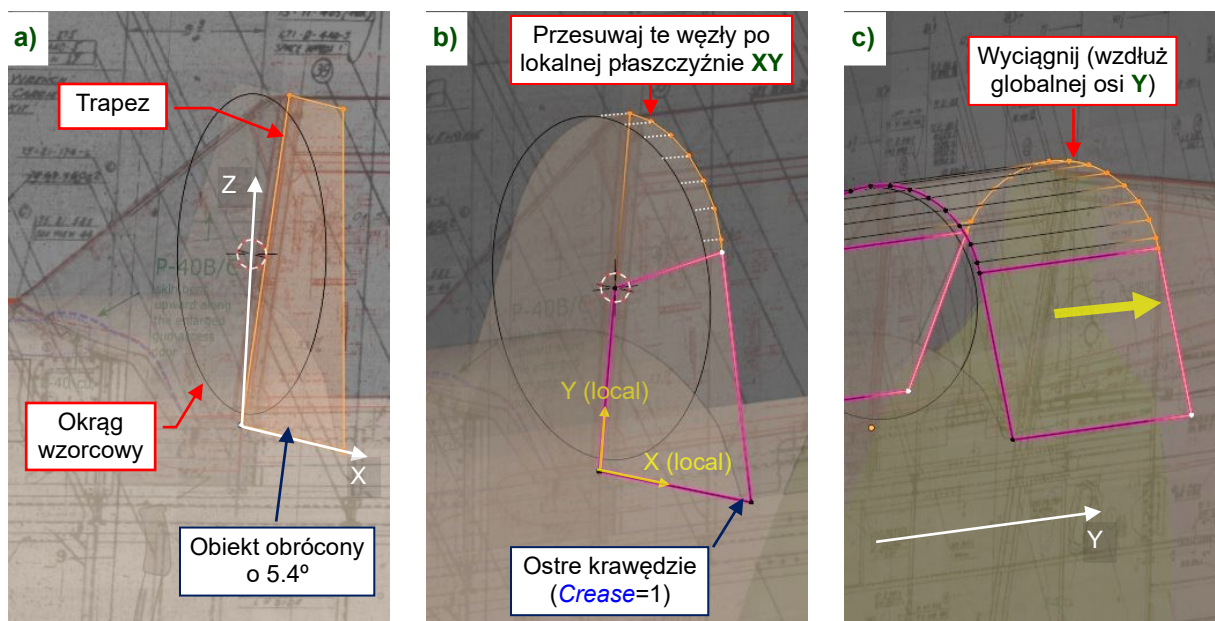
- **R.Side.Left (compiled)** (Rysunek 8.2.2a): rzut z boku, złożony z dokumentacji P-36 i szkiców XP-40 (por. także str. 90).
- **R.Sections (middle)** (Rysunek 8.2.2b): przekroje środkowych sekcji kadłuba (por. str. 276).



Rysunek 8.2.2 Rysunki referencyjne wiatrochronu (oparte o dokumentację P-36)

¹ Skompilowano w nich informację z następujących rysunków P-36: [75-25-001](#), [75-26-001](#), [-011](#), [-012](#), [-020](#), [-021](#). Nie znalazłem żadnej dokumentacji wczesnych wariantów P-40 związanych z tym wiatrochronem.

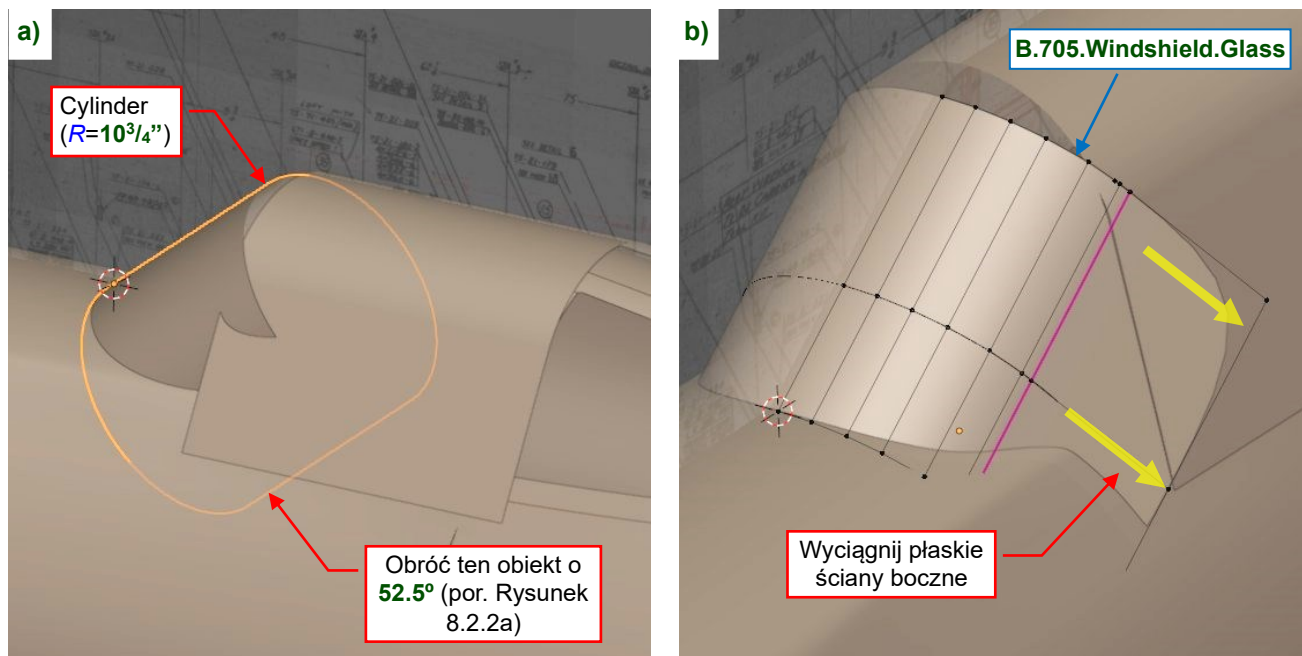
W pierwszym kroku, uformuj podstawową powierzchnię osłony kabiny. Użyj do tego pomocniczego okręgu ($R=10^3/32''$) i trapezu, obróconego wokół globalnej osi **X** o 5.40° (Rysunek 8.2.3a). Nazwij ten trapez **X.720.Canopy** i umieść w pomocniczej kolekcji. Wygładź go modyfikatorem **Subdivision Surface**. Wykorzystując pomocniczy okrąg jako wzór, w widoku z przodu odtwórz zaokrąglony kontur osłony kabiny (Rysunek 8.2.3b). Podczas tej edycji przesuwaj wierzchołki konturu po lokalnej płaszczyźnie **XY** tego obiektu:



Rysunek 8.2.3 Formowanie powierzchni osłony kabiny

Na koniec, wyciągnij ten kontur wzdłuż globalnej osi **Y** (Rysunek 8.2.3c).

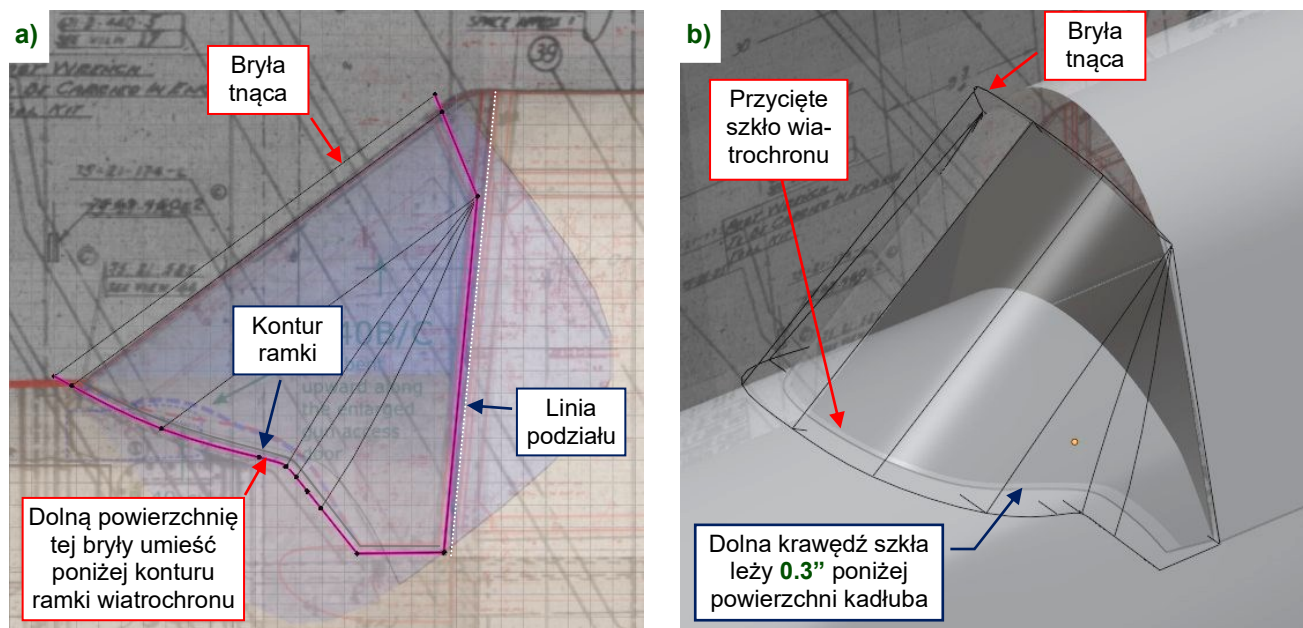
Gdy osłona kabiny jest ukształtowana, uformuj podstawową powierzchnię wiatrochronu (Rysunek 8.2.4):



Rysunek 8.2.4 Formowanie powierzchni wiatrochronu

Zacznij od cylindra o $R=10^3/4''$, obróconego o 52.5° wokół globalnej osi **X** (Rysunek 8.2.4a). Potem usuń wszystkie jego ściany oprócz przedniej części i wyciągnij nowe, płaskie ściany boczne. Dopasuj ich krawędzie do dolnych narożników osłony kabiny (Rysunek 8.2.4b). Nazwij ten obiekt **B.705.Windshield.Glass**.

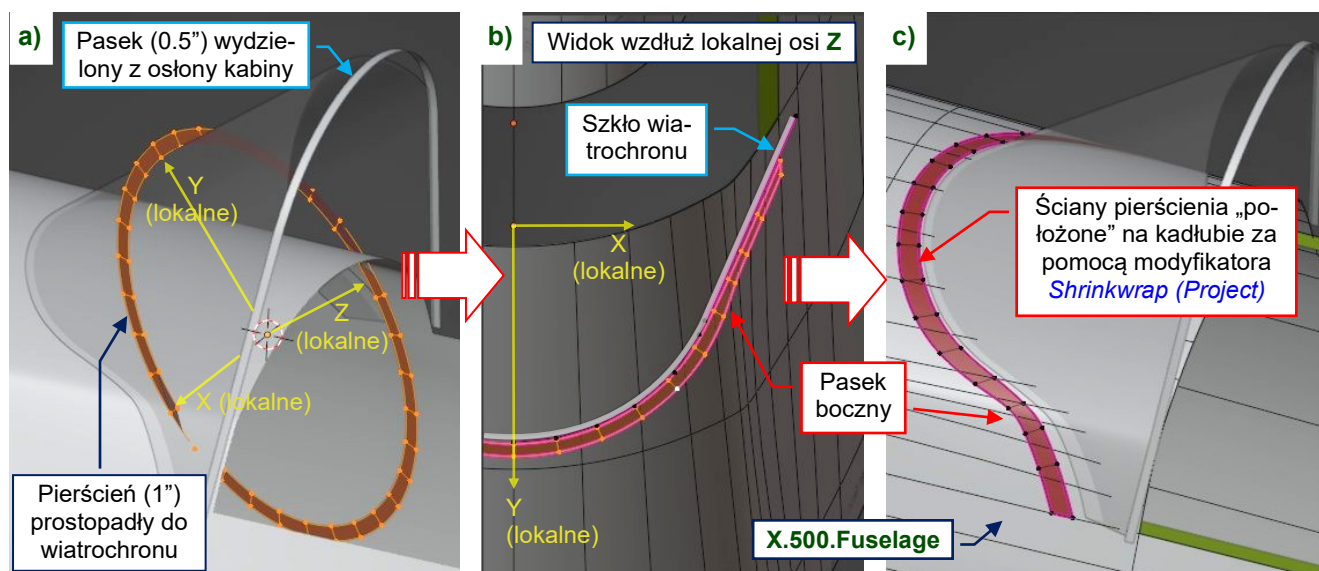
Przygotuj pomocniczą bryłę do przycięcia tego wiatrochronu. Nazwij ją **U.700.Glass.Contour** i umieść w kolekcji **2e8.Booleans**. Rysunek 8.2.5a) pokazuje jej rzut z boku, a Rysunek 8.2.5b) rezultat użycia w modyfikatorze **Boolean (Intersect)** w obiekcie **B.705.Windshield.Glass**:



Rysunek 8.2.5 Przycinanie szyby wiatrochronu

Grubość tego szkła (**0.25"**), pokazywana przez Rysunek 8.2.5b), została wygenerowana przez modyfikator **Solidify**. Jak widzisz, przypisałem także temu obiektowi materiał **B.Glass.Organic**.

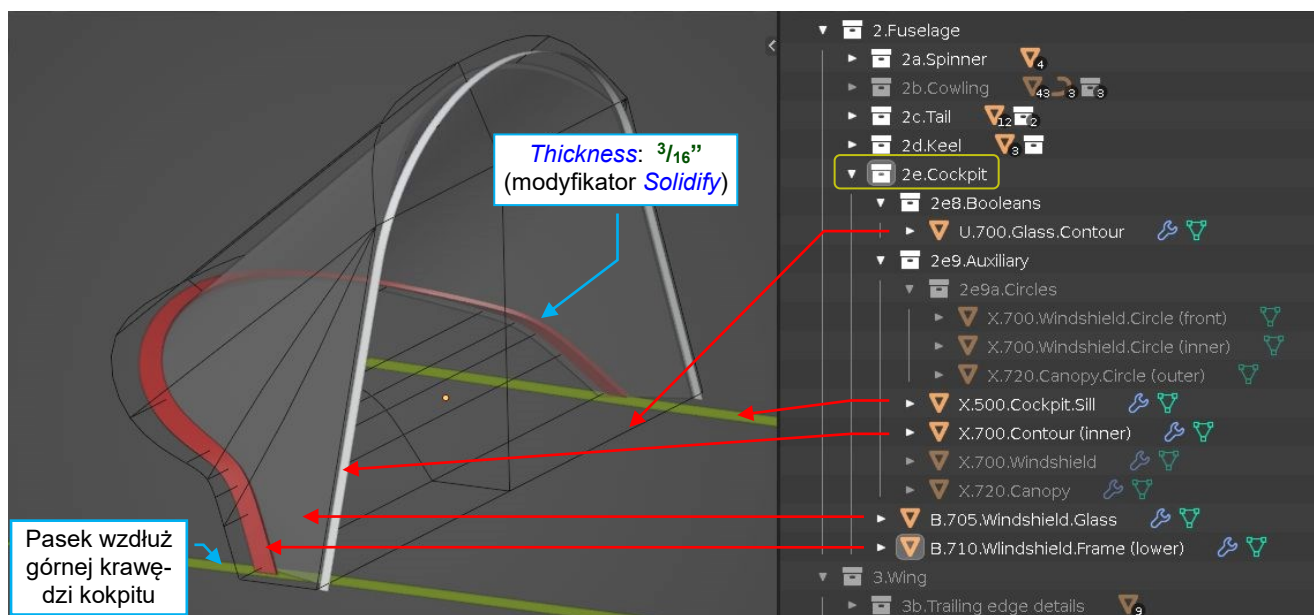
Teraz stwórzmy ramki wiatrochronu. Wydziel z osłony kabiny (por. Rysunek 8.2.3c) pasek o szerokości 0.5". To będzie wstępny kontur tylnej ramki wiatrochronu. Stwórz pierścień wokół szyby wiatrochronu: to będzie kołnierz dolnej ramki (Rysunek 8.2.6a):



Rysunek 8.2.6 Wstępne elementy ramek wiatrochronu

Stwórz ten pierścień na lokalnej płaszczyźnie **XY** obiektu **B.705.Windshield.Glass** (przełącz się na jego lokalny widok z góry: **Shift-7**). Po dodaniu standardowych modyfikatorów **Mirror** i **Subdivision Surface**, przekształć ten pierścień w „U”, dopasowany do poprzecznego przekroju wiatrochronu (Rysunek 8.2.6b). Potem użyj modyfikatora **Shrinkwrap (Project)** wzdłuż lokalnej osi **Z** do „położenia” tego paska na powierzchnię kadłuba (Rysunek 8.2.6c). Jako powierzchnię docelową tego modyfikatora wskaż pomocniczy **X.500.Fuselage**. Nazwij tak przekształcony pierścień **B.710.Windshield.Frame (lower)**.

Dodaj do tego paska modyfikator **Solidify** (*Thickness: $\frac{3}{16}$ "*). Zgrupuj wszystkie elementy kabiny w nową kolekcję w **2.Fuselage**, o nazwie **2e.Cockpit** (Rysunek 8.2.7):

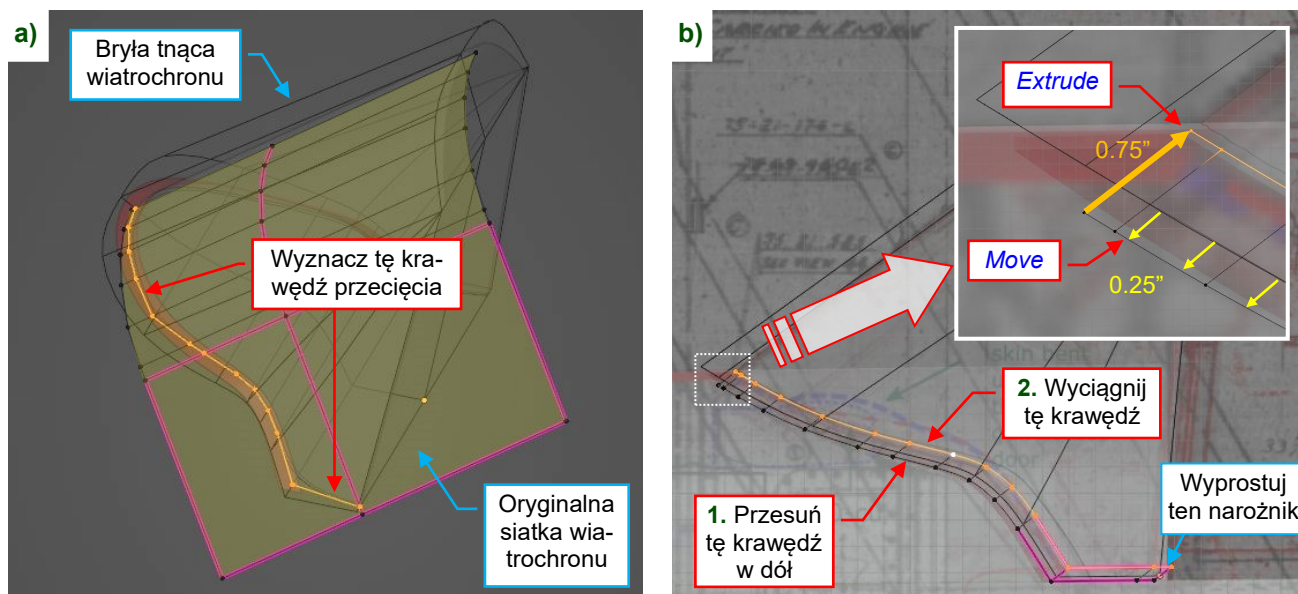


Rysunek 8.2.7 Elementy wiatrochronu i ich kolekcje

Tak jak w przypadku innych podzespołów kadłuba, stwórz w **2e.Cockpit** subkolekcje dla obiektów pomocniczych i brył tnących (tj. brył używanych w modyfikatorach **Boolean**).

Teraz uformujemy wewnętrzną część dolnej ramki. Była odlana jako jeden element wraz z kołnierzem, ale my uprościmy ten złożony kształt dzieląc go na dwa obiekty. Takie uproszczenie wyklucza możliwość wygładzenia ich wewnętrznych krawędzi przecięcia, ale jest akceptowalne, gdy nie przewidujesz renderowania zbliżeń.

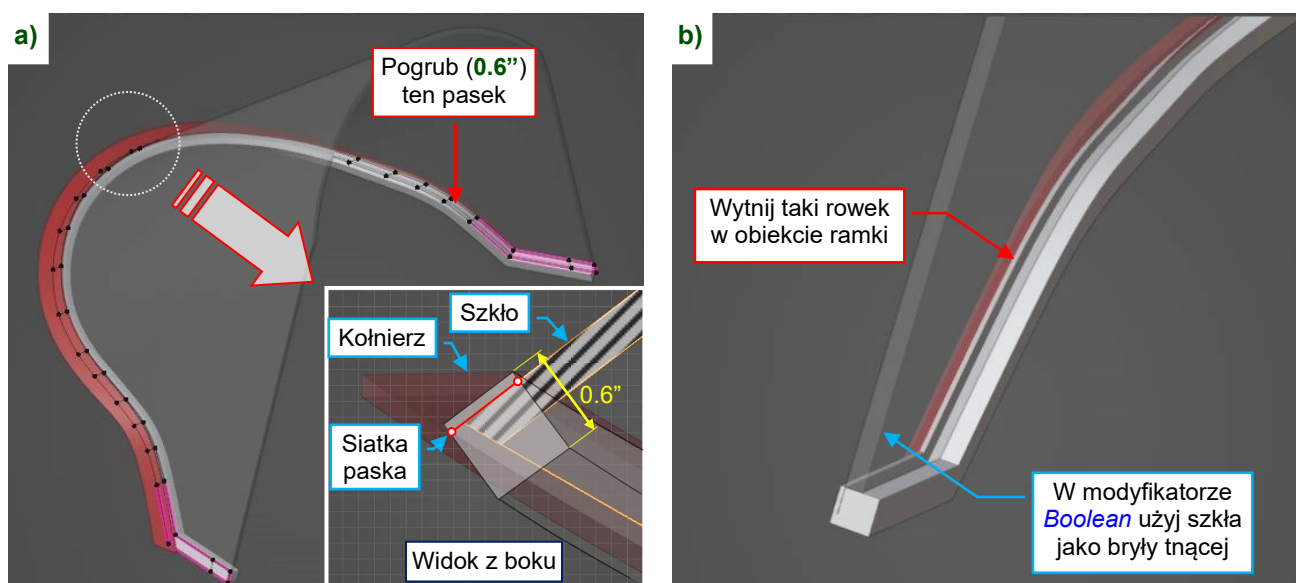
Zacznij od wyznaczenia krawędzi przecięcia siatki wiatrochronu i jego bryły tnącej (obiektów **B.705.*** i **U.700.***). Użyj w tym celu polecenia **Object → Intersect**, wskazując szybę jako drugi obiekt. Wydziel znalezioną krawędź w nowy obiekt, o nazwie **B.711.Windshield.Frame (lower)** (Rysunek 8.2.8a):



Rysunek 8.2.8 Tworzenie wewnętrznej części ramki: formowanie wstępnego „paska”

Ten nowy obiekt odziedziczył po wiatrochronie obrócony lokalny układ współrzędnych. Przesuń tę krawędź wzdłuż lokalnej osi **Z** o **-0.25"** poniżej przyciętej krawędzi szkła. Wyciągnij z niej nową krawędź wzdłuż lokalnej osi **Z** o około **+0.75"**, aby znalazła się na takim poziomie, jak górna krawędź kołnierza ramki (obiektu **B.710.***). W ten sposób stworzyliśmy pasek leżący na zewnętrznej powierzchni szkła wiatrochronu (Rysunek 8.2.8b).

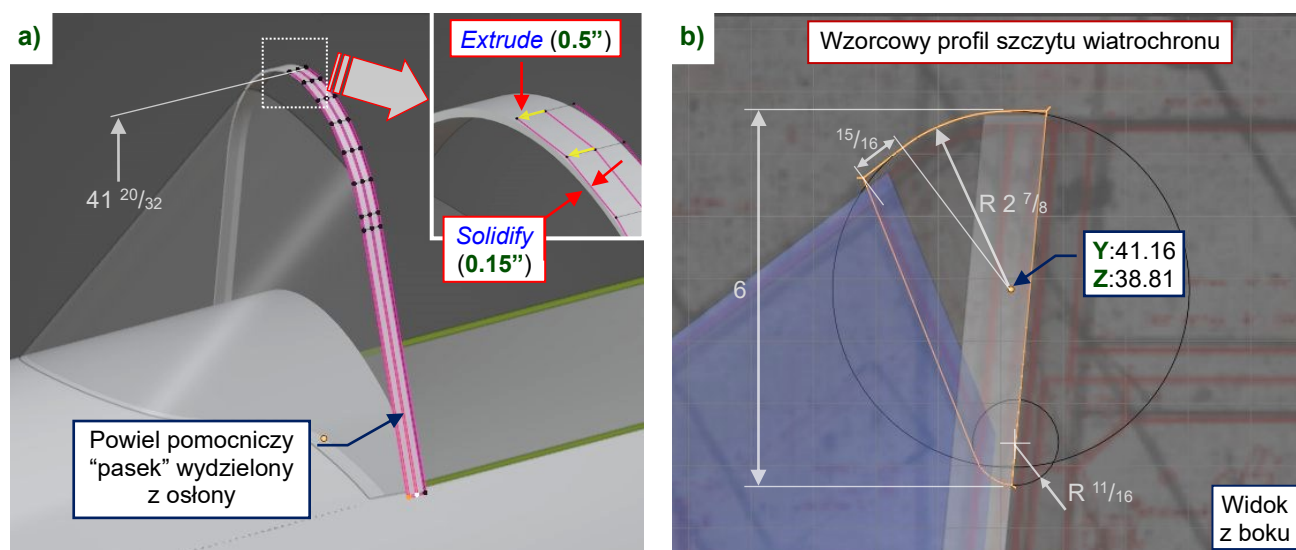
Teraz pogrub ten pasek modyfikatorem **Solidify**. Ustal jego grubość na **0.6"**, a jego **Offset** na **-0.78**, aby zakrył z trzech stron dolną krawędź szkła wiatrochronu (Rysunek 8.2.9a):



Rysunek 8.2.9 Tworzenie wewnętrznej części ramki: kroki końcowe

Aby stworzyć w tej ramce rowek na krawędź szkła, przypisz jej (tj. obiektowi **B.711.***) modyfikator **Boolean** (**Difference**). Wskaż w nim jako obiekt „tnący” szkło wiatrochronu (**B.705.***) – jak pokazuje Rysunek 8.2.9b).

Rozpocznij formowanie tylnej ramki od skopiowania „paska” z wzorcowej osłony (por. Rysunek 8.2.7, Rysunek 8.2.6a) w nowy obiekt, o nazwie **B.700.Windshield.Frame (rear)** (Rysunek 8.2.10a):



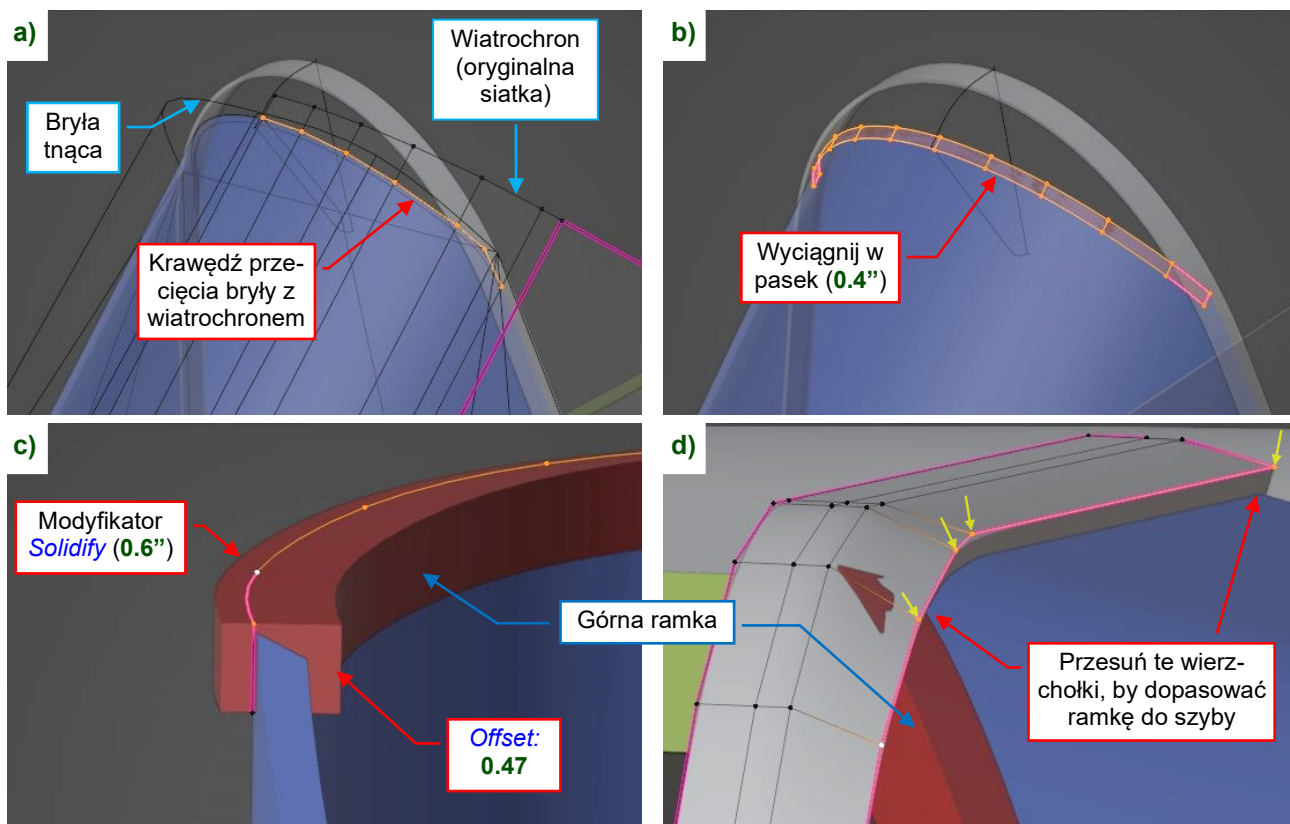
Rysunek 8.2.10 Tworzeniu tylnej ramki: czynności wstępne

Wyciągnij jego przednią krawędź wzdłuż globalnej osi **Y** o **-0.5"** w nowy segment siatki, i przypisz do tego obiektu modyfikator **Solidify**. Na razie, ustaw jego grubość na **0.15"**. Teraz zewnętrzna powierzchnia tego obiektu odpowiada zewnętrznej powierzchni ramki odsuwanej osłony kabiny. To nam będzie potrzebne do dopasowania tej ramki do szyby. Później zmniejszymy jej grubość do **1/16"**, jednocześnie przełączając ją na zewnętrzną stronę tej siatki¹. W ten sposób uformujemy właściwą ramkę, zakrywającą ruchomą część osłony.

Dodatkowo, stworzyłem w rzucie z boku wzór konturu szczytu wiatrochronu (Rysunek 8.2.10b). Wykorzystałem w nim wymiary z rys. [75-26-020](#). Ten kontur opisuje wewnętrzną powierzchnię szczytu tylnej ramki.

¹ Por. wymiary na rysunku **R.Sections (middle)**.

Na szczycie wiatrochronu znajduje się mała górna ramka. Jest przymocowana do ramki tylnej. Rozpocznij jej formowanie od wyznaczenia nowej krawędzi przecięcia: z górną powierzchnią bryły tnącej (Rysunek 8.2.11a). Wydziel tę krawędź w nowy obiekt, o nazwie **B.701.Windshield.Frame (upper)** i wyciągnij wzdłuż lokalnej osi **Z** w pasek o szerokości **0.4"** (Rysunek 8.2.11b) – tak samo, jak stworzyliśmy dolną ramkę (por. Rysunek 8.2.8).

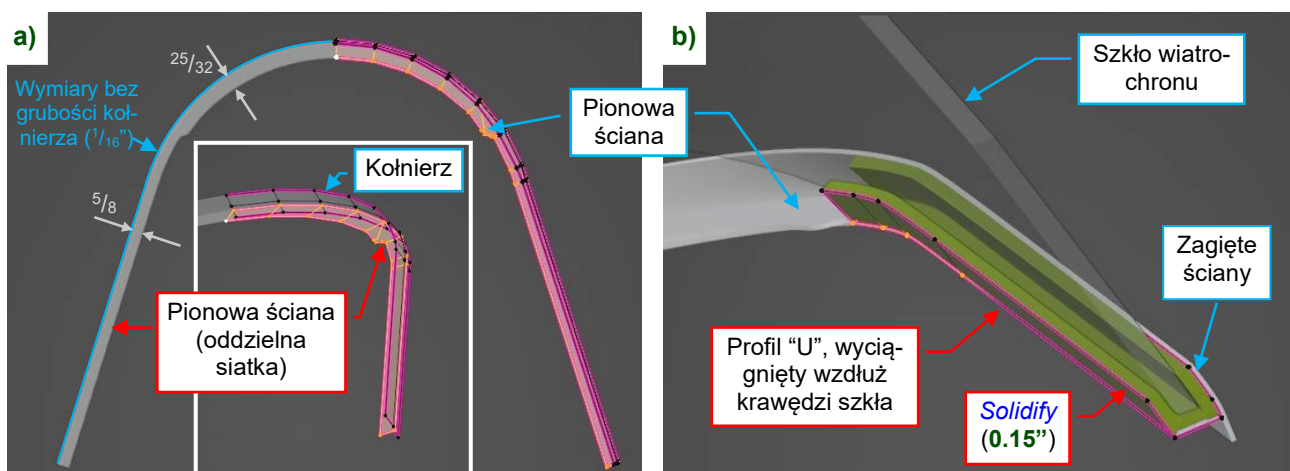


Rysunek 8.2.11 Tworzeniu tylnej ramki: szczyt i boki

Dodaj do tego obiektu modyfikator **Solidify** (grubość: **0.6"**, **Offset**: **0.47**) – jak w Rysunek 8.2.11c). Wytnij rowek w tej ramce za pomocą modyfikatora **Boolean** (tak, jak pokazuje to Rysunek 8.2.9).

Dopasuj krawędź boczną ramki **B.700.*** do szyby wiatrochronu przesuując wierzchołki jej pierwszej linii krawędzi w kierunku prostopadłym, bliżej powierzchni szyby (Rysunek 8.2.11d).

W modyfikatorze **Solidify** obiektu **B.700.*** ustaw **Offset** = **1** i zmniejsz **Thickness** do **1/16"**. Stwórz wewnątrz łuku ramki pionową ścianę (Rysunek 8.2.12a). Pozostaw ją bez połączenia z siatką kołnierza:



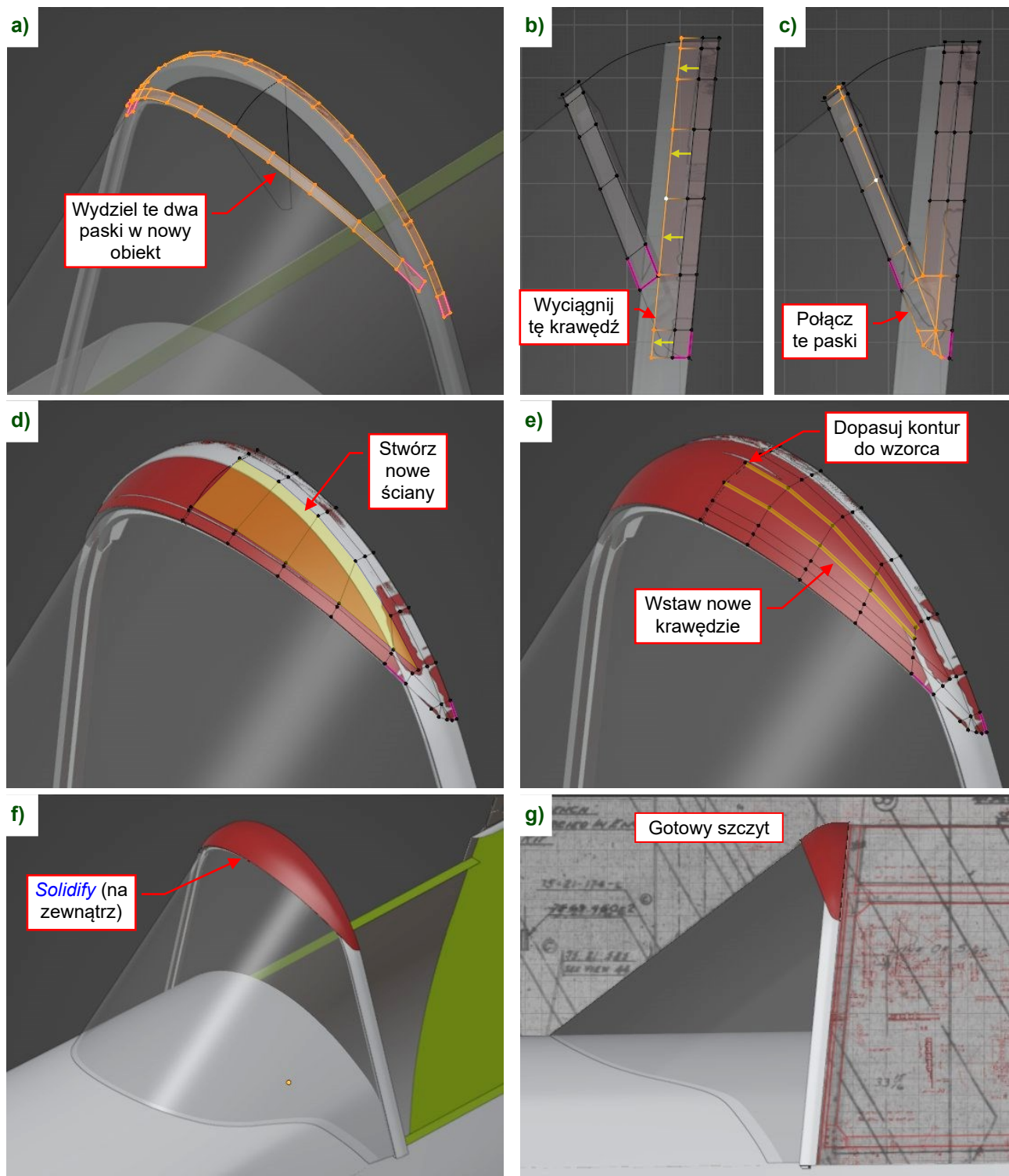
Rysunek 8.2.12 Szczegóły tylnej ramki

Stwórz dodatkowy obiekt: ramkę o przekroju „U”, biegnącą wzdłuż bocznej krawędzi szyby wiatrochronu (Rysunek 8.2.12b). Użyj modyfikatora **Solidify** by nadać jej grubość **0.15"**.



Nie mogłem stworzyć bocznej części ramki (Rysunek 8.2.12b) jako paska „pogrubionego” do **0.6”** (por. Rysunek 8.2.9 i Rysunek 8.2.11), bo jej ściany po dwóch stronach szkła nie są równoległe.

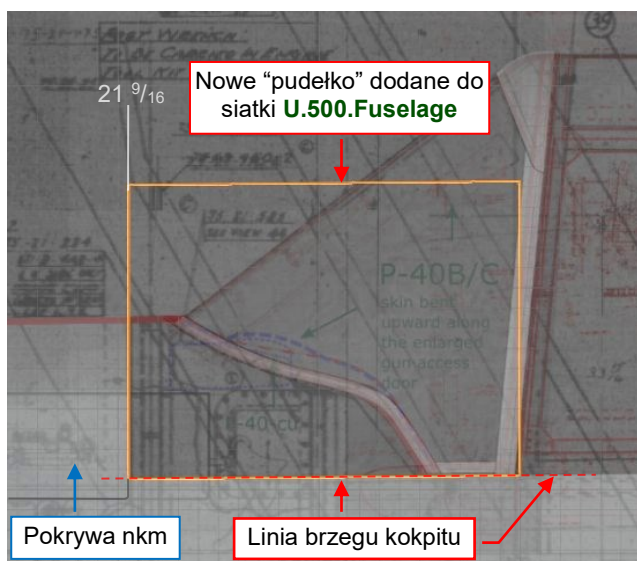
Gdy górna i tylna ramka są uformowane, można nad nimi „rozpiąć” szczyt wiatrochronu. Zaczynij od skopiowania dwóch pasków ścian z tych ramek (Rysunek 8.2.13a). Potem połącz je w narożniku (Rysunek 8.2.13b,c):



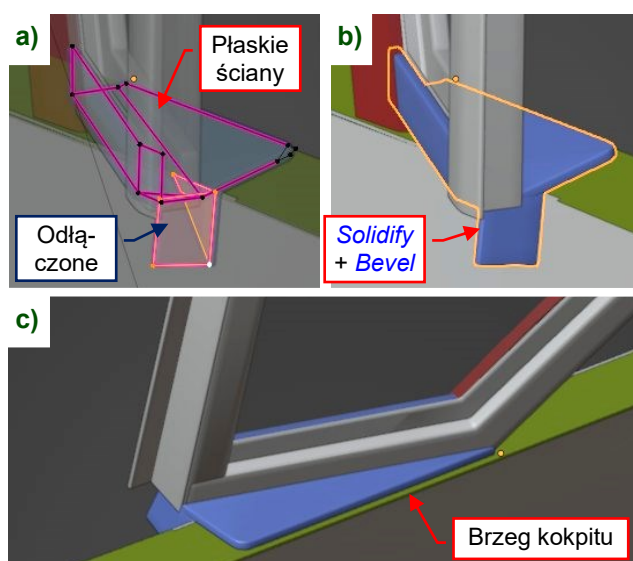
Rysunek 8.2.13 Formowanie szczytu wiatrochronu

Zamknij lukę pomiędzy paskami za pomocą nowych ścian (Rysunek 8.2.13d), potem wstaw dodatkowe krawędzie, dopasowując powierzchnię do wzorca (Rysunek 8.2.13e). Dodaj modyfikator **Solidify** (grubość: **0.04”**, **Offset: +1**) by przykryć ramki (Rysunek 8.2.13f). Rysunek 8.2.13g) pokazuje uzyskany rezultat.

Moglibyśmy wyciąć w kadłubie otwór dla wiatrochronu. Zamierzamy jednak odtworzyć ten obszar w dwóch wariantach: P-40-cu z małymi otworami inspekcyjnymi i P-40B/C, z dużymi otworami (por. Rysunek 8.2.1a). Dlatego lepiej uformujmy panel kadłuba pod wiatrochronem jako oddzielną część. Aby zrobić miejsce na ten nowy obiekt, wytnij fragment kadłuba za pokrywami nkm, od stacji $21^{9/16}$ i ponad krawędzią kokpitu (Rysunek 8.2.14). Zrób to dodając kolejną bryłę tnącą (prostokątnościan) do siatki obiektu **U.500.Fuselage**:



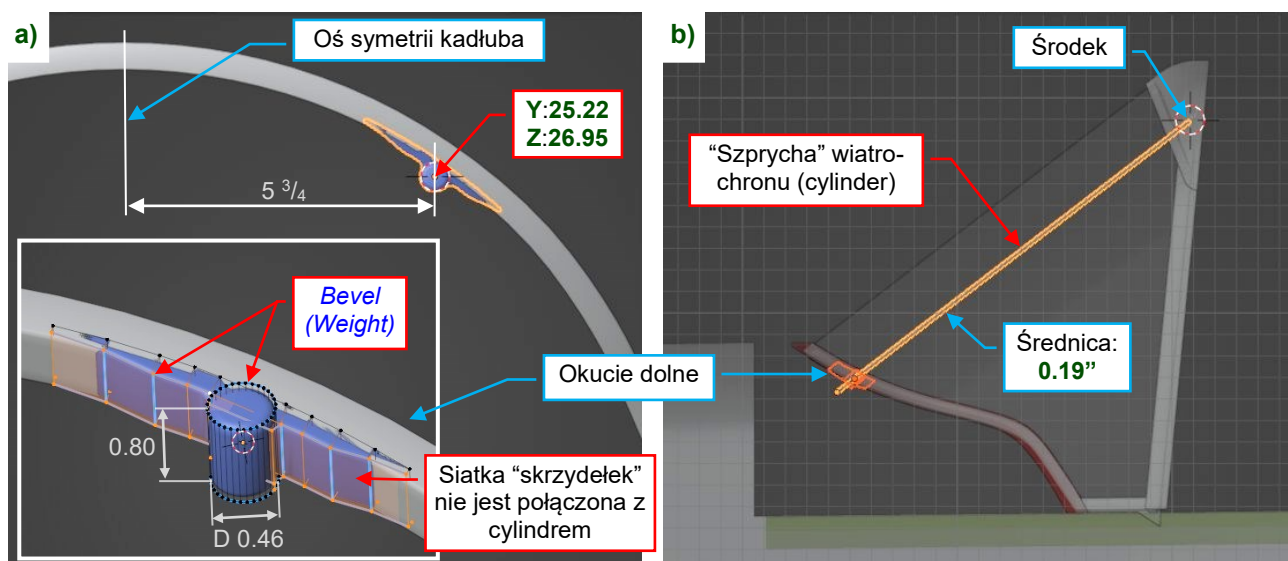
Rysunek 8.2.14 Wycięcie kadłuba wokół wiatrochronu



Rysunek 8.2.15 Dopasowanie ramki do brzegu kokpitu

Zanim jednak zaczniemy formować ten nowy panel kadłuba, dokończmy ramkę wiatrochronu. Brakuje w niej niewielkiego fragmentu. W wyciętym przed chwilą obszarze kadłuba łatwiej jest uformować niewielki kołnierz pomiędzy ramką i brzegiem kokpitu. Rysunek 8.2.15 pokazuje ten szczegół w kolorze niebieskim. W prawdziwym samolocie była to kolejna „wypustka” odlewu ramki. Uprościmy ją jednak na nasze potrzeby, modelując jako odrębny obiekt. Uformuj jej siatkę z kilku prostych ścian (Rysunek 8.2.15a), potem dodaj modyfikator **Solidify** (grubość: $\frac{1}{8}$ ”), aby uzyskać bryłę pokazywaną przez Rysunek 8.2.15b,c).

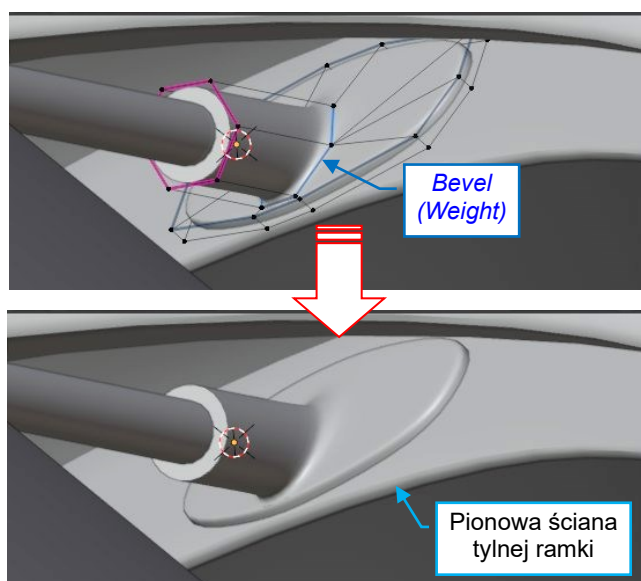
Za szybą wiatrochronów P-36/P-40 widać dwa cienkie pręty. Nazwę je tutaj „szprychami”, ponieważ przenosiły tylko siły rozciągające – jak szprychy w kole roweru. Zaczniemy od uformowania ich podstaw w dolnej ramce. Stwórz przy niej pochylony pod kątem 52.5° cylinder ze „skrzydełkami” (Rysunek 8.2.16a):



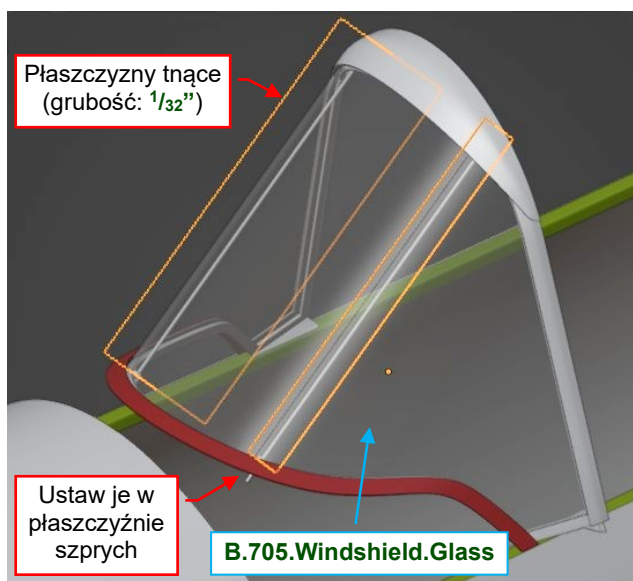
Rysunek 8.2.16 Formowanie „szprychy” (pręta) i jego okucia

Stwórz teraz pręt szprychy: długi, cienki cylinder ($\varnothing 0.19$ ”), ustawiony równolegle do powierzchni wiatrochronu (Rysunek 8.2.16b). Najlepiej ustal środek (**origin**) tego obiektu w górnym końcu cylindra. Umieść go przy pionowej ścianie tylnej ramki, a potem dopasuj długość tak, by pasowała do okucia w ramce dolnej.

Stwórz małe okucie na u góry szprychy wiatrochronu, wykorzystując siatkę pokazaną przez Rysunek 8.2.17. (To okucie wiązało pręt z tylną ramką):



Rysunek 8.2.17 Górne okucie „szprychy”



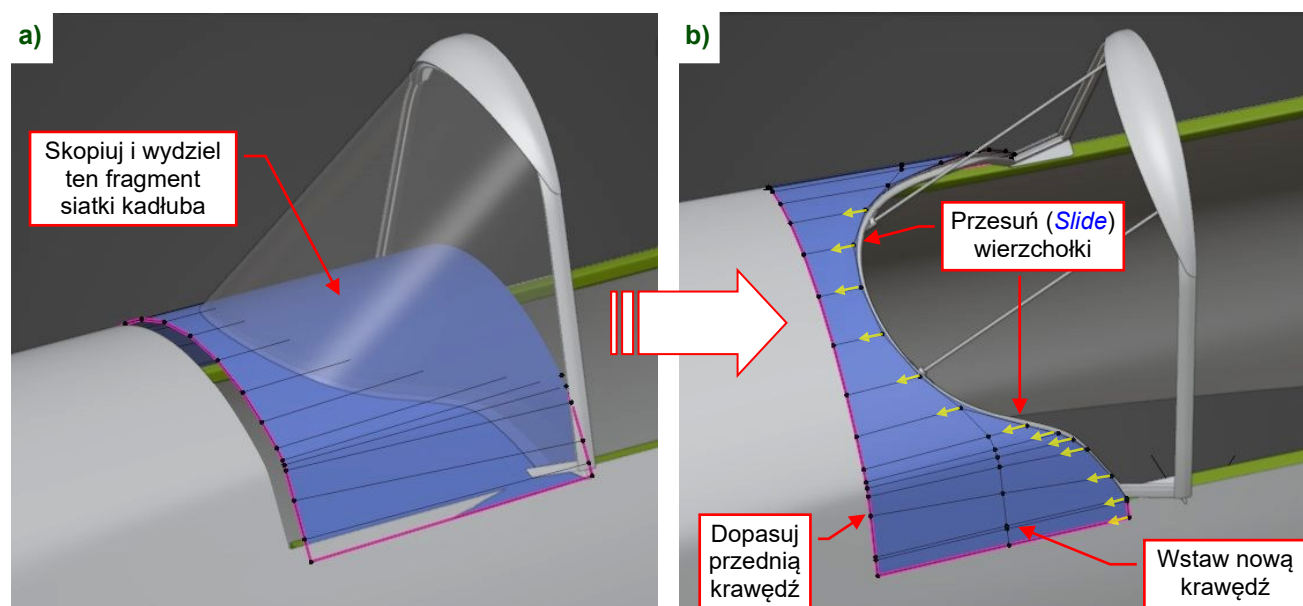
Rysunek 8.2.18 Podział szkła wiatrochronu

Istnieje jeszcze jeden szczegół, którego nie znajdziesz we współcześnie odrestaurowanych maszynach: wiatrochron P-36 i P-40 składał się z trzech paneli szkła, sklejonych „na styk” wzdłuż linii szprych. Aby odtworzyć ten efekt, stwórz pomocnicze płaszczyzny, ustawione tak, jak pokazuje Rysunek 8.2.18. Nazwij ten obiekt **U.700.Glass.Seams**. Przypisz mu grubość **0.032”** (modyfikatorem **Solidify**). Użyj go w nowym modyfikatorze **Boolean (Difference)**, przypisanym do obiektu **B.705.Windshield.Glass**.



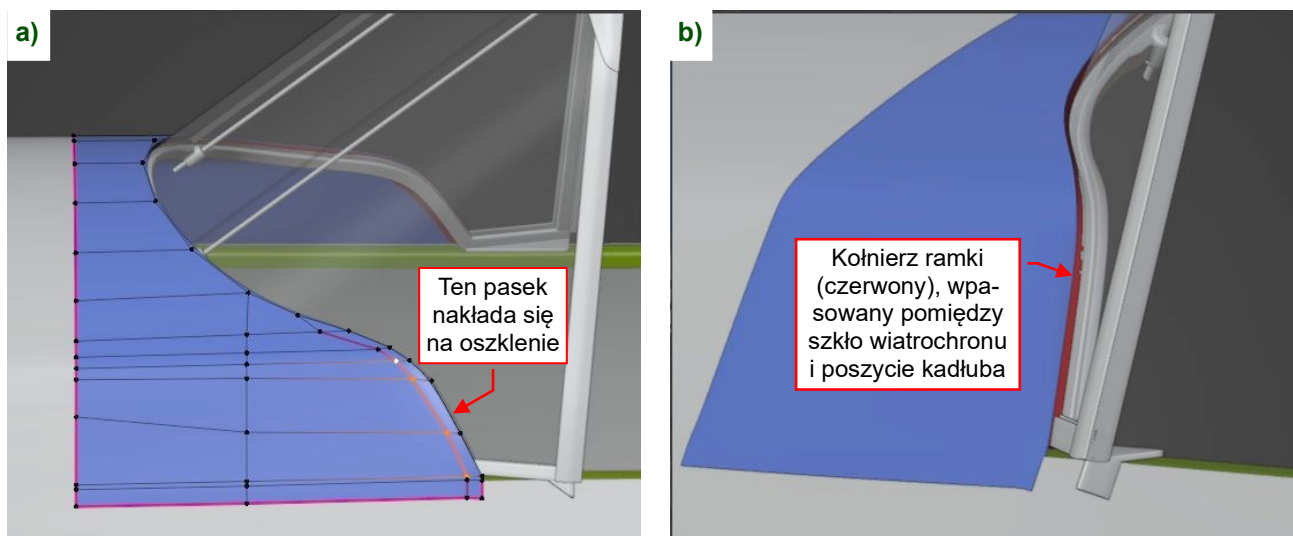
Na archiwalnych zdjęciach, klejone połączenie paneli wiatrochronu często wygląda jak druga para „szprych”. Można ją zauważyć na wielu fotografiach P-36 i „długonosych” P-40. Z przyczyn technologicznych tego szczegółu nie odtworzono w żadnym z odrestaurowanych samolotów.

Stwórzmy teraz panel kadłuba wokół wiatrochronu. Zaczniij od powielenia i wydzielenia odpowiedniego fragmentu siatki kadłuba w nowy obiekt, o nazwie **B.501.Windshield**. Panel (Rysunek 8.2.19a). Dopasuj jego przednią krawędź do przekroju kadłuba w stacji **21 9/16**. Przesuń (**Slide**) wierzchołki jego siatki, tworząc zakrzywioną tylną krawędź, dopasowaną do dolnej ramki wiatrochronu (Rysunek 8.2.19b):



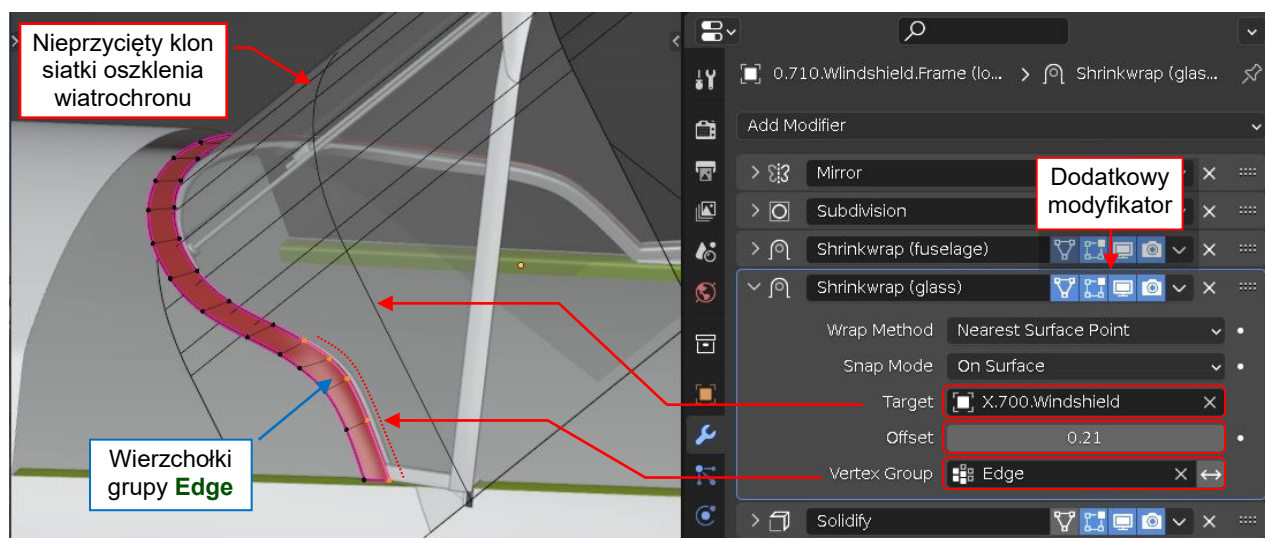
Rysunek 8.2.19 Formowanie panelu wokół wiatrochronu

Zdjęcia sugerują, że w P-40 tylna część dolnej ramki była mniej „kanciasta” niż w P-36. Wydaje mi się, że tylny brzeg poszycia kadłuba nakłada się odrobinę na płaskie boki szkła wiatrochronu. W rezultacie cienki pasek (około **0.5"**) na tym obszarze wygina się na zewnątrz, zgodnie z kształtem oszklenia. Aby odtworzyć ten efekt, wstaw przy tym brzegu dodatkową krawędź i zwiększ jej współczynnik **Crease** do **0.5** (Rysunek 8.2.20a):



Rysunek 8.2.20 Formowanie boków panelu

Zmodyfikowałem także kształt kolnierza dolnej ramki (**B.710.Windshield.Frame (lower)**), dopasowując ją do tego odchylenia (Rysunek 8.2.20b). Opcja **Auxiliary Target** w jego podstawowym modyfikatorze **Shrinkwrap (fuselage)** nie działa poprawnie dla projekcji pod kątem ostrym, które tu występują. Dlatego dodałem kolejny modyfikator **Shrinkwrap**, który wykorzystuje jako geometrię wejściową rezultat poprzedniego modyfikatora. Nazwałem go **Shrinkwrap (glass)** (Rysunek 8.2.21):



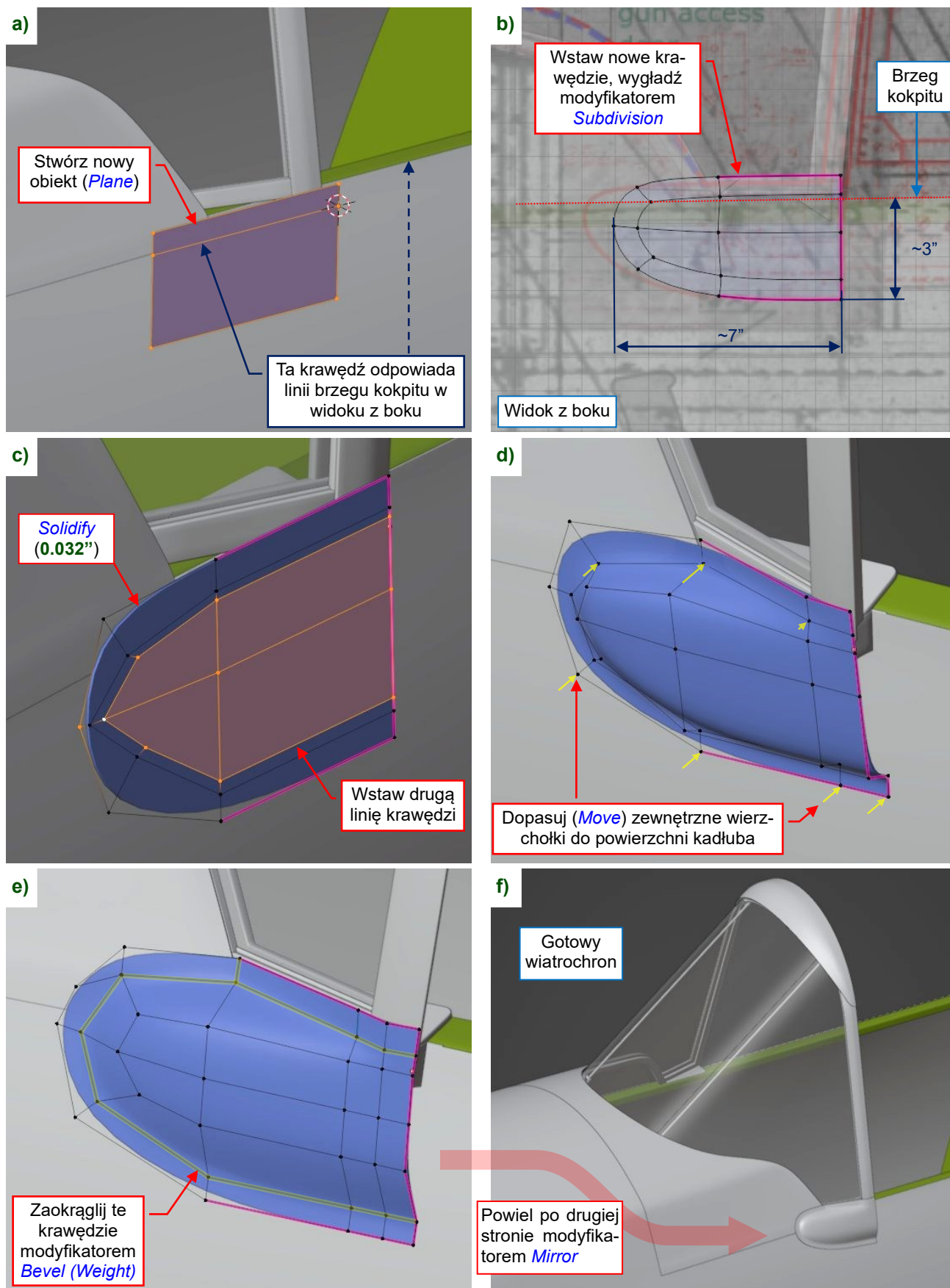
Rysunek 8.2.21 Szczegóły nowego modyfikatora **Shrinkwrap** kolnierza ramki wiatrochronu

Ten modyfikator jest ograniczony do grupy wierzchołków o nazwie **Edge** i używa domyślnego trybu **Nearest Surface Point**. Do grupy **Edge** należy tylko kilka wierzchołków, które chciałem wygiąć wzdłuż powierzchni wiatrochronu (Rysunek 8.2.21). Użyłem tu pomocniczego, „nieprzyciętego” kłoni siatki jego oszklenia. Nazwałem ten obiekt **X.700.Windshield** i umieściłem w kolekcji **2e9.Auxiliary**. Wykorzystamy go w przyszłości w innych modyfikatorach. Parametr **Offset** modyfikatora **Shrinkwrap (glass)** steruje intensywnością tej deformacji.



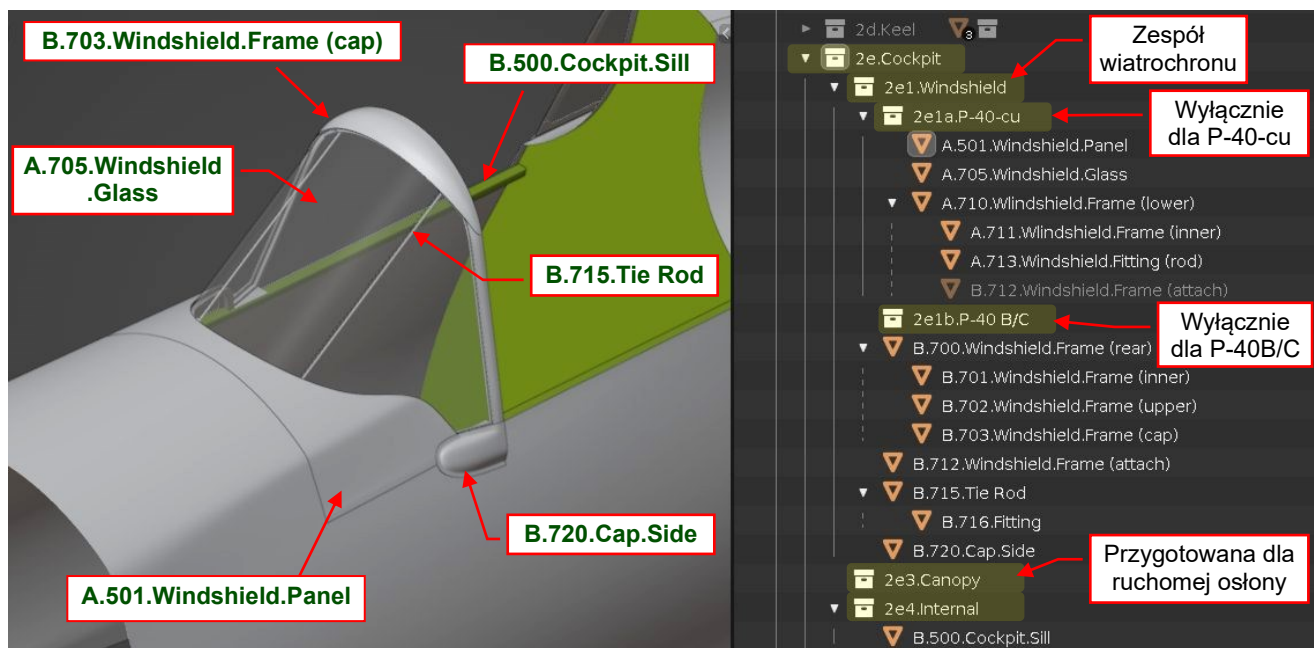
Jeżeli chcesz, możesz pominąć modyfikację pokazywaną przez Rysunek 8.2.21. Służy do zamknięcia, małej szczeliny pomiędzy odchylonym poszyciem kadłuba i ramką wiatrochronu. Umieściłem ją tutaj jako przykład użycia grupy wierzchołków w modyfikatorach.

Zwróć uwagę, że narożniki ramki wiatrochronu wystają za brzeg kokpitu. Te miejsca były zakryte małymi owiewkami, przynitowanymi do kadłuba. Porównując rysunki P-36 ze zdjęciami P-40 zauważyłem, że kształt tego detalu w tych samolotach jest różny. Rysunek 8.2.22 pokazuje, tworzenie tej owiewki (kształt wg zdjęć):



Rysunek 8.2.22 Formowanie opprofilowania narożnika wiatrochronu

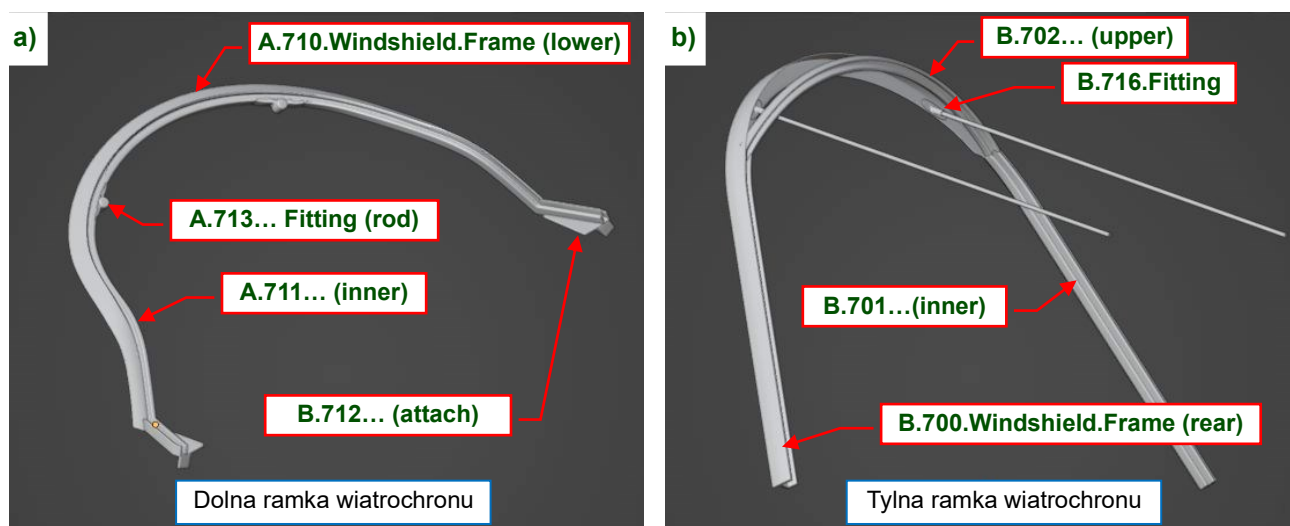
W tej sekcji stworzyliśmy wiele obiektów. Często nie podawałem ich nazw, by nie zaciemniać tekstu. Teraz zrobimy ich inwentaryzację. Rysunek 8.2.23 pokazuje po prawej stronie sugerowaną strukturę kolekcji dla tego zespołu. Stwórz w **2e.Cockpit** kolekcje dla głównych podzespołów: **2e1.Windshield**, **2e3.Canopy** (na razie pusta) i **2e4.Internal**. Wewnątrz **2e1.Windshield** stwórz dwie kolekcje dla obiektów specyficznych dla konkretnego wariantu (por. Rysunek 8.2.1a): jedną dla P-40-cu, drugą dla P-40B/C. Zdecydowałem się używać prefiksu **A** dla elementów z P-40-cu, i prefiksu **C** dla elementów z P-40B/C (stworzymy je w następnej sekcji).



Rysunek 8.2.23 Zespół wiatrochronu i jego kolekcje

Prefiksu B będę używać dla części wspólnych dla obydwu wariantów P-40¹.

Rysunek 8.2.24a) pokazuje elementy podzespołu dolnej ramki wiatrochronu. Każda z tych nazw po numerze zawiera frazę **Windshield.Frame**, którą w większości etykiet poniżej zastąpiłem „...” – myślę, że w ten sposób ta ilustracja będzie bardziej czytelna:



Rysunek 8.2.24 Elementy ramek wiatrochronu

Podobnie, Rysunek 8.2.24b) wylicza składniki tylnej ramki wiatrochronu. Każdy z tych obiektów możesz znaleźć w oknie **Outliner** pokazywanym przez Rysunek 8.2.23.

¹ Wiem, że na początku książki mogłem wymyślić lepsze przedrostki nazw obiektów, np. neutralny prefiks **0** dla części wspólnych.

Podsumowanie

- W tej sekcji odtworzyliśmy wiatrochron P-40-cu, opierając się na dokumentacji P-36 (str. 346). Założyłem, że ten zespół był identyczny w obydwu samolotach. Zauważyłem tylko niewielką różnicę w kształtach dolnych ramek (str. 355).
- Zaczęliśmy od formowania pomocniczego obiektu: powierzchni odsuwanej osłony kabiny (str. 347). Skopiowaliśmy je przednią krawędź i przekształciliśmy w półcałowy pasek, który posłużył do stworzenia tylnej ramki wiatrochronu (str. 348).
- Podstawowa powierzchnia wiatrochronu to obrócony cylinder połączony z dwoma płaskimi skrzydłami (str. 347). Użyliśmy także nowej bryły do „przycięcia” krawędzi tego obiektu (oszklenia wiatrochronu – str. 348).
- Dolna ramka wiatrochronu jest złożona z czterech oddzielnych obiektów (str. 348, 349, 353). Takie uproszczenia pomija zaokrąglenia jej krawędzi wewnętrznych. Z drugiej strony, te zaokrąglenia byłyby ledwo widoczne na jakimkolwiek renderze. Części tej ramki są oparte o relatywnie proste siatki. Użyliśmy modyfikatorów *Shrinkwrap*, *Solidify* i *Boolean* aby przekształcić te paski w bardziej realistyczne bryły. Pomogło w tym ustawienie lokalnego układu współrzędnych wzdłuż cylindra owiewki (str. 349).
- Podobnej metody użyliśmy do uformowania tylnej ramki wiatrochronu (str. 350, 351). Aby stworzyć jej szczyt, posłużyliśmy się kopiami odpowiednich pasków siatki (str. 352).
- Przygotowując się do wielowariantowego modelu wiatrochronu (str. 346) uformowaliśmy panel wokół jego dolnej ramki jako oddzielny obiekt, skopiowany i wydzielony z siatki kadłuba (str. 354). Przygotowaliśmy także kolekcje dla każdego z tych wariantów (str. 357). Oznaczyliśmy elementy występujące wyłączenie w P-40-cu prefiksem „A” na początku nazwy.



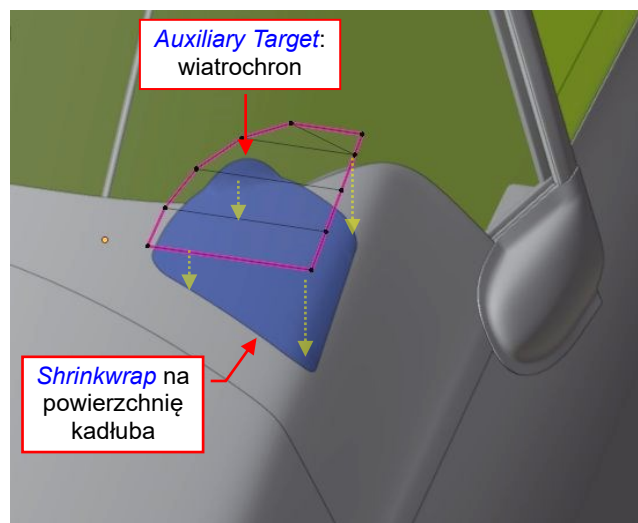
W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: <model\p40\history\P40B-12.02.blend>.

8.3 Wiatrochron (późna wersja)

W tej sekcji przygotowujemy ramkę wiatrochronu dla P-40B/C. Ich otwór inspekcyjny do zamka nkm jest większy od podobnego otworu w P-40-cu (Rysunek 8.3.1, por. Rysunek 8.2.1a):



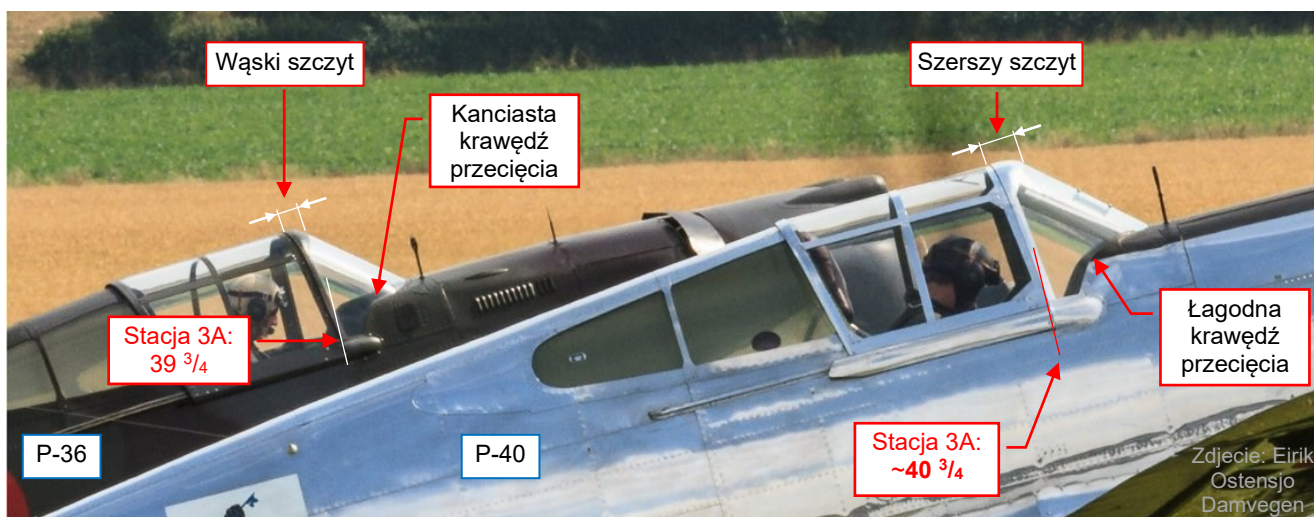
Rysunek 8.3.1 Powiększony otwór inspekcyjny w P-40B/C



Rysunek 8.3.2 Wstępne przybliżenie kształtu otworu

Dokumentacja P-40B/C nie zachowała się, więc zaczniemy od przybliżenia kształtu tego otworu. Użyłem do tego prostej, łatwej do zmiany siatki, rzutowanej (*Shrinkwrap*) na powierzchnię kadłuba i szkła wiatrochronu (Rysunek 8.3.2). Starłem się dopasować wynikowy kształt do dostępnych zdjęć.

Aby zrobić to dokładniej, zdecydowałem się dopasować mój model do archiwalnych zdjęć, tak jak to zrobiłem w sekcji 7.5 (por. str. 319). Jednak mój zespół kokpitu (wiatrochron, tylne okna, i brzegi wycięcia) nijak nie pasowały do tych obrazów, choć długo starałem się znaleźć tę właściwą projekcję! Wreszcie zamiast dopasowywania ujęć z bliska samej okolicy kabiny, zacząłem dopasowywać projekcję modelu do kilku zdjęć całego samolotu. Gdy usterzenie, osłona silnika i skrzydła „trafiły” w swoje miejsca, odkryłem przyczynę niepowodzeń: błąd w założeniach! Osłona nkm i wiatrochron wczesnych wersji P-40 różnią się od tej z P-36. Rysunek 8.3.3 pokazuje te różnice na unikalnym zdjęciu stojących obok siebie, odrestaurowanych P-40C i P-36:



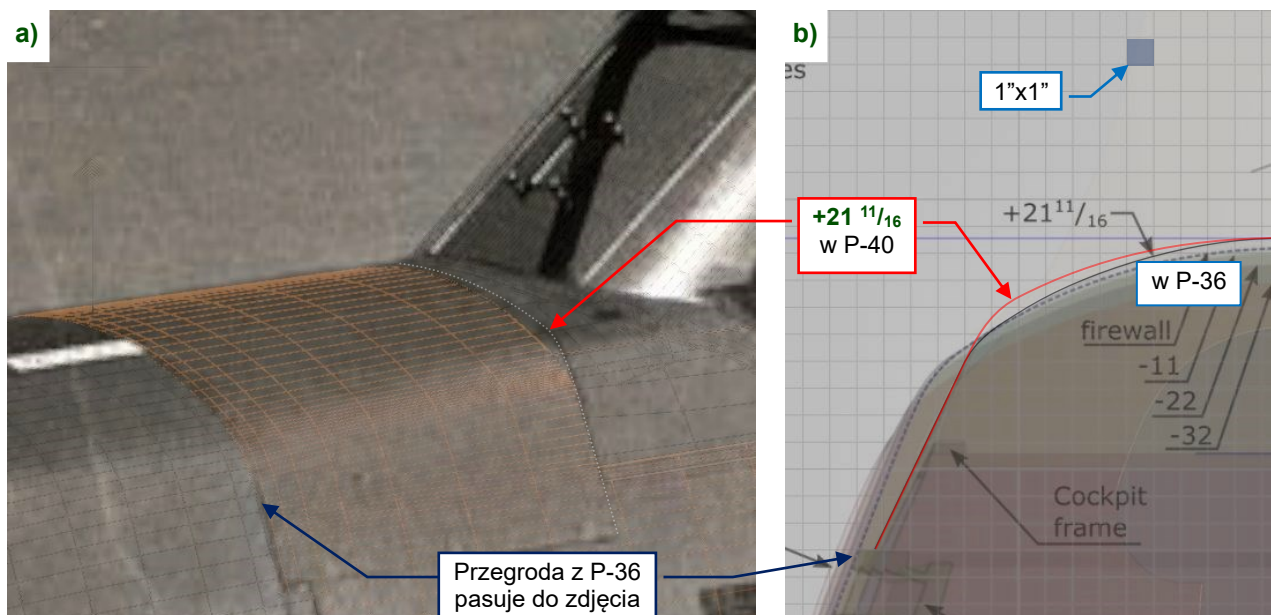
Rysunek 8.3.3 Elementy ramek wiatrochronu

Zwróć uwagę na różnicę położenia wręgi **3A**: wiatrochron w P-40 był dłuższy i cofnięty w tył o około 1".



Gdy patrzysz na zdjęcie, nie jesteś neutralnym obserwatorem. Podświadomie szukasz na nim potwierdzenia swoich założeń. Dokładne dopasowywanie modelu do zdjęć jest metodą weryfikacji tych hipotez. W przeciwnym razie widziałbyś na tych obrazach to, w co aktualnie wierzysz.

W ujęciu „trzy czwarte” porównałem także ze zdjęciem kontur przegrody silnika (tzn. kształt z P-36) – pasował (Rysunek 8.3.4a). Jednak na tych zdjęciach okazało się, że zaokrąglone „narożniki” osłon zamków nkm w stacji **2A** ($21 \frac{11}{16}$) były nieco wyżej. Rysunek 8.3.4b) porównuje przekrój tej sekcji kadłuba w P-40 (linia czerwona) z analogicznym przekrojem z P-36 (linia czarna):



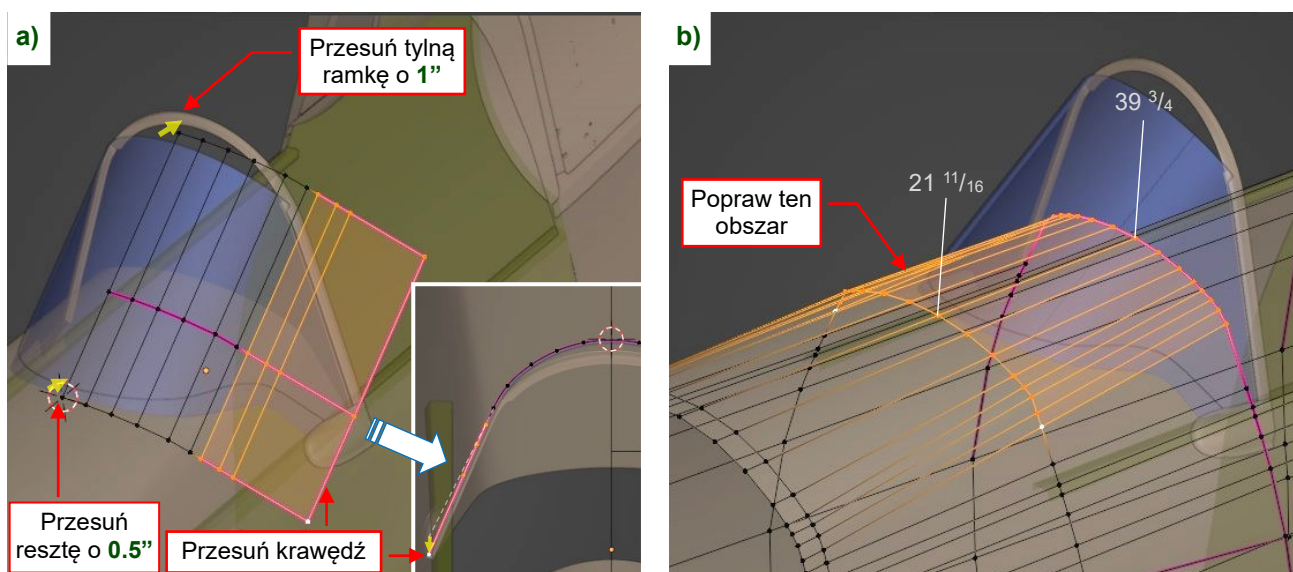
Rysunek 8.3.4 Inny przekrój kadłuba w stacji **2A** (P-40-cu)

To „odkrycie” oznacza, że musimy poprawić ukończony w poprzedniej sekcji tego rozdziału wiatrochron P-40-cu, zanim zaczniemy modelować jego odmianę z dużymi otworami inspekcyjnymi.



Bądź zawsze gotowy na takie niespodzianki: twórz możliwie najprostsze siatki, współdziel je pomiędzy podobnymi obiektami (klonami), i używaj w każdym obiekcie jak najwięcej modyfikatorów.

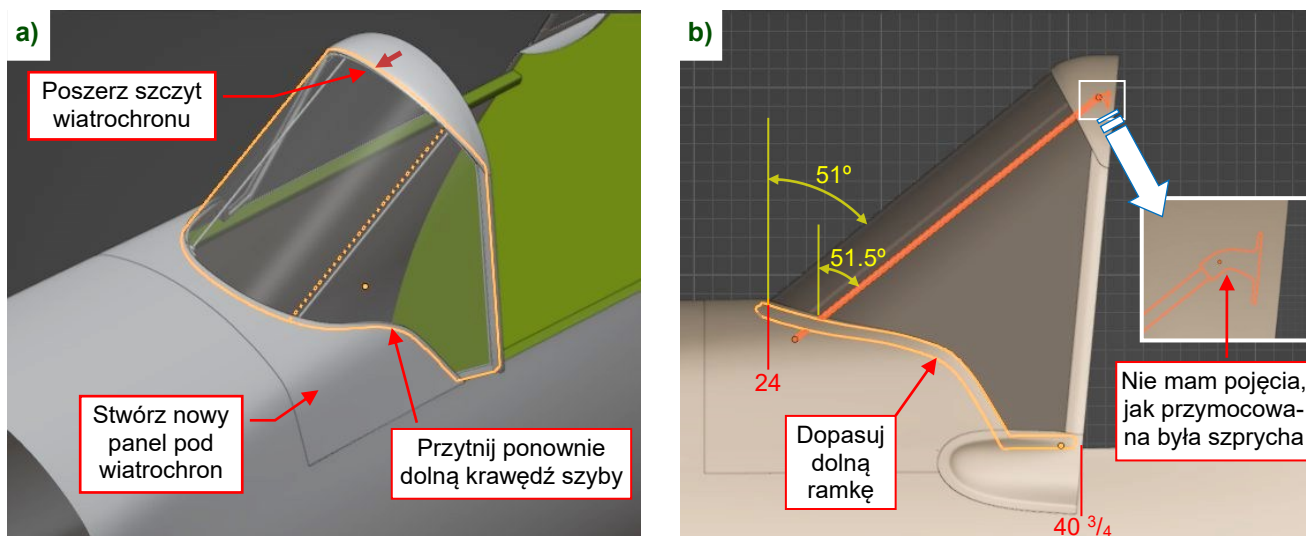
Wiatrochron składa się z wielu obiektów, więc zacznijmy od ostatniego z nich: przesun tylną ramkę wzdłuż globalnej osi **Y** o **1"**, a resztę wiatrochronu – o **0.5"**. Pozostaw bez zmian promień cylindrycznej części szkła (to kolejne założenie!) i obróć nieco jego płaskie boczne ściany, dopasowując je do tylnej ramki (Rysunek 8.3.5a):



Rysunek 8.3.5 Pierwsze zmiany wiatrochronu P-40-cu

W następnym kroku, zmień siatkę kadłuba: popraw jego przekroje w stacjach **2A** ($21 \frac{11}{16}$) i **3A** ($39 \frac{3}{4}$), jak pokazuje to Rysunek 8.3.5b).

Oczywiście, te modyfikacje zmieniły kształt krawędzi przecięcia pomiędzy kadłubem i wiatrochronem. Dlatego w kolejnym kroki należy poprawić bryłę „przecinającą” krawędzie oszklenia (por. 349, Rysunek 8.2.8) tak, aby pasowała do jej nowego konturu (Rysunek 8.3.6a).



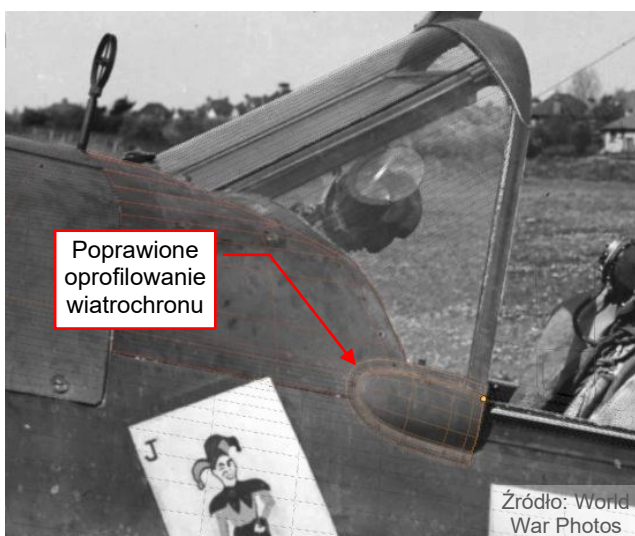
Rysunek 8.3.6 Pierwsze zmiany wiatrochronu P-40-cu

Po przesunięciu wiatrochronu musimy także stworzyć od nowa otaczający ją panel. Następnie dopasuj wszystkie elementy dolnej ramki do tej zmienionej geometrii. Rysunek 8.3.6b) pokazuje jej szczegóły. Zwróć uwagę, że ten nowy kontur doskonale pasuje do rysunku Jumpei Temmy (to ja byłem w błędzie, on miał rację). Zauważ także, że w P-40 zmieniono kąt nachylenia szyby wiatrochronu do ~51°. Co ciekawe, kąt „szprych” ściągających ramki pozostał taki sam, jak w P-36: 52.5°. Nie są już równoległe do linii podziału szyby wiatrochronu.

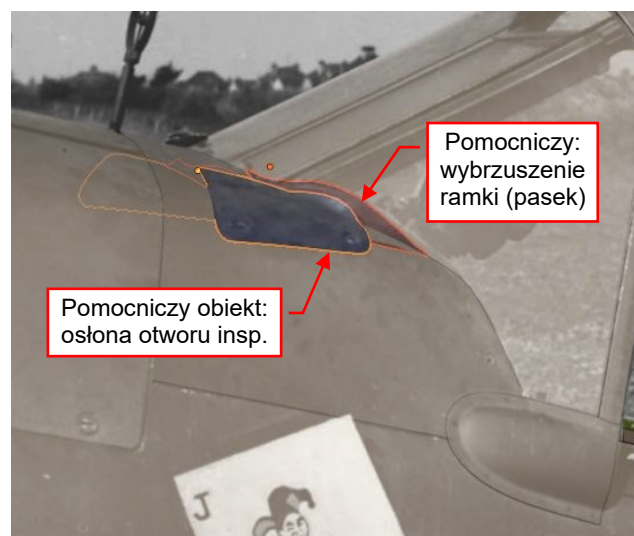


Gdybym nawet wcześniej znał prawidłowe położenie wiatrochronu w P-40, i tak zacząłbym od wy-modelowania udokumentowanego wariantu (P-36). Dopiero potem bym go dopasował do zidentyfikowanych wymiarów P-40. Łatwiej jest bowiem modyfikować gotowy, kompletny zespół niż domyślać się od początku, jaki właściwie miał kształt ten nieudokumentowany wariant.

Korzystając ze zmapowanych zdjęć, poprawiłem kształt osłony narożnika wiatrochronu (Rysunek 8.3.7). To zdjęcie brytyjskiego wariantu P-40B/C, więc widać w nim także powiększony otwór inspekcyjny:



Rysunek 8.3.7 Poprawiony kształt osłony narożnika



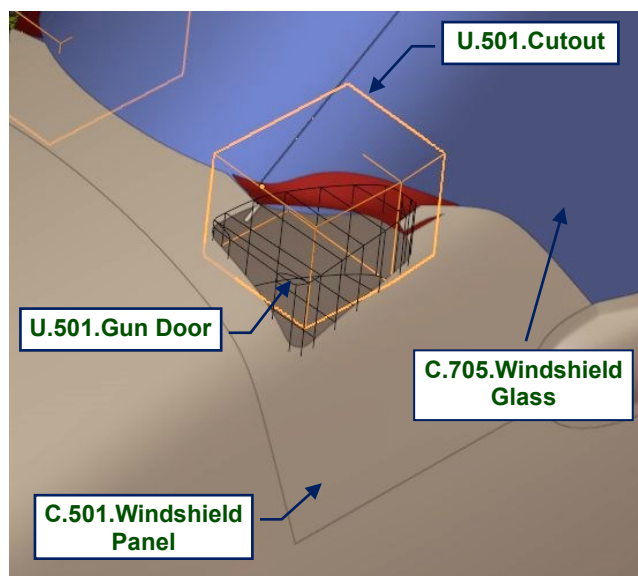
Rysunek 8.3.8 Wstępne przybliżenie kształtu otworu

Użyłem tego i kilku innych zdjęć do określenia kształtu tego otworu i otaczającego go z tyłu wyrzuszenia na dolnej ramce wiatrochronu (Rysunek 8.3.8). Dla tego przybliżenia użyj pomocniczego obiektu pokazanego przez Rysunek 8.3.2, i dodatkowego paska („ramki”), rzutowanego na szkło wiatrochronu.

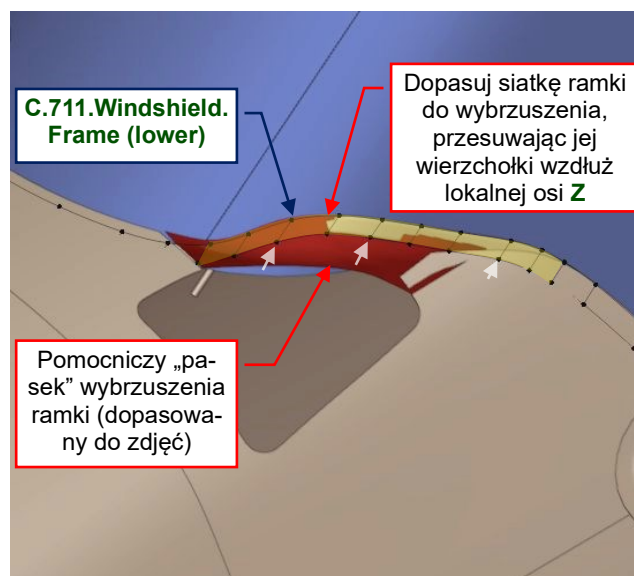
Dopasowując te pomocnicze obiekty do zdjęć, użyłem m.in. ujęcia ze str. 346, Rysunek 8.2.1c). To obraz tego samego szczegółu, ale z innej strony. Takie „sprawdzanie krzyżowe” jest ważne w określaniu możliwie najbardziej precyzyjnego przybliżenia.

Gdy te pomocnicze kształty wydają się pasować do zdjęć, sklonuj oszklenie wiatrochronu (obiekt **A.705.***, por. str. 357, Rysunek 8.2.23). Nazwij ten nowy obiekt **C.705.Windshield.Glass** i umieść w kolekcji dla późniejszego wariantu: **2e1b.P-40B/C**. To jest kolekcja dla wszystkich obiektów „C.” wiatrochronu (stworzyliśmy ją wcześniej, na str. 357). W przypadku panelu wokół wiatrochronu (**A.501.*** → **C.501.***) stwórz kopię, a nie kłona, ponieważ będziemy modyfikować jego siatkę.

Przygotuj dodatkowe obiekty tnące, jak pokazuje to Rysunek 8.3.9:



Rysunek 8.3.9 Przygotowanie dodatkowych brył tnących

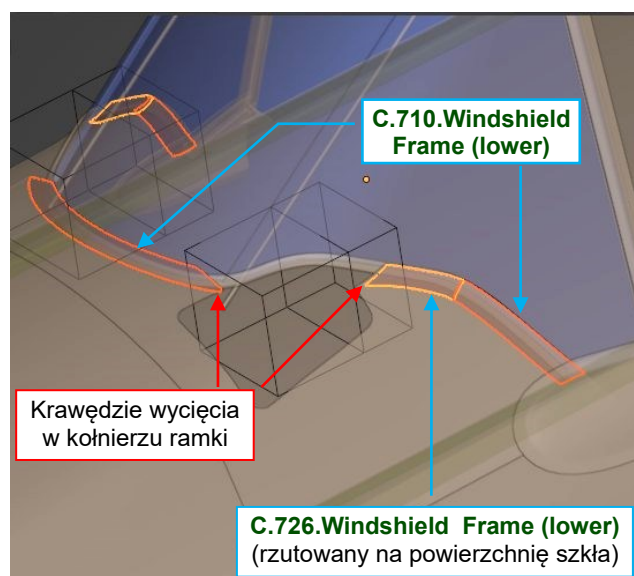


Rysunek 8.3.10 Formowanie dolnej ramki

Skopiuj wewnętrzną część dolnej ramki (**A.711.*** → **C.711.***) i przekształć jej siatkę, układając ją wzdłuż pomocniczego paska otaczającego otwór inspekcyjny (Rysunek 8.3.10). Skopiuj także bryłę przycinającą szkło wiatrochronu i zmodyfikuj jej dolne ściany, dopasowując je do nowej dolnej ramki (Rysunek 8.3.11):



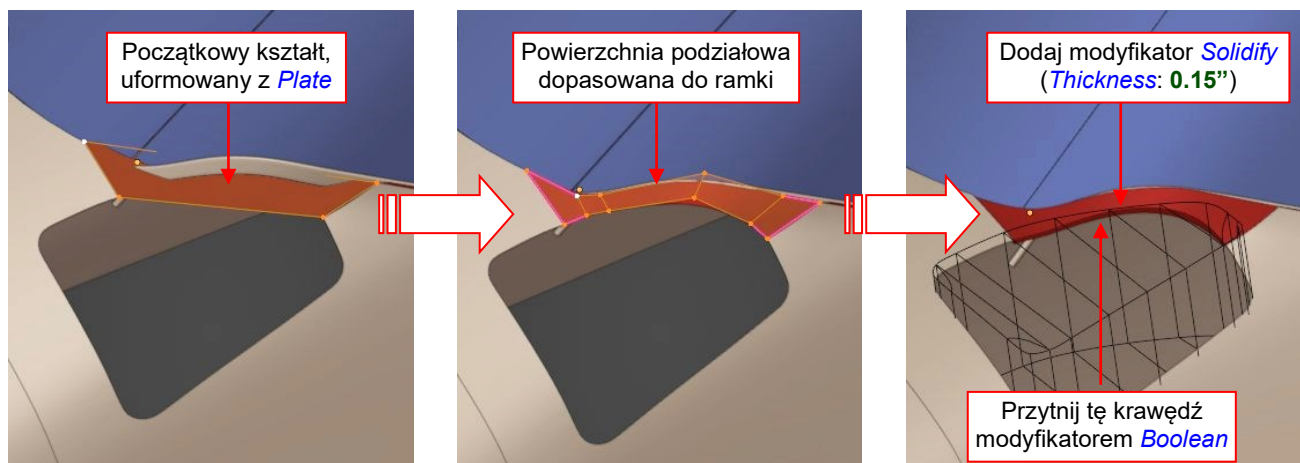
Rysunek 8.3.11 Przycinanie szyby wiatrochronu



Rysunek 8.3.12 Formowanie kołnierza ramki

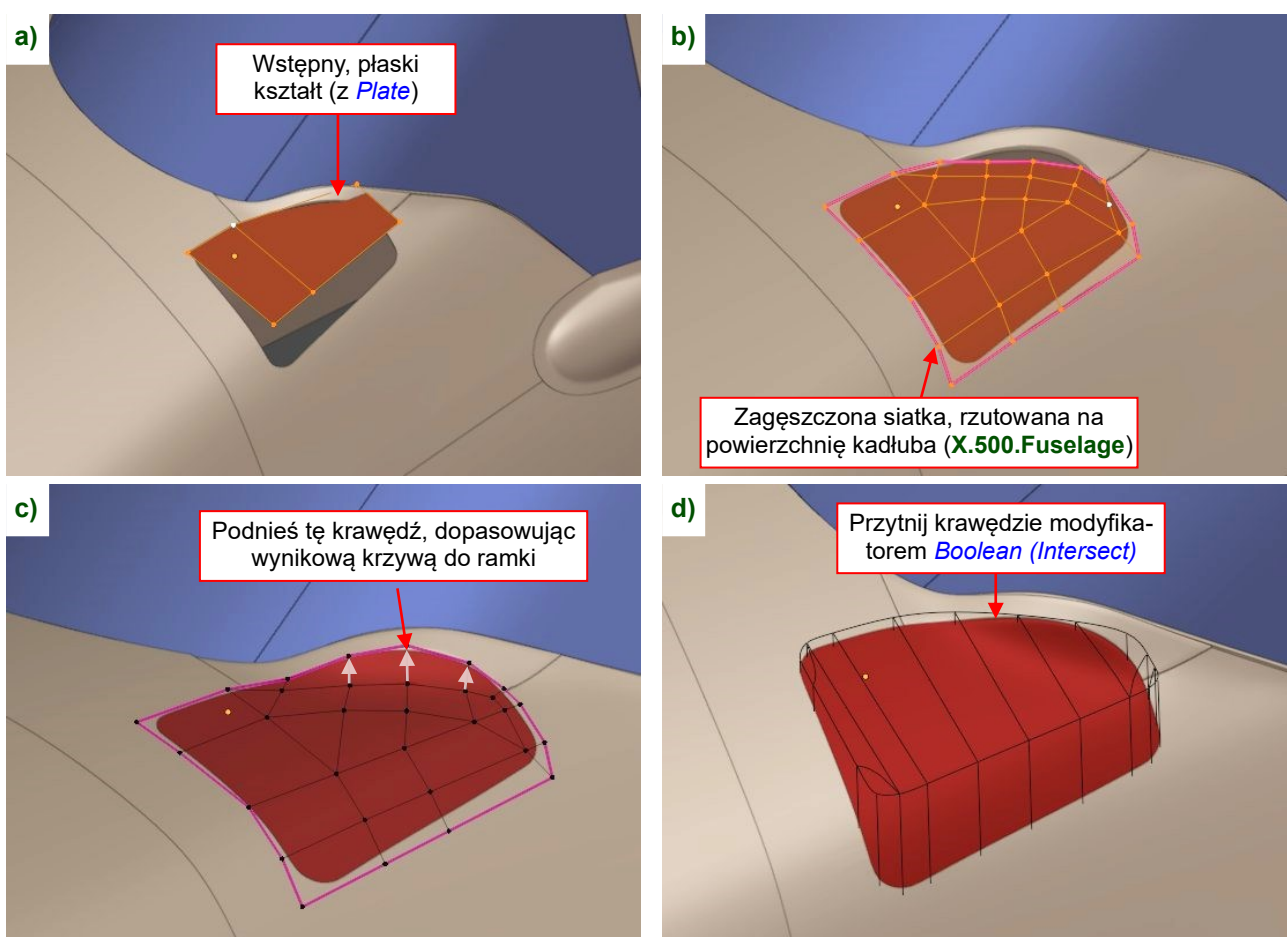
Skopiuj kołnierz dolnej ramki (**A.710.*** → **C.710.***). Aby uniknąć ręcznego formowania, zdecydowałem się wyciąć jego środkową część za pomocą jednej z nowych brył tnących, i częściowo zasłonić ją nowym obiektem (**C.726.***). Modyfikator **Shrinkwrap** „układa” pasek **C.726.*** tylko na powierzchni wiatrochronu (Rysunek 8.3.12).

Rysunek 8.3.13 pokazuje formowanie ostatniej części ramki wiatrochronu. Prościej jest wymodelować ten kształt „w siatce” niż go składać za pomocą modyfikatorów *Shrinkwrap*. Oczywiście, używam tu nadal innych typowych modyfikatorów, w szczególności *Boolean (Difference)*, który przycina krawędź otworu inspekcyjnego:



Rysunek 8.3.13 Formowanie zewnętrznej strony ramki wiatrochronu

Gdy ramka jest gotowa, uformuj nową osłonę otworu. Zaczynij od płaskiego obrysu, rzutowanego na płaszczyznę kadłuba za pomocą modyfikatora *Shrinkwrap* (Rysunek 8.3.14a):



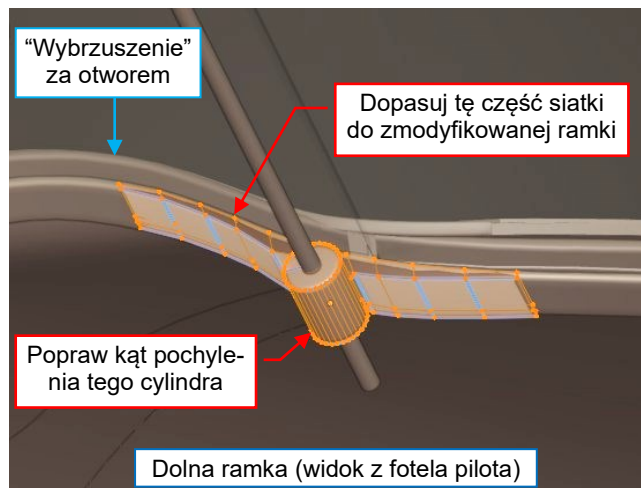
Rysunek 8.3.14 Formowanie osłony większego otworu inspekcyjnego

Ponieważ tylna krawędź tej osłony wznosi się do ramki wiatrochronu wzdłuż krawędzi „wybrzuszenia”, użyłem tego modyfikatora *Shrinkwrap* jako narzędzia do szybkiego „położenia” tej siatki na kadłub. Potem „utrwaliłem” (*Apply*) ten efekt w siatce, i wprowadziłem poprawki w topologii przygotowujące ją do wygięcia wzdłuż tylnej ramki (Rysunek 8.3.14b). Rysunek 8.3.14c pokazuje tę osłonę po wygięciu. Na koniec przytnij jej krawędzie za pomocą pomocniczej bryły *U.501.Gun Door* (Rysunek 8.3.14d).

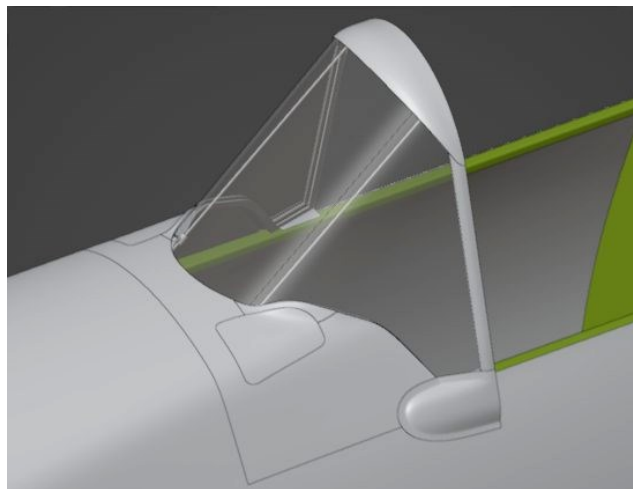


Mógłbyś uformować jako całość panel wokół tego wiatrochronu wraz z osłoną otworu i tylną ramką. Jednak prowadzi to do złożonej topologii siatki. Lepiej jest odtworzyć taki przypadek z oddzielnych obiektów, podzielonych tak jak oryginalne panele. W przyszłości to ułatwi nam mapowanie tekstur.

Rysunek 8.3.15 pokazuje ostatni szczegół dolnej ramki wiatrochronu: nowe okucie końca „szprychy”. To kopia siatki **A.713.*** (por. str. 357, Rysunek 8.2.24a), o nazwie **C.713.Windshield.Frame (rod)**. Popraw kąt pochylenia jej cylindra i przekształć „skrzydełka”, dopasowując je do nowej ramki:



Rysunek 8.3.15 Nowe okucie „szprychy” w dolnej ramce



Rysunek 8.3.16 Gotowy wiatrochron P-40B/C

Rysunek 8.3.16 pokazuje kompletny zespół wiatrochronu dla wariantu z dużym otworem inspekcyjnym. Szkło pancerne i inne wewnętrzne szczegóły dodamy później, w ostatniej fazie tego projektu.

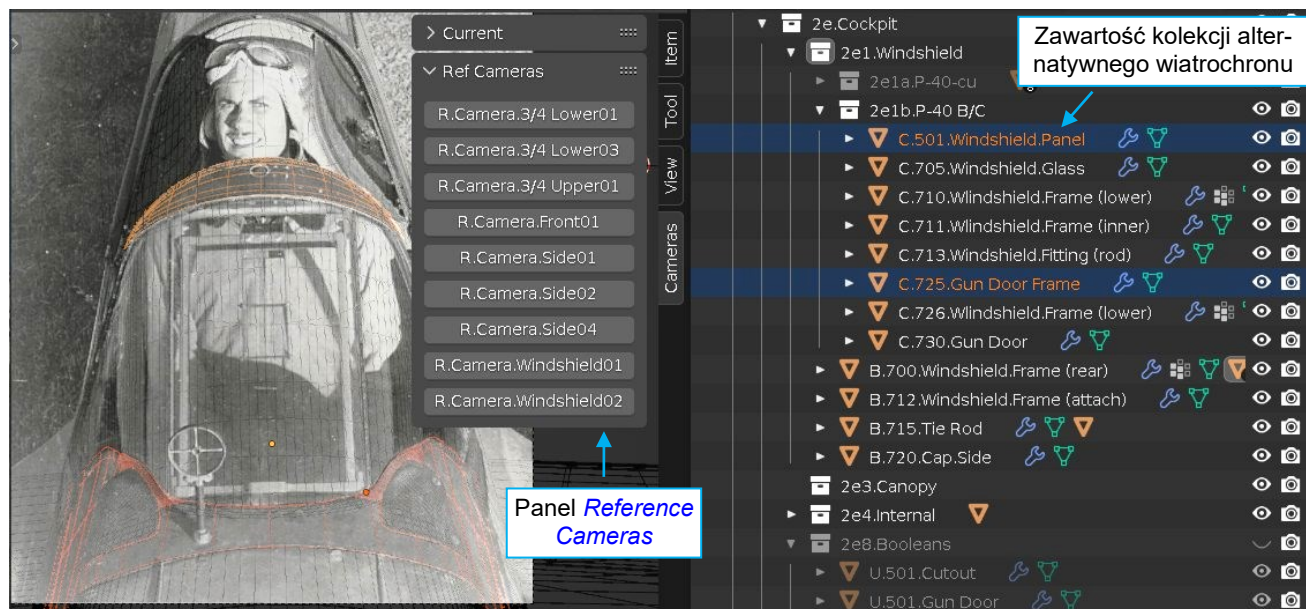
Podsumowanie

- W trakcie pracy nad wariantem wiatrochronu z dużym otworem inspekcyjnym (str. 359) rozpoczęliśmy dopasowywanie naszego modelu do zdjęć. To zawsze weryfikuje różne poczynione założenia, często w zaskakujący sposób. W tym przypadku znaleźliśmy nowe różnice pomiędzy P-36 i P-40 w geometrii wiatrochronu i kadłuba przed wiatrochronem (str. 359, 360).
- Te nowe informacje zmusiły nas do powrotu do ukończonego w poprzedniej sekcji wariantu wiatrochronu z małym otworem inspekcyjnym (P-40-cu) i poprawienia jego kształtu. To oznaczało wprowadzenie różnych modyfikacji do różnych części tego zespołu (str. 360, 361).
- Korzystając z uaktualnionego modelu, ustaliłem przybliżone kształty pokrywy dużego otworu i jego ramki. Użyłem do tego dwóch pomocniczych obiektów wzorcowych (str. 359, 361). W tym przypadku łatwiej było dopasowywać do zdjęć takie uproszczone kształty zamiast bardziej złożone, końcowe części.
- Dla każdego z wariantów wiatrochronu przygotowaliśmy oddzielną kolekcję (str. 357, 362). Sugeruję także odróżniać ich obiekty za pomocą innych prefiksów w nazwach („A” lub „C” zamiast „B”).
- Model wiatrochronu z P-40B/C jest tworzony ze zmodyfikowanych kopii elementów wiatrochronu z P-40-cu, które przygotowaliśmy w poprzedniej sekcji (str. 362). Ponieważ zdecydowałem się podzielić ten zespół na dwa panele i osłonę otworu, przygotowałem dwie nowe bryły tnące (str. 362). Użyłem ich do wycięcia otworu w panelu kadłuba i otworu inspekcyjnego, oraz do przycięcia krawędzi jego osłony a także tylnej ramki (str. 363).
- Zacząłem od modyfikacji dolnej ramki wiatrochronu (str. 362), potem oszklenia. Podzieliłem kołnierz dolnej ramki na trzy części (str. 362, 363), ponieważ każda z nich wymaga innych modyfikatorów. Gdy ramka była gotowa, stworzyłem siatkę osłony otworu inspekcyjnego (str. 363).



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: <model/p40/history/P40B-12.03.blend>.

Abyś mógł przyrzeć się bliżej metodom opisanym w tej sekcji, osadziłem w tym pliku kamery, których projekcja jest dopasowana do zdjęć (Rysunek 8.3.17)¹:



Rysunek 8.3.17 Formowanie osłony większego otworu inspekcyjnego

Możesz się łatwo przełączać pomiędzy tymi projekcjami za pomocą dodatku [Reference Cameras](#), który towarzyszy tej książce. Zwróć uwagę, że niektóre ze zdjęć nie są idealnie dopasowane – w większości ujęć „ $\frac{3}{4}$ ” miałem problemy z uzgodnieniem końcówek skrzydła. Dlatego użyłem wielu zdjęć by zmniejszyć zakres błędu tej metody. Te niezgodności mogą wynikać np. z tzw. „zniekształcenia beczkowatego” fotografii. Nawet korzystając z implementowanych przez ten dodatek ułatwień w zmianie długości ogniskowej, znalezienie projekcji odpowiadającej zdjęciu odbywa się metoda „prób i błędów”. Czasami pomaga przerwać te mozolne próby na parę dni, aby wrócić ze „świeżym spojrzeniem” na analizowany obraz. Mam nadzieję, że poprawię jeszcze trochę projekcje tych kamer przed końcową weryfikacją, zaplanowaną na koniec fazy modelowania.

¹ Dopasowując tę projekcję mogłem znaleźć przyczynę napięcia, widocznego na twarzy Roberta Smitha na zdjęciu powyżej. Wygląda na to, że reporter robiący to ujęcie stał wyprostowany na środku osłony silnika. Przypuszczam, że Robert Smith myślał w tym momencie coś w rodzaju „kiedy ten facet spadnie z tego okapotowania?”. Z tego miejsca, to były jakieś niebagatelne 3m do ziemi.

8.4 Owiewka kabiny

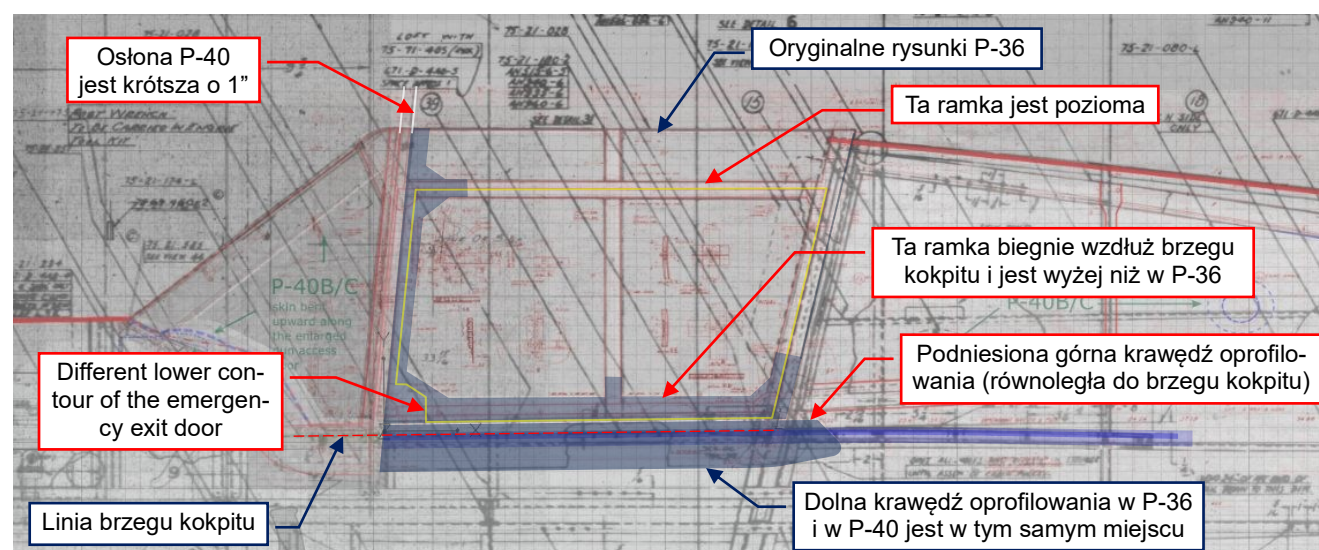
Odsuwana do tyłu osłona kabiny P-40 ma szkielet typowy dla końca lat 30. XX w. (Rysunek 8.4.1):



Rysunek 8.4.1 Odsuwania osłona kabiny w P-40

Pomimo wyglądu, te ramki nie są wykonane z blachy. Są to elementy odlewane z duraluminium, tak samo jak ramki wiatrochronu. Są tylko od nich cieńsze, z uwagi na mniejszą grubość oszklenienia tej osłony: 0.18".

Osłona kabiny P-40 wygląda podobnie do osłony z P-36. Ma identyczny przekrój poprzeczny, ale istnieją także różnice. Rysunek 8.4.2 pokazuje złożenie oryginalnych rysunków osłony kabiny P-36 i różnic w osłonie z P-40 (te drugie oznaczyłem kolorem niebieskim):



Rysunek 8.4.2 Poprawione kontury osłony P-40

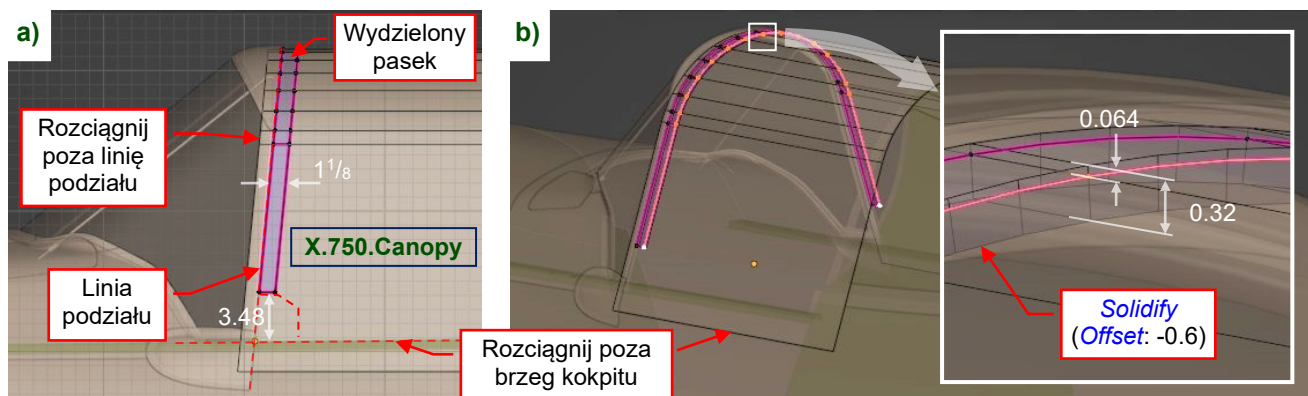


Podane w tej sekcji wymiary osłony P-40 są przybliżeniem, opartym o zdjęcia zmapowane metodą pokazaną w sekcji poprzedniej. Nie zachowała się żadna dokumentacja tych wczesnych wersji.

Po lewej stronie tej osłony kabiny znajduje się odchylane do góry wyjście awaryjne. Jego kontur w P-36 to zwykły czworokąt, podczas gdy w P-40 ma bardziej złożony kształt (Rysunek 8.4.2).

W szynach osłony P-40 Curtiss użył teownika (profilu o przekroju „T”) zamiast stosowanego w P-36 ceownika (profil „C”). To wymusiło podniesienie wózków osłony wraz z górną krawędzią ich oprofilowania. W rezultacie dolna krawędź ramki wyjścia awaryjnego znajduje się w P-40 o 0.6" wyżej niż w P-36.

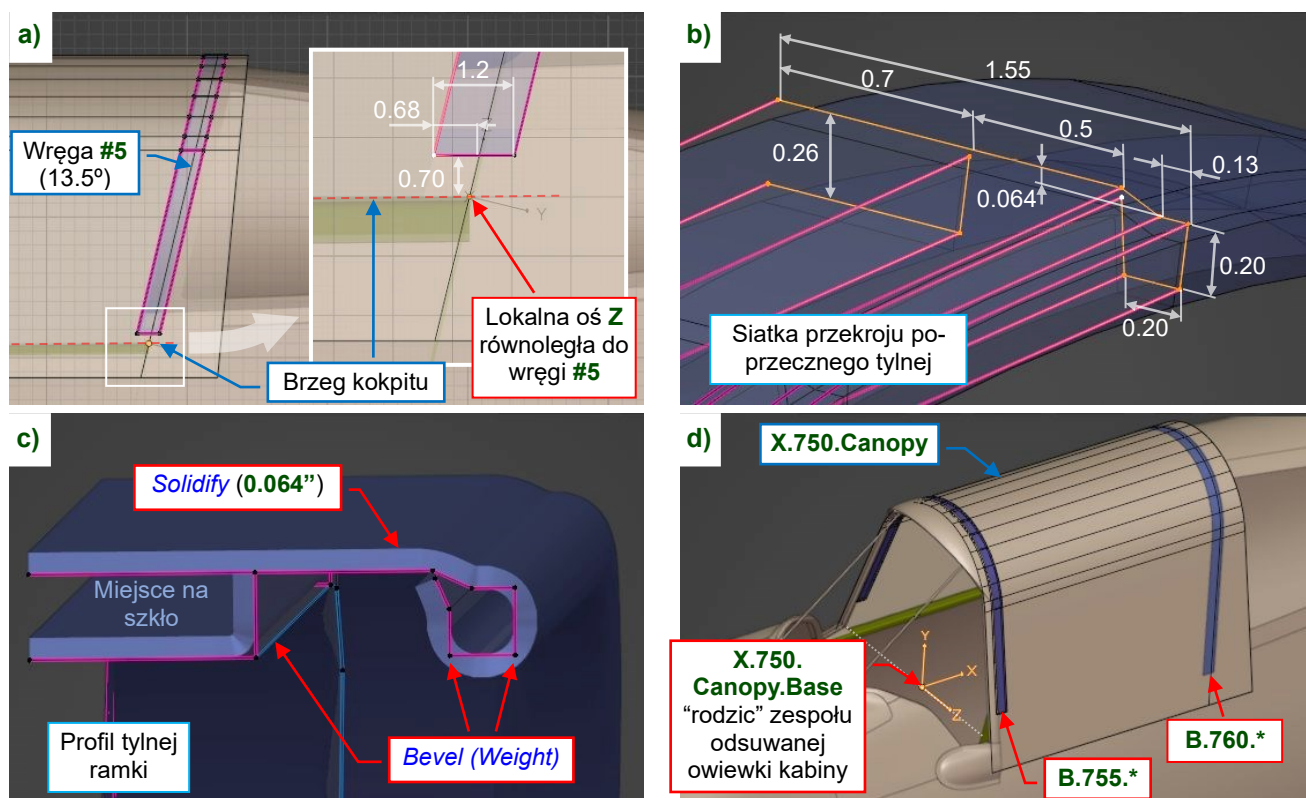
Zacznijmy od uformowania przedniej ramki osłony. Wyciągnij krawędź wzorcowego obiektu przygotowanego w sekcji 8.2 (**X.750.Canopy**) za linię podziału wiatrochronu i osłony oraz brzeg kokpitu. Następnie wydziel z tego pomocniczego obiektu pasek równoległy do tylnej krawędzi wiatrochronu, szeroki na $1\frac{1}{8}$ " (Rysunek 8.4.3a)¹.



Rysunek 8.4.3 Formowanie przedniej ramki osłony

Pogrub ten pasek (**Solidify: Thickness: 0.32"**, **Offset: -0.6**). Te parametry pozostawiają zewnętrzną stronę wynikowej bryły ramki **0.064"** ponad powierzchnią szkła osłony (Rysunek 8.4.3b) – jak w prawdziwym samolocie.

Wydziel w ten sam sposób pasek tylnej ramki osłony (Rysunek 8.4.4a). W tym przypadku ustaw lokalny system współrzędnych tego obiektu równoległy do wręgi #5 (**13.5°**). To w przyszłości ułatwi przesuwanie wierzchołków wzdłuż ramki. Dodaj nowe ściany, by odtworzyć jej skomplikowany profil poprzeczny (Rysunek 8.4.4b):

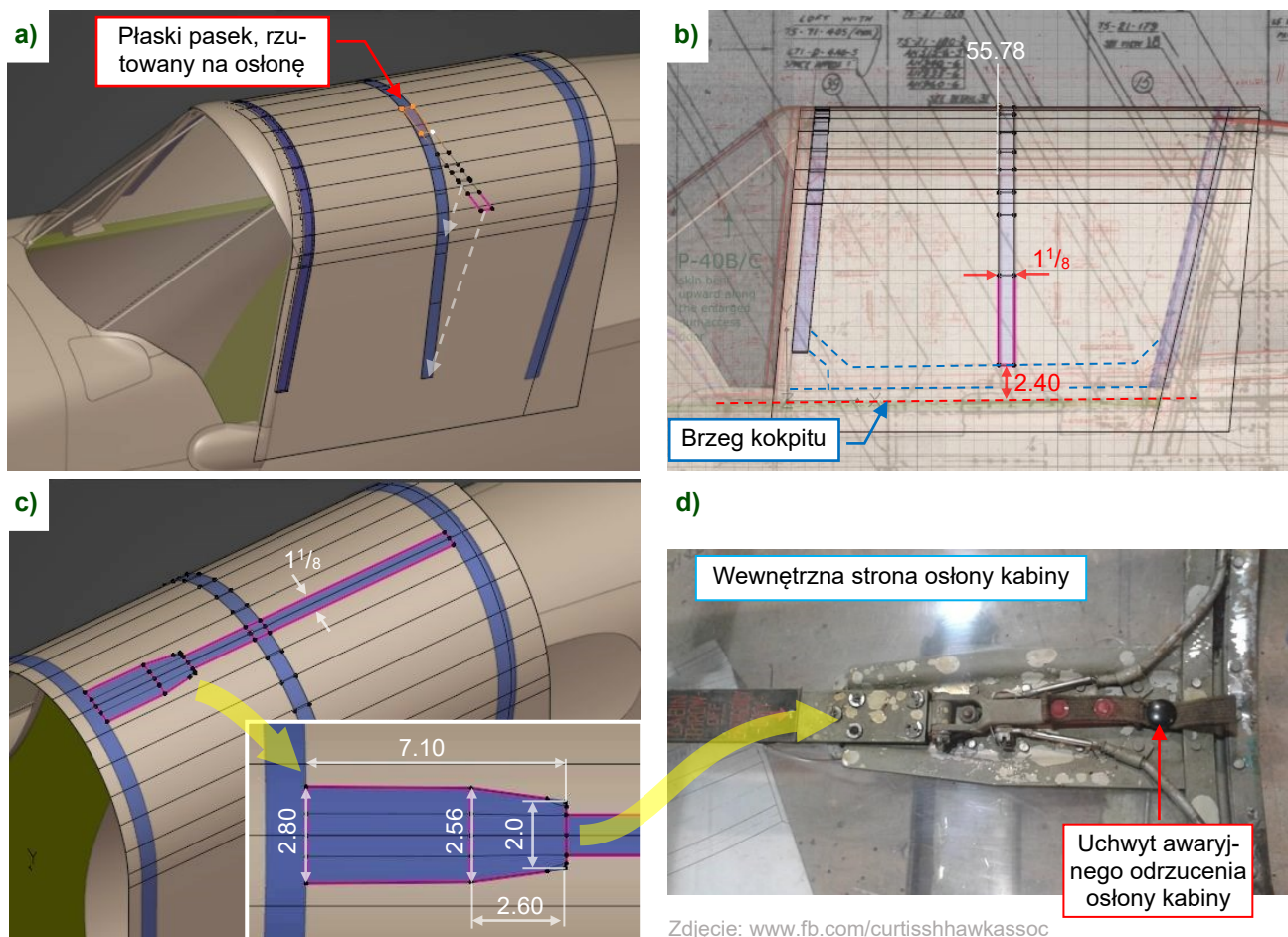


Rysunek 8.4.4 Formowanie tylnej ramki osłony

Użyj modyfikatora **Bevel (Weight)** do zaokrąglenia narożników, i **Solidify (Thickness: 0.064"**) by uzyskać profil pokazywany przez Rysunek 8.4.4c). Dodaj jeszcze nowy obiekt **Empty** o nazwie **X.750.Canopy.Base**, wyrównaj go do brzegu kokpitu i uczyn „rodzicem” (**Parent**) tego zespołu (Rysunek 8.4.4d). Przyda się w animacjach.

¹ W tej sekcji będziemy używać **X.750.Canopy** w różnych modyfikatorach **Shrinkwrap** jako obiekt docelowy (**Target**). W ten sposób upewnimy się, że wszelkie „nałożone” elementy (ramki) zawsze będą pasować do tej bazowej powierzchni wiatrochronu.

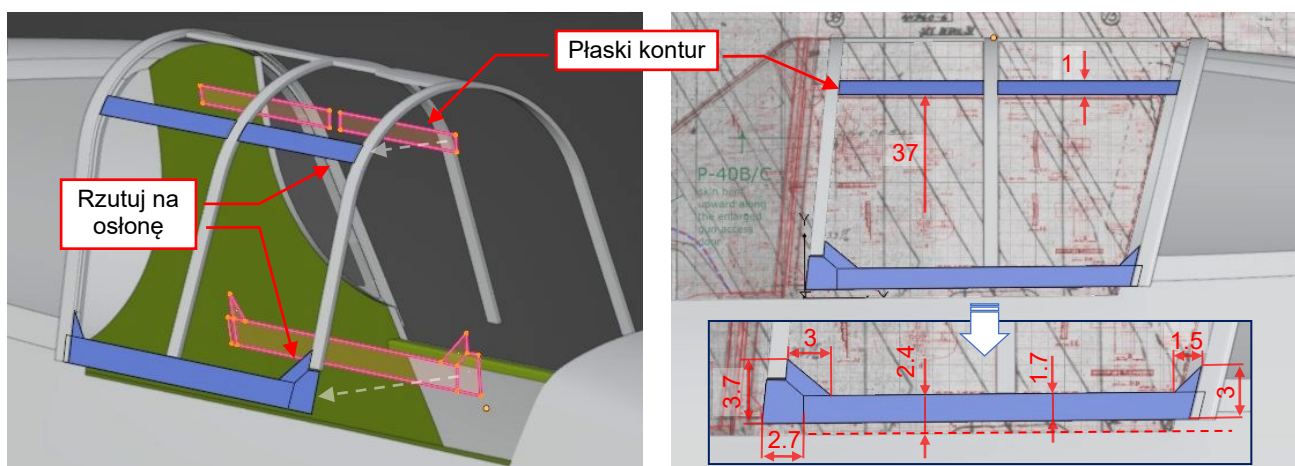
Środkowa ramka tego szkieletu jest prostopadła do osi kadłuba. Można ją odtworzyć nakładając modyfikatorem *Shrinkwrap* płaski pasek na powierzchnię osłony (Rysunek 8.4.5a). Umieść końce tego paska 2.4" ponad brzeżem kokpitu (Rysunek 8.4.5b):



Rysunek 8.4.5 Formowanie górnej ramki osłony

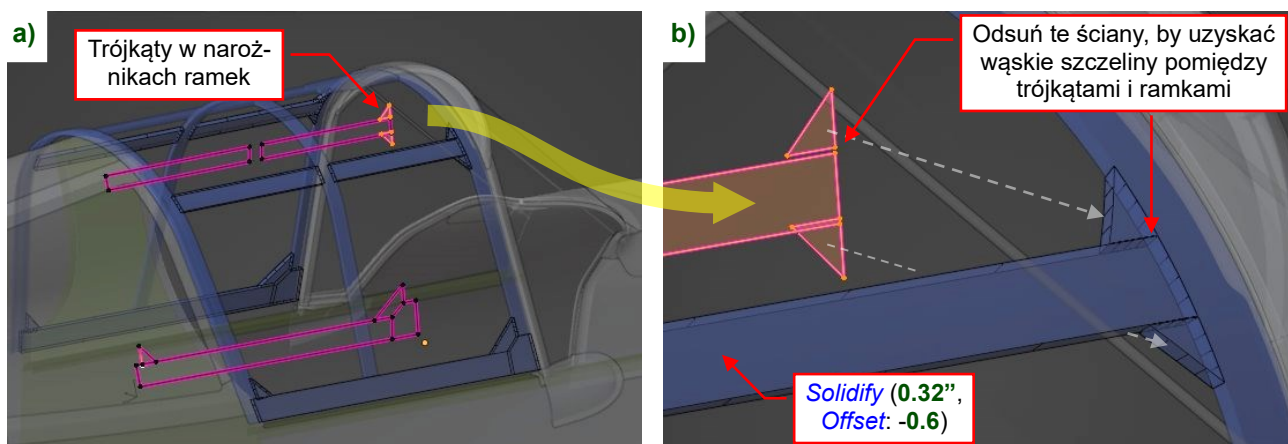
Wygląda na to, że szerokość tej ramki jest identyczna jak w P-36: 1 1/8". W następnym kroku, stwórz górną ramkę osłony (Rysunek 8.4.5c). Założyłem, że jej szerokość jest identyczna. Wyjątkiem jest dużo szerszy segment, ciągnący się od przedniej krawędzi osłony do środka przedniej sekcji. To element specyficzny dla P-40. Wewnątrz tego poszerzenia był uchwyt odrzucenia osłony (Rysunek 8.4.5d). Odtworzymy go później.

Podobnie, możesz obrysować na globalnej płaszczyźnie **YZ** (tzn. w widoku z boku) kontury ramki bocznej, a potem rzutować ten kształt na powierzchnię osłony modyfikatorem *Shrinkwrap* (Rysunek 8.4.6):



Rysunek 8.4.6 Formowanie bocznej ramki osłony

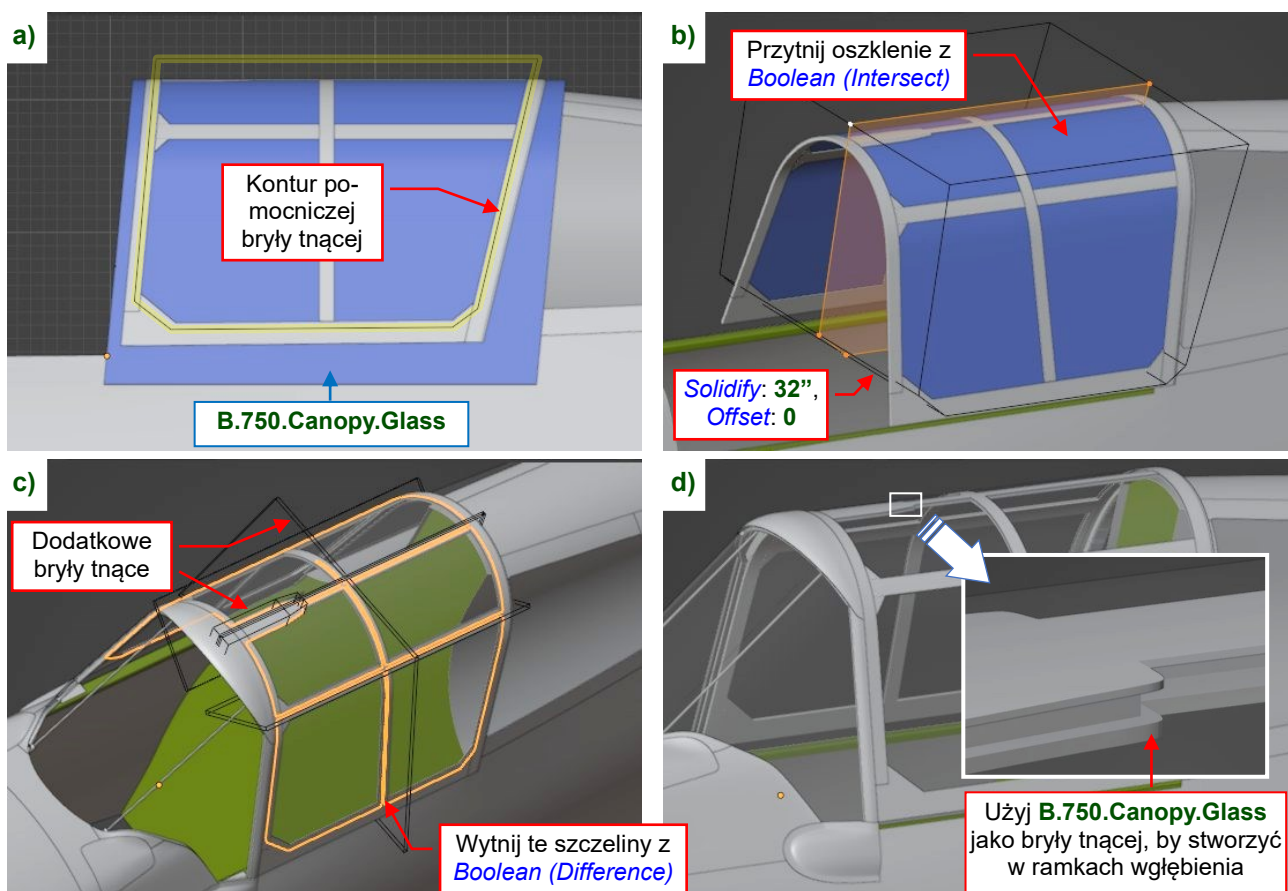
Pogrub (*Solidify*) siatki górnej i dolnej ramki (grubość: **0.32"**, *Offset*: **-0.6**, por. Rysunek 8.4.3b). Potem wstaw trójkąty w narożniki tych ramek. Stwórz je jako oddzielne ściany, ale w tej samej siatce (Rysunek 8.4.7a):



Rysunek 8.4.7 Wstawianie trójkątów w narożniki ramek

Dopasuj pionowe położenia tych trójkątów do krawędzi ramek. W rezultacie połączenia efektów modyfikatorów *Shrinkwrap* i *Solidify*, oryginalne ściany tych trójkątów na płaszczyźnie **YZ** są przesunięte w górę w stosunku do ścian poziomego paska (Rysunek 8.4.7b).

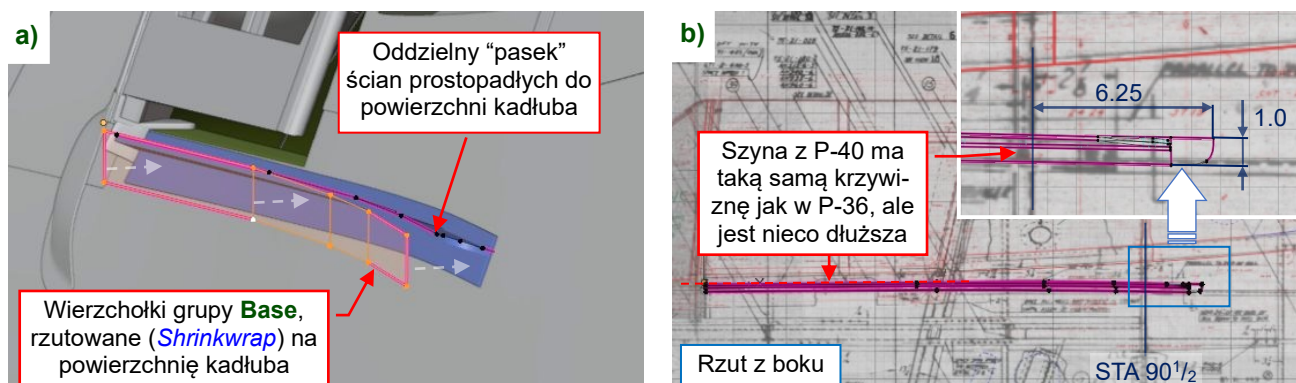
Sklonuj obiekt **X.750.Canopy** w oszklenie osłony (**B.750.Canopy.Glass**). Pogrub ten obiekt (**0.18"**). Narysuj w widoku z boku jego kontur (Rysunek 8.4.8a). Pogrub tę ścianę (**32"**, *Offset*: **0**), tworząc pomocniczą bryłę tnącą. Użyj jej do przycięcia modyfikatorem *Boolean (Intersect)* krawędzi szkła osłony (Rysunek 8.4.8b):



Rysunek 8.4.8 Przycinanie brzegów oszklenia i wycinanie szczelin na ramki

Stwórz dodatkowe płaszczyzny tnące, potem dodaj im modyfikatory *Mirror* i *Solidify* (grubość: **0.4"**). Użyj ich w modyfikatorach *Boolean (Difference)* do wycięcia szczelin wzdłuż wewnętrznych ramek osłony (Rysunek 8.4.8c). Potem użyj tego przyciętego szkła do wycięcia rowków w ramkach osłony (Rysunek 8.4.8d).

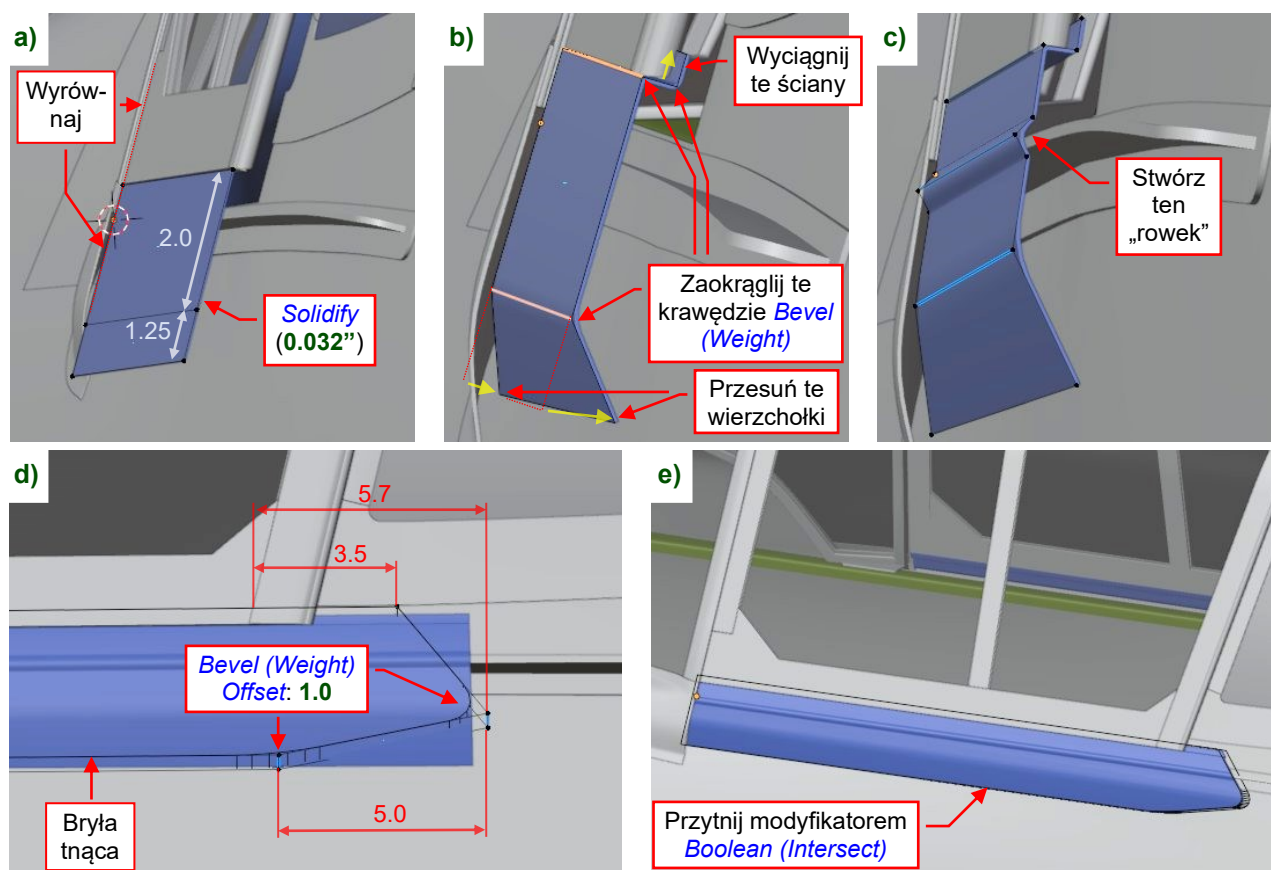
Stwórzmy szyny tej osłony (Rysunek 8.4.9). Były wykonane z teownika, który biegł wzdłuż brzegu kokpitu, a następnie łagodnie wyginał się w dół do pierwszej podłużnicy pod oszkleniem za kabiną pilota (Rysunek 8.4.9b). Aby uniknąć ręcznego dopasowywania podstawy tej szyny do powierzchni kadłuba, zdefiniuj wierzchołki tej części siatki jako grupę o nazwie **Base**. Użyj tej grupy do ograniczenia zakresu działania modyfikatora **Shrinkwrap**, który rzutuje siatkę tego obiektu na powierzchnię kadłuba (Rysunek 8.4.9a):



Rysunek 8.4.9 Formowanie szyny osłony kabiny

Uformuj potem „pionową” część tego teownika (tutaj jest prostopadła do kadłuba). Stwórz ją jako oddzielny „pasek” ścian siatki, nie połączony z rzutowana na kadłub grupą **Base** (to uprości modelowanie). Pogrub (**Solidify**: **0.125**) ten obiekt, a potem wykonaj lustrzane odbicie (**Mirror**) po prawej stronie samolotu.

Oprofilowanie wózków osłony zacznij od płaskiej ściany, równoległej do ramek i szkła (Rysunek 8.4.10a):

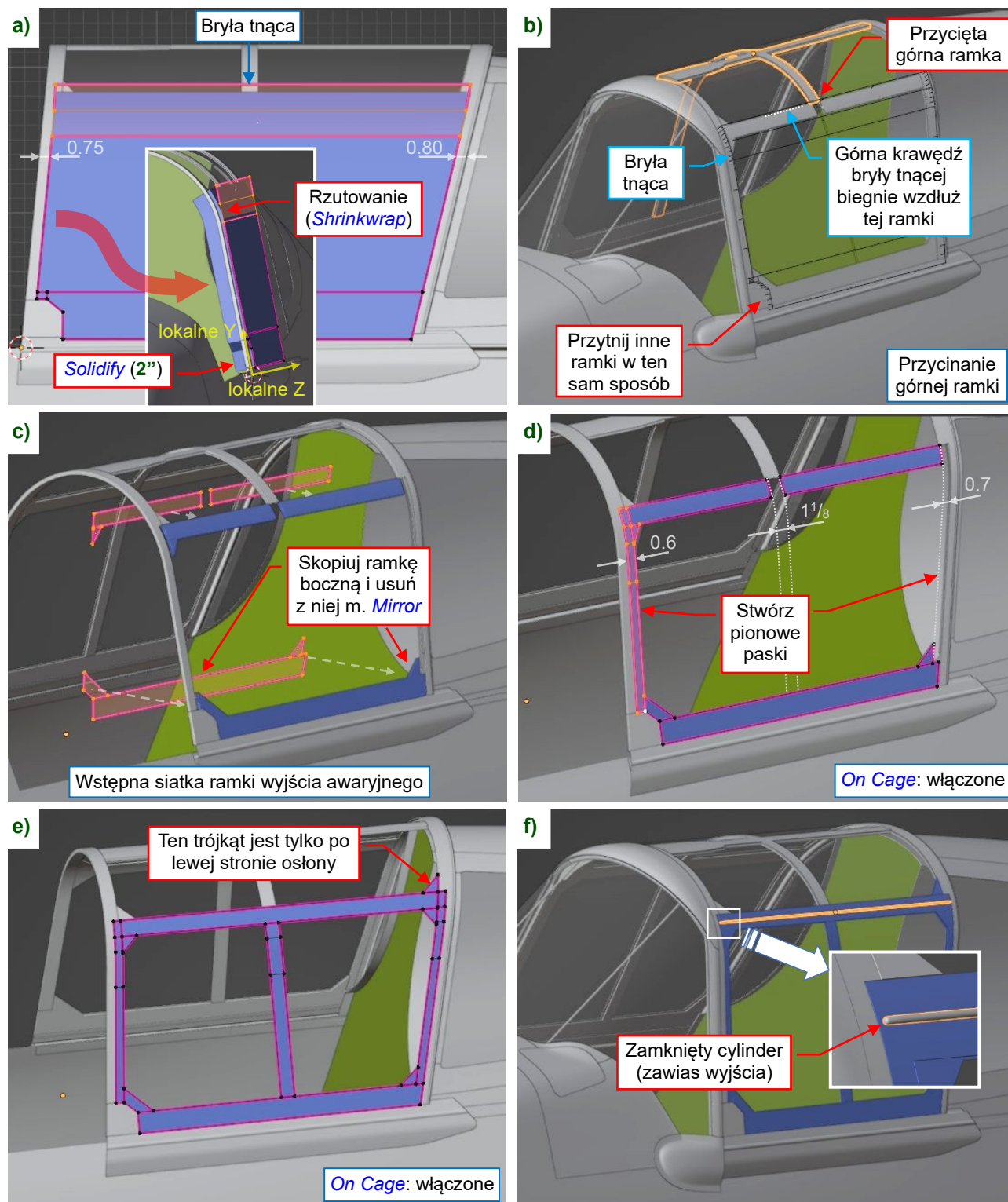


Rysunek 8.4.10 Formowanie opprofilowania wózków osłony kabiny

Pogrub tę ścianę (na „grubość blachy”: **0.032**). W tym przypadku nie potrzebujemy wygładzenia (**Subdivision Surface**). Zaokrąglij modyfikatorem **Bevel (Weight)** trzy wewnętrzne krawędzie (Rysunek 8.4.10b). Potem wstaw kolejne trzy krawędzie i też je zaokrąglij, tworząc „rowek” wzdłuż szyny osłony (Rysunek 8.4.10c).

Stwórz kolejną bryłę tnącą (Rysunek 8.4.10d) aby przyciąć tylną krawędź tej osłony (Rysunek 8.4.10e).

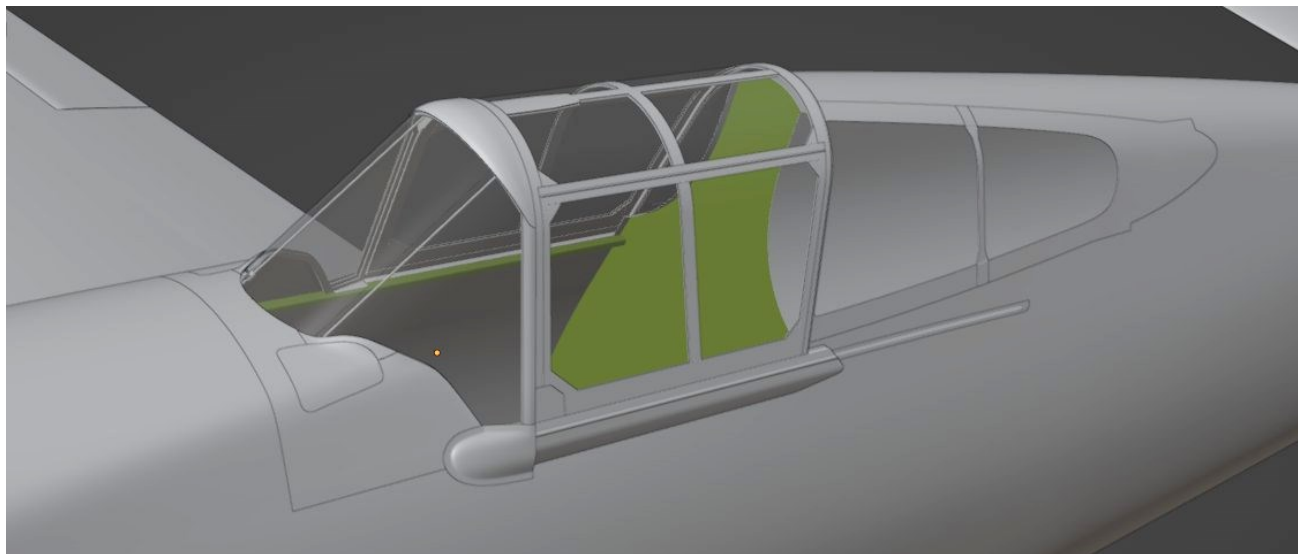
Po lewej stronie osłony kabiny P-36 i P-40 znajdowało się wyjście awaryjne. Zaczniemy od stworzenia bryły do wycięcia jego krawędzi. Były one prostopadłe do powierzchni oszklenia, więc narysuj jego kontur na powierzchni równoległej do boku osłony (Rysunek 8.4.11a). Dodaj modyfikator *Subdivison* i „połóż” wynikową powierzchnię na osłonie modyfikatorem *Shrinkwrap*. Dodaj także modyfikator *Solidify* (*Thickness: 2"*).



Rysunek 8.4.11 Formowanie oprofilowania wózków osłony kabiny

Użyj tej pomocniczej bryły do wycięcia otworu na to wyjście we wszystkich ramach osłony. Rysunek 8.4.11b) pokazuje przycięcie górnej ramki kolejnym modyfikatorem *Boolean*. Zrób to samo w pozostałych ramach. Skopiuj obiekt ramki bocznej i usuń jego modyfikator *Mirror* (Rysunek 8.4.11c). Dodaj do tej siatki pionowe paski (Rysunek 8.4.11d) i trójkąty w narożnikach (Rysunek 8.4.11e). Na koniec, stwórz zawias: zwykły cienki cylinder o promieniu **0.08"** (Rysunek 8.4.11f). Nie dziel oszklenia, bo nie będziemy tego wyjścia animować.

Rysunek 8.4.12 pokazuje gotową osłonę kabiny (wariant dla P-40B/C)



Rysunek 8.4.12 Gotowa osłona kabiny

Oczywiście, jest w niej do dodania jeszcze wiele szczegółów. Wykonamy je na ostatnim etapie tego projektu.

Podsumowanie

- W tej sekcji często używaliśmy modyfikatora *Shrinkwrap* (str. 368-370). To pozwoliło nam „rysować” ramki osłony w rzucie z góry (str.) lub z boku, a potem rzutować wynikowe ściany na powierzchnię oszklenia osłony.
- Osłona kabiny z P-40 różni się w wielu szczegółach od osłony z P-36 (str. 366). Jedynym materiałem referencyjnym do identyfikacji tych różnic są zdjęcia.
- W tej sekcji użyliśmy pomocniczego obiektu (*X.750.Canopy*), który odpowiada zewnętrznej powierzchni oszklenia osłony. Sklonowaliśmy tę siatkę by stworzyć to oszklenie (str. 369). Używaliśmy także siatki *X.750.Canopy* jako źródła „pasków” ścian, z których potem tworzyliśmy tylną i przednią ramkę (str.). Była także powierzchnią docelową dla modyfikatorów *Shrinkwrap* ramki górnej, bocznej i wyjścia awaryjnego. Wszystkie ramki osłony oprócz tylnej zostały stworzone jako proste paski ścian, z włączonym odbiciem lustrzanym (*Mirror*) i wygładzone modyfikatorami *Subdivision Surface*. Te paski zostały pogrubione modyfikatorami *Solidify* do **0.32**.
- Użyliśmy przyciętego obiektu oszklenia do wycięcia „rowków” w ramkach osłony (str. 369).



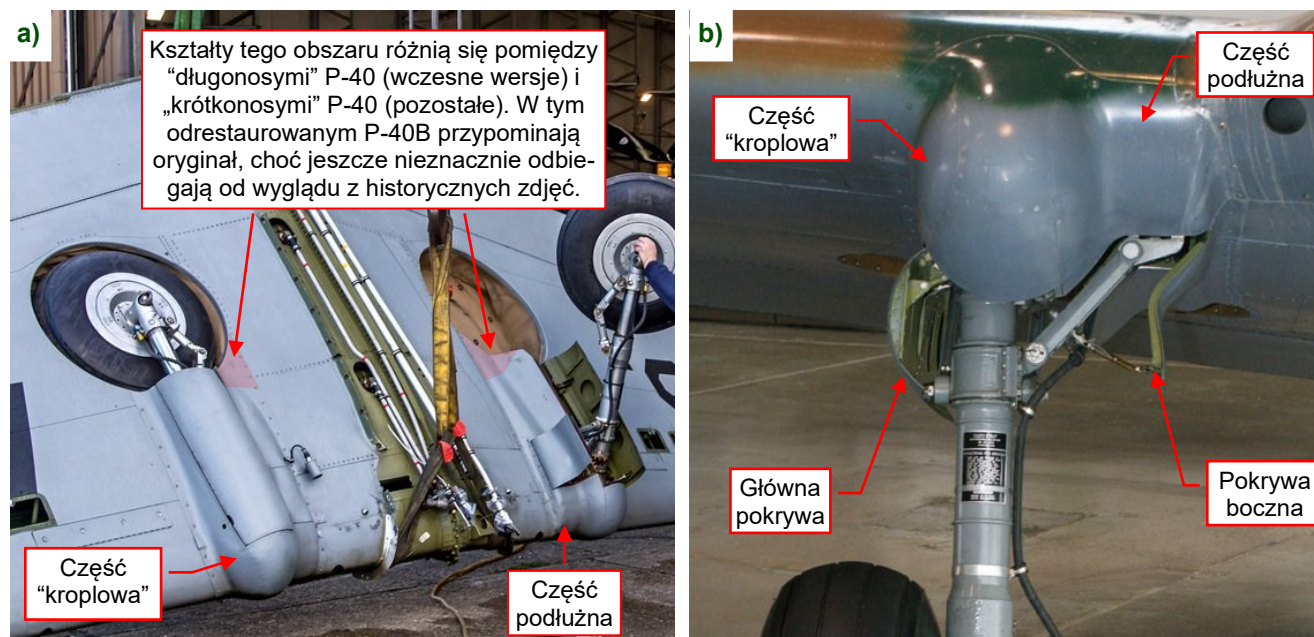
W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: *model\p40\history\P40B-12.04.blend*.

Rozdział 9. Pozostałe elementy samolotu

W tym rozdziale zajmiemy się ważnymi szczegółami, których stworzenie wymaga znacznej ilości pracy: osłonom podwozia głównego, oprofilowania krawędzi: skrzydło/kadłub, usterzenie/kadłub.

9.1 Osłony podwozia głównego

Rysunek 9.1.1 przedstawia osłony podwozia głównego P-40. Jest to element specyficzny dla linii rozwojowej P-36/P-40, i nie występuje chyba w żadnym innym myśliwcu z okresu II wojny światowej¹.



Rysunek 9.1.1 Osłony gołeni podwozia głównego P-40

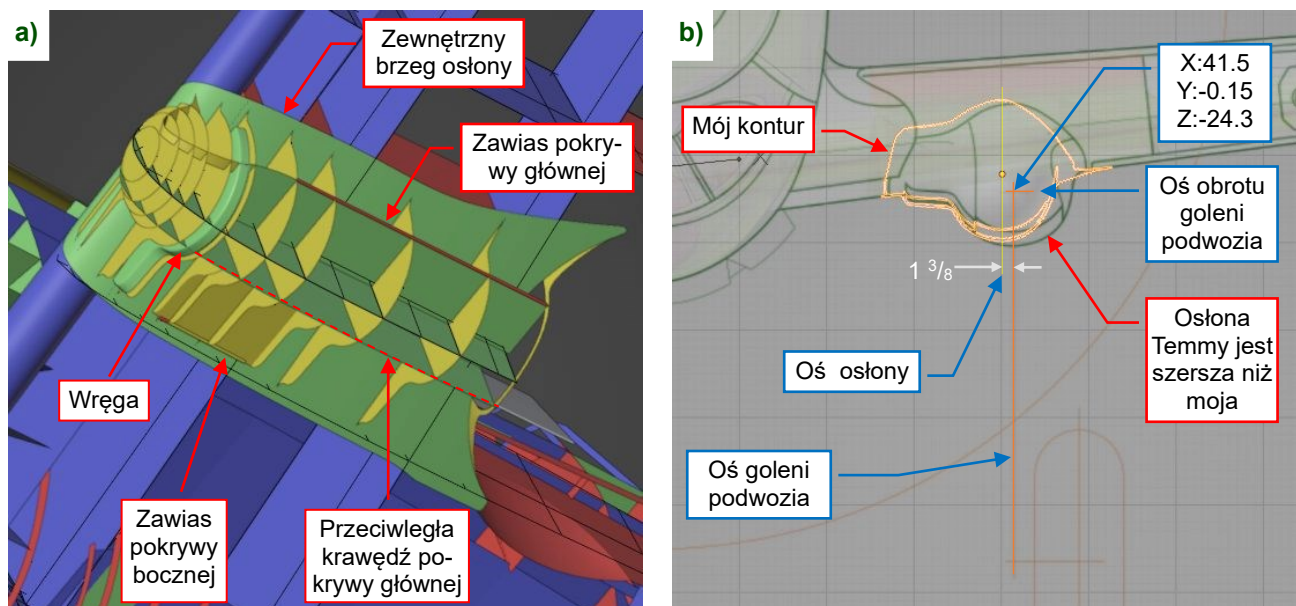
To uproszczona wersja bardziej złożonej owiewki z P-36. Rysunek 9.1.1 pokazuje, że jej bryła składa się z części o kształcie kropłowym i bocznej, podłużnej „przybudówki”. Zachowała się część dokumentacji tej owiewki z późniejszych wersji P-40 oraz z P-36². Kształt kołnierzy wokół otworu koła, w miejscu pokazanym przez Rysunek 9.1.1a), różni się we „wczesnych” i „późnych” P-40. Na zdjęciach tych pierwszych, narożnik panelu osłony ostry – taki sam, jak w P-36. W późniejszych wersjach został skrócony. Nie zachowały się rysunki przekrojów osłony z P-40. Na rysunkach ich wręcz brakuje niektórych kluczowych wymiarów. Zachowało się tylko zestawienie przekrojów poprzecznych osłon P-36 (rys. [75-34-030](#)), ale nie ma na nim żadnej tabeli współrzędnych. Możemy tylko szacować (korzystając ze zdjęć), na ile ta geometria osłon P-36 różni się od osłon P-40. Założyłem, że w P-40 Curtiss usunął pokrywę koła głównego i uprościł dwie pozostałe, ale poza tym zachował ogólną geometrię tej owiewki (tj. że jej przekroje poprzeczne z P-36 będą pasować do P-40).

¹ Coś takiego na pewno pogarszało osiągi samolotu. Myślę, że te "gondole" zmniejszały prędkość maksymalną o jakieś 10-20 km/h. Skąd takie rozwiązanie? Mam na ten temat własne przypuszczenia. Pojawilo się w czasach, gdy takie "wybrzuszenia" nie były niczym niezwykłym: pod koniec 1934 r. Opracowywano wówczas prototyp samolotu Hawk 75, który miał w przyszłości być produkowany seryjnie jako P-36. Była to pierwsza prawdziwa konstrukcja półskorupowa budowana przez firmę Curtiss. Specjalnie do tego projektu został "podkupiony" z firmy Northrop (która była pionierem takich rozwiązań) inżynier prowadzący (Donovan Berlin). Patrząc na koncepcję struktury P-36/P-40, można dostrzec założenie "jak najmniej otworów w płacie". Dotyczyło to szczególnie przedniej części skrzydła (do drugiego dźwigara), która w zamysle konstruktorów tworzyła profil zamknięty, przenoszący większość obciążeń. Otwór na koło podwozia głównego został umieszczony poza tym obszarem. Zgodnie z tą koncepcją, to nie skrzydło zostało wycięte wokół kadłuba (jak w większości późniejszych konstrukcji), tylko kadłub wokół skrzydła. Sądję, że był to przejaw ostrożności projektantów: każdy otwór w strukturze, której powłoka przenosi główne obciążenia, to jej poważne osłabienie. Inżynierowie Curtissa nie wiedzieli wtedy jeszcze, na jakie otwory może sobie w konstrukcji półskorupowej pozwolić.

Skoro nie wycięto płata "pod kadłub", tym bardziej nie wykonano w nim wgłębienia na gołęń podwozia. To byłby karb w głównym dźwigarze, znacznie osłabiający konstrukcję! Pozostało poprowadzić złożoną gołęń równolegle do dolnej powierzchni płata i nieco ją oprofilować. Jak pomyślano, tak zrobiono. Wykonano oprzyrządowanie, samolot zapuszczono "w serię", a dwa lata później dodano mu silnik rządowy, zmieniając w P-40. I tak już zostało – do końca historii konstrukcji. Eliminacja tych owiewek oznaczałaby zbyt poważną zmianę konstrukcyjną, a produkcja wojenna wymagała "masówki" (szczególnie w latach 1940-43), a nie wymuskanych projektów...

² P-40 (warianty D...N): [87-34-501](#), [87-34-504](#), [87-34-505](#), [87-34-506](#), [87-34-524](#), [87-34-525](#), [87-34-534](#), [87-34-912](#), P-36: rysunek złożeniowy: [75-34-001](#), geometria: [75-34-030](#).

Staralem się złożyć z tych rysunków i archiwalnych zdjęć prawdopodobną geometrię osłony¹. Rysunek 9.1.2a) pokazuje rezultat: scenę z trójwymiarowym wzorcem (szczegóły – str. 620). Kontury tego wzorca w rzucie z boku są zgodne z planami J. Temmy, a w rzucie z dołu występują tylko niewielkie różnice. Za to poważne odchylenia pomiędzy moją wersją osłony i rysunkami J. Temmy występują w rzucie z przodu (Rysunek 9.1.2b):

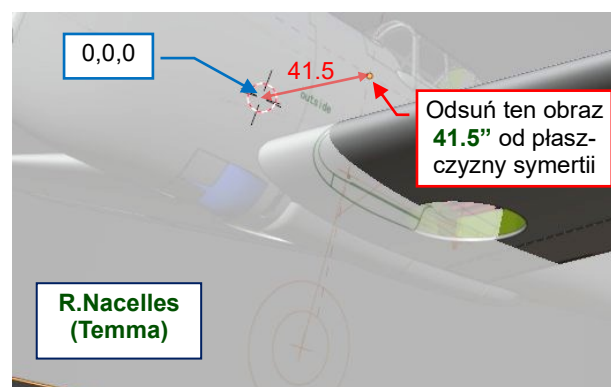


Rysunek 9.1.2 Mój wzorec 3D osłony i porównanie różnic z planami Jumpei Temmy

Może Jumpei Temma założył, że pionowa oś tej osłony leży na osi goleni podwozia? Popeliłem ten sam błąd w moim poprzednim modelu P-40. Dopiero później znalazłem rysunki [87-34-501](#) i [87-34-506](#), na których widać, że oś osłony jest odsunięta do środka o $1\frac{3}{8}$ ". Co więcej, kształt tej „kropłowej” bryły nie był symetryczny!

Sam zdecyduj, według której wersji wymodelujesz tę osłonę. Nie twierdzę, że rysunek Temmy jest błędny, gdyż, jak widziałeś w poprzednich sekcjach, zdarza mi się mylić. W materiałach towarzyszących tej książce, w pliku [source\reference\drawings\temma\Nacelles.png](#) znajdziesz jego widok z boku owiewki podwozia. Jest dopasowany do tej samej standardowej ramki co inne widoki z boku tego autora. Dzięki temu możesz skopiować jego rzut z boku (**R.Side.Left (Temma)** – por. str. 90) i podmienić w nim obraz na owiewkę. Nazwij ten nowy obiekt **R.Nacelles (Temma)**.

Rysunek 9.1.3 pokazuje, jak go umieścić. Osobiście jednak sugeruję użyć w tej sekcji mojego wzorca 3D.



Rysunek 9.1.3 Rysunek referencyjny osłony z P-40

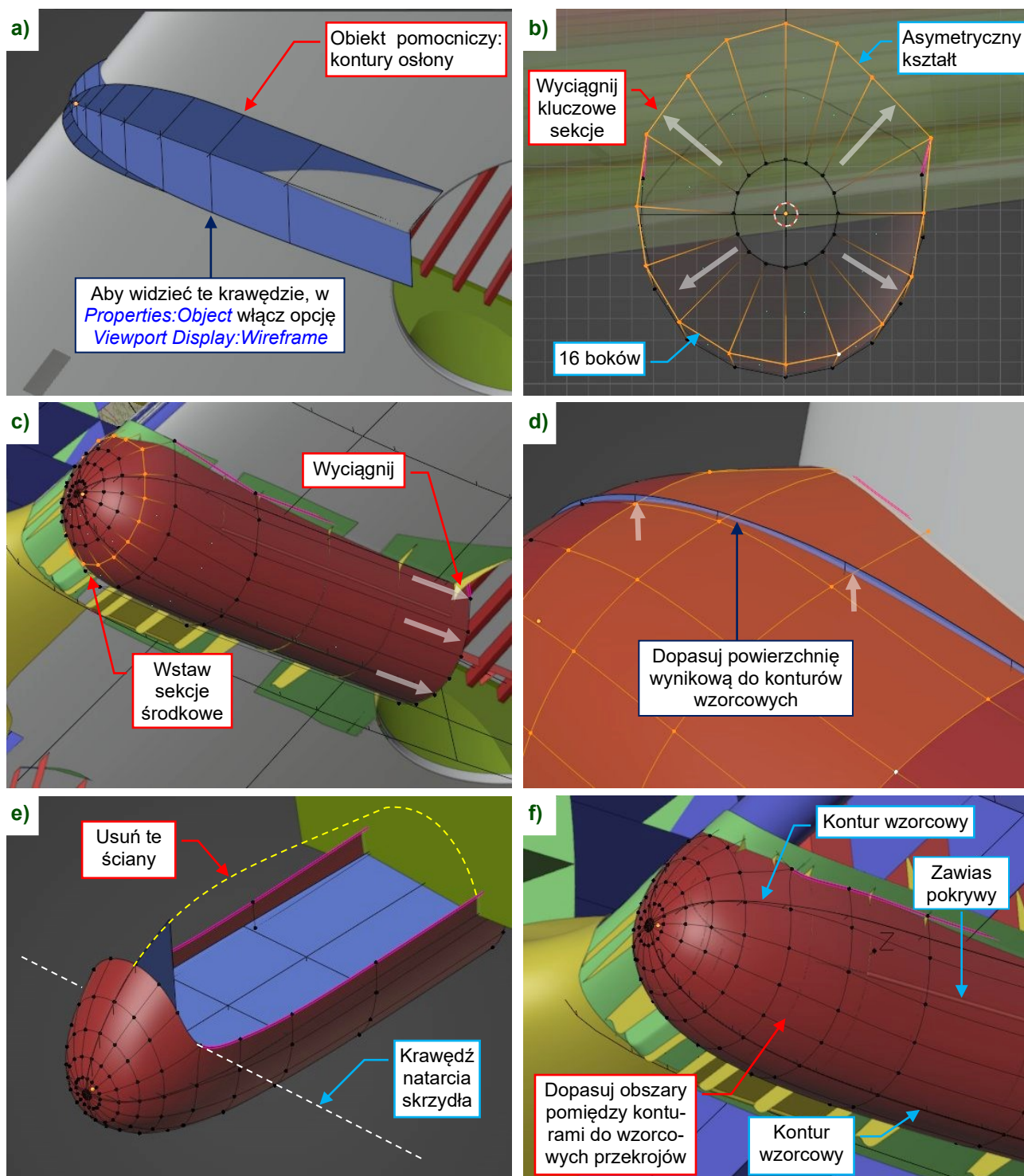


Przy modelowaniu tak złożonego kształtu jak ta osłona, trójwymiarowy wzorec jest bardziej użyteczny. Na przykład – jest w nim wiele konturów, których brakuje w rysunkach J. Temmy.

Na końcu tego rozdziału i tak zweryfikujemy ten kształt w inny sposób, i wprowadzimy ewentualne poprawki.

¹ Porównywałem kontury osłony z P-40D do geometrii z P-36 (rys. [75-34-030](#)). Wydaje się, że mają taki sam kształt do stacji **7V** (por. rys. [87-34-501](#)). Za tą stacją główna bryła osłony P-40 nadal przypomina poprzednika, ale jest nieco szersza, by zapewnić prostą krawędź wzdłuż zawiasu taśmowego głównej pokrywy podwozia. W P-40-cu/B/C tylna część cylindrycznej „przybudówki” osłony (por. Rysunek 9.1.1a) wydaje się identyczna jak w P-36, podczas gdy w P-40D jej kształt uległ modyfikacji.

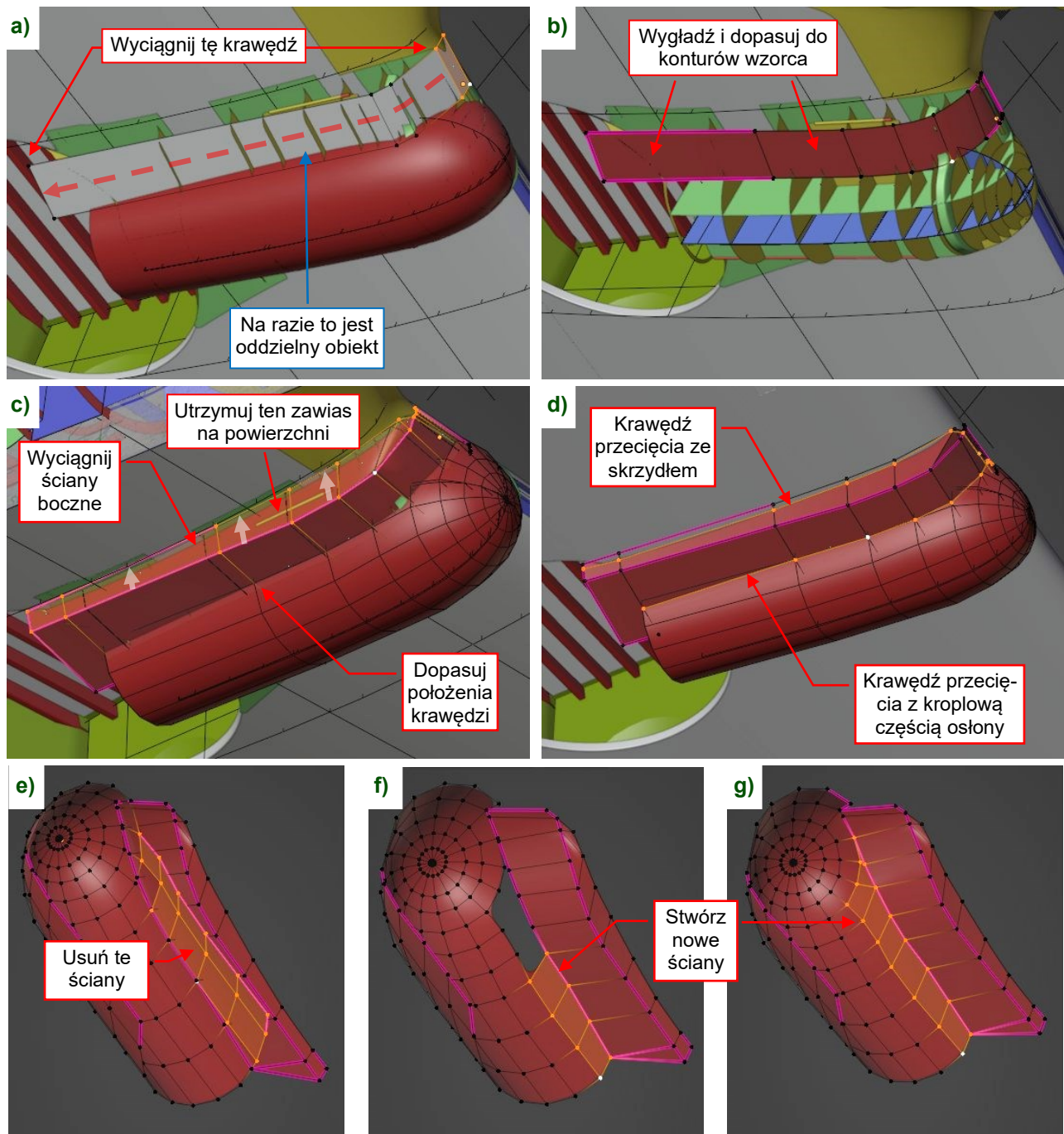
Na początku przygotuj pomocnicze kontury z dołu i z boku (Rysunek 9.1.4a). Wygładź je modyfikatorem *Subdivision Surface*. Uzgodnij położenie wierzchołków ich siatek wzdłuż tych dwóch krzywych, określając w ten sposób położenie kolejnych linii krawędzi „wręg” w siatce osłony. Zacznij formowanie obiektu osłony (**B.160.L.Nacelle**) od 16-boku (*Circle*) wygładzonego modyfikatorem *Subdivision* (Rysunek 9.1.4b). Wyciągaj z tego wstępnego konturu kolejne segmenty. Dopasowuj je do wzorcowych przekrojów (są asymetryczne):



Rysunek 9.1.4 Modelowanie głównej bryły osłony podwozia

Uformuj w ten sposób wstępny kształt tej osłony, a potem wstaw w środek jej siatki kolejne linie krawędzi. Umieść je w miejscach oznaczonych na konturach pomocniczych (Rysunek 9.1.4c). Dopasuj tę siatkę do wzorcowych konturów z boku i z dołu poprzez przesuwanie i skalowanie jej sekcji (Rysunek 9.1.4d). Usuń niepotrzebne ściany osłony, które znalazłyby się wewnątrz skrzydła (Rysunek 9.1.4e) i dopasuj wynikową powierzchnię do wzorcowych przekrojów poprzecznych (Rysunek 9.1.4f).

Rozpocznij formowanie bocznej bryły tej osłony od utworzonego jako nowy obiekt czworokąta (*Plane*). Potem wyciągnij jego ściany wzdłuż części kropłowej (Rysunek 9.1.5a). Dodaj modyfikator *Subdivision Surface* i dopasuj ten „pasek” do wzorcowych konturów przekrojów poprzecznych (Rysunek 9.1.5b):

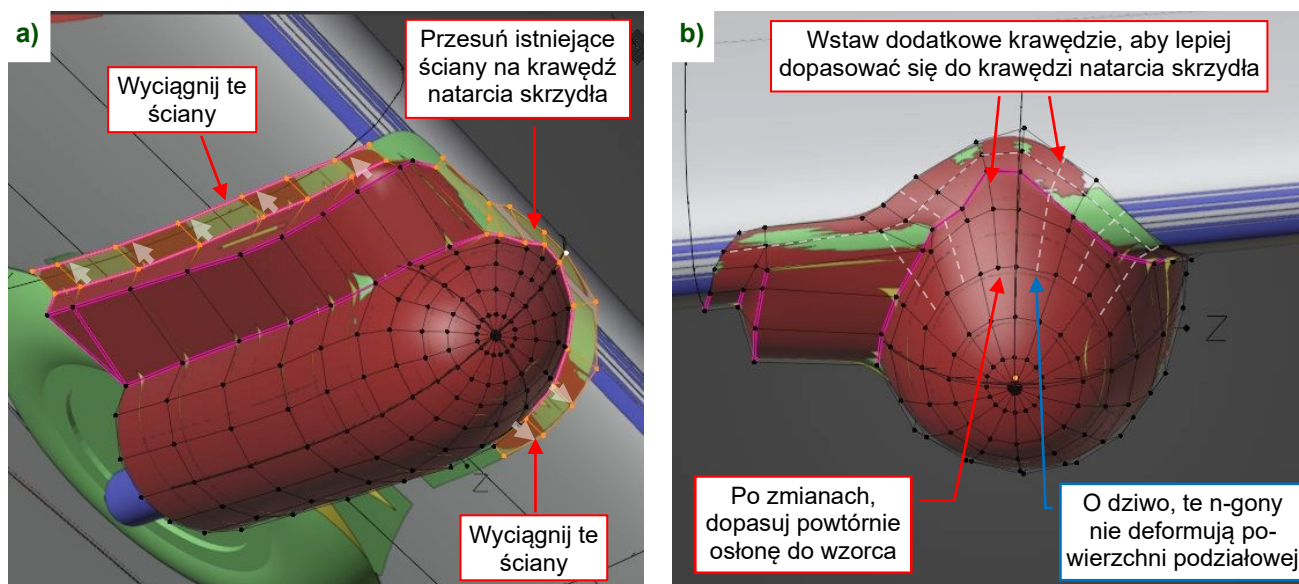


Rysunek 9.1.5 Modelowanie bocznej bryły osłony podwozia

Jednocześnie popraw w tej nowej siatce położenia linii krawędzi „wręg”, aby pasowały do podobnych linii krawędzi w części „kropłowej”. Aby osiągnąć ten efekt, czasami trzeba wstawić dodatkowe krawędzie. Udało mi się dopasować do konturów wzorcowych siatkę z krawędziami dopasowanymi do krawędzi części „kropłowej” bez konieczności wstawiania dodatkowych linii krawędzi. Potem możesz wyciągnąć ściany boczne (Rysunek 9.1.5c). Upewnij się, że cały zawias pokrywki bocznej (jest na szkielecie 3D) leży na ich płaszczyźnie.

Użyj dodatku *Intersect* aby wyznaczyć dwie oddzielne krawędzie przecięcia: pomiędzy tym obiektem i skrzydłem, oraz pomiędzy tym obiektem i kropłową częścią osłony (Rysunek 9.1.5d). Scal linie krawędzi z resztą siatki, aby stały się jej brzegami. Scal ten obiekt z częścią kropłową (**B.160.L.Nacelle**), usuń niektóre ściany boczne (Rysunek 9.1.5e), i stwórz nowe, łączące te dwie bryły w całość (Rysunek 9.1.5f,g).

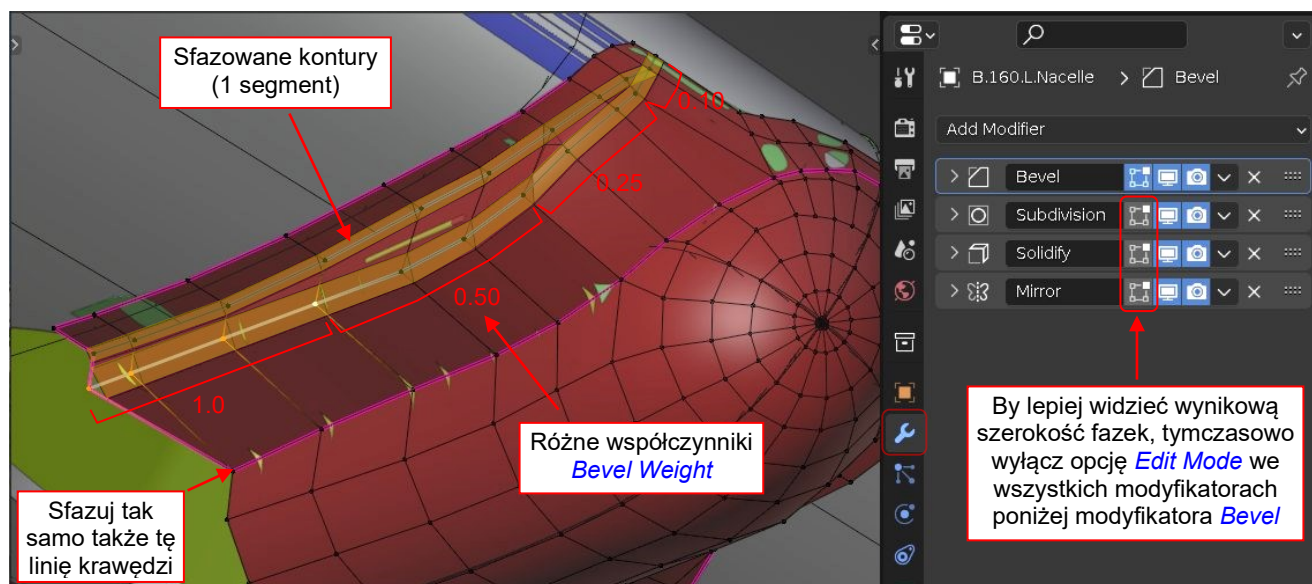
Wyciągnij nowy rząd ścian z zewnętrznych krawędzi osłony (Rysunek 9.1.6a). Przekształćmy je w zaokrąglone oprofilowanie za pomocą modyfikatora *Bevel*.



Rysunek 9.1.6 Formowanie „kołnierzy” wokół brzegów osłony

Na początek, oznacz wewnętrzną i zewnętrzną krawędź tego paska jako ostrą (*Crease* = 1) i dopasuj do powierzchni skrzydła. Aby dopasować je do krawędzi natarcia, trzeba dodać nowe krawędzie (Rysunek 9.1.6b).

Sfazuj kontury tej osłony modyfikatorem *Bevel (Weight)*, różnicując wagi *Bevel Weight* na kolejnych krawędziach siatki. Aby lepiej widzieć wynikową szerokość fazek, tymczasowo ustaw w tym modyfikatorze *Segments* na 1 i wyłącz widoczność w *Edit Mode* efektów pozostałych modyfikatorów (Rysunek 9.1.7):



Rysunek 9.1.7 Wykorzystanie modyfikatora *Bevel* do zaokrąglenia krawędzi osłony

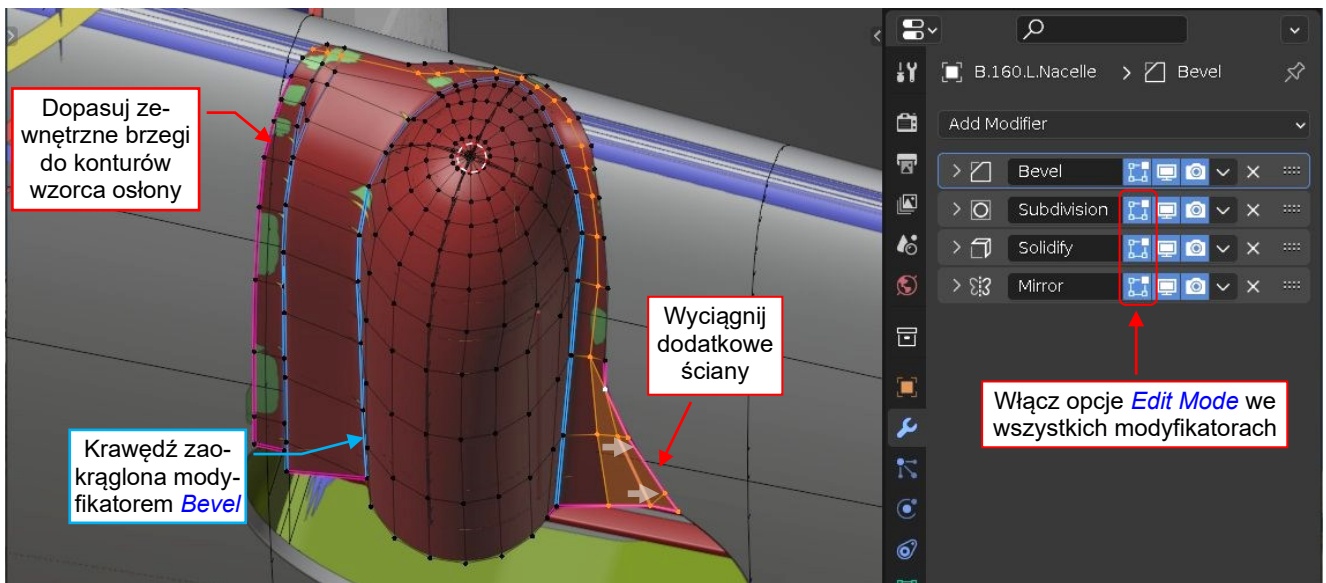
Nie zapomnij wyzerować współczynniki *Crease* wszystkich krawędzi, których *Bevel Weight* jest > 0.



Wartości *Bevel Weight* nie sterują w pełni wynikową szerokością fazek. Zazwyczaj musisz je zwiększyć/zmniejszyć dwukrotnie na trzech kolejnych krawędziach by uzyskać widoczną zmianę.

Na szczęście, w tej osłonie nie ma znacznych zmian promienia zaokrąglenia, więc mogliśmy użyć do tego współczynników *Bevel Weight*. Alternatywnie, musielibyśmy wymodelować te zaokrąglenia w siatce, wstawiając nowe krawędzie. Nie polecam takiej metody, gdyż bardzo komplikuje topologię siatki.

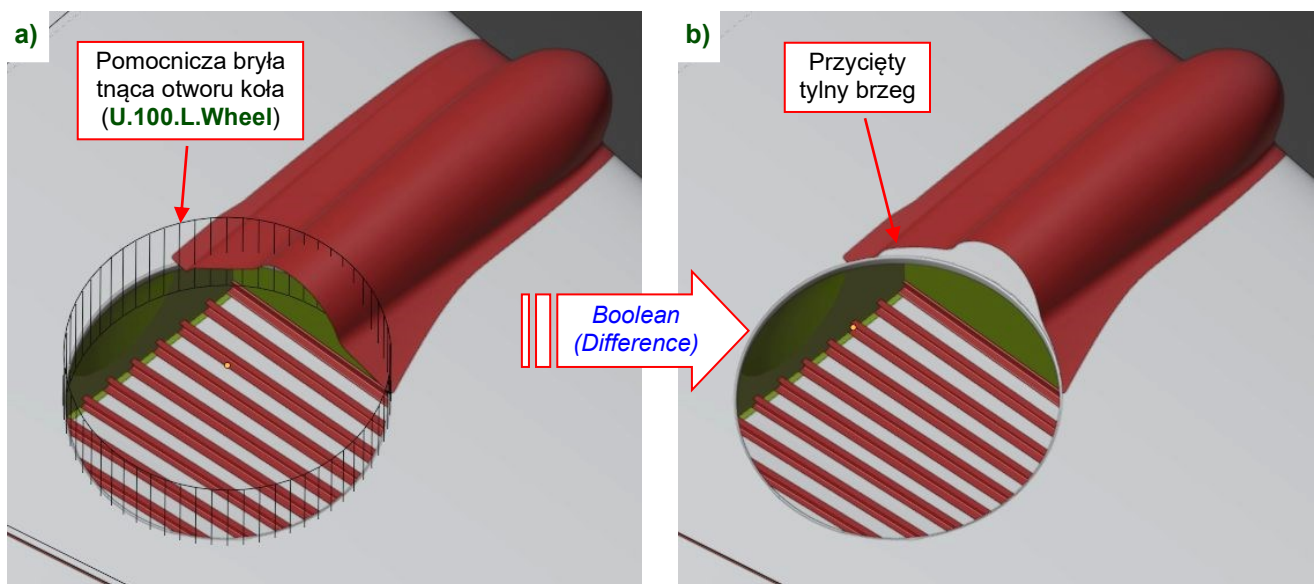
Po ustawieniu wzdłuż fazek odpowiednich *Bevel Wights*, zwiększ liczbę segmentów w modyfikatorze *Bevel* do **4**. Włącz opcję *Edit Mode* w innych modyfikatorach, aby uzyskać rezultat pokazywany przez Rysunek 9.1.8:



Rysunek 9.1.8 Ostatnie szczegóły kształtu osłony

Aby uzyskać „czyste” zaokrąglenia, zachowaj granice fazek w odległości ok. 1” od kolejnych krawędzi ścian. Dopasowując osłonę do wzorca, wyciągnąłem dodatkowy fragment jej powierzchni przy otworze na koło.

Teraz przycinaj tylne brzegi tej osłony wokół krawędzi otworu na koło podwozia. Użyj do tego tej samej bryły (*U.100.L.Wheel*), której użyliśmy w sekcji 5.7, i modyfikatora *Boolean (Difference)* (Rysunek 9.1.9):

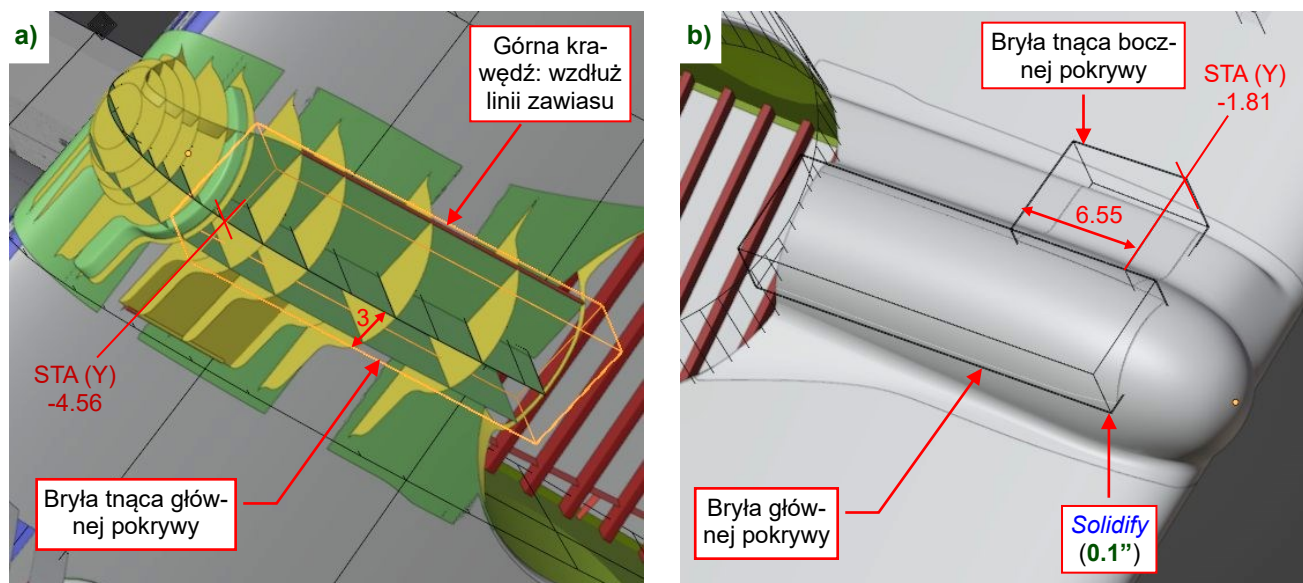


Rysunek 9.1.9 Przycinanie tylnej krawędzi osłony wzdłuż otworu na koło

Rysunek 9.1.9b) pokazuje osłonę o kształcie przypominającym oryginał. Brakuje w niej jeszcze szczegółów.

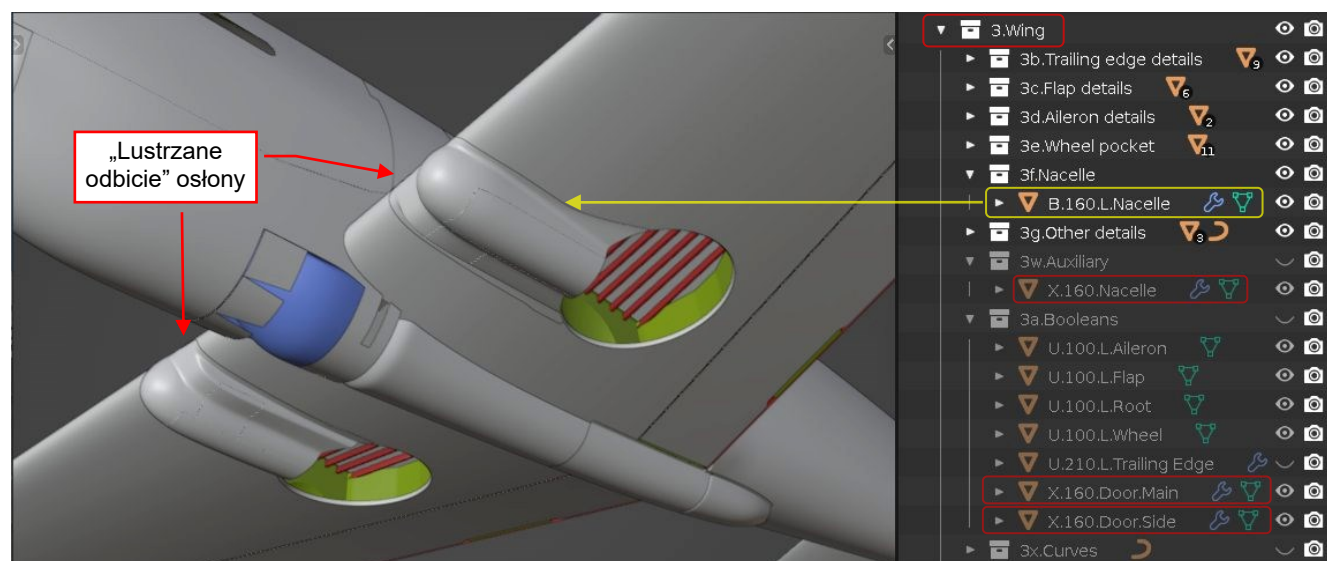
Ponieważ tę geometrię ustalałem w oparciu o różne założenia, na razie chciałbym utrzymać siatkę tej osłony w jak najprostszym stanie. Może się zdarzyć, że po szczegółowym dopasowaniu mojego modelu do archiwalnych zdjęć (metoda opisana przez Rozdział 14) będę musiał zmieniać jej kształt. Dlatego w tym rozdziale nie będę odtwarzać wewnętrznych wręg tej osłony, choć są widoczne z zewnątrz, szczególnie przy otwartych pokrywach podwozia. Z tego samego powodu zdecydowałem się tylko zaznaczyć kontury tych pokryw wykorzystując dwa proste bryły tnące: jedną dla pokrywy głównej i drugą dla pokrywy bocznej. Dodałem do nich modyfikatory *Solidify*. Generowana przez nie grubość odpowiada za szerokość szczeliny pomiędzy pokrywą a resztą stałą częścią osłony. Później odtworzymy te pokrywy jako oddzielne obiekty, obracane wokół zawiasów.

Rysunek 9.1.10 podaje zewnętrzne wymiary tych dwóch brył tnących (skopiowałem je z dokumentacji P-40):



Rysunek 9.1.10 Wycinanie konturów pokryw gołeni podwozia

Rysunek 9.1.11 pokazuje osłony z zaznaczonymi konturami odchylanych pokryw podwozia. W tej postaci jest gotowa do ewentualnego porównania ze zdjęciami:



Rysunek 9.1.11 Osłony podwozia, przygotowane do porównania ze zdjęciami

Wszystkie obiekty stworzone w tej sekcji przypisz (relacją *Parent*) do bazy skrzydła (**X.100.L.Wing.Base**). Umieść je w subkolekcjach **3.Wing**, pokazanych na ilustracji powyżej.

Podsumowanie

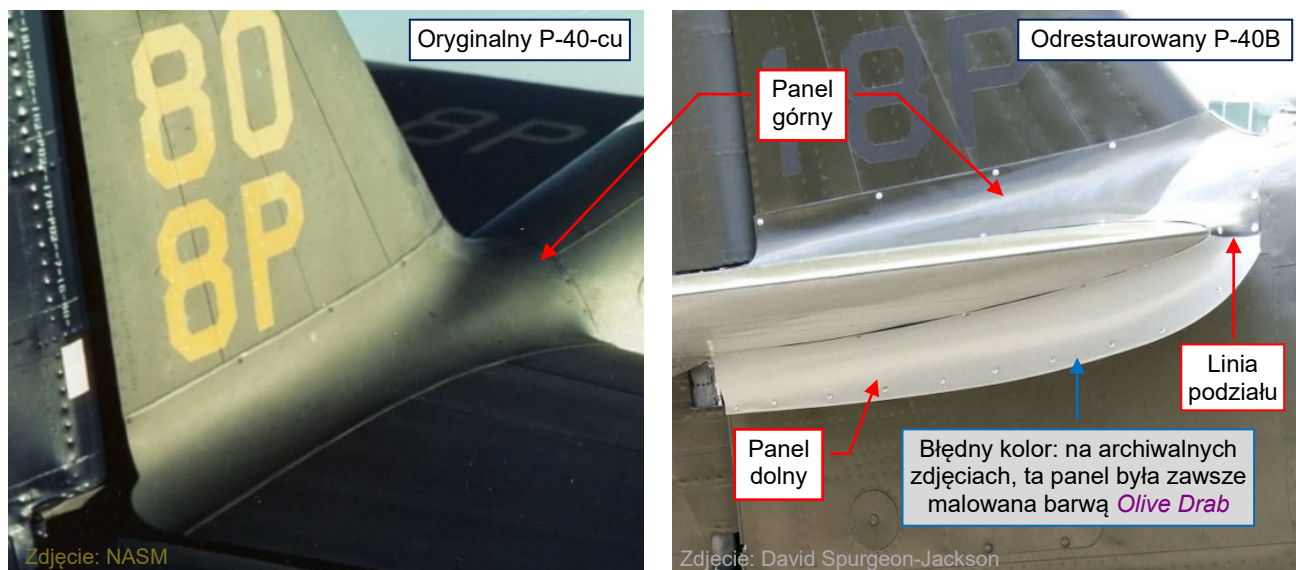
- W tej sekcji użyliśmy wzorcowego „szkieletu” 3D, który przygotowałem wcześniej, w oparciu o dostępne rysunki (str. 374-375). Przekroje poprzeczne jego osłon podwozia różnią się od rysunku Jumpei Temmy (str. 375).
- Dokumentacja P-40 dostarcza tylko kilka kluczowych wymiarów osłon goleni podwozia. Nie ma w niej żadnych tabel współrzędnych z geometrią tego kształtu, więc i moje kontury, i kontury Temmy są oparte na różnych domysłach i założeniach (str. 374, 375).
- Rozpoczęliśmy tworzyć te osłony od uformowania ich pomocniczych, gładkich konturów w rzutach z boku i z dołu (str. 375). Dopasowując położenie ich poszczególnych wierzchołków, określiliśmy położenie kolejnych linii krawędzi w docelowej siatce osłony. Następnie uformowaliśmy asymetryczną, „kroplową” część osłony. Zaczęliśmy od 16-boku ([Circle](#)), wygładzonego modyfikatorem [Subdivision Surface](#).
- Bryłę boczną tej osłony uformowaliśmy jako odrębny obiekt, wyciągając krawędź z początkowej płytki (str. 377). Potem połączyliśmy ten obiekt z siatką części „kroplowej”.
- Uformowaliśmy zewnętrzne oprofilowania tej osłony wyciągając dodatkowy „pasek” ścian z jej zewnętrznych krawędzi (str. 378). Potem dopasowaliśmy te zewnętrzne ściany do powierzchni skrzydła.
- Zaokrąglenia krawędzi stworzyliśmy modyfikatorem [Bevel \(Weight\)](#), nadając kolejnym krawędziom różne współczynniki [Bevel Weight](#) (str. 378-379).
- Użyliśmy bryły tnącej otworu koła w skrzydle do przycięcia tylnego brzegu osłony (str. 379). Dodatkowe bryły tnące, pogrubione modyfikatorami [Solid](#), tworzą kontury odchylanych pokryw podwozia (str. 380). To tymczasowe rozwiązanie, aby przed ostatecznym (dokładnym) porównaniem ze zdjęciami, zachować siatkę tej osłony tak prostą, jak tylko możliwe. Może się bowiem zdarzyć, że w wyniku tego porównania będzie trzeba coś w niej poprawić.



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: [model\p40\history\P40B-13.01.blend](#).

9.2 Oprofilowania połączenia kadłuba i usterzenia

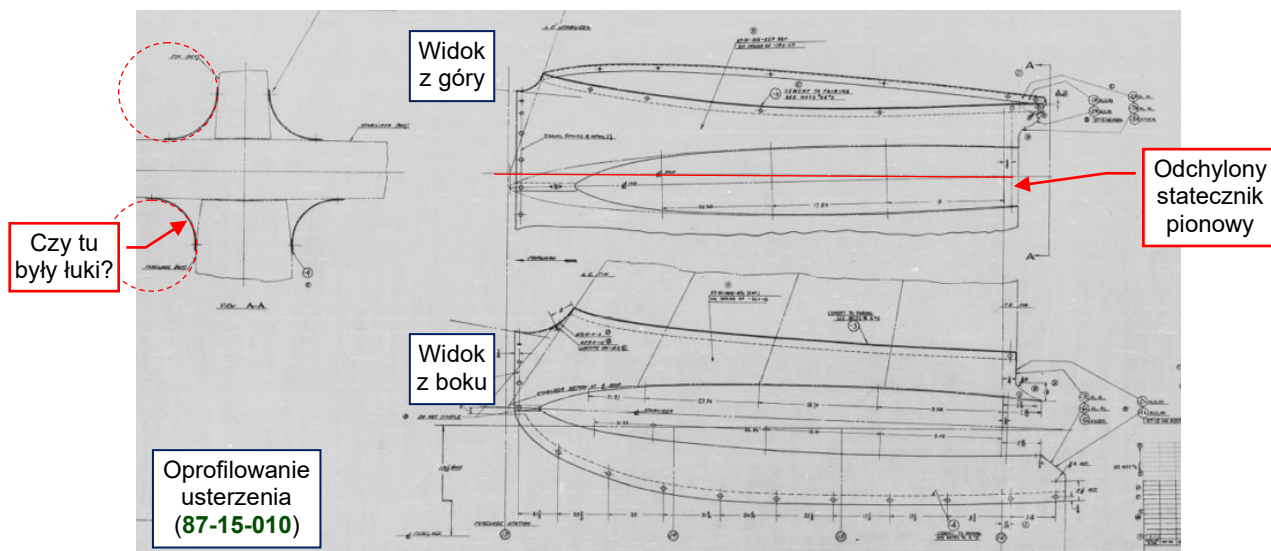
Oprofilowanie wokół krawędzi połączenia stateczników i kadłuba było identyczne w P-36 i w „krótszych” wariantach P-40¹. Rysunek 9.2.1 pokazuje je na archiwalnym zdjęciu P-40-cu:



Rysunek 9.2.1 Szczegóły opprofilowania usterzenia

Oprofilowanie składało się z panelu górnego i dolnego, rozdzielonych w płaszczyźnie statecznika poziomego. Te panele były wykonane z blachy Alcad (grubość: **0.032"**) i przymocowane do kadłuba i stateczników śrubami. Górny panel jest niesymetryczny z powodu odchylenia statecznika pionowego (o 1.5° od płaszczyzny symetrii samolotu – por. str. 259). Była to także osłona okuć, mocujących stateczniki (por. str. 235).

Nie znalazłem współrzędnych tego opprofilowania. Zachowana dokumentacja (Rysunek 9.2.2)² podaje dokładne położenie śrub, ale brakuje w niej takich wymiarów, jak promienie zaokrąglenia przekrojów poprzecznych:



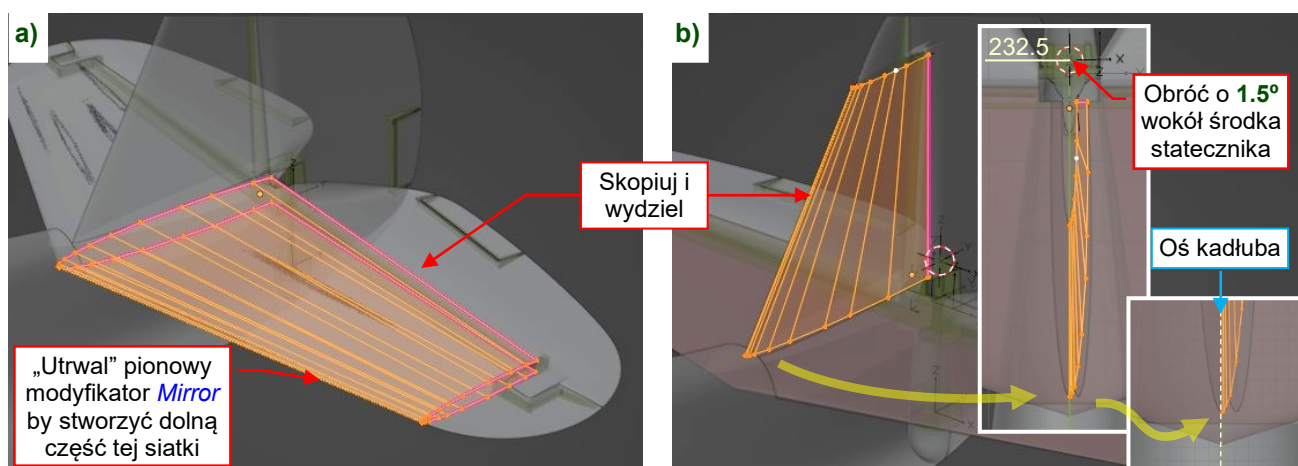
Rysunek 9.2.2 Dostępna dokumentacja

Co więcej, kontury tego podzespołu w pewnych miejscach różnią się od konturów z archiwalnych zdjęć. Dlatego sugeruję tu korzystać z rysunków Jumpei Temmy, które są oparte o zdjęcia.

¹ W trakcie produkcji P-40F Curtiss wydłużył ogon samolotu, dołączając do niego [nowy segment o długości 20"](#). Oczekiwano, że taki dłuższy ogon poprawi jego stabilność kierunkową. Ta modyfikacja była stosowana we wszystkich późniejszych wariantach P-40.

² Rysunki osłony: dla P-36: [75-15-010](#), dla P-40: [87-15-010](#)

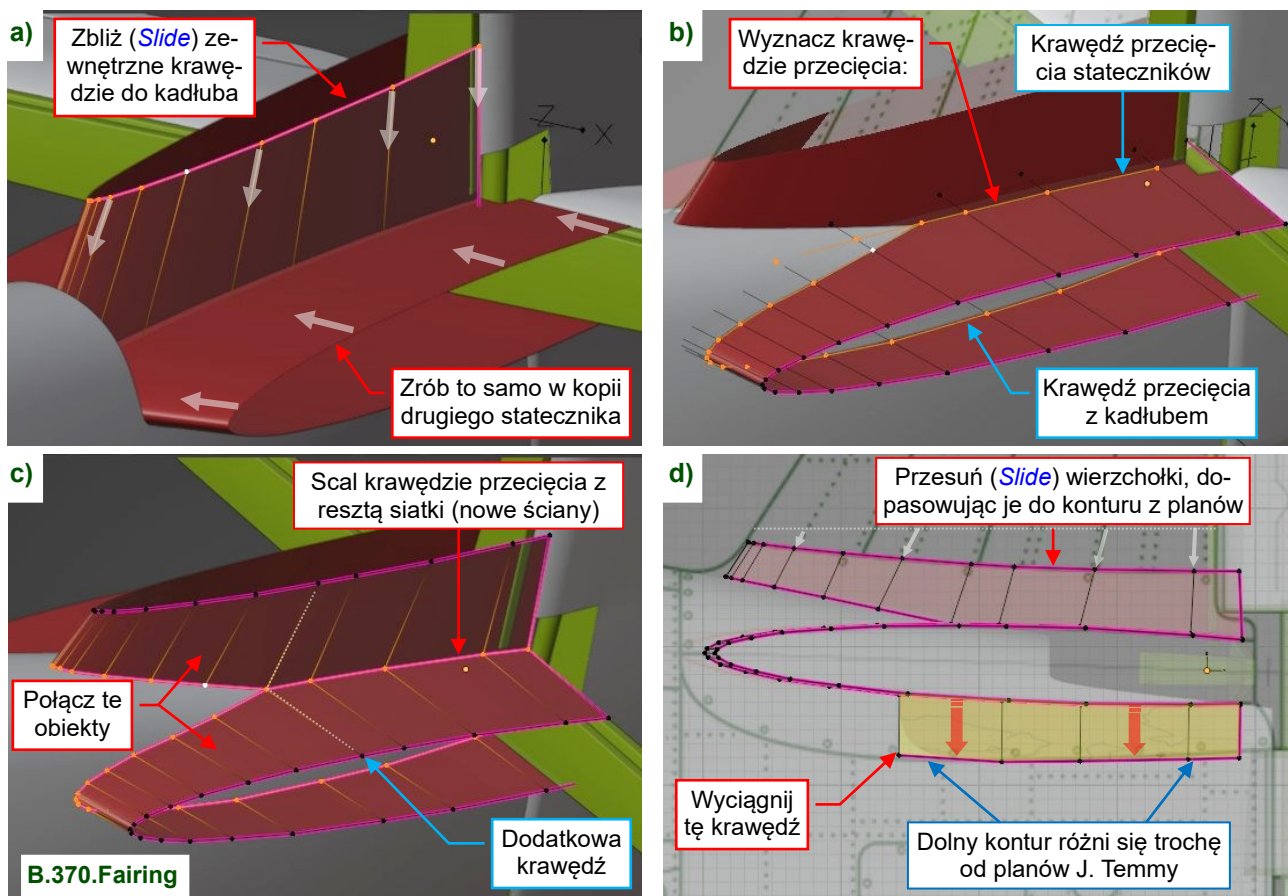
Formowanie tej osłony rozpocznij od skopiowania i wydzielenia trapezowych części statecznika poziomego i pionowego (Rysunek 9.2.3):



Rysunek 9.2.3 Kopiowanie powierzchni stateczników

Usuń z tych nowych obiektów wszystkie niepotrzebne modyfikatory. W kopii statecznika poziomego „utrwal” (**Apply**) modyfikator **Mirror** (Rysunek 9.2.3a) oraz obrót o 2° . Ustaw kopię statecznika pionowego w płaszczyznę symetrii samolotu (obróć ją o 1.5° – Rysunek 9.2.3b). To tymczasowa modyfikacja. Na razie będzie nam o wiele łatwiej uformować symetryczną połówkę tej osłony. „Wykrzywimy” ją na samym końcu pracy.

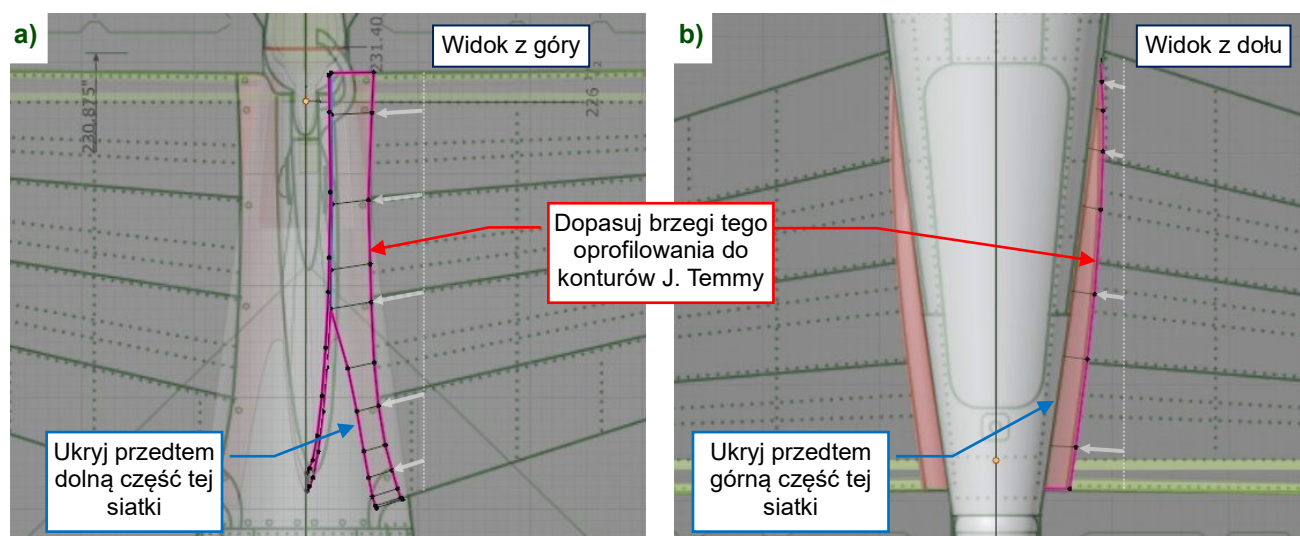
Przesuń (**Slide**) zewnętrzne krawędzie obydwu skopiowanych siatek bliżej kadłuba (Rysunek 9.2.4a), a potem użyj dodatku **Intersect** do wyznaczenia ich krawędzi przecięcia (Rysunek 9.2.4b):



Rysunek 9.2.4 Formowanie podstawowych powierzchni

Połącz te dwa obiekty w jedną siatkę (Rysunek 9.2.4c), o nazwie **B.370.Fairing**. Przypisz ją (relacją **Parent**) do obiektu **X.000.Base**, i umieść w kolekcji **4.EMPENNAGE**. Wyciągnij tylną część dolnej powierzchni i dopasuj zewnętrzne krawędzie oprofilowania do bocznych i pionowych rzutów z rysunków J. Temmy (Rysunek 9.2.4d).

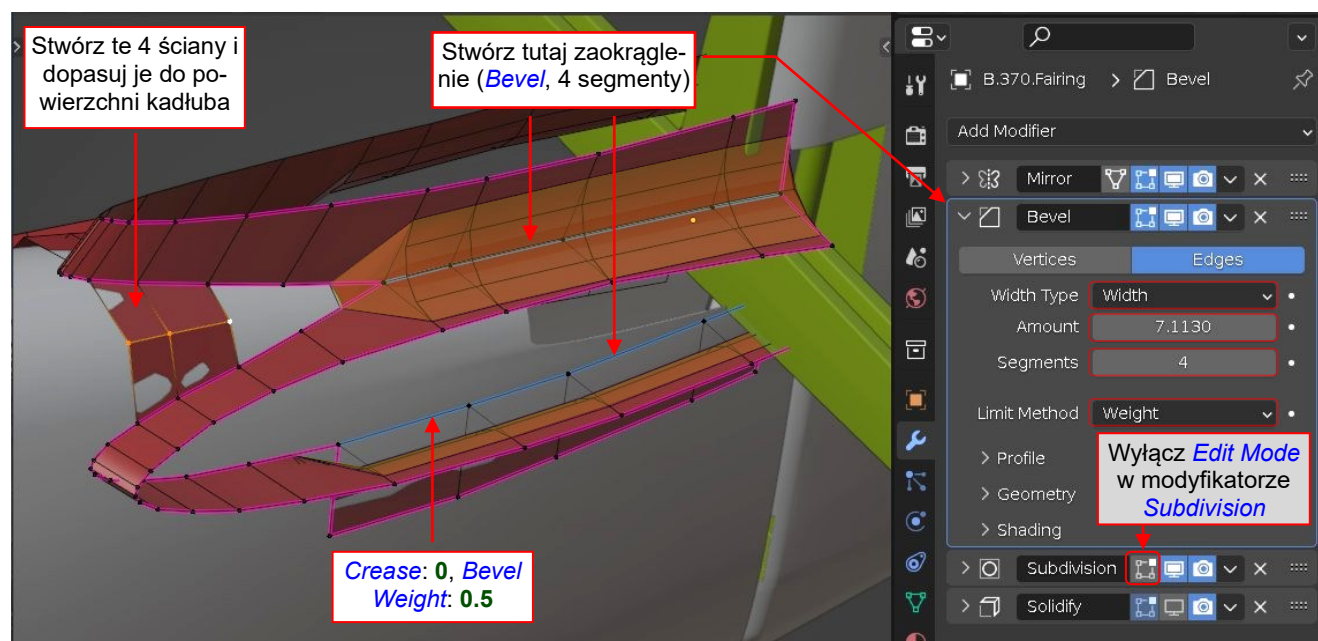
Podobnie, przesun (Slide) zewnętrzne krawędzie statecznika pionowego (Rysunek 9.2.4d) i poziomego (Rysunek 9.2.5), dopasowując je do konturów z rysunku referencyjnego:



Rysunek 9.2.5 Dopasowanie konturów w widokach z góry i z dołu

Aby uniknąć ewentualnych błędów w zaznaczaniu wierzchołków, przed dopasowaniem górnych konturów ukryj (H) dolną część tej siatki (Rysunek 9.2.5a), a potem na odwrót przy dopasowywaniu dołu (Rysunek 9.2.5b).

Stwórz ściany pomiędzy krawędziami przecięcia z kadłubem, a potem wstaw w ich środek nową krawędź, tworząc pierwsze przybliżenie przedniej części oprofilowania (Rysunek 9.2.6):



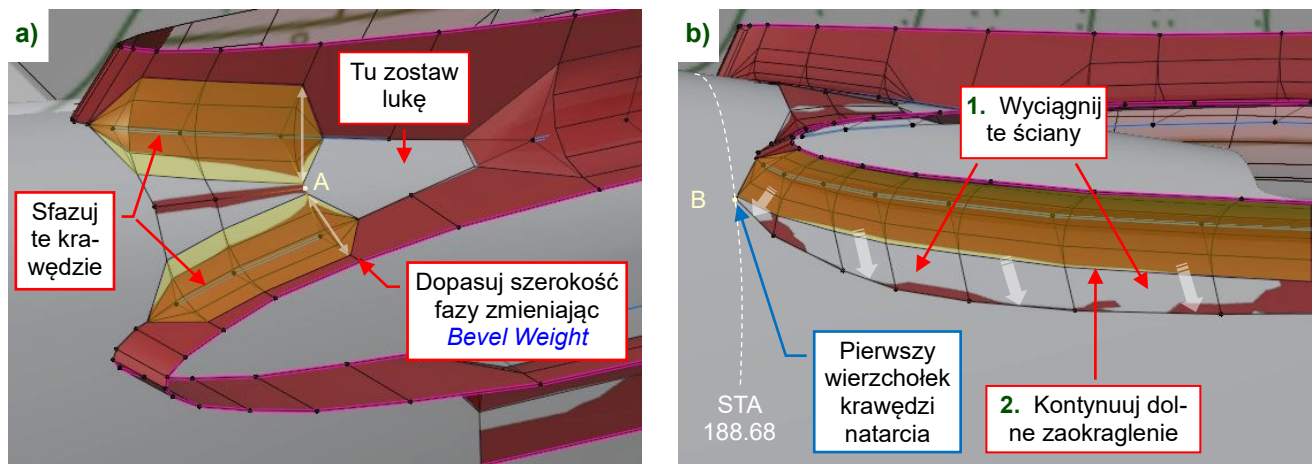
Rysunek 9.2.6 Tworzenie wstępnych zaokrągleń

Umieść pod najwyższym modyfikatorem *Mirror* modyfikator *Bevel (Weight)* (por. Rysunek 9.2.6). Ustaw w nim *Width Type* = *Width*, *Amount* = **7.1**, *Segments* = **4**. Wyzeruj współczynniki *Crease* na dwóch krawędziach narożników za luką w siatce i ustaw ich *Bevel Weights*: **0.6** dla górnej i **0.5** dla dolnej krawędzi (dopasuj to zaokrąglenie do krawędzi zewnętrznych). Aby lepiej widzieć rezultat, tymczasowo wyłącz opcję *Edit Mode* modyfikatora *Subdivision Surface* i włącz w *Properties: Object* opcję *Viewport Display: Show Wireframe*.



Używamy tu modyfikatora *Bevel* do szybkiego wygenerowania krawędzi siatki tego oprofilowania. Potem je "utrwalimy" (*Apply*). Dlatego stosujemy tylko 4 segmenty zaokrąglenia (nie zmieniaj tego).

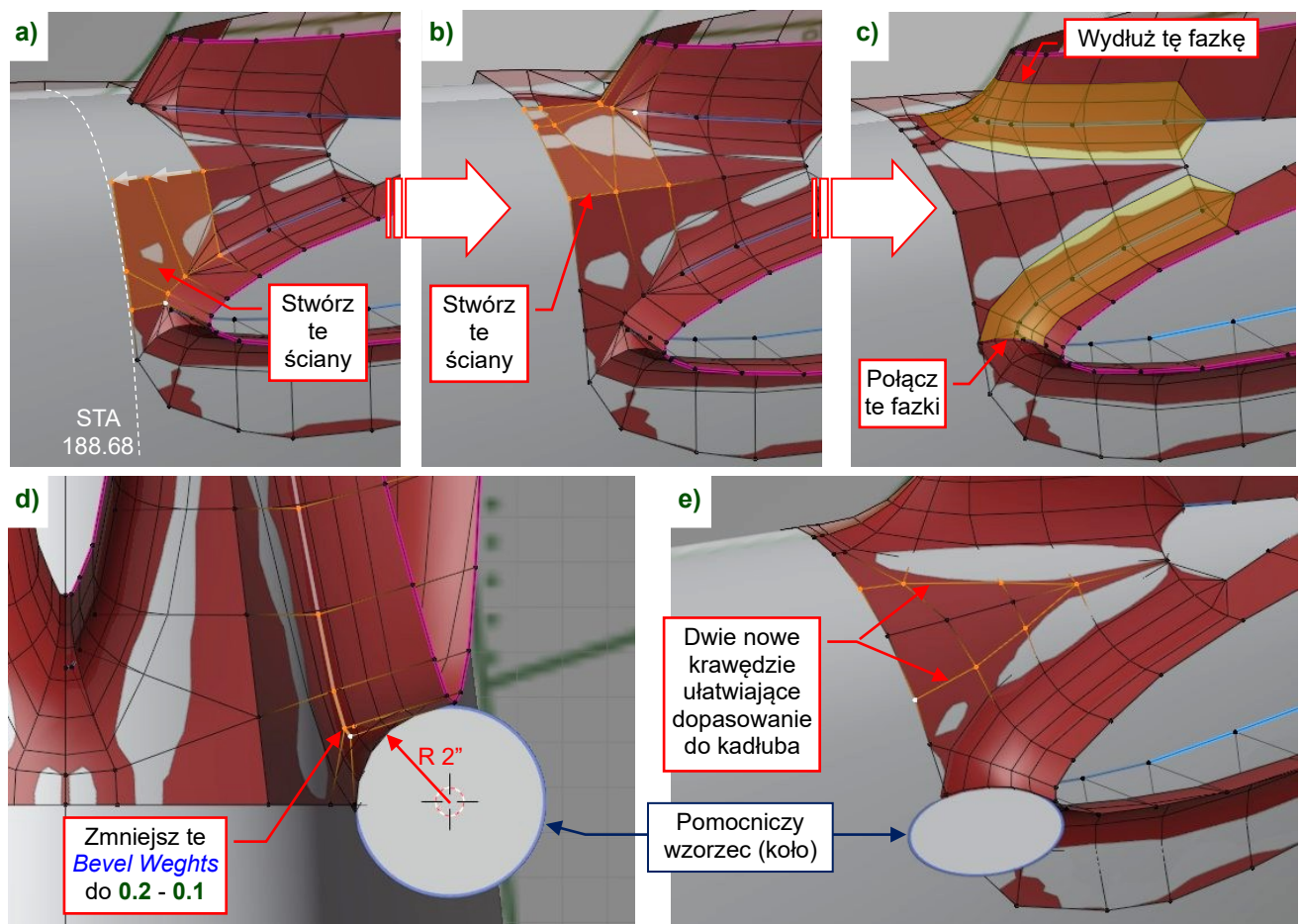
Zrób to samo z przodu tej osłony, zachowując lukę pośrodku (Rysunek 9.2.7):



Rysunek 9.2.7 Tworzenie wstępnych zaokrągleń (część przednia)

Dopasuj (zmniejsz) *Bevel Weights* tych krawędzi, tak aby zewnętrzne granice wygenerowanych zaokrągleń ledwo „dotykały” wierzchołek **A** (Rysunek 9.2.7a). Przesuń wierzchołek **B** do $Y = 188.68$ (Rysunek 9.2.7b). Zgodnie z rysunkami Curtiss, krawędź natarcia tego oprofilowania zaczyna się w stacji **188.68**.

Wyciągnij z trzech krawędzi wokół statecznika poziomego nowe ściany (Rysunek 9.2.8a), potem stwórz kolejne ściany z przodu krawędzi natarcia statecznika pionowego (Rysunek 9.2.8b). „Wygładź” ich przecięcia z powierzchnią kadłuba kontynuacjami zaokrągleń generowanych przez modyfikator *Bevel* (Rysunek 9.2.8c):



Rysunek 9.2.8 Formowanie krawędzi natarcia osłony

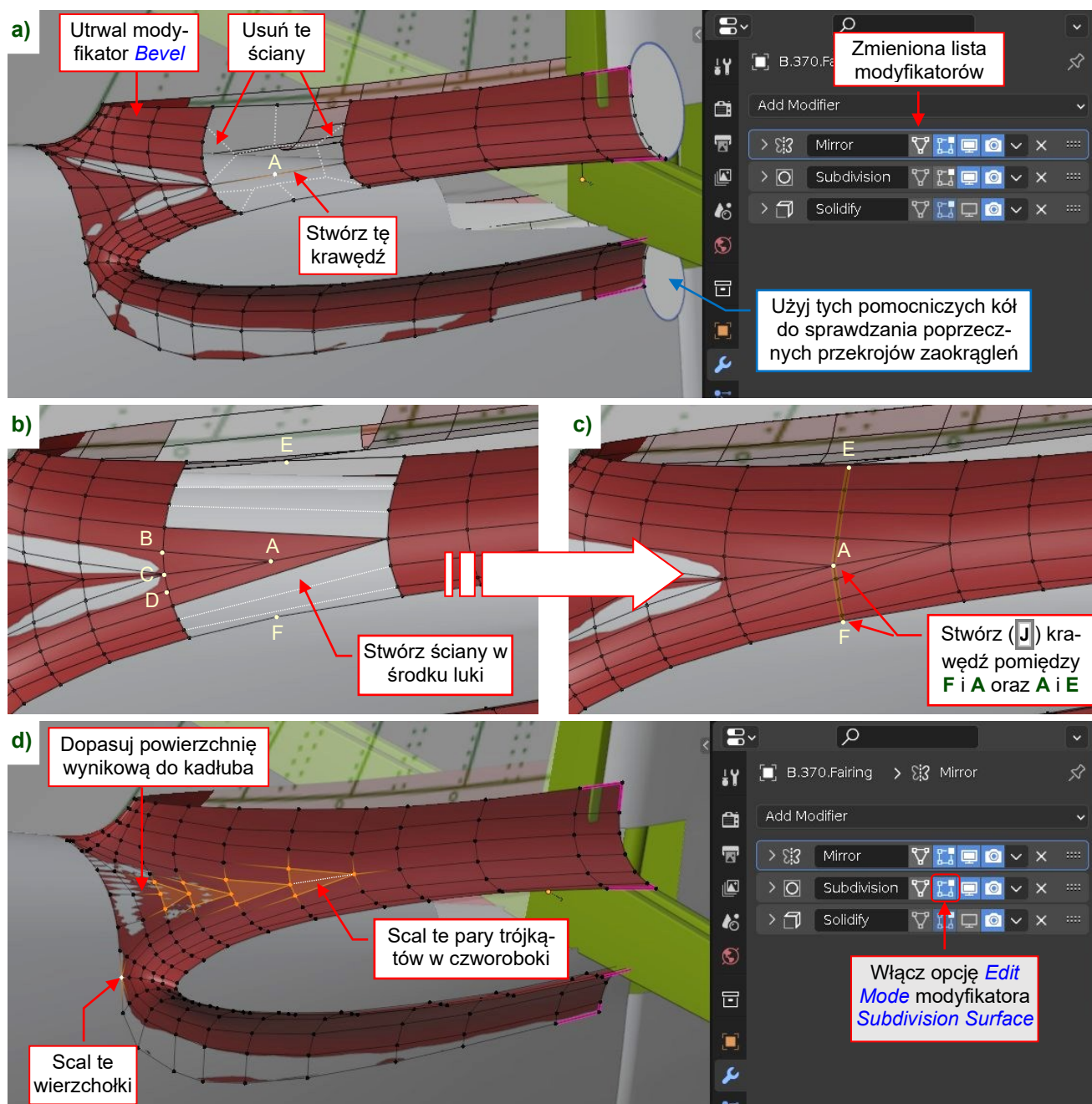
Zmniejsz wartości *Bevel Weights* wzdłuż krawędzi natarcia statecznika poziomego, zmniejszając w tym obszarze wynikowy promień zaokrąglenia do **2"** (Rysunek 9.2.8d). Na koniec, wstaw w przednie ściany dwie dodatkowe linie krawędzi, dopasowując ich kontur do kształtu kadłuba (Rysunek 9.2.8e).

Zachowałem nadal lukę w górnej części siatki. Pozostawiłem ją, bo topologia generowana przez modyfikator **Bevel** dla połączenia trzech zaokrągleń w tym przypadku nie wyglądała dobrze. Ponieważ już dopasowaliśmy te zaokrąglenia wzdłuż pozostałych krawędzi osłony, można utrwalić (**Apply**) ten modyfikator.

Ponieważ na liście ten **Bevel** jest poprzedzony modyfikatorem **Mirror** (por. Rysunek 9.2.6):

1. Utrwal (**Apply**) modyfikator **Mirror** (to tworzy siatkę po prawej stronie samolotu).
2. Utrwal (**Apply**) modyfikator **Bevel**.
3. Usuń wszystkie wierzchołki siatki z prawej strony samolotu.
4. Powtórnie dodaj na szczycie listy modyfikator **Mirror**, by dynamicznie generował prawą stronę osłony.

W siatce pokazanej przez Rysunek 9.2.9a) usunąłem już trójkąty zamykające oryginalne zaokrąglenia krawędzi. Stworzyłem także pojedynczą krawędź poprzez tę lukę. W jej środku umieściłem wierzchołek (**A**).

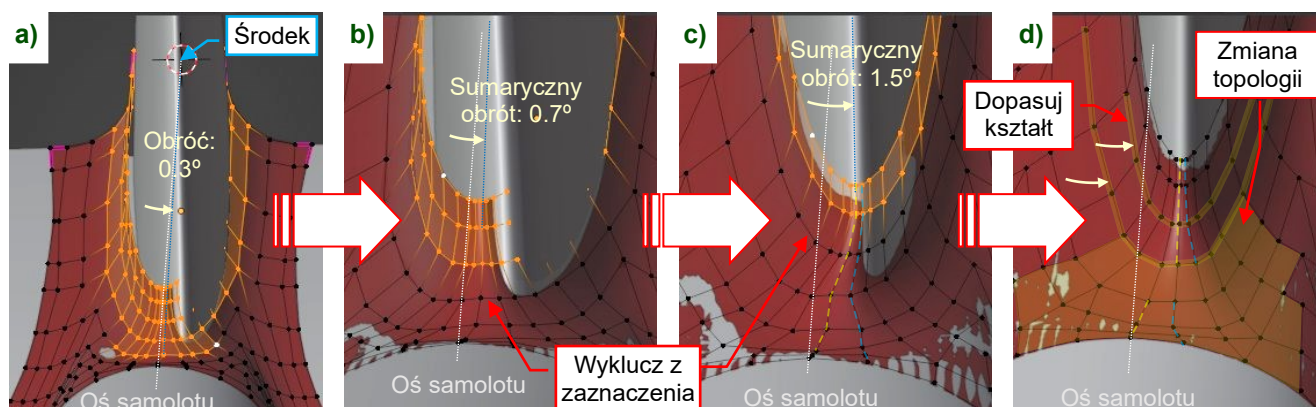


Rysunek 9.2.9 Zamykanie luki w środku siatki

Na początek dodaj dwie trójkątne ściany łączące wierzchołki **A B C D** (Rysunek 9.2.9b). Potem możesz stworzyć kolejne, czworokątne ściany. Stwórz linię krawędzi pomiędzy **E, A i F** (Rysunek 9.2.9c). W ostatnim kroku, przekształć te trójkąty w środku siatki na czworoboki (Rysunek 9.2.9d).

Dopasuj to oprofilowanie do powierzchni kadłuba i sprawdź jeszcze raz łuki zaokrąglenia wokół statecznika poziomego. Użyj do tego sprawdzania pomocniczych kół, jak to pokazywane przez Rysunek 9.2.8d).

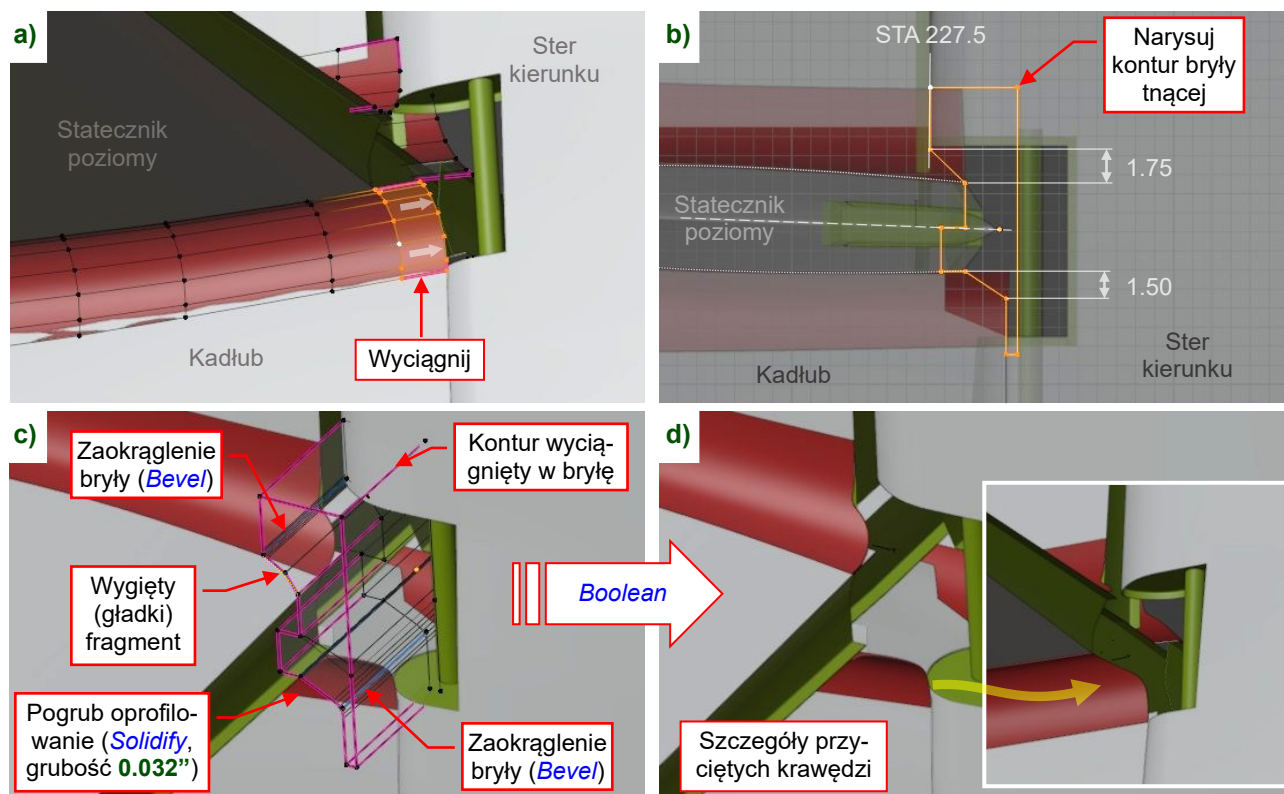
Gdy wszystko jest dopasowane, utwórz modyfikator *Mirror* (por. Rysunek 9.2.9d) by stworzyć prawą część siatki. Potem zacznij stopniowo obracać ściany wokół statecznika pionowego (Rysunek 9.2.10):



Rysunek 9.2.10 Dopasowanie siatki osłony do odchylonego statecznika pionowego

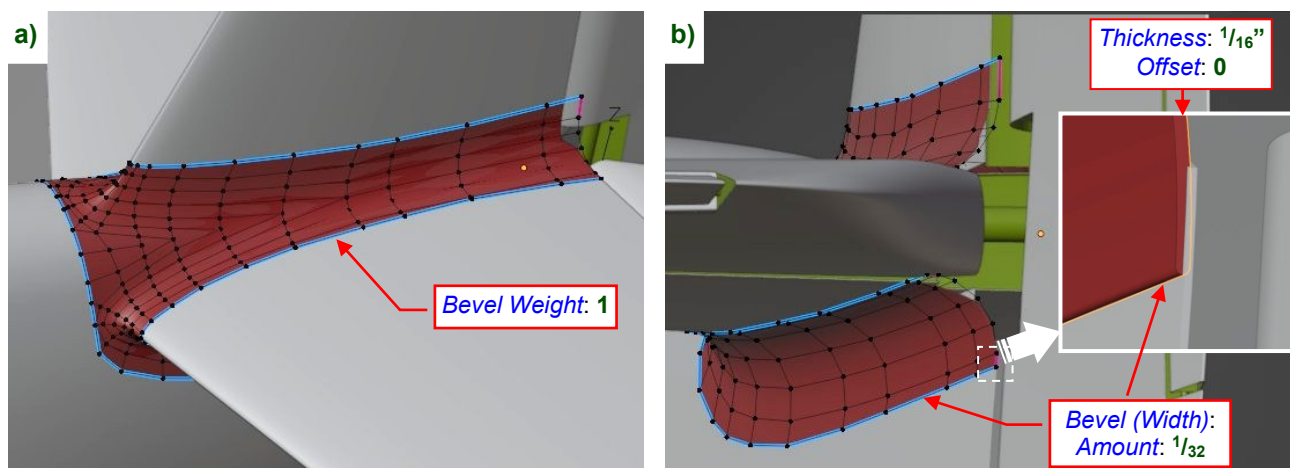
Umieść kursor 3D w osi steru kierunku ($X=0$, $Y=232.5$) i używaj go jako osi obrotu. Najpierw zaznacz prawie całą podstawę statecznika i obróć ją wokół globalnej osi Z o 0.3° (Rysunek 9.2.10a). Potem wyklucz z zaznaczenia najniższą linię krawędzi i obróć pozostałe wierzchołki o 0.4° (Rysunek 9.2.10b). Powtarzaj tę sekwencję, dopóki odchylenie nie osiągnie 1.5° i ostatni „pasek” ścian ułoży się wzdłuż powierzchni statecznika (Rysunek 9.2.10c). Potem wyprostuj krawędź natarcia oprofilowania (Rysunek 9.2.10d).

Oprofilowanie jest niemal gotowe, ale jego tylny brzeg wciąż wymaga małego przycięcia. Najpierw wyciągnij jego dolną część do tylnej krawędzi kadłuba (Rysunek 9.2.11a). Stwórz z płaskiej ściany (*Plate*) obrys bryły tnącej (Rysunek 9.2.11b). Wyciągnij ten kontur. Użyj modyfikatora *Bevel* (*Weight*) do zaokrąglenia niektórych krawędzi, a *Subdivision* do wygładzenia fragmentu u góry tej bryły (Rysunek 9.2.11c). Pogrub oprofilowanie ($0.032''$, na zewnątrz). Użyj bryły i modyfikatora *Boolean* (*Difference*) do przycięcia (Rysunek 9.2.11d):



Rysunek 9.2.11 Formowanie tylnej krawędzi

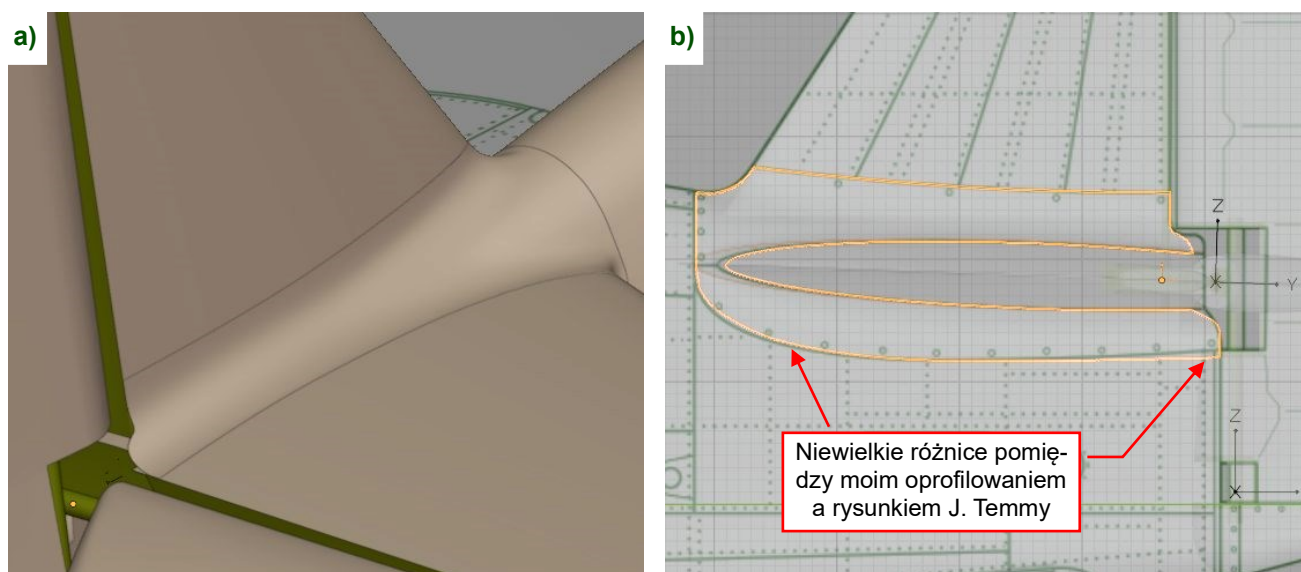
Rysunek 9.2.12a) pokazuje ostateczną topologię siatki:



Rysunek 9.2.12 Szczegóły siatki oprofilowania

Na zdjęciach archiwalnych można zauważyć odbłaski od zaokrąglonych krawędzi blach tej osłony. Możemy łatwo odtworzyć ten efekt (Rysunek 9.2.12b) ustawiając **Bevel Weight** = **1** na tych brzegach i dodając nowy modyfikator **Bevel (Weight)** przed modyfikatorem **Boolean** (ta kolejność jest istotna). Ustaw **Width Type** tej fazki na **Offset**, **Amount** na **0.031** i **Segments** na **2**. Aby „zatopić” połowę tej zaokrąglonej krawędzi w poszyciu kadłuba, w modyfikatorze **Solidify** zwiększ **Thickness** do **0.062**, a **Offset** ustaw na **0**.

Rysunek 9.2.13a) pokazuje gotowe oprofilowanie:



Rysunek 9.2.13 Gotowe oprofilowanie

W rzucie z boku (Rysunek 9.2.13b) możesz dostrzec niewielkie różnice pomiędzy moim modelem i rysunkiem Temmy. W przyszłości zamierzam dokładniej porównać ten kształt ze zdjęciami archiwalnymi.

Podsumowanie

- Nie znalazłem żadnych tabeli współrzędnych opisujących geometrię oprofilowania usterzenia (str. 382). Z tego powodu użyliśmy jako wzorca rysunków Jumpei Temmy (str. 383, 384). Wpasowaliśmy okrągłe przekroje poprzeczne pomiędzy kontury oprofilowania, narysowane na jego rzucie z boku, góry i dołu.
- To oprofilowanie wygładza krawędzie przecięcia stateczników z kadłubem. Zaczęliśmy jego formowanie od skopiowania odpowiednich fragmentów stateczników (str. 383). Scaliliśmy te dwie siatki wzdłuż ich krawędzi przecięcia i przycięliśmy wynik wzdłuż powierzchni kadłuba (str. 383).
- Po dopasowaniu zewnętrznych brzegów oprofilowania do rysunków wzorcowych (str. 383, 384) użyliśmy 4-segmentowego zaokrąglenia, wygenerowanego przez modyfikator *Bevel (Weight)*, do stworzenia pierwszego przybliżenia ostatecznego kształtu tej osłony (str. 384). Zróznicowaliśmy wagi fazowania (*Bevel Weights*) by wpasować te zaokrąglenia pomiędzy brzegi osłony. Współczynnik *Bevel Weight* zmniejszył się znacznie przy krawędzi natarcia statecznika (str. 385). Promień zaokrąglenia był w tym miejscu dwa razy mniejszy niż przy tylnych brzegach oprofilowania.
- Stworzyliśmy trójkątną powierzchnię z przodu tej osłony łącząc przednie sekcje ścian stateczników (str. 384, 385). Dopasowaliśmy ten obszar do powierzchni kadłuba i do zaokrągleń wygenerowanych przez modyfikator *Bevel* (str. 385).
- Sugeruję pozostawić przerwę w siatce tam, gdzie łączyłyby się trzy zaokrąglenia (str. 385). Ściany wygenerowane w tym miejscu przez modyfikator *Bevel* nie są najlepszym rozwiązaniem dla tego przypadku. O wiele łatwiej jest stworzyć je ręcznie, po „utrwaleniu” w siatce (*Apply*) zaokrągleń wygenerowanych modyfikatorem *Bevel* (str. 386).
- Tak długo, jak to było możliwe, formowaliśmy to oprofilowanie jako symetryczne, bo o wiele łatwiej jest pracować nad jej jedną połową, zamiast nad obydwoma stronami. Na koniec jednak „utrwal” odpowiedzialny za ten efekt modyfikator *Mirror* i obróć górną część siatki, dopasowując ją do asymetrycznej podstawy statecznika pionowego (str. 387).
- Na koniec przycięliśmy tylne brzegi tego oprofilowania za pomocą pomocniczej bryły tnącej i modyfikatora *Boolean (Difference)* (str. 387).

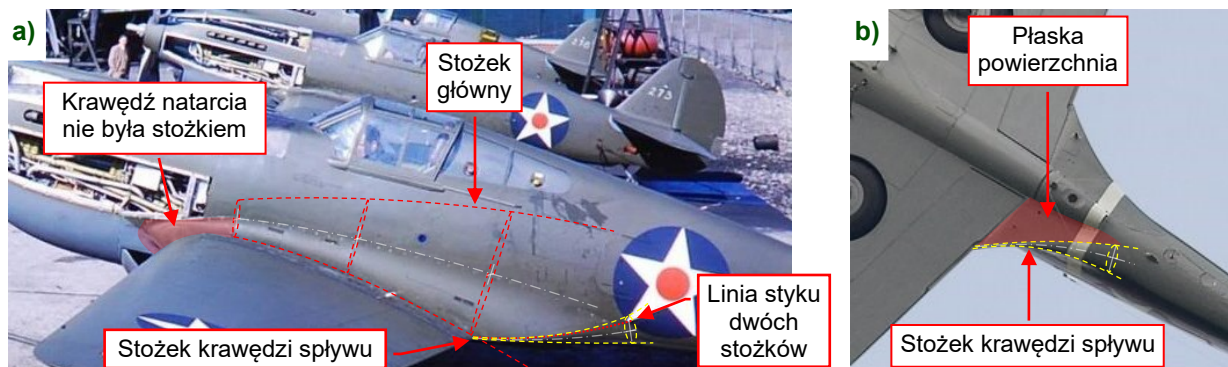


W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: *model\p40\history\P40B-13.02.blend*.

9.3 Oprofilowanie połączenia kadłuba i płata

Obydwa myśliwce Curtiss miały bardzo duże opprofilowanie połączenia skrzydła z kadłubem. Jego całkowita długość to prawie połowa długości samolotu! Wydaje się, że tak wielkie osłony były „modne” w pierwszej generacji dolnopłatów, projektowanych w połowie lat 30. XX w¹. NACA opisała je w jednym ze swoich raportów, a P-40 odziedziczył je po P-36, który pojawił się na deskach kreślarskich jesienią 1934 r.

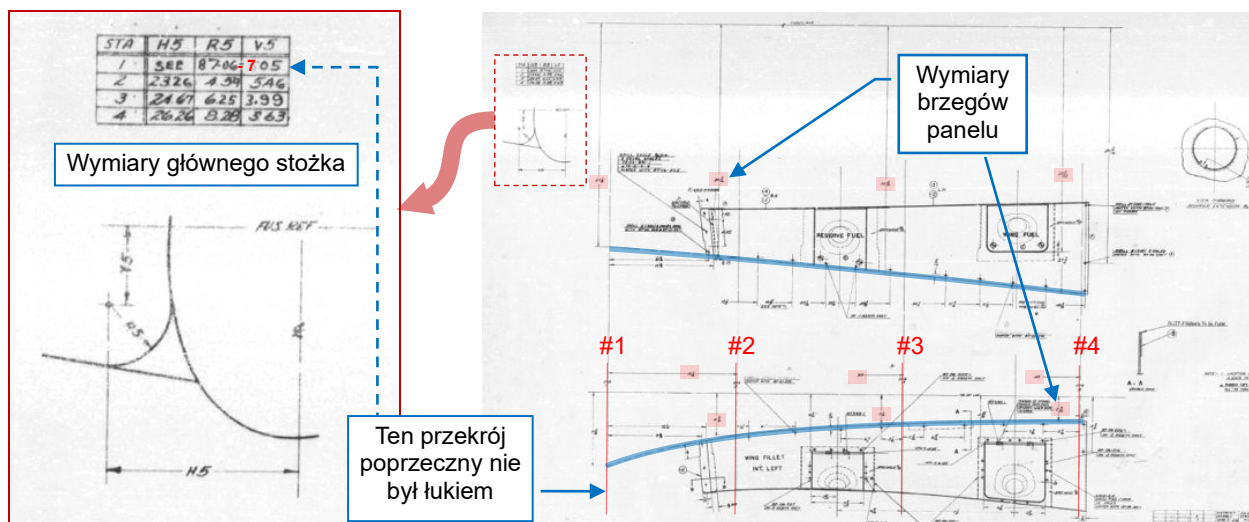
Koncepcyjnie, ten kształt jest oparty o dwa wygięte, przyległe stożki: mniejszy i większy. Rysunek 9.3.1a) pokazuje ich teoretyczne kontury. Panele poszycia opprofilowania są połączone wzdłuż linii styku tych stożków:



Rysunek 9.3.1 Geometria opprofilowania krawędzi przecięcia skrzydła z kadłubem

Przednia część tej osłony (pomiędzy krawędzią natarcia skrzydła i osłoną silnika) miała inną geometrię, o wydłużonych przekrojach poprzecznych². Tylna dolna część opprofilowania (za krawędzią spływu skrzydła) jest płaską kontynuacją dolnej powierzchni płata (Rysunek 9.3.1b). Za przegrodą silnika, to opprofilowanie składało się z trzech paneli (przedniej, środkowej i tylnej), przymocowanych do kadłuba śrubami.

Na szczęście, zachowały się współrzędne tego opprofilowania z „krótkonosych” wariantów P-40. Są to rysunki [87-06-502](#), [87-06-503](#), [87-06-705](#). Rysunek 9.3.2 pokazuje zawartość [87-06-503](#):



Rysunek 9.3.2 Oryginalny rysunek środkowego panelu opprofilowania

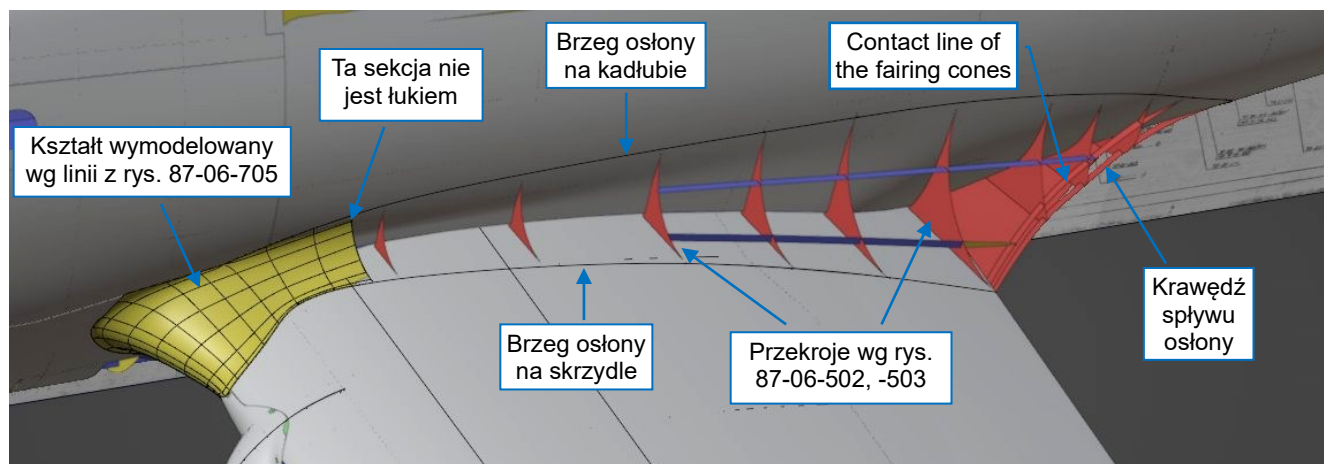
W rysunku [87-06-502](#) (największa, tylna panel) zastosowano podobne konwencje.

¹ Wśród tych samolotów tylko Messerschmitt Bf-109 miał mniejsze opprofilowanie. Może dlatego, że opracowano go na podstawie starszego poprzednika: sportowego Bf-108? (Bf-108 był opracowany jeszcze wcześniej, w 1933 r.).

² Był to wynik modyfikacji wprowadzonej pod koniec 1940. Oryginalnie, przednia panel opprofilowania P-40 była niewielką powierzchnią stożkową „owiniętą” wokół krawędzi natarcia skrzydła, jak w P-36. Jednak taki kształt w połączeniu z węższą osłoną silnika znacznie zwiększył tendencję do kapotażu podczas lądowań. Aby choć częściowo temu zapobiec, Curtiss stworzył większy przedni panel opprofilowania połączenia skrzydła z kadłubem. Te nowe panele były także montowane w wyprodukowanych wcześniej P-40.

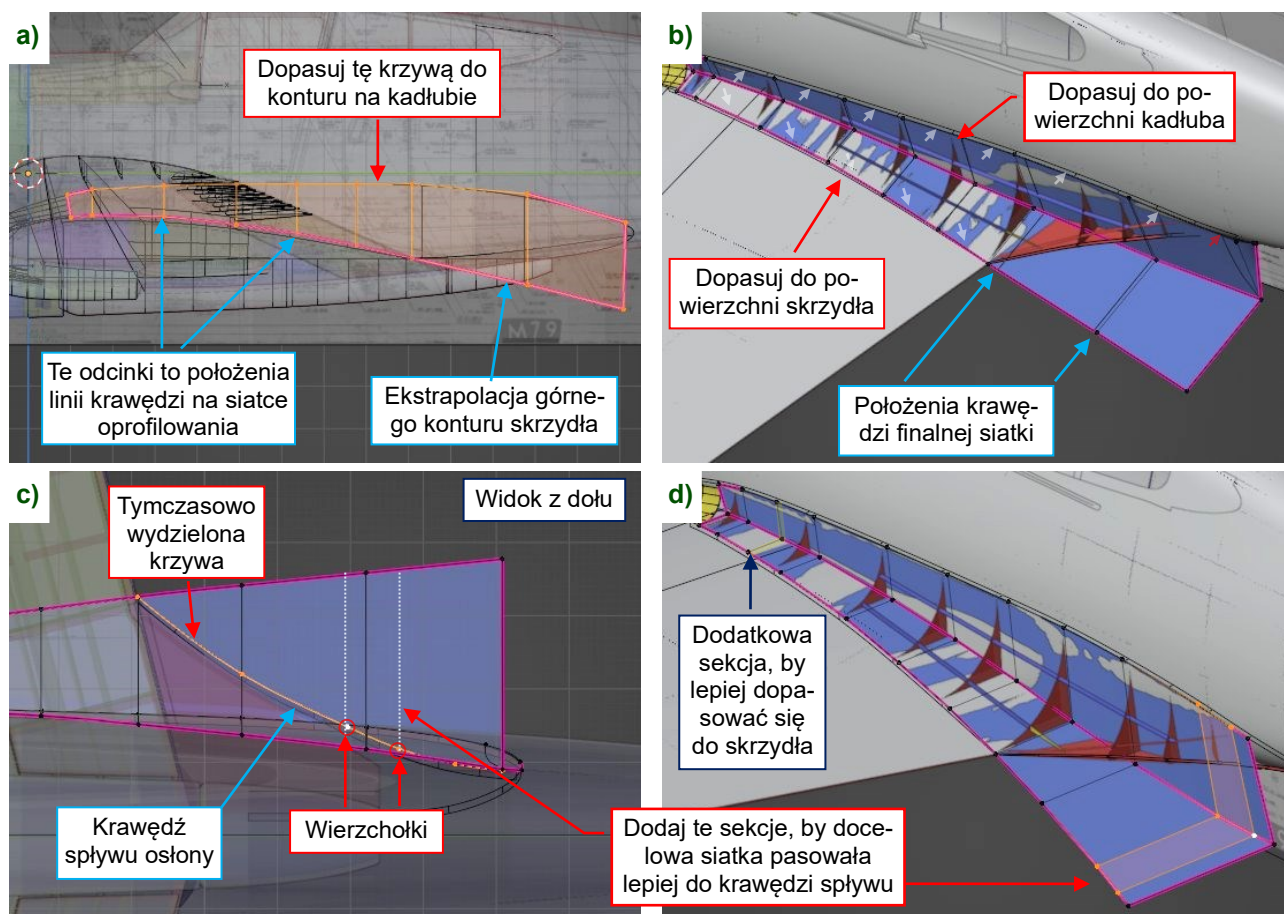
Przednia część osłony skrzydła, pokazana na rysunku [87-06-705](#), pochodzi z P-40D i późniejszych wersji z silnikiem Allison. Rysunek zawiera tylko linie teoretyczne, bez tabeli współrzędnych. Dopasowałem go do osłony silnika z wcześniejszych wersji, zakładając, że poza tymi brzegami ich kształt był identyczny.

Aby zastosować w praktyce wszystkie wymiary z dokumentacji, trzeba stworzyć pomocnicze „wręgi” i obrysować kontury oprofilowania na kadłubie i skrzydle. Zrobiłem to w szkieletie referencyjnym (por. str. 620), który możesz teraz użyć w swoim modelu zamiast tworzyć swój własny (Rysunek 9.3.3):



Rysunek 9.3.3 Pomocnicze kontury wzorcowe oprofilowania

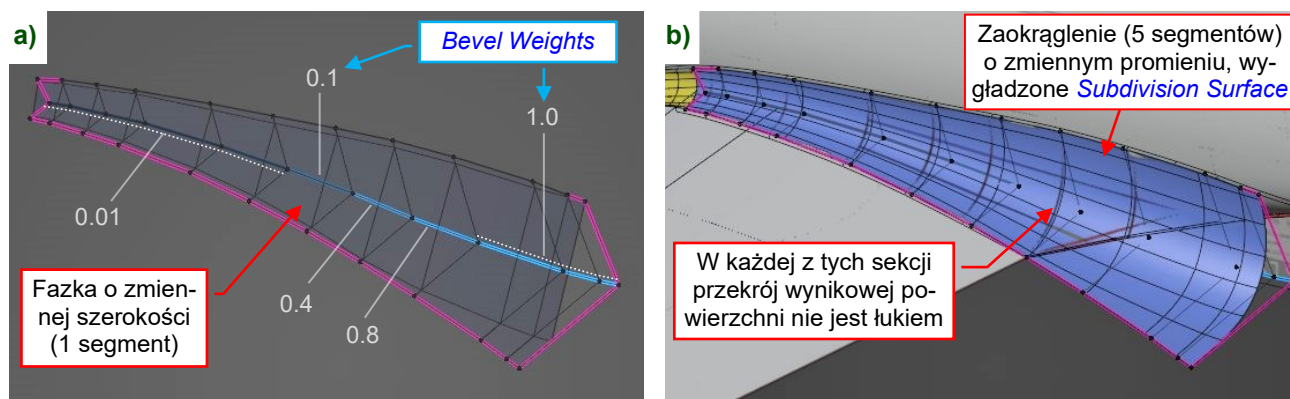
Zacznijmy od odwzorowania zewnętrznych konturów tej osłony. Zacznij od widoku z boku (Rysunek 9.3.4a), potem widoku z góry. Dopasuj te dwie powierzchnie do skrzydła i kadłuba (Rysunek 9.3.4b):



Rysunek 9.3.4 Określanie położenia poprzecznych krawędzi siatki

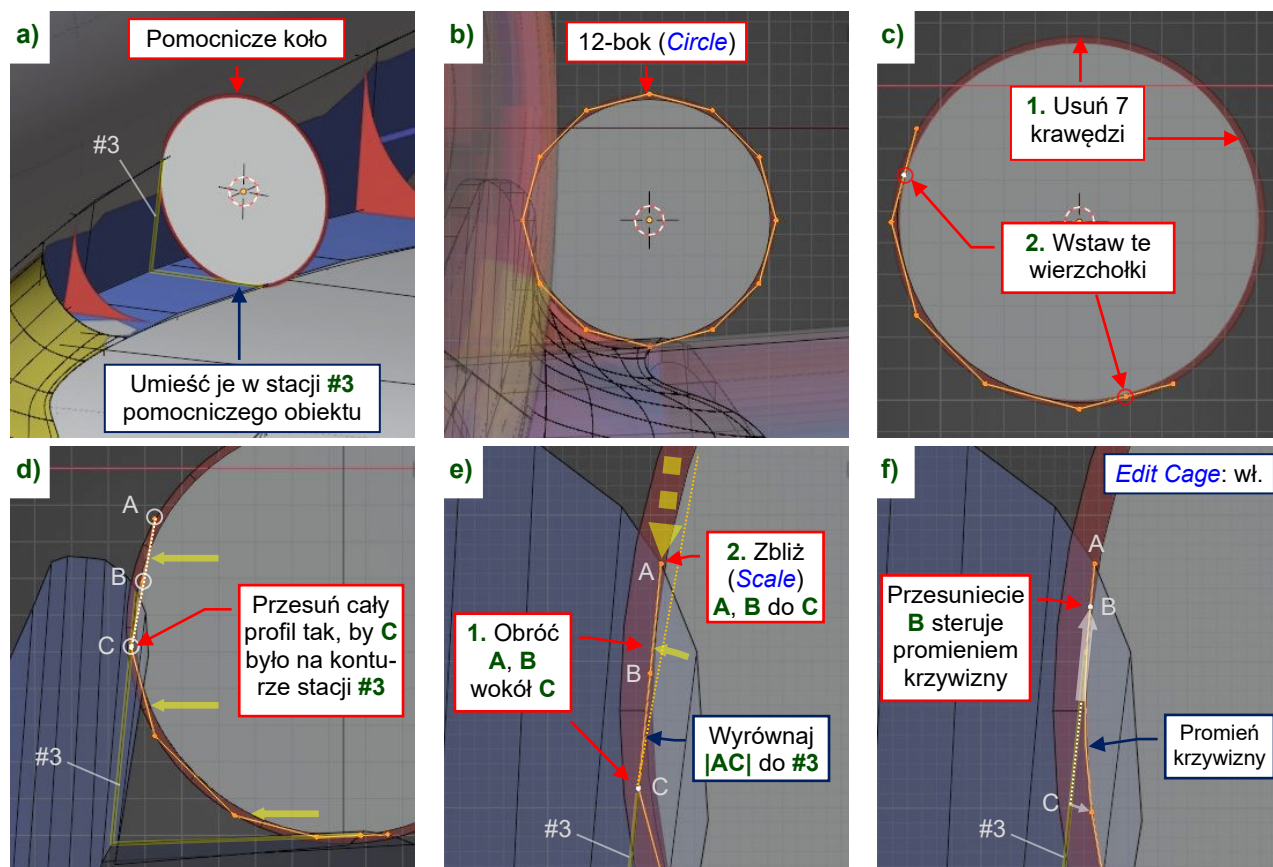
W ten sposób określisz położenie linii krawędzi w finalnej siatce. Pamiętaj też o krawędzi spływu (Rysunek 9.3.4c). Aby być gotowym do jej formowania, zmodyfikuj ostatnie sekcje tego obiektu (Rysunek 9.3.4d).

Do zaokrąglenia tej narożnej krawędzi moglibyśmy wykorzystać modyfikator **Bevel (Weight)** (Rysunek 9.3.5):



Rysunek 9.3.5 Wykorzystanie modyfikatora **Bevel (Weight)**

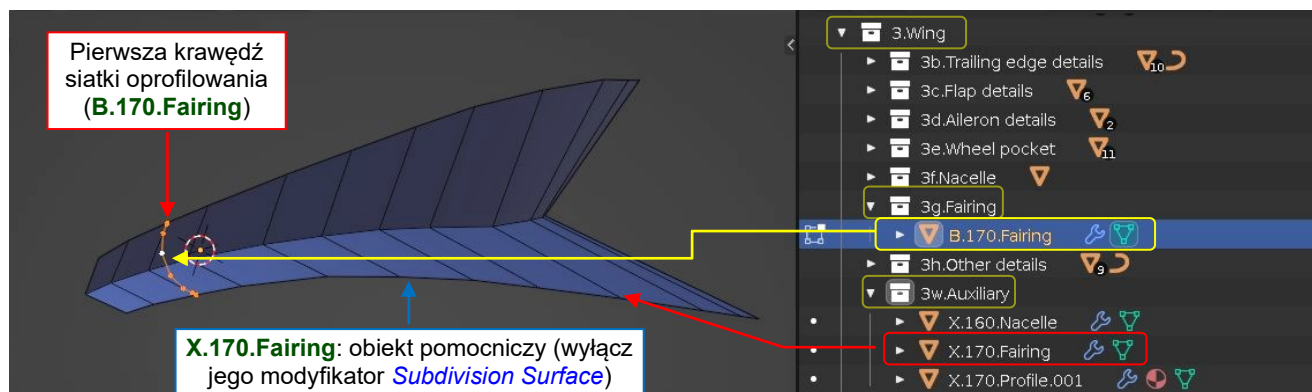
Modyfikator **Bevel** szybko tworzy takie zaokrąglenia. Jednak kryją się tu kłopoty, bo współczynniki **Bevel Weight** nie sterują wprost ich promieniem wynikowym (Rysunek 9.3.5a). Co więcej, wynikowa powierzchnia podziałowa oparta o te zaokrąglenia nie tworzy regularnych łuków w przekrojach poprzecznych. Ich kształty wymagają poprawienia po „utrwaleniu” modyfikatora (Rysunek 9.3.5b). To oznacza dużo ręcznych poprawek. Dlatego wolę stworzyć to oprofilowanie przez „ręczne” wyciąganie krzywej podziałowej o kształcie regularnego łuku:



Rysunek 9.3.6 „Ręczne” Formowanie okrągłego przekroju

Stwórz okrąg wzorcowy (Rysunek 9.3.6a), dopasowany do jednej z wzorcowych sekcji pomocniczego obiektu (por. Rysunek 9.3.4d). (Aby widzieć jego sekcje, włącz w **Properties: Object** opcję **Wireframe**). Stwórz pierwszą sekcję tej siatki: 12-boczny okrąg, wygładzony **Subdivision Surface** (Rysunek 9.3.6b). Usuń 7 niepotrzebnych wierzchołków i podziel pierwszy i ostatni bok (Rysunek 9.3.6c). Przesuń cały profil, aby trzeci wierzchołek (**C**) znalazł się na wzorcowym konturze (Rysunek 9.3.6d). Obróć wierzchołki **A** i **B** wokół **C**, tak, aby leżały na jednej linii (Rysunek 9.3.6e). teraz możesz sterować lokalną krzywizną konturu wynikowego przesuwając (**Slide**) wierzchołek **B** wzdłuż krawędzi **|AC|** (Rysunek 9.3.6f). Dopasuj tak samo drugi koniec tej krzywej.

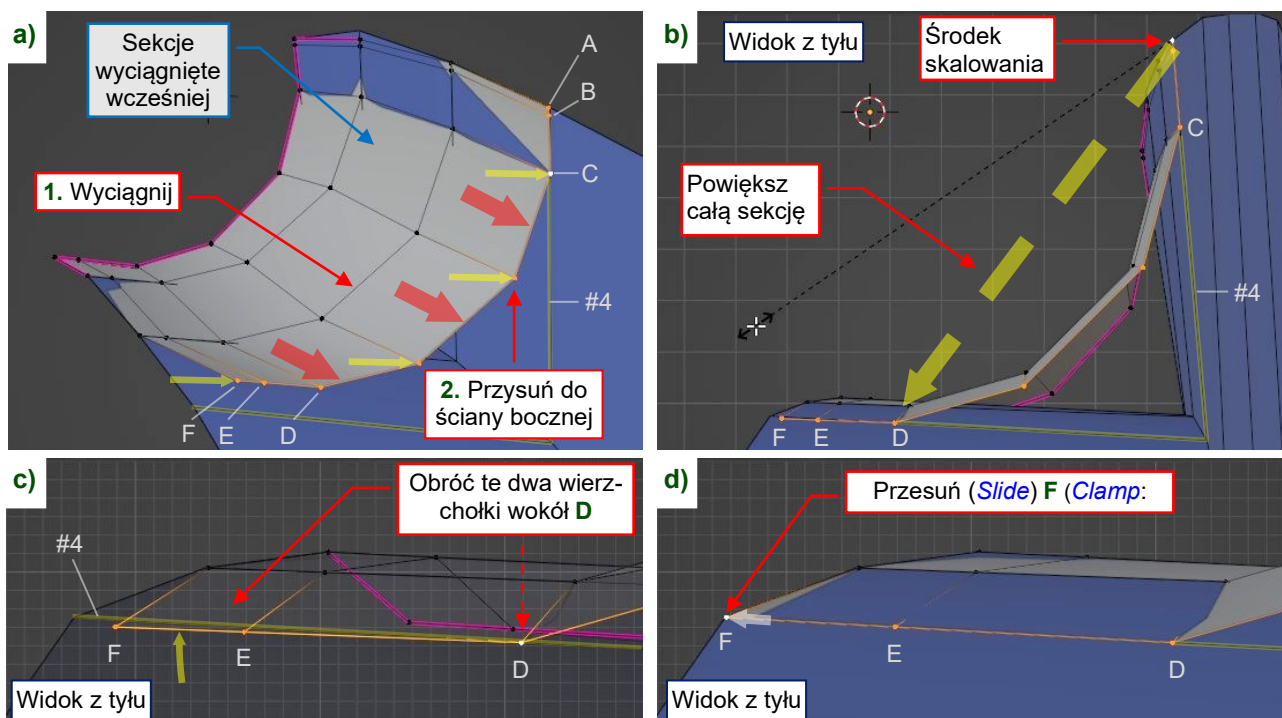
Nazwijmy przygotowane pomocnicze ściany (por. Rysunek 9.3.4) **X.170.Fairing**. Łuk, którego tworzenie pokazuje Rysunek 9.3.6 jest pierwszą krawędzią siatki oprofilowania. Nazwijmy ten nowy obiekt **B.170.Fairing**. Umieść te nowe elementy w odpowiednich subkolekcjach kolekcji **3.Wing** (Rysunek 9.3.7):



Rysunek 9.3.7 Nowe obiekty w strukturze modelu

W odróżnieniu od pozostałych części skrzydła, „rodzicem” (*Parent*) tych dwóch obiektów jest **X.000.Base**.

Wyciągnij krawędź początkowego łuku siatki **B.170.Fairing** wzdłuż wzorcowych ścian. Robiąc to, tymczasowo wyłącz w modyfikatorze *Subdivision Surface* opcję *Edit Mode* (por. str. 384, Rysunek 9.2.6). Umieść każdą nowo wyciągniętą linię krawędzi w odpowiedniej sekcji pomocniczej **X.170.Fairing** (Rysunek 9.3.8):



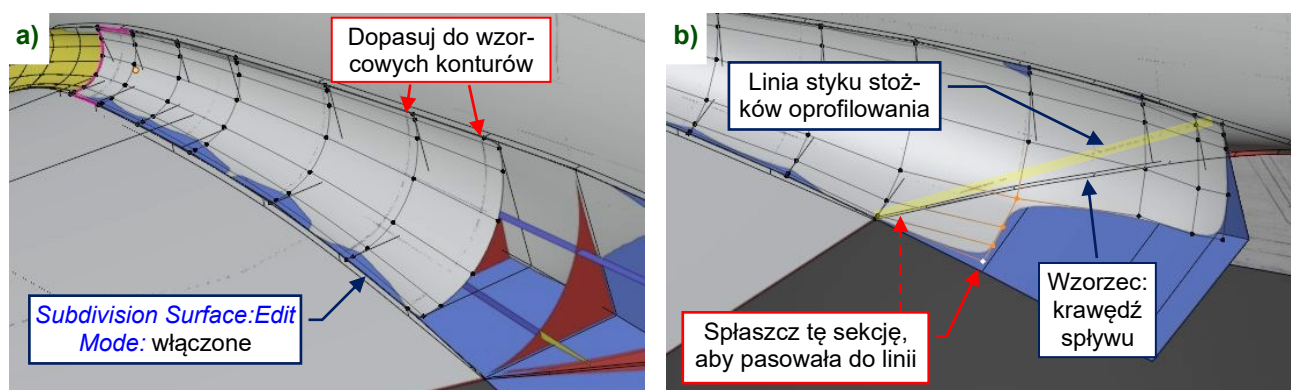
Rysunek 9.3.8 Wyciąganie kolejnych segmentów siatki oprofilowania

Aby dopasować taką nową sekcję siatki do krawędzi referencyjnej **#4**, wykonaj poniższe kroki:

1. Przesuń nowo utworzoną krawędź, aby wierzchołek **C** znalazł się na krawędzi **#4** (Rysunek 9.3.8a).
2. Obróć wierzchołki **A** i **B** wokół **C**, aby znalazły się na tej samej krawędzi wzorca (Rysunek 9.3.8b).
3. Ustaw środek transformacji w wierzchołku **A** i skaluj całą linię krawędzi, dopóki wierzchołek **D** nie „dotknie” poziomego odcinka **#4** (Rysunek 9.3.8b).
4. Obróć **E** i **F** wokół **D**, aby te trzy wierzchołki leżały na tej samej krawędzi **#4** (Rysunek 9.3.8c).
5. Przesuń (*Slide*) wierzchołek **F**, umieszczając go na brzegu wzorcowego konturu (Rysunek 9.3.8d).

W rezultacie, odcinki **|AC|** i **|DF|** formowanej linii krawędzi leżą w odpowiednim miejscu wzorca.

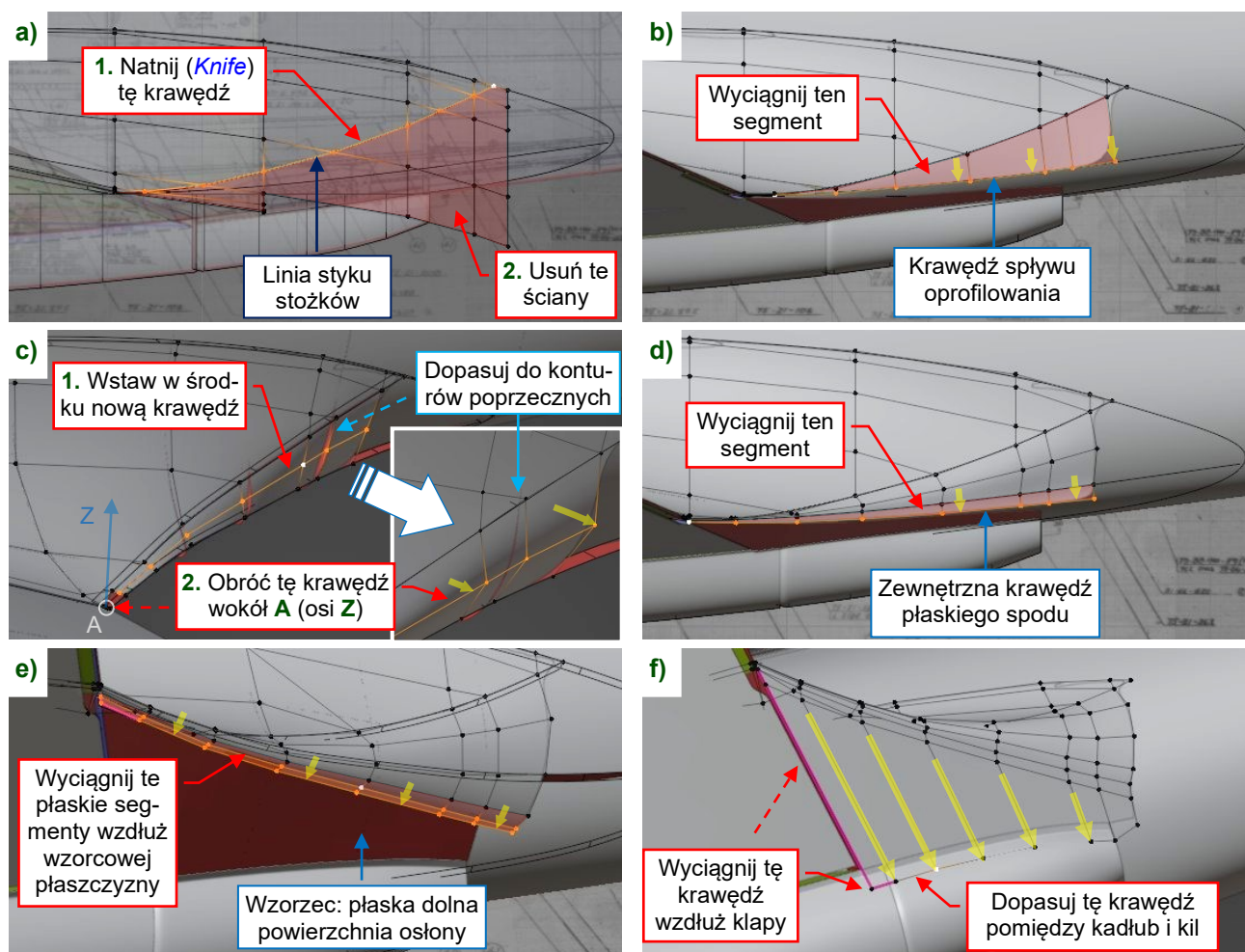
Od czasu do czasu włączaj w modyfikatorze *Subdivision Surface* opcję *Edit Mode*, aby wprowadzić drobne poprawki dopasowujące powierzchnię wynikową do konturów wzorcowych (Rysunek 9.3.9a):



Rysunek 9.3.9 Dopasowywanie dalszych części siatki osłony

Jedna z podłużnic wzorcowego szkieletu biegnie wzdłuż linii styku małego i dużego stożka (por. Rysunek 9.3.1). Aby się do niej dopasować, za skrzydłem przekroje oprofilowania nie są już łukami (Rysunek 9.3.9b).

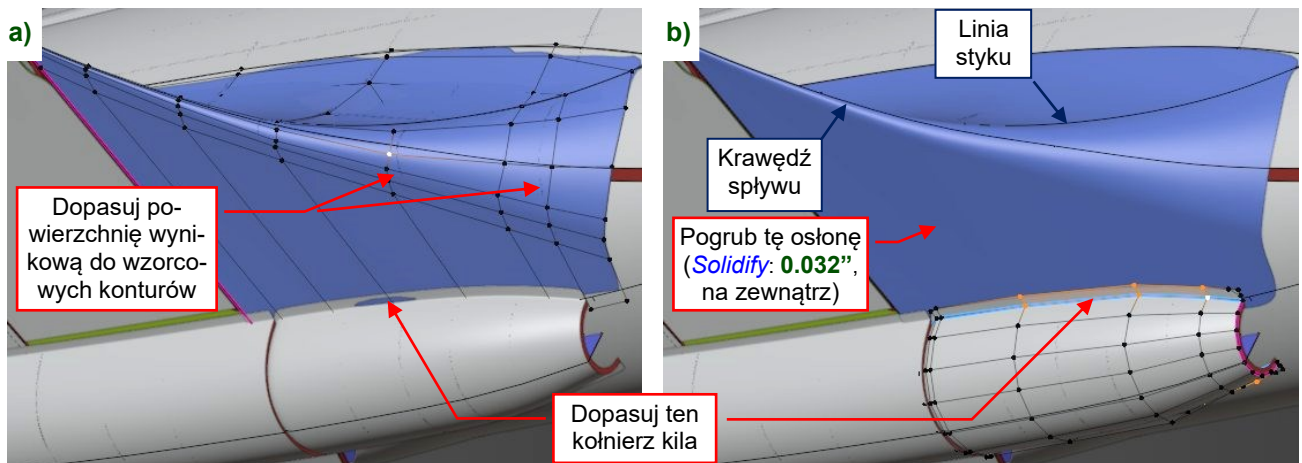
Odetnij (narzędziem *Knife*) część tej siatki za linią styku stożków (Rysunek 9.3.10a). Wyciągnij z tej krawędzi nowy segment siatki do wzorcowej krawędzi spływu (Rysunek 9.3.10b). Wstaw potem w środek dodatkową linię krawędzi (Rysunek 9.3.10c):



Rysunek 9.3.10 Formowanie stożka krawędzi spływu

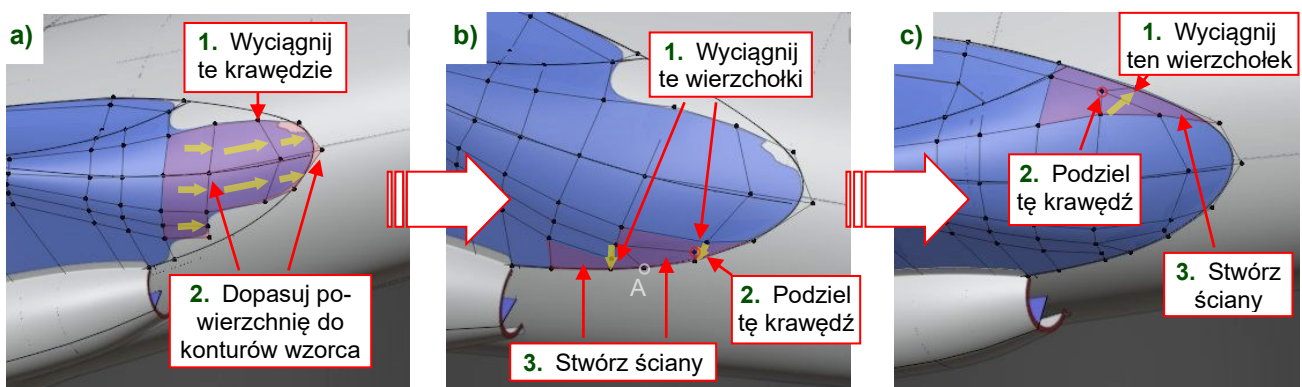
Wyciągnij linię krawędzi do dolnego konturu wzorcowego (Rysunek 9.3.10d), potem wyciągnij płaską krawędź, która leży na wzorcowej dolnej powierzchni. Wstaw w środek tego nowego segmentu kolejną linię krawędzi (Rysunek 9.3.10e), potem wyciągnij kolejną krawędź i dopasuj pomiędzy kadłub i kil (Rysunek 9.3.10f).

Popraw wierzchołki stożka krawędzi spływu, dopasowując powierzchnię wynikową do wzorcowych konturów przekrojów (Rysunek 9.3.11a). Czasami możesz stwierdzić, że kołnierz kila nie jest dobrze dopasowany do kształtu oprofilowania. W takim przypadku, popraw ten kołnierz (Rysunek 9.3.11b).



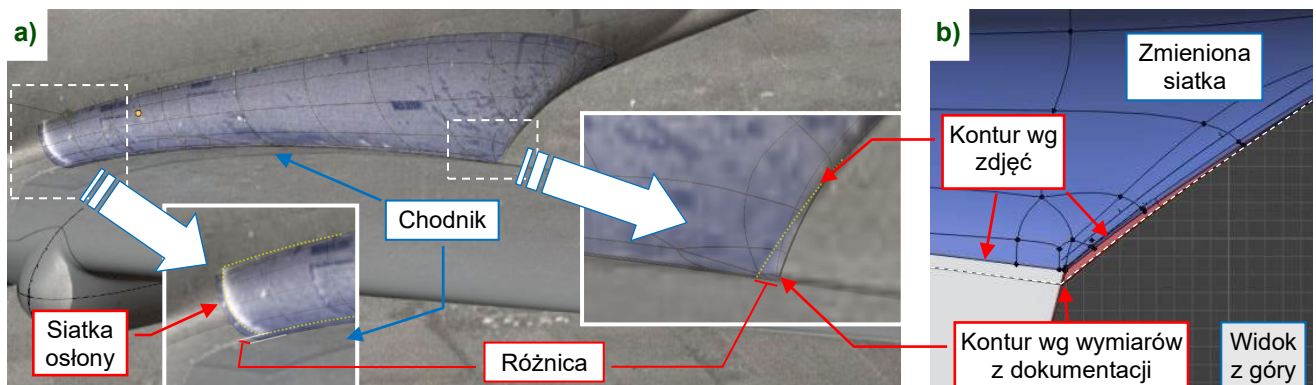
Rysunek 9.3.11 Formowanie stożka krawędzi spływu (c.d.)

Gdy stożek jest gotowy, uformuj końcówkę tej krawędzi spływu. Najpierw wyciągnij jej środkowe ściany (Rysunek 9.3.12a), potem wyciągnij z ich wierzchołków „narożniki” tej siatki, podziel, gdzie jest to potrzebne i połącz ścianami (Rysunek 9.3.12b, c). Gdy do dopasowania do konturu wzorcowego potrzeba dodatkowej wierzchołka, możesz podzielić krawędź z brzegu siatki (tak dodałem wierzchołek **A** – por. Rysunek 9.3.12b).



Rysunek 9.3.12 Formowanie końcówki krawędzi spływu

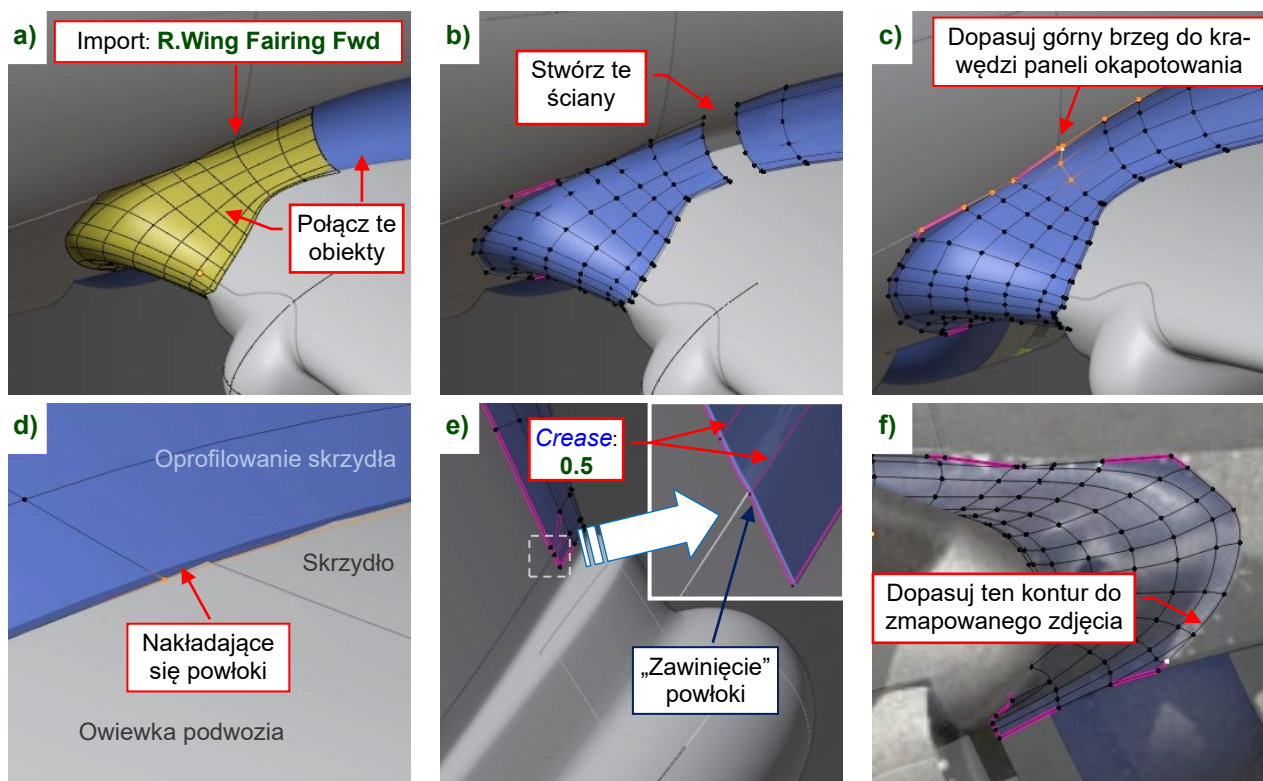
Jako dodatkowych referencji użyłem nałożonych na model zdjęć (Rysunek 9.3.13a). Odkryłem, że zewnętrzna krawędź oprofilowania była bliżej kadłuba niż wynika to z wymiarów z dokumentacji P-36 i P-40:



Rysunek 9.3.13 Dopasowanie modelu do zdjęć

Różnica wynosi około **0.5"** przy krawędzi spływu skrzydła. Nie potrafię tego wyjaśnić. Obydwie alternatywy jakoś pasują do wzmocnienia chodnika, które stworzyliśmy w sekcji 5.5 (por. str. 197, Rysunek 5.5.27). Założyłem, że zdjęcie pokazuje stan prawdziwy, i odpowiednio zmodyfikowałem model (Rysunek 9.3.13b).

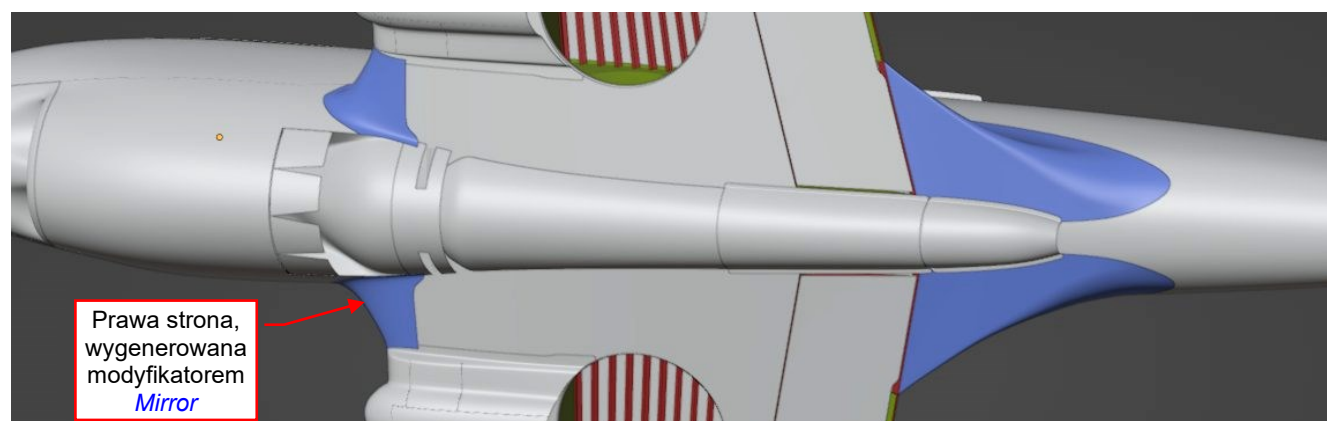
Przednią część oprofilowania można by uzyskać z profilu krawędzi natarcia skrzydła, wyciąganego wzdłuż globalnej osi **X**. Jednak w tym P-40 możemy także użyć gotową żółtą powierzchnię ze szkieletu referencyjnego (por. Rysunek 9.3.3). Nazywa się **R.Wing Fairing Fwd**. Możesz połączyć ten obiekt ze sceny **Reference**¹ lub importować go z pliku [source/reference\3D_model\P-40_ref.blend](#) (por. str. 437). Gdy pojawi się już w scenie **Model** (Rysunek 9.3.14a), scal jego siatkę z obiektem osłony (**B.170.Fairing**):



Rysunek 9.3.14 Dopasowywanie krawędzi natarcia oprofilowania zaimportowanej ze wzorca

Po scaleniu, usuń ostatnią linię krawędzi z zaimportowanej części i upewnij się, że wszystkie wektory normalne są skierowane do wewnątrz. Stwórz nowe ściany łączące część przednią i tylną (Rysunek 9.3.14b). Sprawdź zewnętrzne brzoje tej osłony, dopasowując je do powierzchni skrzydła lub okapowania (Rysunek 9.3.14c). Użyj „częściowo zatopionych” powłok do stworzenia efektu nałożenia osłony na owiewkę podwozia (Rysunek 9.3.14d). W dolnym zewnętrznym narożniku siatki użyj częściowych wyostreń (Rysunek 9.3.14d) do „wygięcia” oprofilowania wzdłuż owiewki i skrzydła. Porównaj także kształt brzoju ze zdjęciami (Rysunek 9.3.14e).

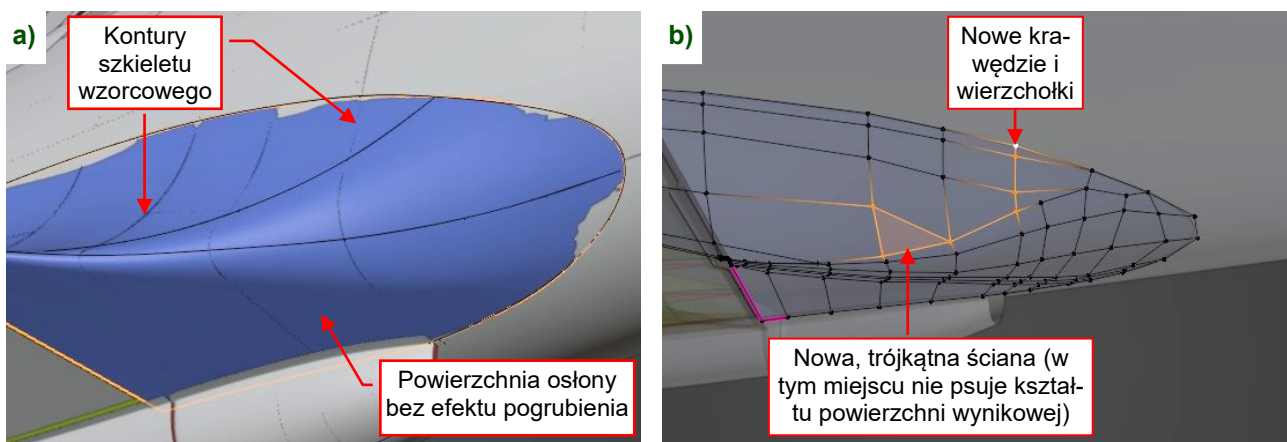
Rysunek 9.3.15 pokazuje gotową dolną część oprofilowania, wraz z wygenerowaną prawą stroną:



Rysunek 9.3.15 Gotowa dolna część oprofilowania

¹ Zaznacz ten obiekt w scenie **Reference** i wybierz z menu **Object → Link/Transfer Data → Link Objects to Scene** scenę **Model**.

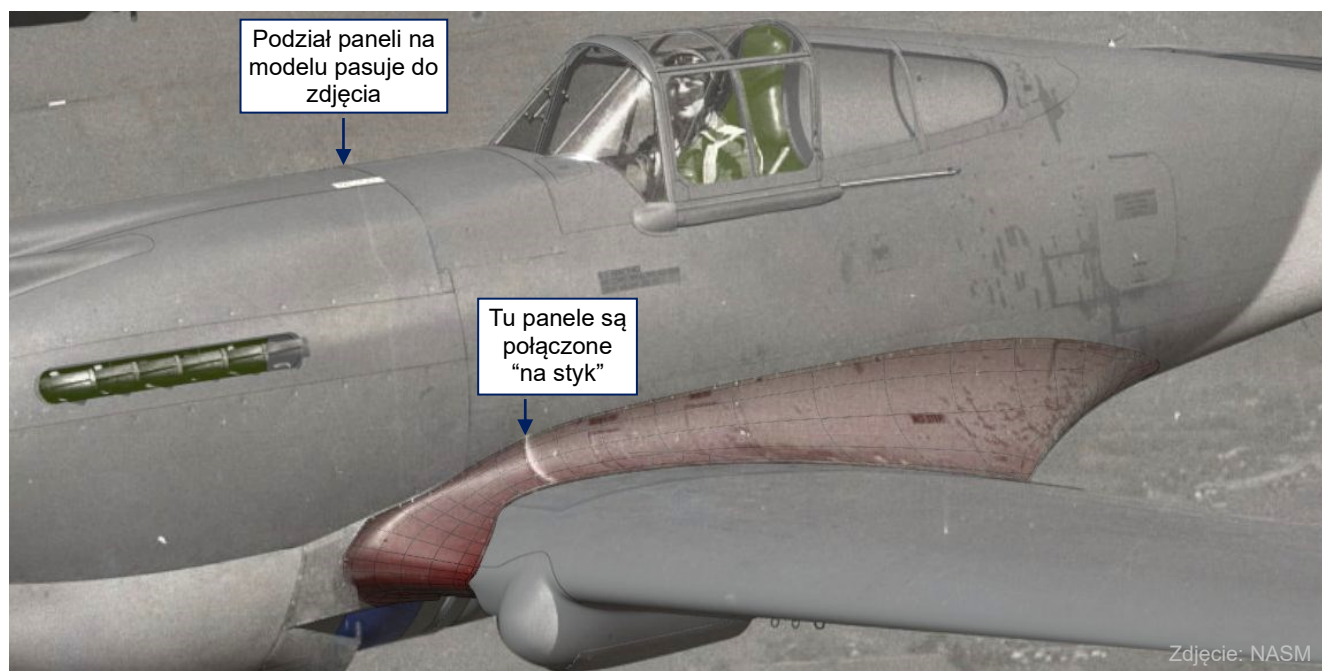
Obejrzyj całą osłonę pod różnymi kątami, szukając ewentualnych zaburzeń powierzchni wynikowej. Aby widzieć lepiej wzorcowe kontury, wyłącz na chwilę w modyfikatorze *Solidify* opcje *Edit Mode* i *Realtime*¹. Rysunek 9.3.16a) pokazuje osłonę „obraną” z warstwy o grubości blachy oraz wystające z niej zarysy elementów szkieletu wzorcowego. Aby lepiej dopasować powierzchnię oprofilowania do tych konturów, zdecydowałem się zmienić lokalną topologię jego siatki, dodając kilka nowych wierzchołków (Rysunek 9.3.16b):



Rysunek 9.3.16 Ostatnie poprawki w siatce osłony

Dla porównania, poprzednią topologię tego obszaru pokazuje Rysunek 9.3.12c). W podobny sposób możesz poprawić tę siatkę we wszystkich miejscach, w których powierzchnia wynikowa nie pasuje dobrze do konturów wzorcowych, lub gdzie zauważyłeś nieregularności spowodowane przez ściany trójkątne lub n-gony.

Rysunek 9.3.17 pokazuje gotowe oprofilowanie (i resztę modelu) nałożone na archiwalne zdjęcie P-40:



Rysunek 9.3.17 Nasz model, zmapowany na zdjęcie archiwalne

Zgodnie z dokumentacją, wszystkie panele osłony krawędzi skrzydła i kadłuba były łączone „na zakładkę” z wyjątkiem jednej, zaznaczonej powyżej. Wykorzystamy tę informację podczas teksturowania, do rysowania „mapy nierówności”. W prawej krawędzi natarcia tej osłony znajdował się mały otwór wentylacyjny. Odtworzymy ten detal na ostatnim etapie uszczegóławiania modelu.

¹ W tej osłonie modyfikator *Solidify* generuje efekt „grubości blachy” po zewnętrznej stronie powierzchni podziałowej. Dlatego ukrycie tego efektu przenosi nas o 0.032” głębiej, odsłaniając kontury szkieletu wzorcowego.

Podsumowanie

- Oprofilowanie połączenia skrzydła z kadłubem ma kształt części dwóch wygiętych, połączonych stożków (str. 390). Zachowały się oryginalne rysunki tego zespołu dla P-36 i P-40D. Aby użyć wszystkie z podanych w nich współrzędnych, przygotuj wzorcowy „szkielet” złożony z wręg i konturów (str. 391). Później odkryjemy, że na zdjęciach zewnętrzny brzeg tej osłony był o ~0.5” bliżej kadłuba niż linia poprowadzona wg wymiarów z dokumentacji (str. 395). Ta poprawna linia jest zbliżona do konturu z rzutu z góry Jumpei Temmy.
- Zaczynij od odtworzenia w jednej siatce konturów osłony na kadłubie i na skrzydle (str. 391). Zamodeluj obydwie krzywe za pomocą tych samych linii krawędzi, złożonych z dwóch wierzchołków. Położenie tych krawędzi wzdłuż globalnej osi **Y** określa położenie kolejnych sekcji w finalnej siatce osłony.
- Mógłbyś stworzyć pierwsze przybliżenie głównego stożka za pomocą zmiennego zaokrąglenia *Bevel (Weight)* (str. 392). Jednak wielosegmentowy *Bevel* generuje przekroje poprzeczne w kształcie regularnych łuków. Gdy wygładzisz taką siatkę modyfikatorem *Subdivision*, to z takich punktów sterujących nie uzyskasz idealnych przekrojów w kształcie łuku na wynikowej powierzchni podziałowej. W przypadku mniejszych łuków te różnice są pomijalne. Jednak ta osłona jest na tyle duża, że po „utrwaleniu” modyfikatora *Bevel* musiałbyś ręcznie poprawiać każdą z sekcji siatki oprofilowania. Dlatego zdecydowałem się stworzyć ten stożek w inny sposób: wyciągając jego kolejne sekcje z początkowego profilu (str. 393). Ten profil ukształtowałem na początku jako krzywą podziałową o kształcie regularnego łuku (str. 392).
- Formowanie mniejszego stożka (krawędzi spływu osłony) zaczynij od odcięcia części siatki za linią styku stożków (str. 394). Potem wyciągnij kolejne linie krawędzi bocznych tego stożka, dopasowując powierzchnię wynikową do szkieletu wzorcowego (str. 395).
- W podobny sposób mógłbyś uformować osłonę wokół krawędzi natarcia skrzydła. Jednak w tej książce wykorzystałem gotową powierzchnię ze szkieletu wzorcowego (str. 396).
- Prawą osłonę stwórz za pomocą modyfikatora *Mirror* (str. 396).

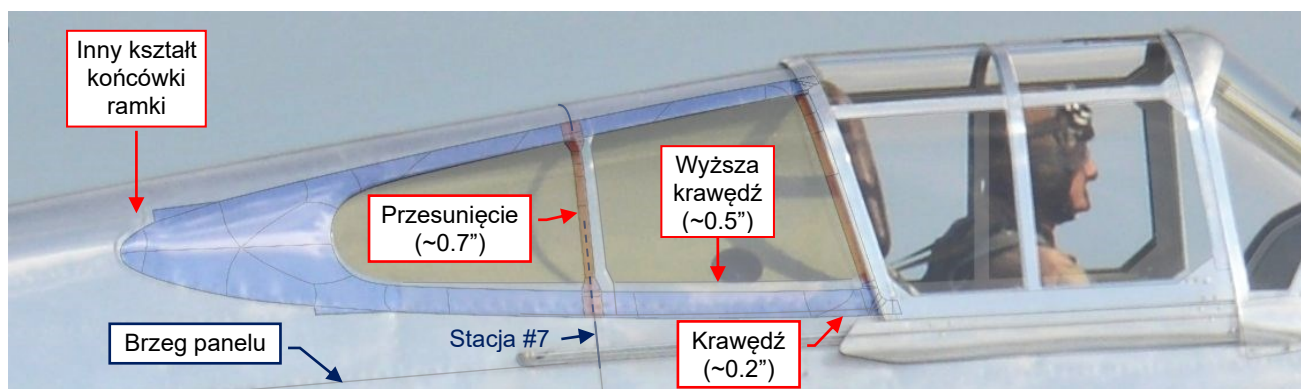


W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: *model/p40/history/P40B-13.03.blend*.

9.4 Weryfikacja końcowa i poprawki

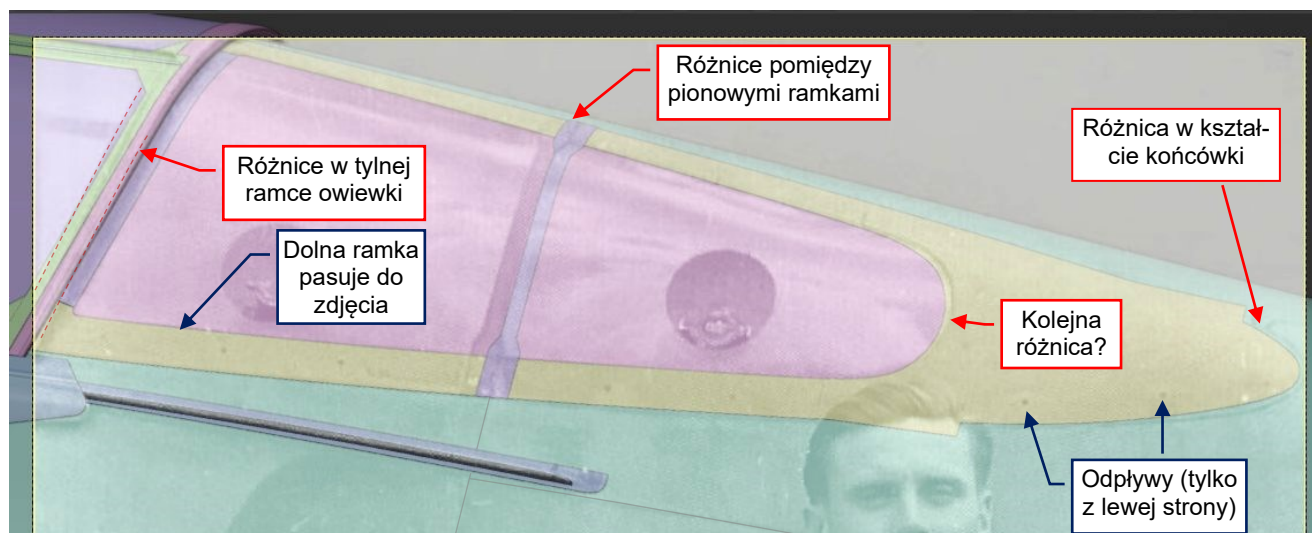
Uformowaliśmy już wszystkie zewnętrzne powierzchnie naszego modelu, ale nie ma w nim jeszcze szczegółów¹. To dobra chwila na dodatkową weryfikację jego geometrii, bo łatwiej będzie nanieść ewentualne poprawki.

Pomimo zachowanych rysunków fabrycznych, w tym P-40 nadal jest wiele nieudokumentowanych obszarów. Teraz zamierzam je porównać ze zdjęciami, do których dopasowałem projekcję modelu (por. Rozdział 14). Wspominałem już o tej metodzie (str. 319, 360, 361, 365, 395, 396). Najtrudniejszą rzeczą w tej technice jest dokładne „dopasowanie” modelu do zdjęcia. Gdy tylko to się uda, uzyskujesz wspaniały wzorzec, który możesz używać tak, jak plany samolotu (Rysunek 9.4.1):



Rysunek 9.4.1 Identyfikacja różnic pomiędzy modelem a zdjęciem

Zacznijmy od ramki oszklenia za kabiną. W naszym modelu oparliśmy się na rys. [75-21-076](#) z P-36. Zmodyfikowaliśmy w nim tylko wewnętrzny kontur z tyłu (str. 335). Położenie pionowego paska ramki jest zgodne z tym rysunkiem: jego środkowa oś biegnie wzdłuż stacji #7. Jednak w odrestaurowanych samolotach tylna krawędź tego paska biegnie wzdłuż łączenia paneli kadłuba, czyli dokładnie na płaszczyźnie #7. Podobnie, dolna część ramki jest nieco wyżej niż na rysunku z P-36 (Rysunek 9.4.1). Widać tu także różnice w kształcie tylnej końcówki ramki. Sprawdźmy, czy potwierdzi to zdjęcie archiwalne (Rysunek 9.4.2):



Rysunek 9.4.2 Porównanie ze zdjęciem archiwalnym (P-40B z AVG)

Na archiwalnym zdjęciu P-40B można dostrzec dwie z trzech różnic wykrytych pokazanych przez Rysunek 9.4.1. Wydaje się tu także, że tylna krawędź ruchomej owiewki jest pod innym kątem niż w naszym modelu.

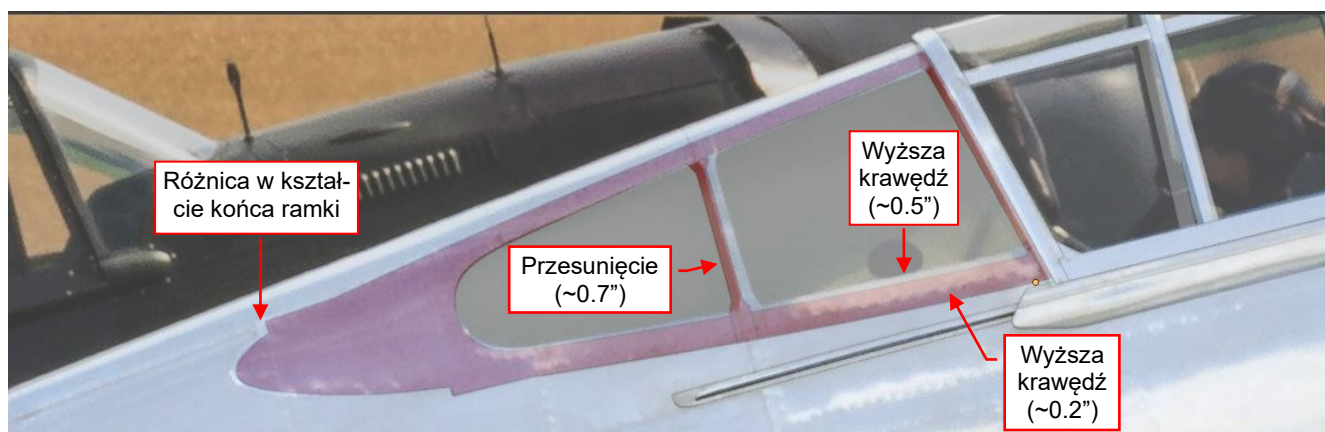
¹ Z wyjątkiem skrzydła (por. str. 286 - 328). Zdecydowałem się jednak odtworzyć te szczegóły, bo powstawały w oparciu o oryginalną dokumentację. Nie stworzyliśmy jeszcze struktur wewnętrznych w owiewkach podwozia, bo nie są w ten sposób potwierdzone. (Stworzyłem je w oparciu o kilka pozostawionych rysunków i wiele założeń).

Każde z tych dopasowań do zdjęć jest wykonywane z pewną tolerancją¹. Spróbowałem nieco „naciągnąć” projekcję na to zdjęcie archiwalne, poprawiając dopasowanie mojego modelu do obrazu (Rysunek 9.4.3):



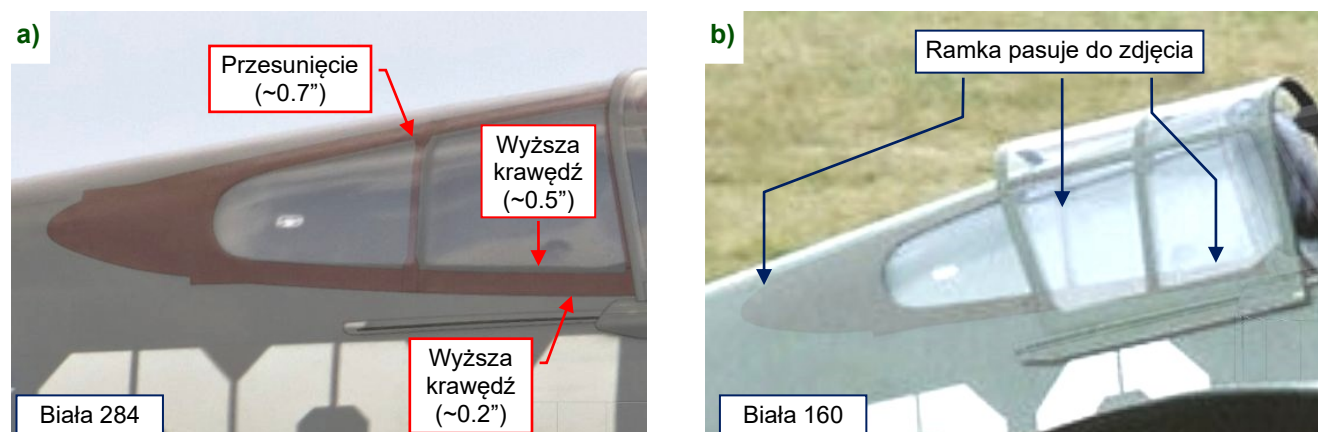
Rysunek 9.4.3 Poprawione mapowanie archiwalnego zdjęcia

Jak widać powyżej, udało mi się zmniejszyć różnicę przy końcówce ramki oszklenia (por. Rysunek 9.4.3 i Rysunek 9.4.2). W przypadku odrestaurowanego samolotu, poszukałem innego zdjęcia tej samej maszyny. Rysunek 9.4.4 potwierdza dla tego P-40C #N80FR różnice wyliczone przez Rysunek 9.4.1:



Rysunek 9.4.4 Inne ujęcie tego samego samolotu (odrestaurowany P-40C N80FR)

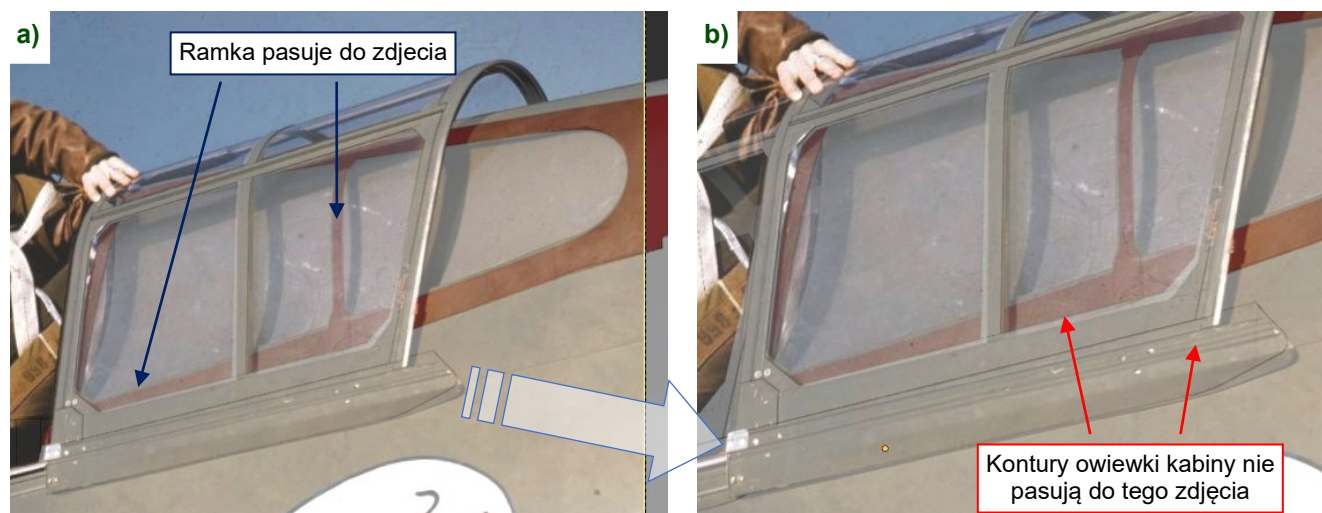
Te różnice widać na niektórych odbudowanych P-40 (Rysunek 9.4.5a), a na innych – nie (Rysunek 9.4.5b):



Rysunek 9.4.5 Porównanie modelu z innymi P-40 („biała 284” i białą „160”), odrestaurowanymi przez różne zespoły

¹ Zazwyczaj jest to tolerancja „na szerokość piksela”: często musisz decydować, po której stronie „ząbkowanego” rzędu pikseli umieścić gładki kontur modelu. W przypadku niektórych zdjęć archiwalnych podałem się, gdy nie mogłem jednocześnie dopasować go do środka obrazu i obszarów wzdłuż brzegów. W takim przypadku koncentrowałem się na dopasowaniu modelu do środka zdjęcia.

Sprawdziłem także kolejne archiwalne zdjęcie P-40-cu z NASM (Rysunek 9.4.6a):



Rysunek 9.4.6 Porównanie ramek kabiny z innym zdjęciem P-40

W tym przypadku pionowy pasek dokładnie pasuje do zdjęcia (żadnych różnic). Przesunięcie zewnętrznej ramki jest mniejsze, zresztą może być spowodowane błędem w mapowaniu (lub jakąś deformacją fotografii). Ta „przymiarka” pokazuje za to pewne różnice w ramce odsuwanej osłony kabiny (Rysunek 9.4.6b)¹.

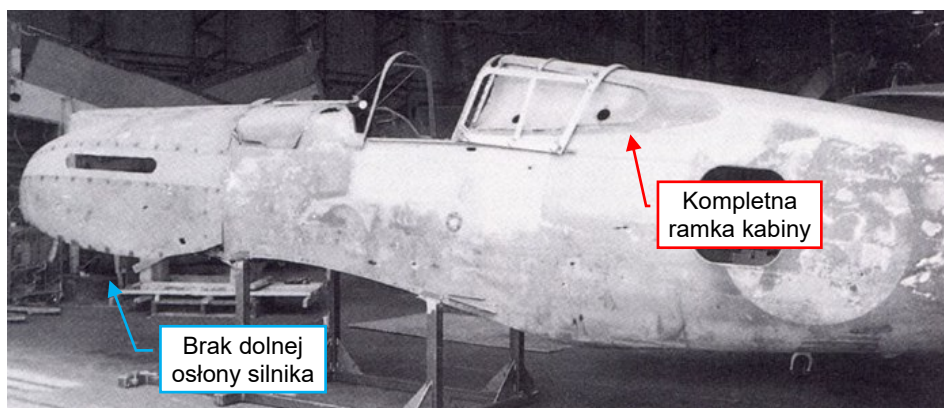
Dopasowanie odsuwanej osłony jest trudniejsze, ponieważ na każdym zdjęciu może się znajdować w innym miejscu swoich szyn. Na przykład, dopasowując model do obrazu pokazywanego przez Rysunek 14.2.20, zastanawiałem się, czy pilot nie dosunął jej do końca, zostawiając sobie wąską szczelinę do lepszej wentylacji.

Dopasowałem model do ponad 20 zdjęć. Rezultaty były różne. W niektórych przypadkach widać różnice wyliczone przez Rysunek 9.4.1, podczas gdy w innych ramka z modelu pasuje do fotografii.



Dokładność mapowania modelu do tych archiwalnych zdjęć to około **0.5"**. Może być lepsza w przypadku współczesnych zdjęć, ale na nich trzeba zidentyfikować i pominąć zmodyfikowane elementy.

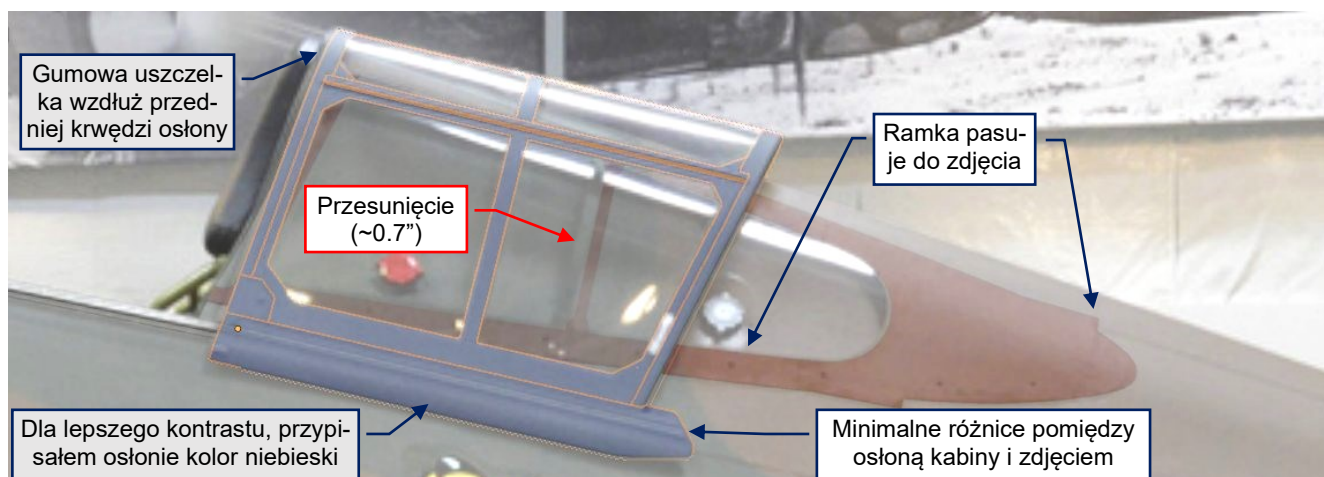
Ostatecznie, zacząłem podejrzewać, że wiatrochron w odrestaurowanym **N80FR** jest zamontowany o jakieś **0.3"** wyżej niż w oryginale. Poszukałem więc jakiegoś odbudowanego P-40 z oryginalną osłoną kabiny. Znalazłem P-40C **#41-13390**. Został porzucony po lądowaniu na brzuchu w okolicach Murmańska w lutym 1942. Wrak samolotu został znaleziony w 1993 z nienaruszonymi ramkami kabiny (Rysunek 9.4.7):



Rysunek 9.4.7 Wrak P-40C #41-13390, odnaleziony w 1993 w okolicach Murmańska

¹ Aby ułatwić sobie dopasowywanie odsuniętych osłon, dodałem do modelu instancję kolekcji **2e2.Canopy** (por. str. 1146), ustawioną w tylnym położeniu. W zależności od aktualnie wybranego zdjęcia tła, przełączałem widoczność tej kolekcji i jej przesuniętej instancji.

Dolna część okapotowania silnika **#41-13390** została zniszczona w rezultacie awaryjnego lądowania, ale poza tym płatowiec był w zadziwiająco dobrym stanie. Rysunek 9.4.8 pokazuje jego kokpit po odrestaurowaniu:

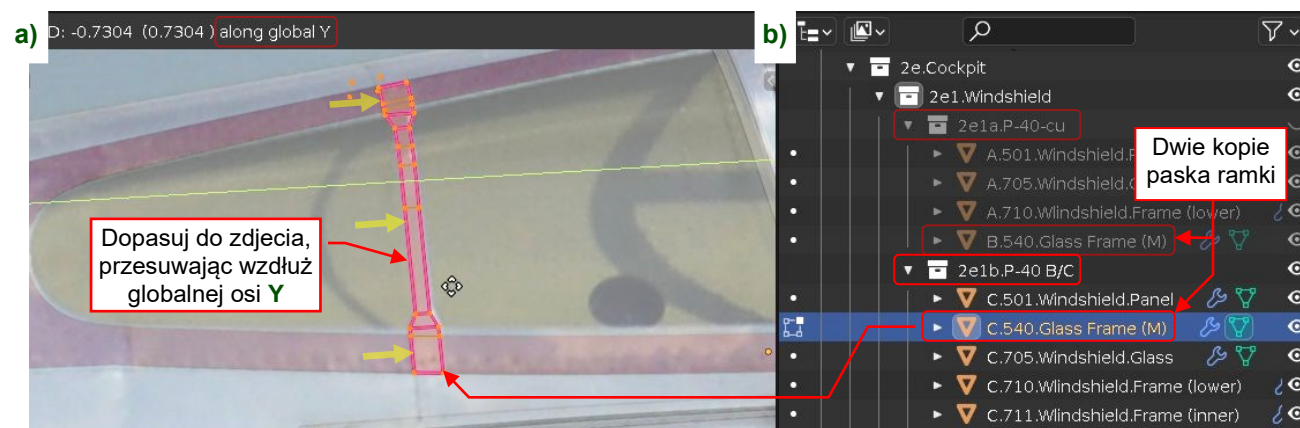


Rysunek 9.4.8 Dopasowanie modelu do odrestaurowanego **#41-13390**

Ostatecznie, zdecydowałem się pozostawić bez zmian dolną ramkę oszkleń, bo jej różnice pokazane przez Rysunek 9.4.1 nie pojawiają się ani na archiwalnych zdjęciach, ani na tym odrestaurowanym P-40C.

W przypadku pionowej ramki, zacząłem podejrzewać, że w P-40-cu była przynitowana jak na rysunku z P-36 (i.e. jak w naszym modelu). Potem w późniejszych wariantach (P-40B,C) mogła zostać wyrównana do krawędzi biegnącego pod spodem panelu, bo to uprościło nitowanie. Przygotowaliśmy wcześniej dwie alternatywne kolekcje dla wiatrochronów tych wariantów (por. str. 357). Teraz wydziel ten pasek w oddzielny obiekt o nazwie **B.540.Glass Frame (M)**. Umieść go w kolekcji **2e1a.P-40-cu**, a jego kopię (**C.540.Glass Frame (M)**) w kolekcji **2e1b.P-40B/C** (Rysunek 9.4.9b)¹.

Następnie zmodyfikowałem siatkę z P-40B/C, przesuwając ją wzdłuż globalnej osi **Y** (Rysunek 9.4.9a):



Rysunek 9.4.9 Przesunięcie paska na oszkleniu z tyłu kabiny

Dzięki modyfikatorom (por. str. 341) to była łatwa modyfikacja. Tę siatkę możesz zmieniać bezpośrednio w projekcji z kamery, dopasowując jej krawędzie do linii widocznych na zdjęciu (tylko zablokuj jej lokalną oś **Z**).

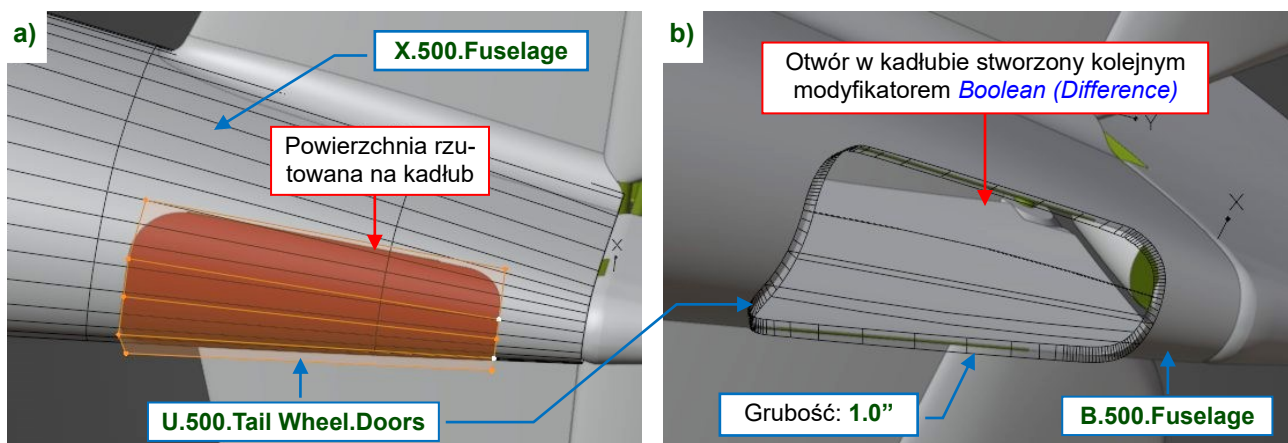


Różnice w kształcie owiewki kabiny (por. Rysunek 9.4.6b), wymagają jeszcze dalszych porównań.

¹ Wiem, że to może być trochę mylące, ponieważ obydwie kolekcje należą do **2e1.Windshield**, podczas gdy ten pasek należy do innej części osłony kabiny. Jednak wolę trzymać wszystkie różnice związane z tymi wariantami w dwóch kolekcjach, bo taki układ upraszcza przełączanie pomiędzy tymi dwoma konfiguracjami modelu. Przełączanie czterech kolekcji w dwóch oddzielnych „gałęziach drzewka” sceny mogłoby się stać źródłem późniejszych pomyłek.

Gdy formowaliśmy tylną część kadłuba, zaznaczyliśmy także kontur otworu kółka ogonowego za pomocą siatki „rozwinętej” na powierzchni kadłuba. Została nazwana **X.500.Tail Wheel.Doors** (por. str. 285). Teraz, do porównania za zdjęciami, potrzebujemy odchylanych pokryw tego otworu, abyśmy mogli je ustawić jako otwarte. Jednocześnie chciałbym zachować prostotę siatki użytej w tym pomocniczym obiekcie. Co więcej, wolałbym także użyć tej samej siatki do uzyskania otworu kółka ogonowego i jego pokryw¹.

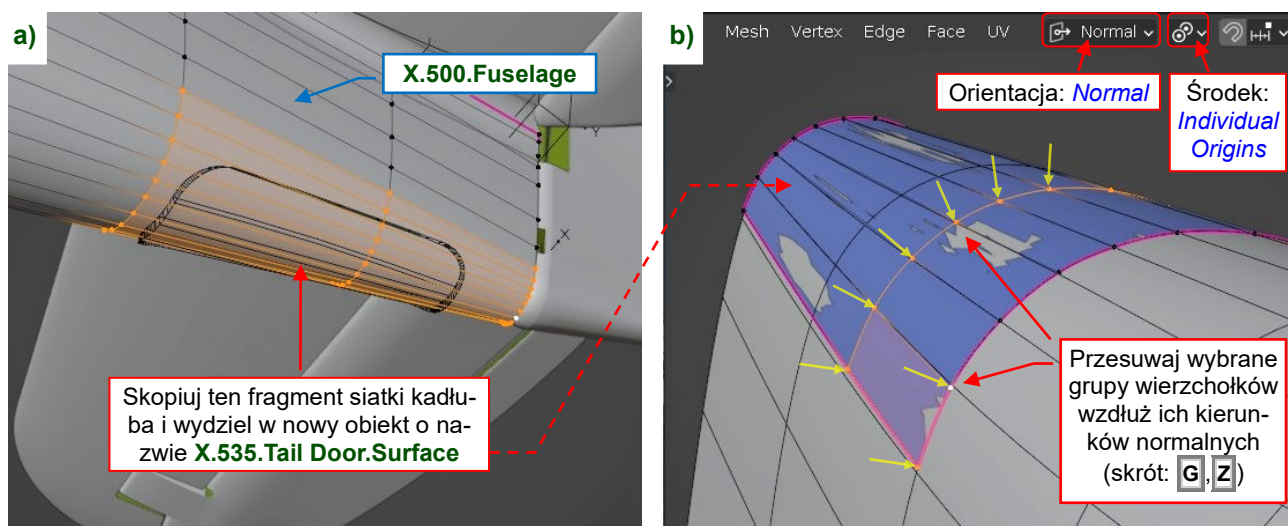
Można to osiągnąć korzystając z klonów obiektów. Zacznijmy od wycięcia otworu. Zmień nazwę obiektu **X.500.Tail Wheel.Door** na **U.500.*** i przesun do kolekcji **2c8.Booleans**. Na wszelki wypadek przełącz w jego modyfikatorze **Shrinkwrap** obiekt **Target** na powierzchnię kadłuba **X.500.Fuselage** (Rysunek 9.4.10a). Ustaw grubość modyfikatora **Solidify** na **1.0** i przełącz tryb wyświetlania na **Wire** (tak jak innych brył tnących). Użyj tego obiektu w nowym modyfikatorze **Boolean (Difference)** dodanym do **B.500.Fuselage** (Rysunek 9.4.10b):



Rysunek 9.4.10 Wycinanie otworu na kółko ogonowe

Teraz stwórzmy pokrywę tego otworu. Powstaną z części powierzchni kadłuba przyciętej bryłą tnącą podobną do tej, której użyliśmy do stworzenia otworu kółka ogonowego.

Skopiuj i wydziel w nowy obiekt fragment siatki kadłuba wokół otworu kółka (Rysunek 9.4.11a):

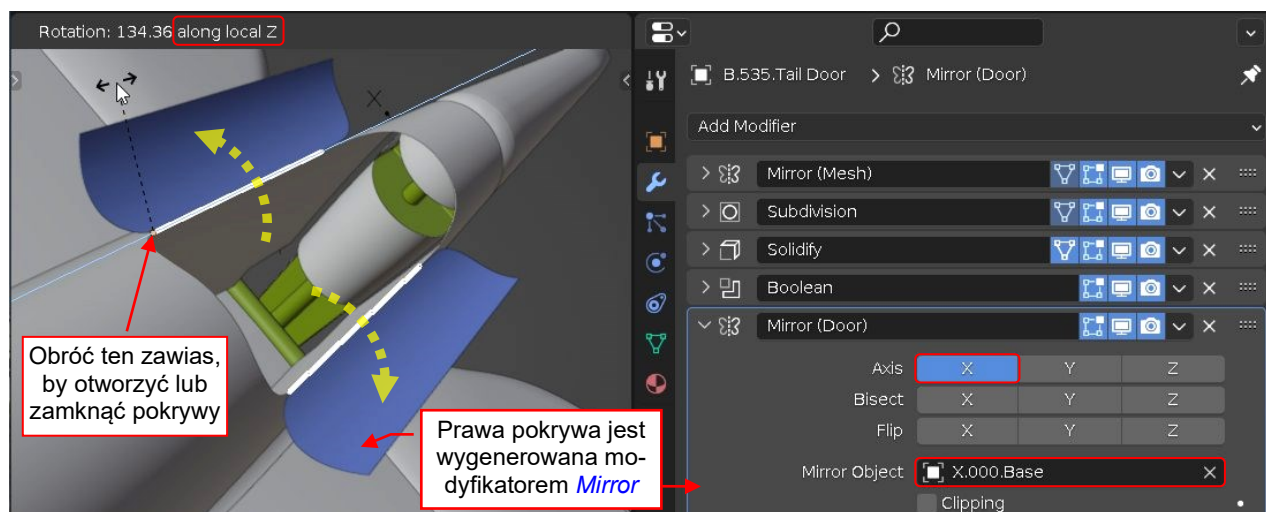


Rysunek 9.4.11 Kopiowanie fragmentu siatki kadłuba wokół otworu kółka ogonowego

Nazwij ten nowy obiekt **X.535.Tail Door.Surface**. Jego siatka wymaga kilku drobnych poprawek, które dopasują ją do zakrzywionej powierzchni kadłuba. Aby ułatwić te modyfikacje, przełącz domyślną orientację transformacji na **Normal**, a domyślny środek transformacji – na **Individual Origins** (Rysunek 9.4.11b). Potem przesuwaj grupy tych wierzchołków wzdłuż ich normalnych (**Z**), szczególnie w narożnikach tej siatki.

¹ To zasada „jednego parametru”: gdy zmodyfikujesz siatkę osłony, Blender automatycznie dopasuje do niej kształt otworu.

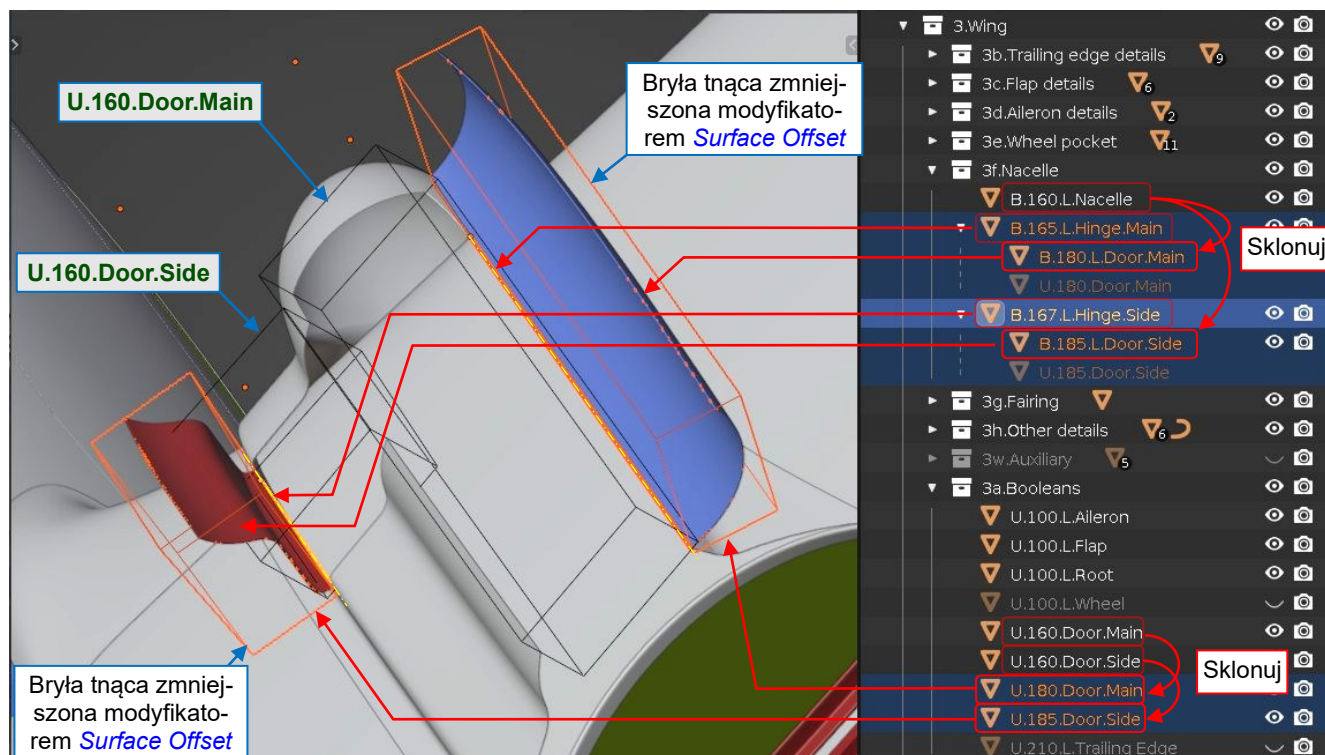
Na koniec dodaj na końcu listy modyfikatorów **B.535.Tail Door** kolejny modyfikator **Mirror** i wskaż jako jego środek obiekt **X.000.Base**. To wygeneruje prawą pokrywę kółka ogonowego (Rysunek 9.4.14):



Rysunek 9.4.14 Gotowy otwór i pokrywę kółka ogonowego

Teraz możesz otwierać i zamykać te pokrywę poprzez obrót lewego zawiasu wokół jego lokalnej osi **Z** (ten sam mechanizm, jaki przygotowaliśmy w sterach). Wewnętrzne wzmocnienia tego otworu stworzymy podczas uszczegóławiania, gdy już potwierdzimy jego kształt.

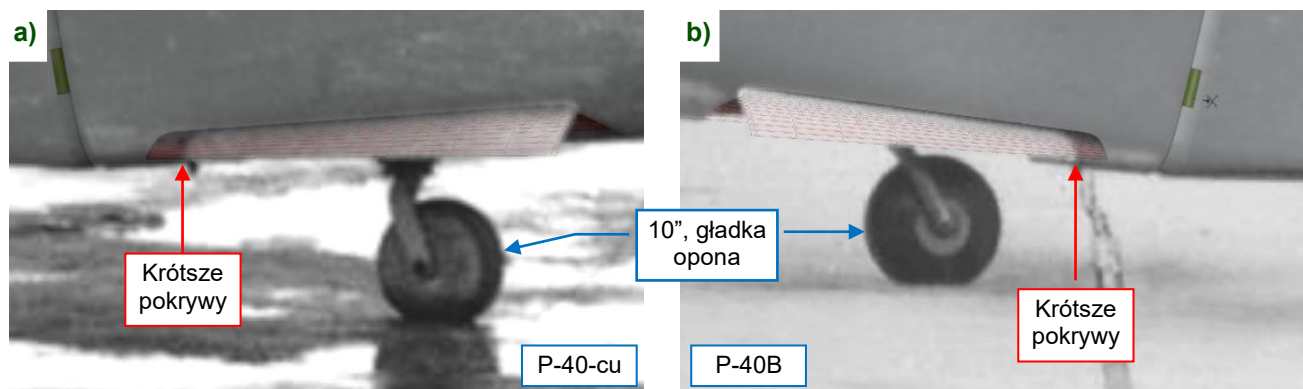
Korzystając z podobnego rozwiązania, „uruchomiłem” także pokrywę goleni podwozia (Rysunek 9.4.15):



Rysunek 9.4.15 Ruchome pokrywę goleni koła głównego

Zacząłem od dodania dwóch zawiasów (**B.165.L.Hinge.Main** i **B.167.L.Hinge.Side**). Potem sklonowałem osłonę (**B.160.L.Nacelle**) w obiekty **B.180.L.Door.Main** i **B.185.L.Door.Side**. Usunąłem z nich niepotrzebne modyfikatory **Boolean**. Dla każdej z tych odchylanych pokryw stworzyłem kłona jej bryły tnącej: **U.160.Door.Main** → **U.180.Door.Main** i **U.160.Door.Side** → **U.185.Door.Side**. Zmniejszyłem **U.180.Door.Main** i **U.185.Door.Side** za pomocą modyfikatorów **Geometry Nodes:Surface Offset** (ustawiłem ich **Offset** na **0.1"**). Potem użyłem **U.180.*** do przycięcia **B.180.***, i **U.185.*** do przycięcia **B.185.***. Te pokrywę i ich bryły tnące są „przymocowane” (relacją **Parent**) do odpowiednich zawiasów (**B.165.*** lub **B.167.***).

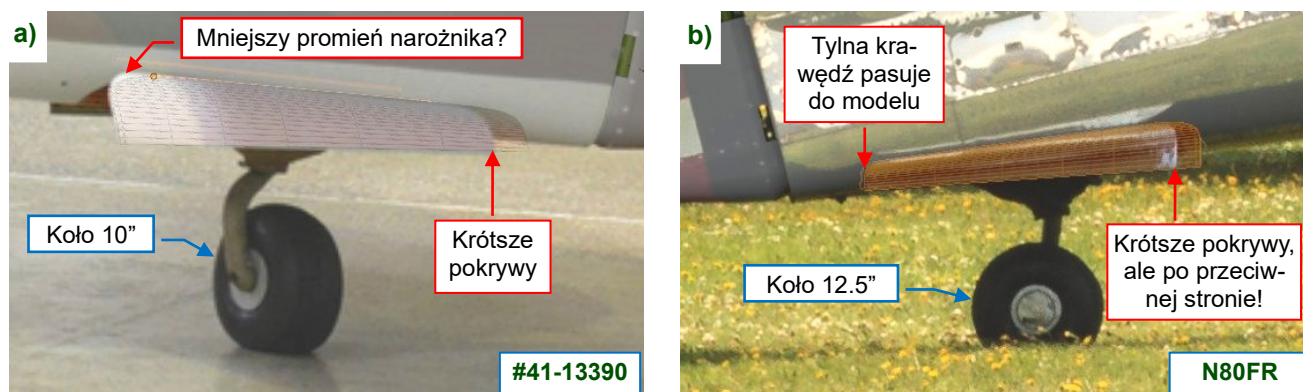
Ustawiłem osłony kółka w pozycji otwartej i porównałem ze zdjęciami archiwalnymi. Te pokrywy modelowaliśmy zgodnie z oryginalnym rysunkiem (por. str. 285). Rysunek 9.4.16a) pokazuje, jak pasują do P-40-cu, podczas gdy Rysunek 9.4.16b) przedstawia dopasowanie do P-40B (a dokładniej – do Tomahawka IIA):



Rysunek 9.4.16 Różnica w długości osłon kółka ogonowego

Wydają się pasować do zdjęć, oprócz tylnej części: te pokrywy są krótsze niż w modelu. Zastanawiając się nad tą różnicą, uświadomiłem sobie, że mogła być rezultatem modyfikacji z września 1941. Aby zapobiec kapotażom, które prześladowały wszystkie P-40, Curtiss podniósł jego ogon o ~2"¹. Zmodyfikowane „długonose” P-40 używały większe kółka ogonowe, które nie mieściły się do końca w kadłubie. Dlatego w pokrywach tego kółka wycięto dodatkowy otwór na oponę, częściowo wystającą na zewnątrz². Ta modyfikacja była wprowadzona we wszystkich P-40-cu/B/C stacjonujących w kontynentalnych USA. Mam wrażenie, że nie wprowadzono jej w eksportowych Tomahawkach i w P-40 USAAC używanych w Panamie i na Hawajach (to większość samolotów).

Dlatego w odrestaurowanych „długonosych” P-40 można znaleźć starsze, mniejsze kółko ogonowe. Na przykład – krótsze pokrywy widać w P-40C **#41-13390** (Rysunek 9.4.17a). Jednak osłony kółka w „srebrnym” **N80FR** z Duxford nie pasują do żadnego z tych historycznych wariantów. Tylna krawędź tych pokryw będzie tak, jak w naszym modelu, ale całość jest nadal o ~2.5" krótsza niż u nas (Rysunek 9.4.17b):



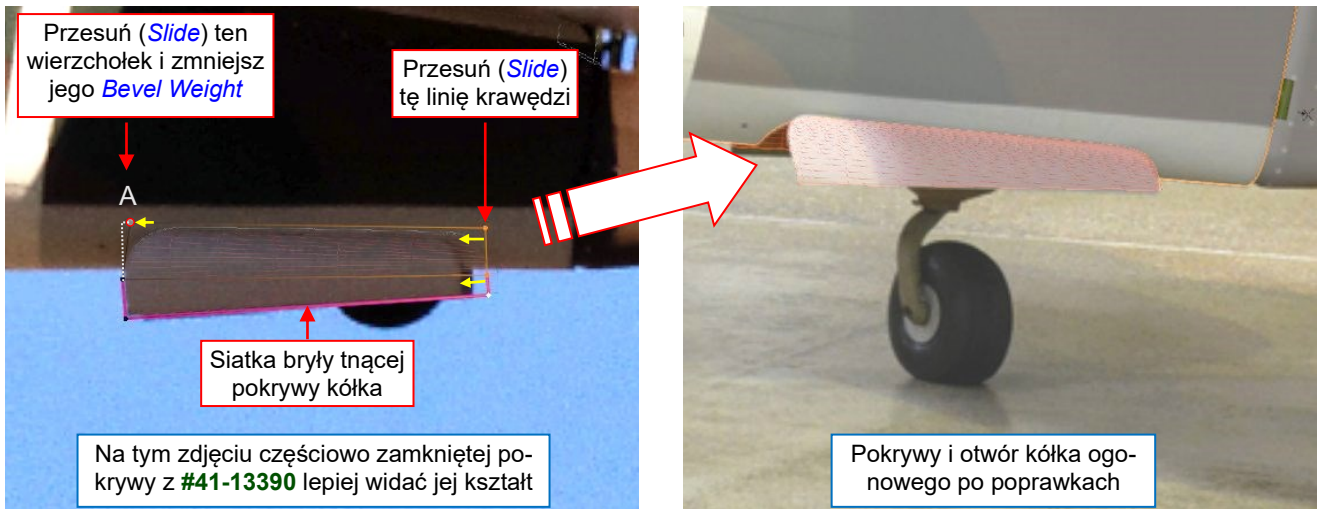
Rysunek 9.4.17 Różnice w kółkach ogonowych odrestaurowanych „długonosych” P-40

Przypuszczam, że ekipa remontowa **N80FR** przesunęła do tyłu oryginalne „krótkie” pokrywy kółka, aby zmieścić większe koło, pochodzące z późniejszego P-40 (np. P-40E). Właśnie z powodu takich adaptacji wolę używać zdjęć archiwalnych zamiast bardziej szczegółowych, współczesnych fotografii odrestaurowanych samolotów!

¹ Patrz [20], str. 3 i 54. Wydłużono golenie kółek ogonowych i zwiększono średnicę ich opon z 10" do 12.5". Dodatkowo, skrócono golenie podwozia głównego o 1" (zmniejszając ciśnienie w amortyzatorach). Po tych zmianach, kąt pomiędzy osią śmigła i płaszczyzną podłoża przy 100% masy startowej został zmniejszony o 1°, do 13.25° (taki sam kąt był w P-36). To była kolejna z modyfikacji wprowadzonych w celu wyeliminowania skłonności do kapotażu P-40, po powiększeniu owiewek krawędzi natarcia pod koniec 1940.

² Poprawiono to w P-40D, którego pokrywy kółka ogonowego przedstawia wykorzystany w naszym modelu rys. 87-21-523. Po analizie zdjęć myślę, że informacja figurująca w jego tabelce jest myląca: takie osłony nie były nigdy użyte w P-40C i wcześniejszych wariantach.

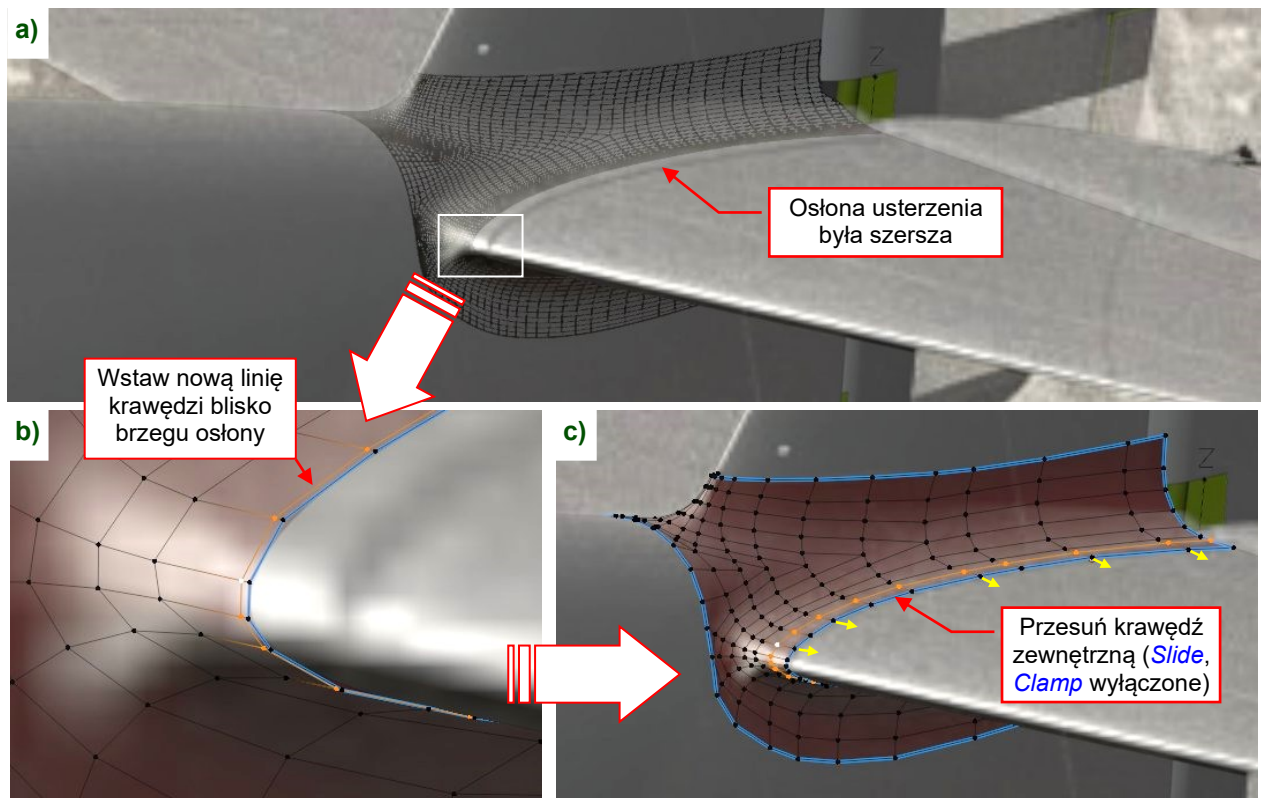
Na wszelki wypadek zdecydowałem się zachować aktualny, dłuższy wariant siatki pokrywy tworząc jego kopię o nazwie **U.500.Tail Wheel.Doors (Longer)**. Potem użyłem zdjęć **#41-13390** jako wzorca (ponieważ wiedziałem, że jego ogon jest oryginalny) do skrócenia siatki pokryw (Rysunek 9.4.18):



Rysunek 9.4.18 Poprawianie siatki pokrywy kółka ogonowego

Zmodyfikowałem siatkę pomocniczej bryły tnącej **U.535.Tail Door.Contours** (por. Rysunek 9.4.12). Jak widać na ilustracji powyżej, to było proste przesunięcie (**Slide**) tylnej krawędzi, zmniejszenie współczynnika **Vertex Data:Bevel Weight** wierzchołka **A**. Otwór w kadłubie automatycznie dopasował się do tych zmian, ponieważ jest wycięty przez bryłę wykorzystującą tą samą siatkę.

Analizując dwa archiwalne zdjęcia (z NASM) wykonane lecącym z fabryki w Buffalo P-40-cu, doszedłem do wniosku, że oprofilowanie usterzenia było nieco szersze (Rysunek 9.4.19a):



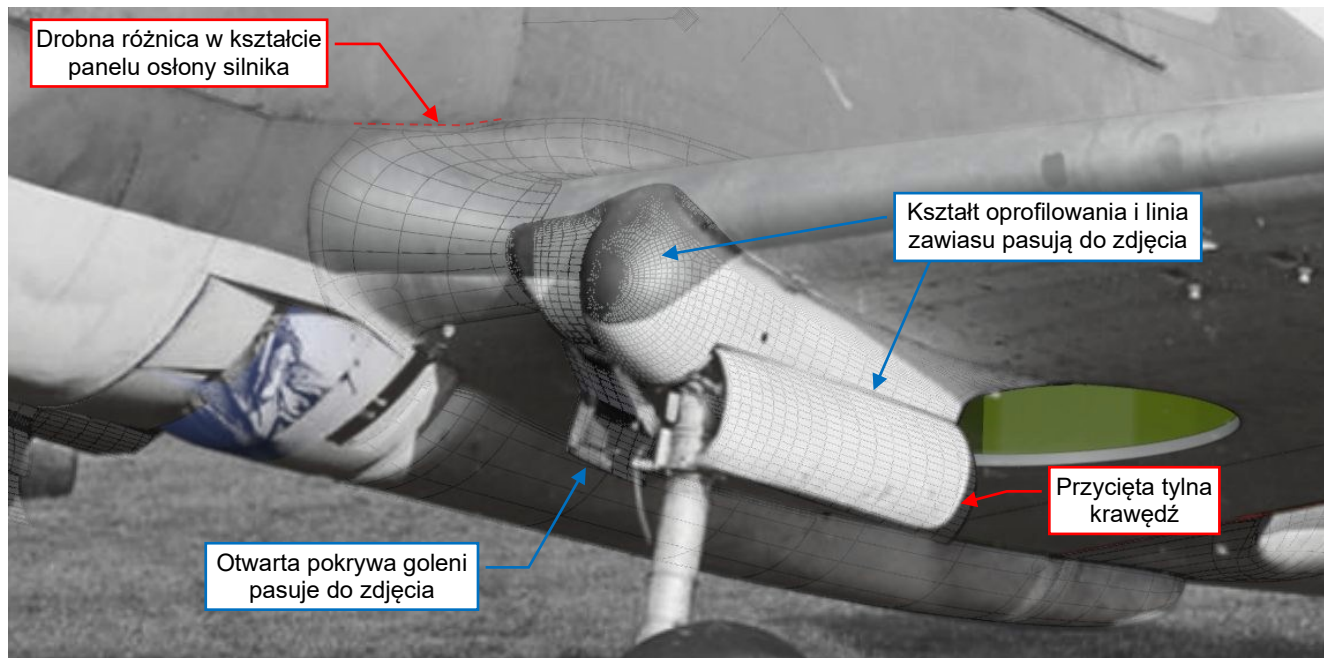
Rysunek 9.4.19 Poprawianie brzegu oprofilowania statecznika

Nie znalazłem żadnych jawnych wymiarów tego konturu (por. str. 382). Odwzorowałem jego kształt z rysunku Jumpei Temmy (por. str. 384), więc po znalezieniu tej różnicy na obydwu zdjęciach, nie miałem wątpliwości. Zmieniłem tę siatkę przesuwając (**Slide**) jej brzeg wzdłuż powierzchni statecznika (Rysunek 9.4.19b,c).



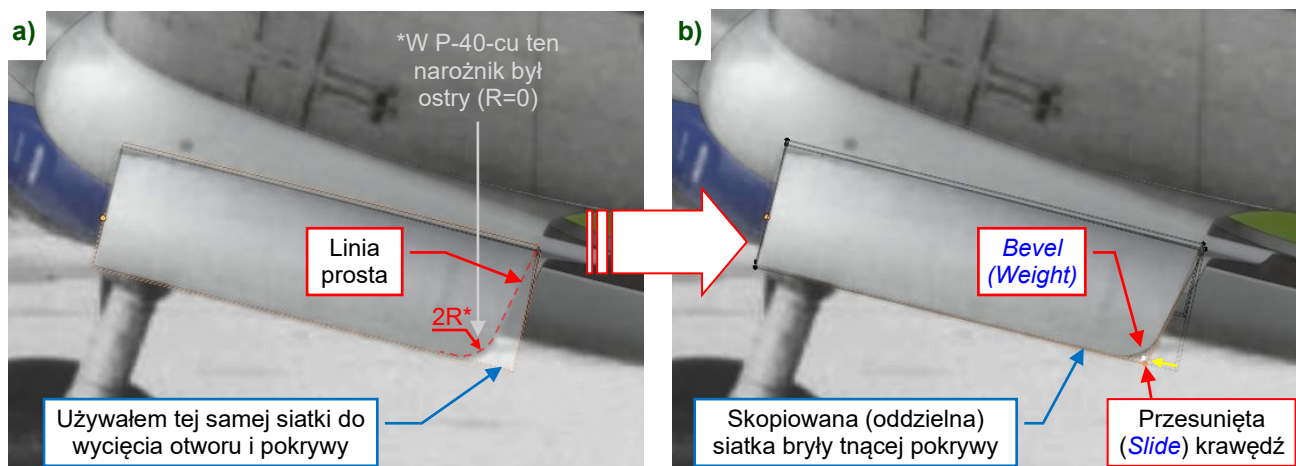
Oprofilowanie usterzenia nie ma „lustrzanego odbicia” (por. str. 387). Po zmodyfikowaniu lewej strony pamiętaj, aby to samo zrobić z prawej. Użyj na chwilę modyfikatora **Mirror** by widzieć lewy kontur (jako wzór) obok wierzchołków kształtujących prawego brzegu tej osłony.

Kolejnym punktem na naszej „liście rzeczy do sprawdzenia” jest kształt osłony podwozia. Wydaje się pasować do zdjęć archiwalnych¹ (Rysunek 9.4.20). Oczywiście, dookoła zauważyłem różne drobne odchyłki:



Rysunek 9.4.20 Sprawdzenie kształtu osłon podwozia

Celowo czekałem ze szczegółowym przycinaniem pokryw goleni na to porównanie. Tylna krawędź pokrywy tworzyła ukośną linię z zaokrąglonym narożnikiem. Jego promień znalazłem na rys. [87-34-506](#) (P-40E). Jednak nie ma tam kąta pochylenia ukośnego odcinka. W dodatku przymiarki do archiwalnych zdjęć (Rysunek 9.4.21a) wykazują mniejszy promień narożnika (**2"** zamiast 3"). Skoro kontur głównego otworu w osłonie pasuje do zdjęć, przekształciłem jego bryłę tnącą (**U.180.Main Door**) z kłona w pełną kopię, z oddzielną siatką. Potem zmodyfikowałem tylną krawędź tej siatki, dopasowując ją do zdjęcia w tle (Rysunek 9.4.21b):

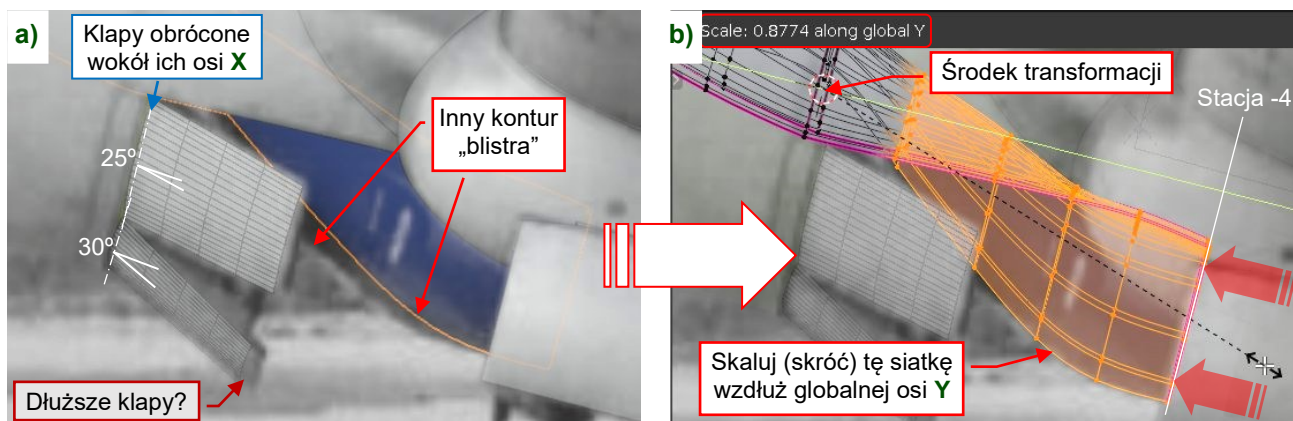


Rysunek 9.4.21 Przycinanie głównej pokrywy goleni

¹ Dla łatwiejszego odróżnienia elementów modelu od zdjęcia, na czas porównań w zakładkach **Properties: Object** tej osłony i pokryw włączyłem dodatkową opcję **Viewport Display: Show Wireframe**. Jeżeli wyświetlana siatka jest za rzadka, dodatkowo wyłącz w jej modyfikatorze **Subdivision Surface** opcję **Optimal Display**.

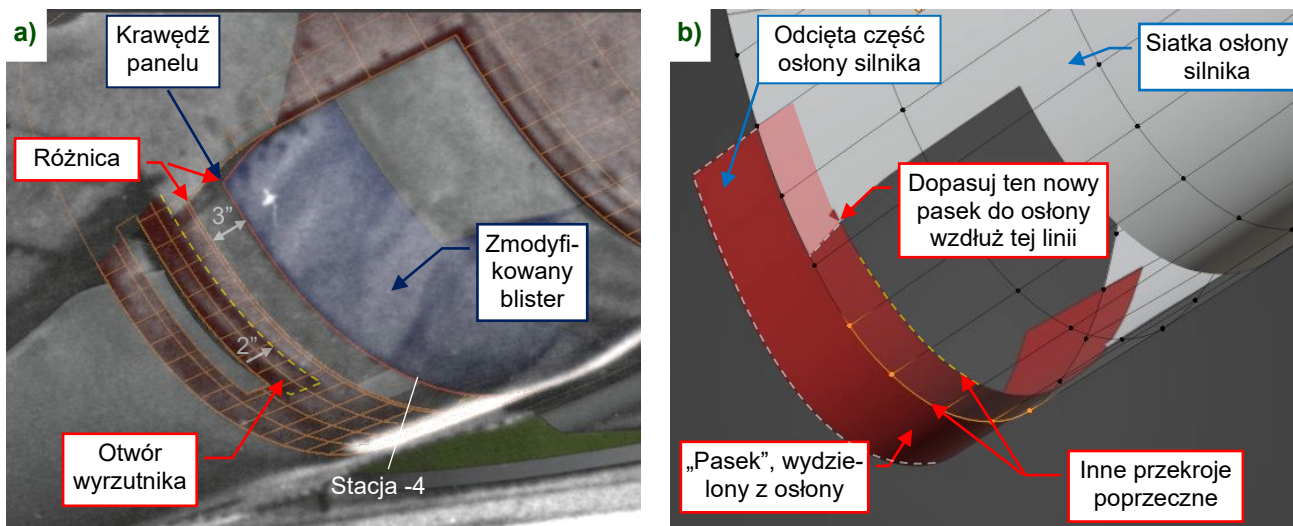
Oczywiście, poprawiłem także różnicę w kształcie linii podziału paneli okapotowania (por. Rysunek 9.4.20). Zrobiłem to modyfikując siatkę bryły tnącej **U.600.Panel Seams** (por. str. 293) i brzegu oprofilowania skrzydła.

Teraz przeanalizujemy najmniej udokumentowaną część tego samolotu: wylot powietrza z chłodnic cieczy („blista” z przodu kila). Zazwyczaj był niszczony podczas awaryjnych lądowań „na brzuchu”. Nie zachowała się też jego dokumentacja. W odrestaurowanych P-40 płytki kontur tego „blistra” nie pasuje do zdjęć archiwalnych¹. Dlatego użyłem fotografii z NASM (Rysunek 9.4.21) do sprawdzenia jego konturu z boku (Rysunek 9.4.22):



Rysunek 9.4.22 Poprawianie bocznego konturu „blistra” za chłodnicami cieczy

Aby dopasować się do konturu ze zdjęcia, skróciłem (skalując) siatkę blistra wzdłuż globalnej osi **Y** (Rysunek 9.4.22b). Rysunek 9.4.22a) pokazuje także, że kłapy osłony mogły być nieco dłuższe, i że kąt odchylenia górnej pary kłap różni się od kąta pary dolnej (muszę sprawdzić to spostrzeżenie na innych zdjęciach). Póki co, trzeba teraz uporządkować obszar wokół blistra. Inne zmapowane zdjęcie (Rysunek 9.4.23a) pokazało błędy, które popełniłem w moich poprzednich, relatywnych pomiarach (por. str. 331-332)². Kolejna niespodzianka: otwór wyrzutnika łusek był 2” bliżej przegrody silnika niż w P-36. Był także nieco szerszy:



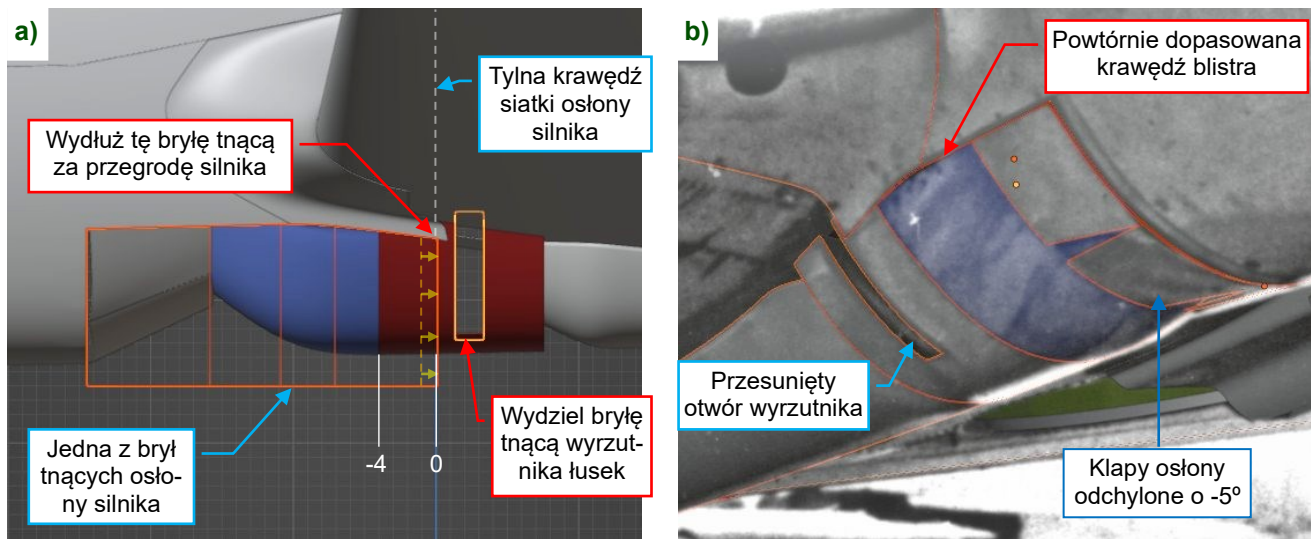
Rysunek 9.4.23 Inne różnice wokół tego „blistra”

Te różnice potwierdziłem na innych zdjęciach, których tu już nie pokazuję. Zgodnie z nimi, kształt przekroju poprzecznego kila w stacji **-4** był nieco węższy niż kontynuacja kształtu osłony chłodnic, którą przyjąłem w naszym modelu (por. str. 325). Dlatego zdecydowałem się skopiować część osłony silnika spod skrzydeł w oddzielny obiekt. Odciałem ten obszar z oryginalnej siatki osłony. Usunąłem także tylną część osłony silnika, aż do przegrody (stacji **0** – por. Rysunek 9.4.23b) ponieważ nie będziemy już jej potrzebować.

¹ Jedynym wyjątkiem jest „srebrny” P-40C **N80FR**. Dolna część jego osłony silnika jest najbliższa oryginałowi.

² Przyjąłem błędną stację dla linii podziału paneli, którą później używałem jako bazy dla dalszych pomiarów względnych.

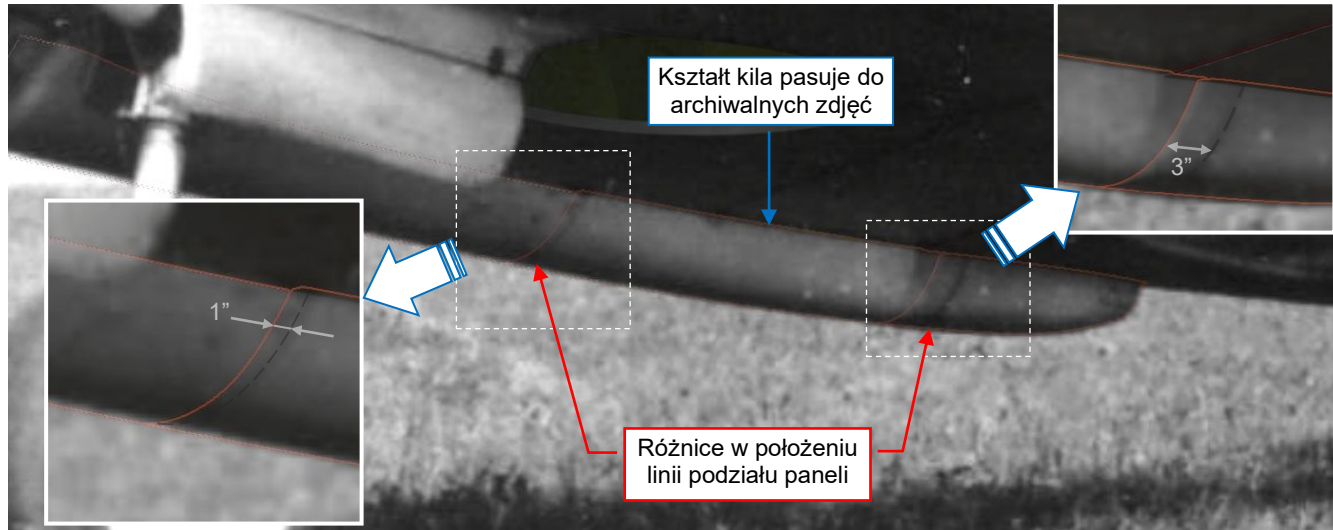
Powiększyłem odpowiednią bryłę tnącą osłony silnika (Rysunek 9.4.24a). Wydzieliłem z niej w oddzielny obiekt „pudełko” wycinającego otwory wyrzutników łusek w kilu. Teraz mogłem swobodnie dopasować przekrój poprzeczny tej części kila do zdjęć, pozostawiając kształt podstawowej osłony silnika bez zmian. Na koniec dopasowałem krawędzie boczne siatki „blistra” do konturów wycięcia w okapotowaniu silnika (Rysunek 9.4.24b):



Rysunek 9.4.24 Szczegóły poprawionego wylotu z chłodnic cieczy

Teraz obszar modelu wokół tych wyrzutników bardziej przypomina kontur z rysunku **R.Side.Left (compiled)** (por. str. 86). Rysowałem jego linie w oparciu o to samo zdjęcie, ale za pomocą moich dokładnych metod.

Geometria kila wydaje się pasować do zmapowanych zdjęć. Znalazłem tylko różnice w położeniu linii podziału jego paneli (Rysunek 9.4.25a):



Rysunek 9.4.25 Różnice w położeniu linii podziału paneli kila

Te różnice występują na wszystkich historycznych zdjęciach i w żadnym z odrestaurowanych samolotów. Myślę, że zespoły odbudowujące te maszyny korzystały z tych samych rysunków, co my ([87-23-504](#), [-503](#), [-502](#); por. str. 324). W kolumnie „stosowane w” ich tabelek można znaleźć tak P-40B/C, jak i H81A (tzn. „Tomahawk”). W oparciu o tę informację można założyć, że panele z tych rysunków były stosowane także we wczesnych wersjach P-40. Jednak zdjęcia archiwalne pokazują, że informacja z tych tabelek nie jest prawdziwa (albo, że taka jej interpretacja jest błędna).

Poprawiłem siatki paneli kila, dopasowując je do zdjęć.

Nadal dwa zagadnienia pozostają niewyjaśnione:

- Kształt odsuwanej owiewki kabiny (por. str. 401).
- Chwyt powietrza do silnika: rozmiar i położenie ponad osłoną silnika (czy był mniejszy niż w modelu?).

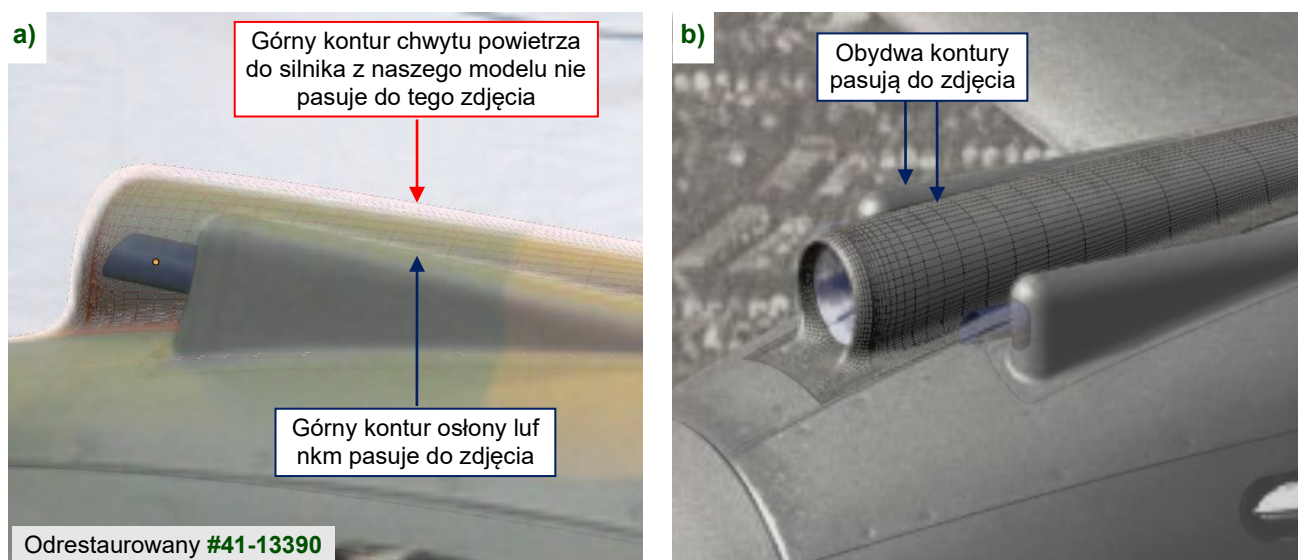
Nie zdecydowałem się zmienić tych elementów, ponieważ niektóre ze zmapowanych zdjęć potwierdzają ich obecne kształty.

W istocie, już wprowadziliśmy pewne zmiany do przesuwanej osłony kabiny. Jest krótsza niż w P-36 (por. str. 391), a jej dolna część jest oparta na zdjęciach i dwóch założeniach:

1. Dolne krawędzie osłony są równoległe do krawędzi kokpitu.
2. Szerokość osłony wzdłuż globalnej osi **Y** jest stała.

Obydwa są oparte na geometrii z dokumentacji P-36. Oczywiście, jeżeli każde z tych dwóch założeń może zostać zanegowane przez zdjęcie. Jednak na razie nie zgromadziłem żadnych „twardych dowodów” świadczących przeciwko nim. Mam wrażenie, że zauważone na zdjęciach odchylenia różnią się od siebie (każde jest inne).

Jeżeli chodzi o chwyt powietrza do silnika: jego położenie i kształt są oparte na dokumentacji XP-40 (por. str. 296). Na niektórych zdjęciach ten chwyt z naszego modelu wydaje się za duży (Rysunek 9.4.26a), podczas gdy na innych idealnie pasuje do fotografii (Rysunek 9.4.26b):



Rysunek 9.4.26 Zanikająca różnica konturu chwytu powietrza do silnika

Nie potrafię wyjaśnić powyższych rezultatów. Rysunek 9.4.26a) wykorzystuje zdjęcie odrestaurowanego **#41-13390**, którego chwyt powietrza powinien być oryginalny (por. str. 401). Rysunek 9.4.26b) to jedno ze zmapowanych zdjęć archiwalnych¹, na którym ten wlot z naszego modelu doskonale pasuje do fotografii.

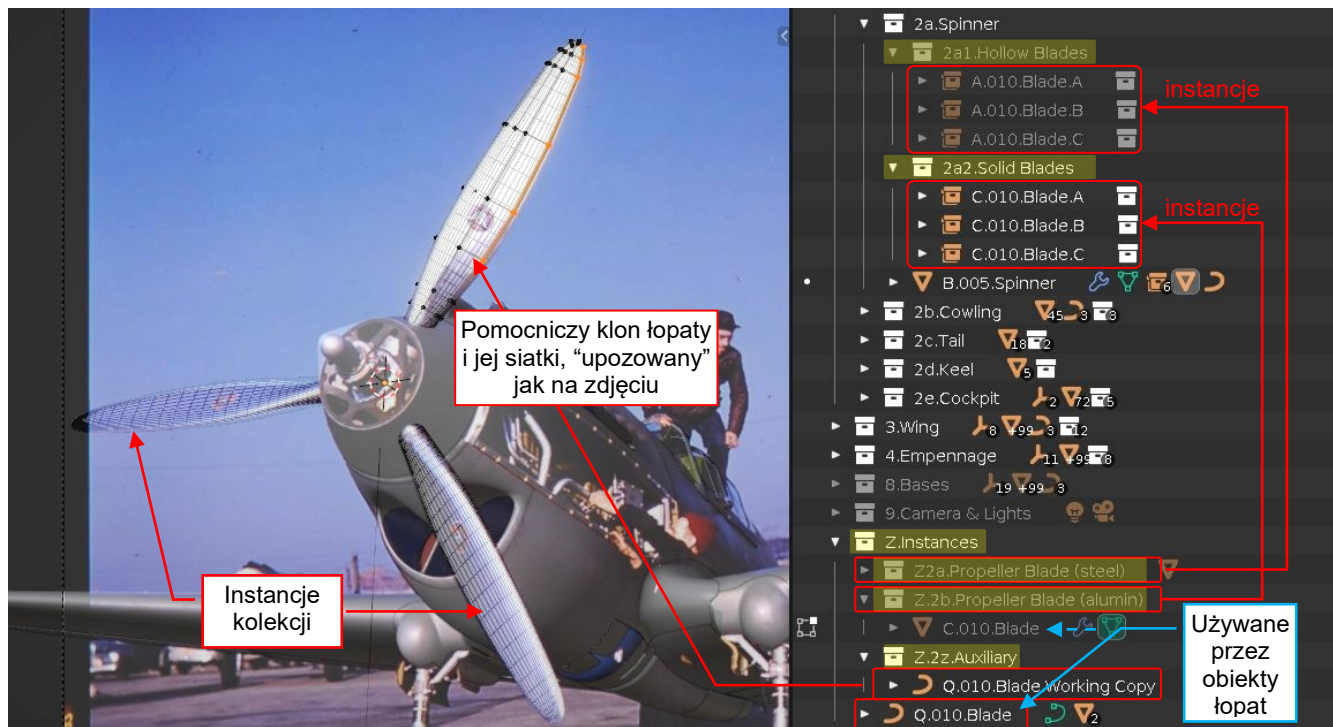
Ostatecznie zdecydowałem się zachować aktualny kształt tego chwytu powietrza. Zawsze coś musi zostać dla ewentualnych dalszych poprawek. Myślę, że taki ewentualny błąd w geometrii jest mniej znaczący niż płytki blister za chłodnicami cieczy, powtórzony na niemal wszystkich odrestaurowanych „długonosych” P-40²!

Zdecydowałem się także przygotować alternatywny wariant śmigła – te wykonane z duraluminium (por. str. 128). Mam wrażenie, że był montowany w większości eksportowych „Tomahawków II” i w P-40B/C. Porównując jego kształt z łopatom stalowymi, zauważyłem, że okrągłe podstawy łopat aluminiowych były krótsze, ale miały o 15% większą średnicę. Dla ułatwienia zmiany kształtu łopat, zdecydowałem się zmienić ich siatki ze „skręconych na stałe” na płaskie, skręcone za pomocą modyfikatora *Curve* (por. str. 558).

¹ Ten obraz pochodzi ze zdjęcia, którego mapowanie opisaliśmy na str. 1496.

² Z wyjątkiem blistra zamontowanego w P-40C **N80FR** z Duxford.

Zamiast tworzenia 3 klonów krzywych i 3 klonów łopaty (każdy klon ma swoją własną listę modyfikatorów) zdecydowałem się użyć instancji (por. str. 493). Przygotowałem nową kolekcję „pierwszego poziomu” dla kolekcji, których będę używał jako instancji. Nazwałem ją **Z.Instances**¹. Wewnątrz stworzyłem dwie subkolekcje: **Z2a.*** dla łopaty stalowej i **Z2b.*** dla łopaty aluminiowej (Rysunek 9.4.27):



Rysunek 9.4.27 Ustawienia modelu do dopasowywania kształtu łopat śmigła

Każda z kolekcji **Z2*** zawiera pojedynczą łopatę. To obiekty skrócone wokół tej samej krzywej: **Q.010.Blade**². Obiekty zgrupowane w kolekcjach-wzorcach instancji są wyłączone z hierarchii (*parent-child*) modelu³. Robię tak dlatego, że środki tych kolekcji są definiowane w globalnym układzie współrzędnych sceny. Gdyby pozostać im przypisane do kołpaka, przy jego obrocie odsuwałyby się w różne, zaskakujące strony.

Umieściłem trzy instancje kolekcji **Z2a.*** w **2a.Spinner:2a1.Hollow Blades** (Rysunek 9.4.27), a trzy instancje kolekcji **Z2b.*** w **2a1.Solid Blades**. Gdy jedna z tych kolekcji jest widoczna, druga powinna być ukryta. W przyszłości może się zdarzyć, że każda z nich zawierać będzie klon kołpaka, gdyż łopaty aluminiowe wymagają wykonania w jego powierzchni otworów o innym kształcie niż łopaty stalowe.

Możesz zmieniać skok śmigła przez obrót tych instancji, w ten sam sposób jak w sekcji 4.4 (str. 125). Jednak nie możesz bezpośrednio zmieniać ich kształtu, jak to mogliśmy robić w przypadku klonów. Nie mogę dopasować źródłowego obiektu z sekcji **Z2b.*** do zmapowanego zdjęcia. Dlatego stworzyłem kolekcję **Z.2z.Auxiliary** i umieściłem w niej klony łopaty i jej krzywej (Rysunek 9.4.27). Przypisałem (relacją *Parent*) te pomocnicze obiekty do kołpaka śmigła, aby obracały się wraz z pozostałymi łopatami.

Za pomocą tak zorganizowanej sceny, mogłem dopasować łopaty śmigła do zdjęcia wzorcowego, w szczególności ich siatki. W tym specyficznym przypadku możesz jednocześnie widzieć modelowany kształt pod trzema różnymi kątami. To pozwoliło mi uniknąć części błędów, które popełniłbym opierając się na jednej projekcji.

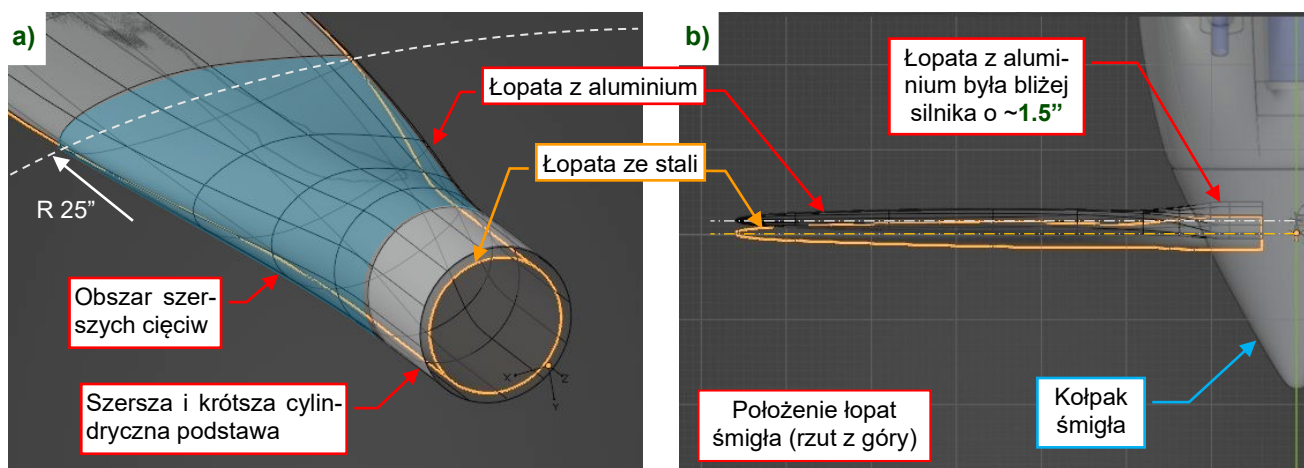
¹ Przedrostka „Z” będę używał dla kolekcji – wzorców instancji. Ich instancje (obiekty) będą także miały nazwy z przedrostkiem „Z”.

² W bardziej ogólnym przypadku, każda z łopat powinna mieć swoją własną krzywą „skręcającą”. Jednak porównałem już ze sobą kształty obydwu wariantów łopat na zdjęciach. Kształt moich łopat ze stali, oglądany pod różnymi kątami, pasował do konturów łopat z aluminium, z wyjątkiem sekcji u podstawy. Dlatego zdecydowałem się w tym modelu zastosować w łopatach z aluminium tą samo rozłożenie kątów skręcenia, co w łopatach ze stali.

³ To oznacza, że nie są przypisane do kołpaka śmigła, ani nie są w żaden sposób powiązane z obiektem **X.000.Base**.

Analizując różnice pomiędzy naszym modelem i zmapowanymi zdjęciami, odnoszę wrażenie, że:

- Większa część kształtu łopaty pozostaje identyczna w obydwu wariantach śmigła. Różnią się tylko u podstawy (do 25" od osi obrotu śmigła).
- Pogrubiałem cylindryczną podstawę łopaty z duraluminium o 15% w stosunku do średnicy łopaty ze stali (Rysunek 9.4.28a). To czysta spekulacja, ale w ten sposób lepiej pasuje do jej szerszych cięciw.
- Łopaty z aluminium były montowane 1.5" bliżej do silnika niż łopaty stalowe¹ (Rysunek 9.4.28b).



Rysunek 9.4.28 Różnice w geometrii łopat z aluminium



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: <model/p40/history/P40B-13.04.blend>.

Rysunek 9.4.29 pokazuje zawartość tego pliku:



Rysunek 9.4.29 Nasz model po ostatnich zmianach

To ostateczny rezultat fazy modelowania. W następnej części tego przewodnika dobierzemy materiały i tekstury. W ostatniej fazie odtworzymy pozostałe szczegóły tego P-40.

¹ Lite łopaty aluminiowe były cięższe od wydrążonych łopat stalowych. Przypuszczam, że taka modyfikacja poprawiła wyważenie samolotu. Przesunięcie cięższego śmigła bliżej środka ciężkości maszyny pozwala zachować ten punkt w pobliżu oryginalnego położenia (wariantu ze śmigłem wyposażonym w stalowe łopaty).

Podsumowanie

- Ta sekcja prezentuje opcjonalną weryfikację geometrii modelu. Sugeruję wykonać ją przed rozpoczęciem fazy tekstuowania.
- Głównym pomysłem jest dopasowanie projekcji modelu do projekcji wzorcowego zdjęcia. Gdy tylko zostaną dopasowane, możesz szukać ewentualnych niezgodności. Dopasowanie projekcji jest najtrudniejszą częścią tego procesu, szczególnie w przypadku fotografii archiwalnych (por. sekcja 14.2).
- Fotografie archiwalne są bardziej wiarygodnym źródłem niż współczesne zdjęcia odrestaurowanych samolotów. Szczegóły tych odbudowanych maszyn mogą odbiegać od oryginału (str. 406).
- Ograniczając transformacje w Blenderze do jednej osi (**X**, **Y**, **Z**) lub płaszczyzny (**XY**, **YZ**, **ZX**), można edytować siatki czy obiekty w projekcji z kamery. To pozwala na użycie umieszczonych w tle tych kamer zdjęć w ten sam sposób, w jakich używasz planów samolotu (str. 407, 409).
- W modelu możesz używać klonów całych kolekcji (nazywa się je „instancjami” – *Instances*). W tej sekcji użyliśmy ich do tworzenia odsuniętej osłony kabiny (str. 402) oraz jako łopat śmigła (str. 412).
- Użyj mojego modyfikatora (zbudowanego z tzw. węzłów geometrii) o nazwie *Surface Offset* do tworzenia szczelin pomiędzy pokrywą i brzegiem otworu (str. 404). *Surface Offset* pozwala na użycie tej samej siatki do przycinania obydwu tych elementów (str. 407). Możesz importować jego definicję z jednego pliku Blendera do drugiego (poleceniem *File → Append...*).

Szczegóły obsługi Blendera 3D

W Blenderze jest tak dużo funkcji, że gdybym umieścił je w jednym rozdziale, tak samo jak polecenia GIMP czy Inkscape, byłby on wyjątkowo długi. Aby uczynić całość bardziej czytelną, podzieliłem te opisy na kilka mniejszych rozdziałów – po jednym dla każdego edytora Blendera. Największa grupa poleceń z okna 3D została podzielona na dwie części: jedną dla trybu *Object Mode* i drugą – dla trybu *Edit Mode*.

Rozdział 10. Blender – ogólne

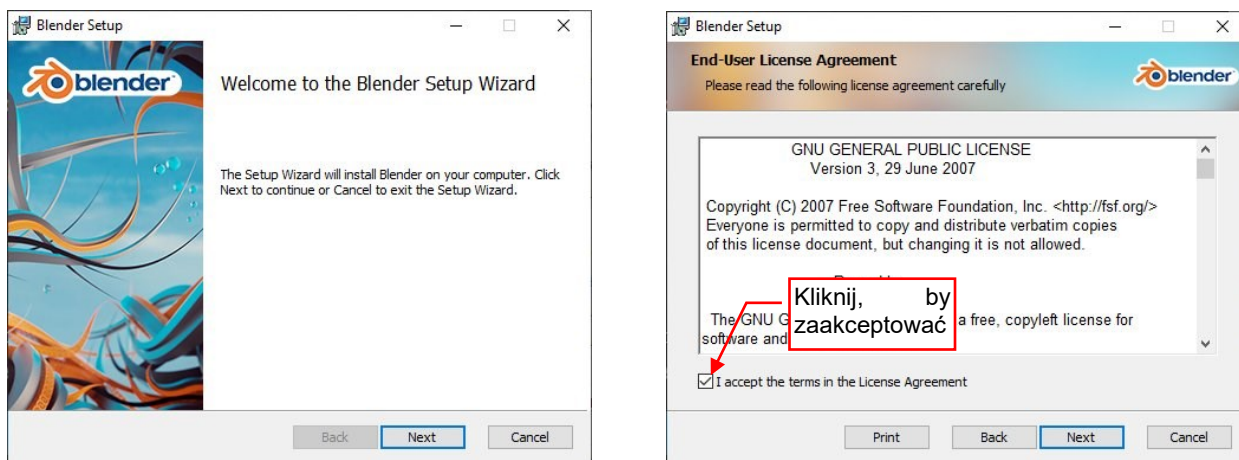
W tym rozdziale przedstawione są zagadnienia, które dotyczą więcej niż jednego okna (edytora) Blendera lub więcej niż jednego trybu pracy.

Pomijam tu zagadnienia, które przedstawiłem wcześniej (Rozdział 3). Były to:

- wprowadzenie do programu. Opisałem je już w sekcji 3.1 (str. 26);
- metody zmiany projekcji (zoom, pan, obrót wokół obiektu). Opisałem je już w sekcji 3.5 (str. 67);

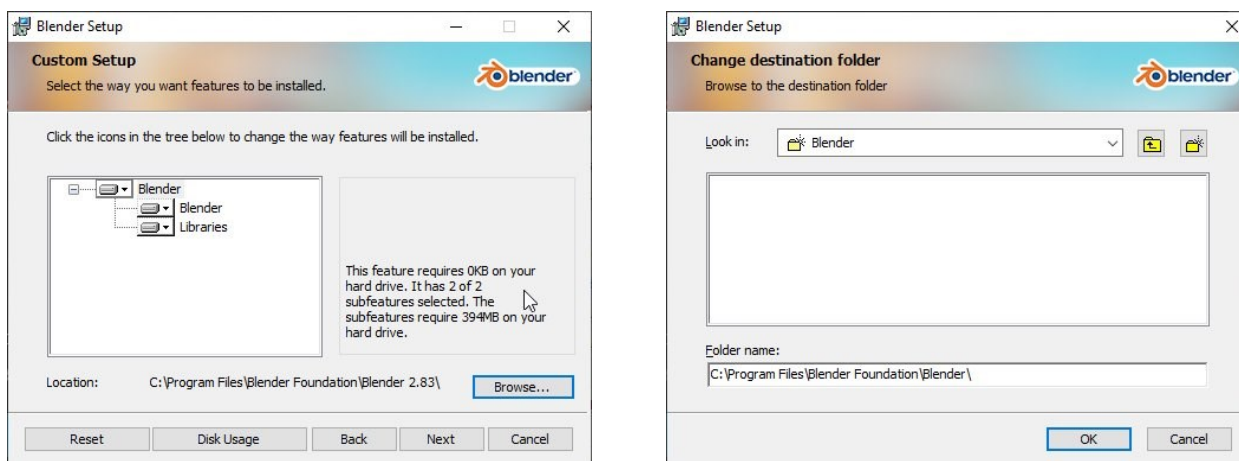
10.1 Instalacja standardowa

Pobierz plik instalacyjny z <http://www.blender.org/download> (por. str. 21) i go uruchom (to wymaga uprawnień Administratora). Najpierw zobaczysz ekran powitalny, a następnie tekst umowy licencyjnej, którą powinienś zaakceptować (Rysunek 10.1.1):



Rysunek 10.1.1 Instalacja Blendera (dla Windows) – pierwsze dwa ekrany

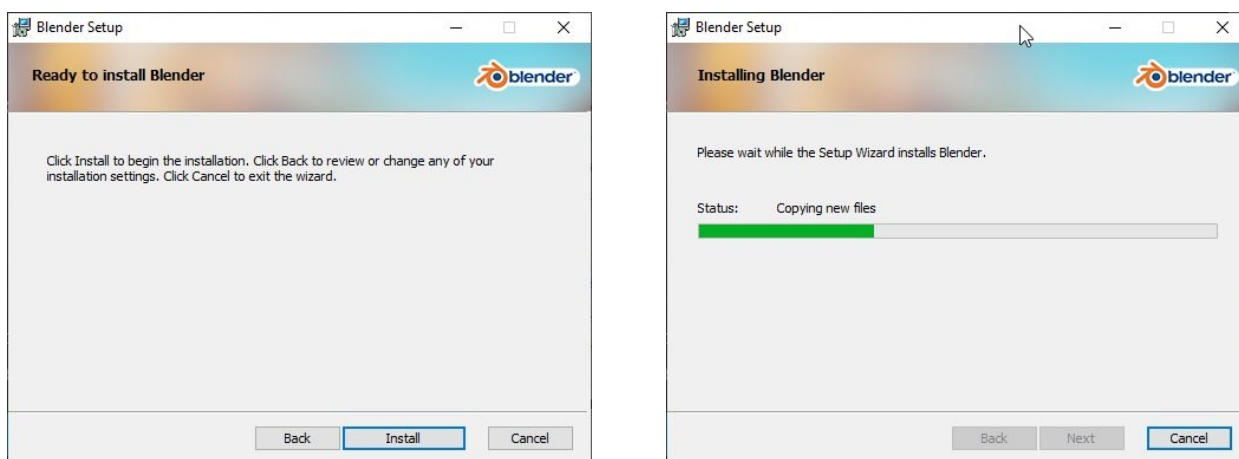
Następnie kliknij w oknie umowy przycisk **Next**, aby przejść do dostosowania programu (Rysunek 10.1.2):



Rysunek 10.1.2 Blender – opcje instalacji

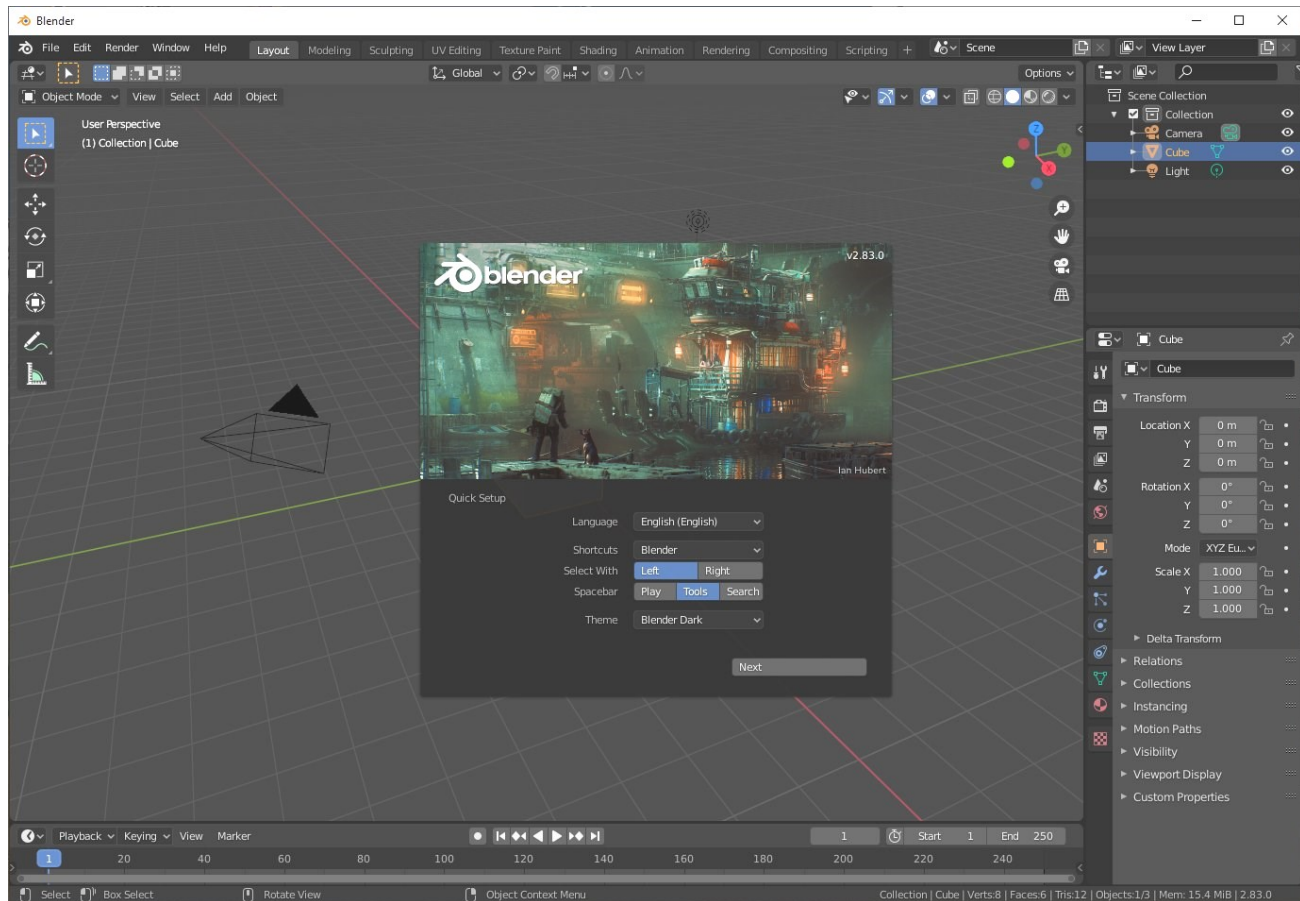
W oknie **Change destination folder** możesz zmienić katalog Blendera (lepiej jednak zostawić go bez zmian).

Kliknij **OK** aby przejść do następnego okna, a następnie kliknij przycisk **Install** by rozpocząć (Rysunek 10.1.3):



Rysunek 10.1.3 Finalne okno i pasek postępu instalacji

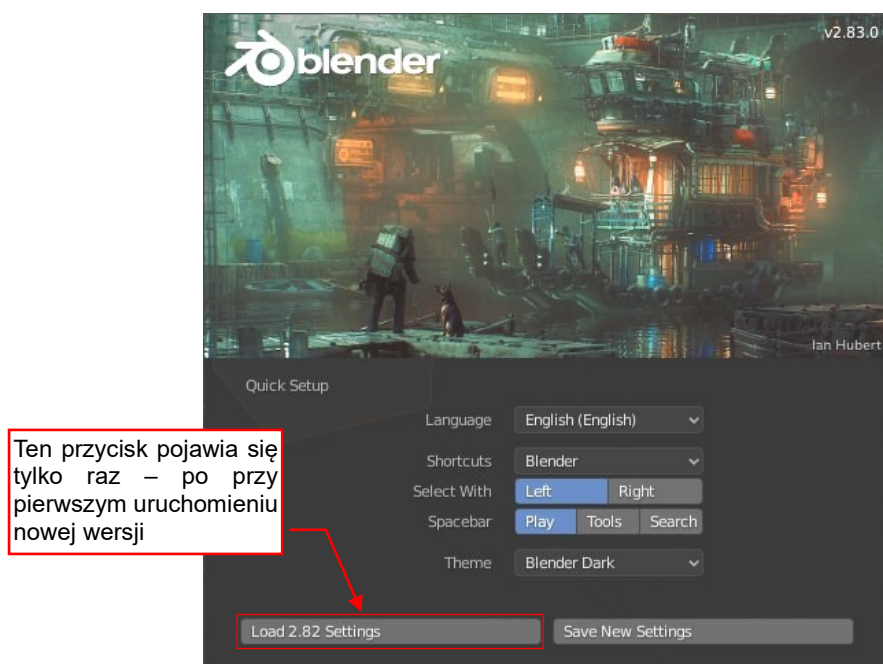
Program instalacyjny umieści na pulpicie ikonę Blendera. Kliknij w nią, by uruchomić program (Rysunek 10.1.4):



Rysunek 10.1.4 Ekran Blendera przy pierwszym uruchomieniu

Podczas pierwszego uruchomienia Blender wykrywa sprzęt zamontowany w Twoim komputerze (głównie: kartę graficzną). To może trwać kilka minut. Potem będzie się uruchamiać o wiele szybciej – w kilka sekund.

Jeżeli zainstalowałeś nowszą wersję (tzn. wykonujesz upgrade) na ekranie powitalnym pojawi się dodatkowy przycisk, który pozwala skopiować ustawienia z poprzedniej wersji Blendera (Rysunek 10.1.5):



Rysunek 10.1.5 Ekran powitalny po upgrade



Po aktualizacji, nie przeocz przycisku [Load Settings](#). Pojawia się tylko przy pierwszym uruchomieniu!

Jeżeli już go przeoczyłeś, istnieje pewne obejście, pozwalające później przenieść te ustawienia (por. str. 435) – jest ono jednak o wiele bardziej złożone niż kliknięcie tego przycisku.

Domyślnie, program instalacyjny umieszcza każdą nową wersję Blendera w odrębnym folderze katalogu *Program Files\Blender Foundation*.



Jeżeli podczas instalacji pozostawisz te ustawienia bez zmian, będziesz mógł uruchomić także poprzednie wersje Blendera (uruchamiając ich plik *blender.exe*).

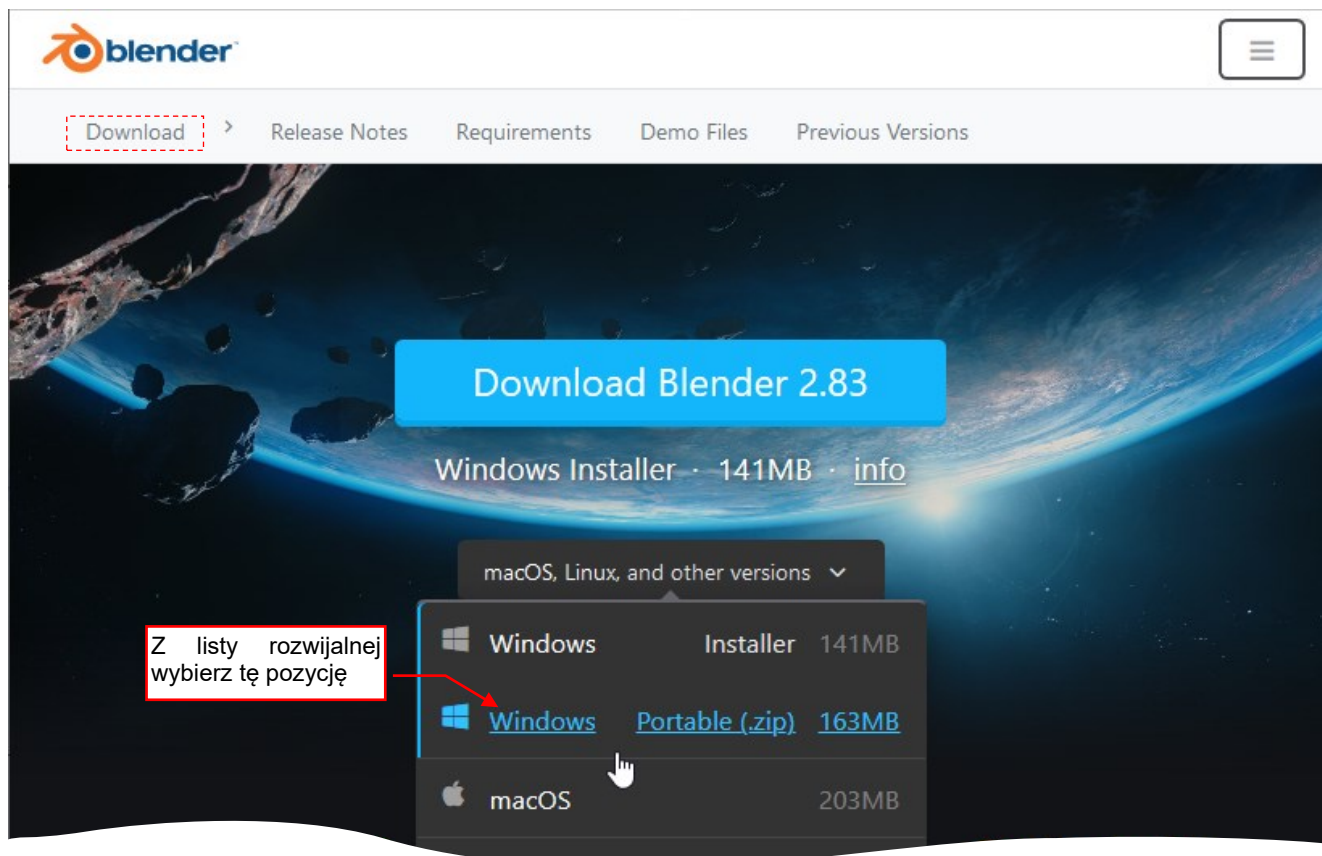
Czasami zachowanie poprzednich wersji programu może być przydatne. (Na przykład: do sprawdzenia czy jakiś efekt, który zauważyłeś po aktualizacji, występował także w wersji poprzedniej).

10.2 Alternatywna metoda instalacji

Ta sekcja opisuje instalację Blendera ze spakowanego pliku **.zip*. Taki sposób instalacji jest często określany jako „przenośny” (ang. „portable”) – bo pozwala umieścić program gdziekolwiek – nawet na nośniku USB.

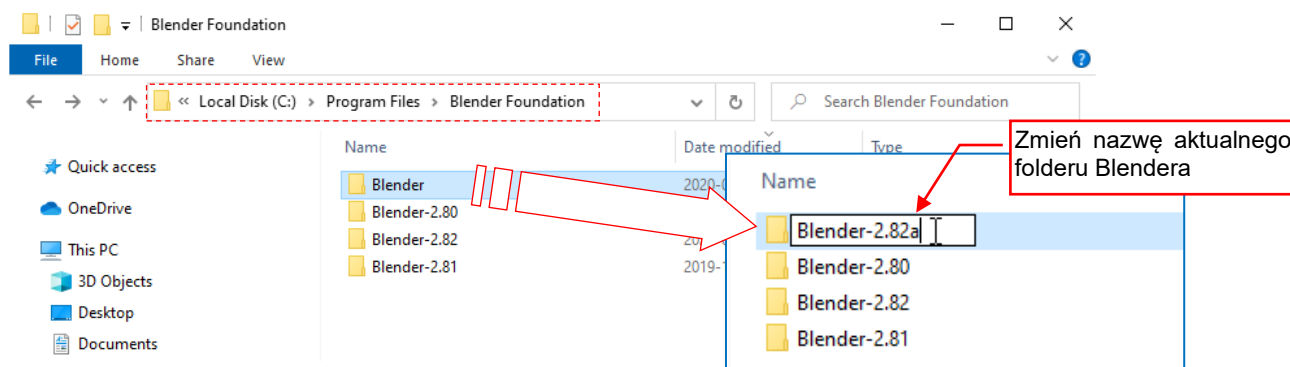
Osobiście wolę tę metodę, bo zawsze chcę dokładnie wiedzieć, co się dzieje z ich komputerem¹. Rzecz w tym, że Blender prawie „nie dotyka” reszty systemu. Dlatego najlepszym (jak uważam) sposobem instalacji Blendera jest rozpakowanie pliku **.zip*. W ten sposób wiesz dokładnie, co robisz. Poniżej przedstawiam jak uaktualniam mojego Blendera do nowej wersji. Jeżeli instalujesz go po raz pierwszy, pomiń Rysunek 10.2.2.

Pobierz ze strony <http://www.blender.org/download> plik **.zip* z Blenderem (Rysunek 10.2.1):



Rysunek 10.2.1 Pobieranie pliku **.zip* z Blenderem

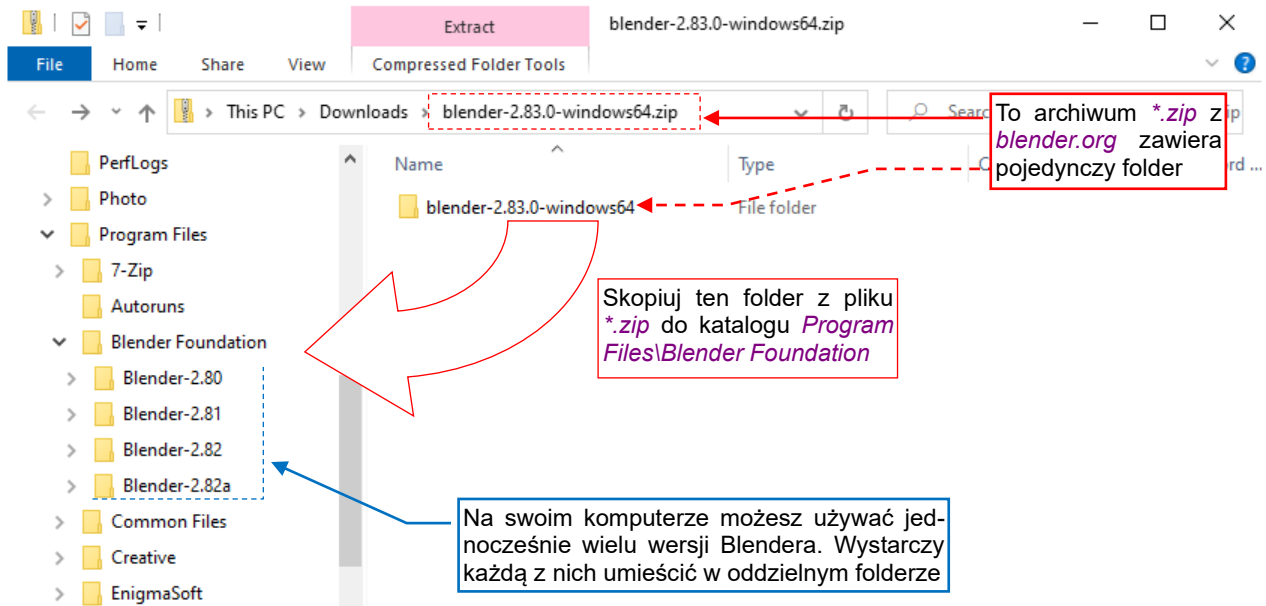
Zmień nazwę aktualnego folderu Blendera, dodając końcówkę z numerem wersji (Rysunek 10.2.2):



Rysunek 10.2.2 Zmiana nazwy aktualnego folderu Blendera

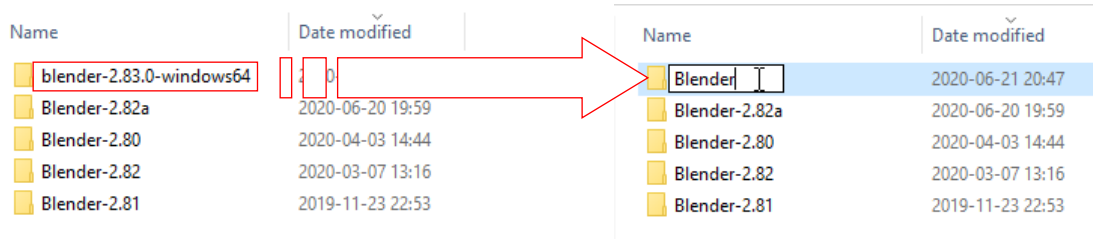
¹ Dzięki temu przez lata używam tej samej instalacji Windows – nigdy nie musiałem ich instalować na nowo! I nawet z upływem czasu nie spowalniają swojego działania, jak to nieraz widziałem na komputerach innych użytkowników...

Pobrany plik *.zip rozpakuj do folderu *C:\Program Files\Blender Foundation* (Rysunek 10.2.3):



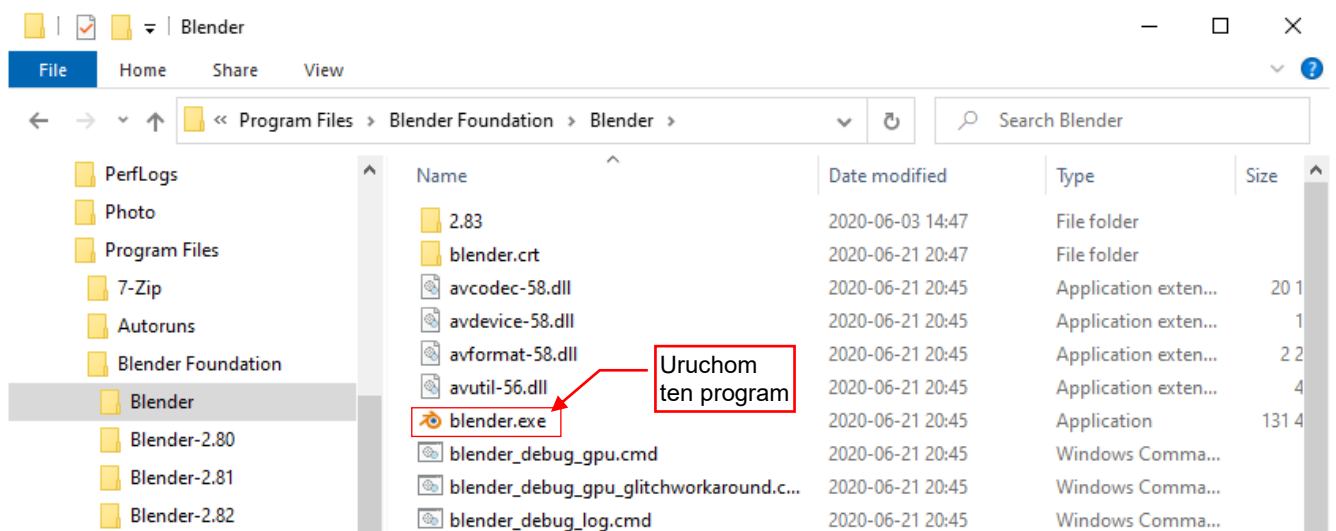
Rysunek 10.2.3 Rozpakowanie plików Blendera

Potem zmień nazwę rozpakowanego folderu na podstawową: *Blender* (Rysunek 10.2.4):



Rysunek 10.2.4 Zmiana nazwy folderu Blendera

Jeżeli instalujesz Blendera po raz pierwszy, uruchom plik *blender.exe*, umieszczonym w tym katalogu (Rysunek 10.2.5):



Rysunek 10.2.5 Uruchomienie Blendera



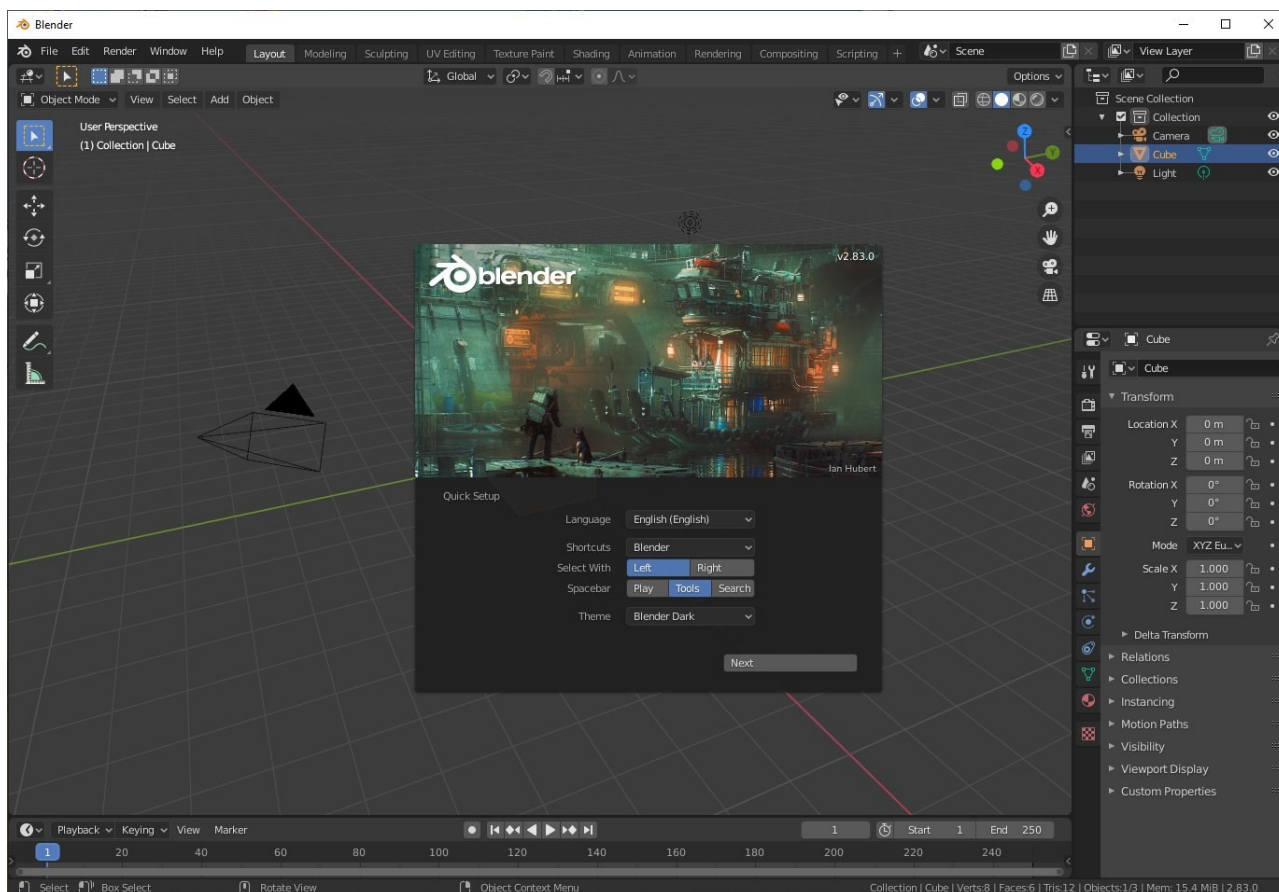
Oczywiście, wygodniej jest dodać skrót do tego pliku na pulpit i do menu *Start* (na pasku Windows). Będziesz mógł ich używać do uruchamiania Blendera – także po każdej takiej aktualizacji.



Jeżeli instalujesz Blendera na tym komputerze po raz pierwszy, warto także przypisać ten program jako domyślny edytor plików o rozszerzeniu **.blend*¹.

Zwróć uwagę, że w przedstawionej tu metodzie aktualna wersja Blendera zawsze jest w tym samym folderze: *Program Files\Blender Foundation\Blender*. Dzięki temu wszystkie skróty (na pulpicie i menu *Start*) oraz skojarzenia z plikami **.blend* przenoszą się automatycznie na nową wersję Blendera – po upgrade nie musisz nic zmieniać.

Chwilę po uruchomieniu zobaczysz okno Blendera wraz z ekranem powitalnym (Rysunek 10.2.6) – tak, jak to pokazuje sekcja 10.1 („Instalacja standardowa”):



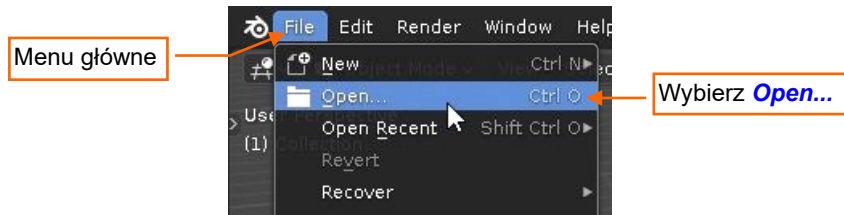
Rysunek 10.2.6 Ekran po uruchomieniu *blender.exe*

Po aktualizacji do nowej wersji, okno powitalne Blendera wyświetli dodatkowy przycisk umożliwiający przeniesienie ustawień z wersji poprzedniej, jak to pokazuje Rysunek 10.1.5 na str. 418.

¹ To najwygodniej zrobić, gdy już zapiszesz jakąś scenę na dysku. Wystarczy wówczas w Eksploratorze Windows z menu kontekstowego wybrać polecenie *Otwórz za pomocą...* i wskazać *blender.exe*. Ci z Was, którzy mają nieco większe doświadczenie z Windows, mogą w Eksploratorze wywołać polecenie *Narzędzia → Opcje folderów*, i tam w zakładce *Typy plików* zmienić nazwę typu np. na „Blender file”.

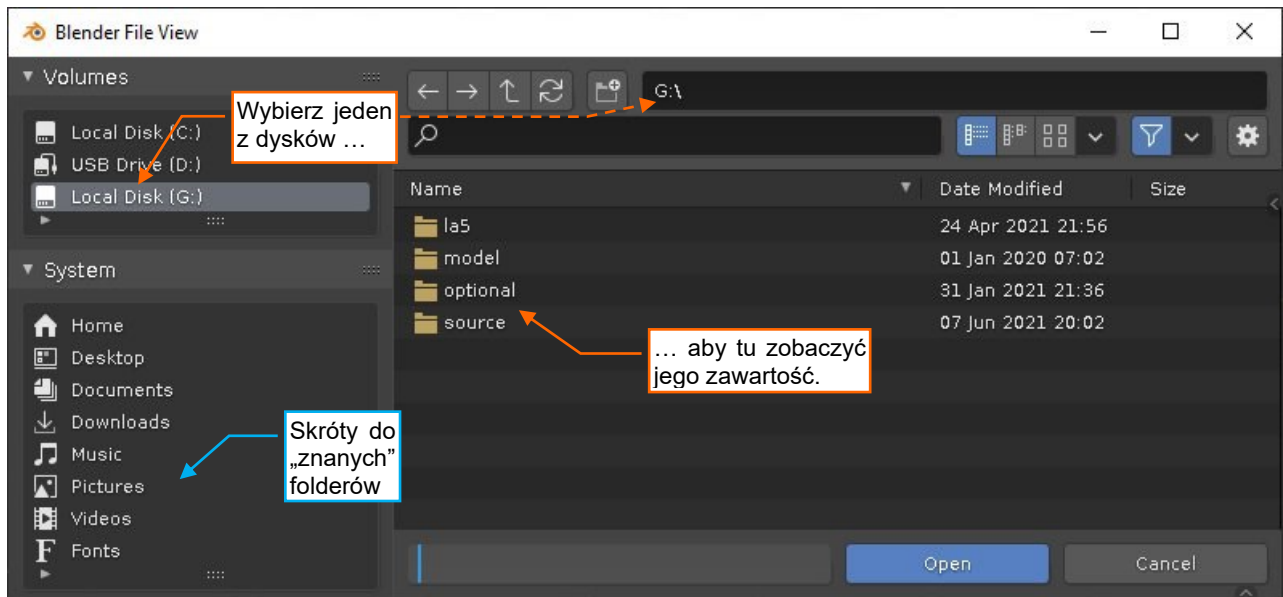
10.3 Otwieranie pliku

Wybierz polecenie **File→Open** z głównego menu Blendera (Rysunek 10.3.1):



Rysunek 10.3.1 Wybór polecenia z menu

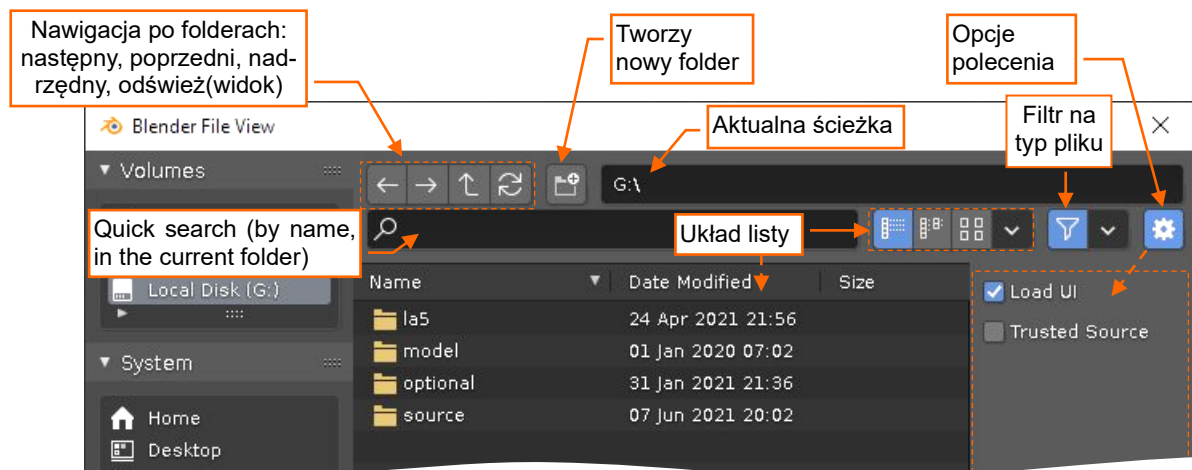
To polecenia otwiera okno **File View** – Rysunek 10.3.2:



Rysunek 10.3.2 Okno **File View**

Jak widać, Blender ma własne okno do wskazywania pliku – jest to konsekwencja decyzji o zastosowaniu własnego interfejsu użytkownika. Omówmy pokrótce jego obsługę.

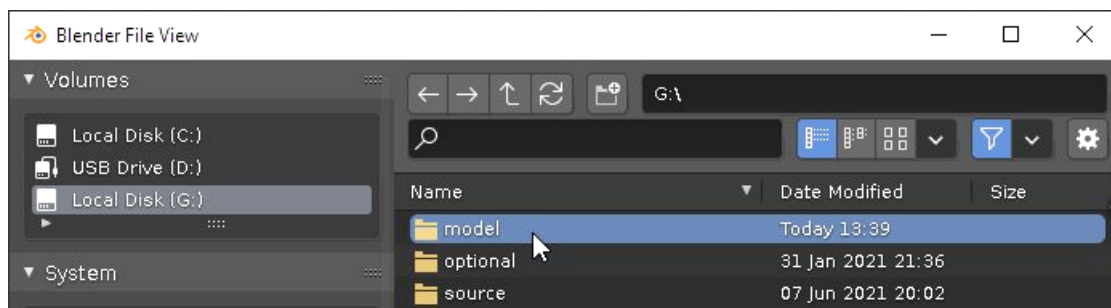
Znajdziesz w nim tę samą funkcjonalność jak w systemowym oknie dialogowym, a jego kontrolki wyglądają podobnie. Są tu przyciski do nawigacji wśród folderów, przycisk do tworzenia nowych katalogów, pasek opcji wyświetlania listy, filtr na typy plików, pole wyszukiwania (Rysunek 10.3.3):



Rysunek 10.3.3 Elementy interfejsu użytkownika okna **File View**

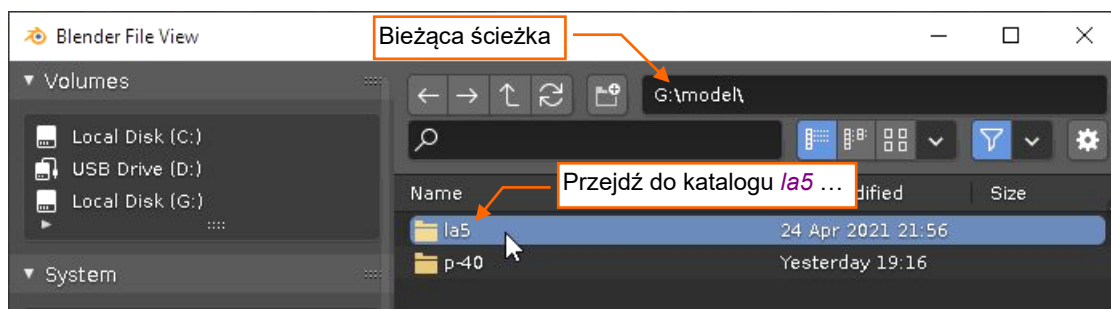
Pobierz towarzyszący tej książce plik **la5.zip** (por. str. 19) i rozpakuj jego zawartość do folderu o nazwie **model\la5**. Załóżmy że folder **model** znajduje się na dysku **G:**. Aby otworzyć plik **E:\model\la5\la5.blend**, wykonaj poniższe kroki:

Wyświetl zawartość katalogu głównego dysku **G:** w oknie **File View** (Rysunek 10.3.4). Możesz go znaleźć w panelu **Volumes** lub po prostu wpisać „G:” w pole ścieżki:



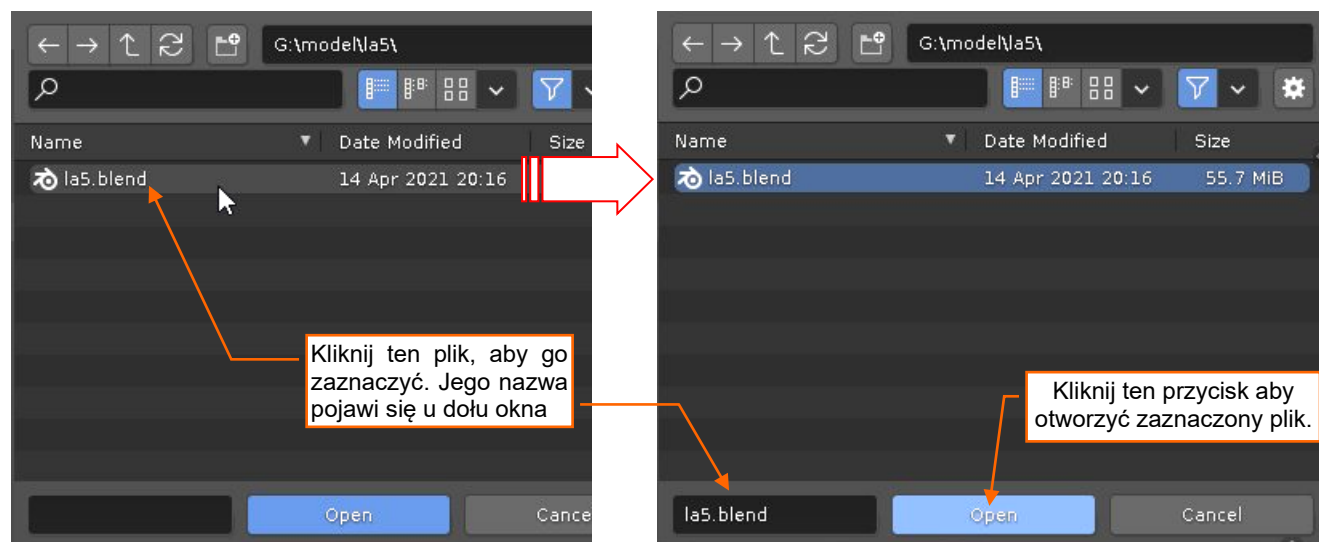
Rysunek 10.3.4 Ustalenie katalogu

Jeżeli bezpośrednio wpisałeś ścieżkę, naciśnij **Enter** aby wyświetlić jej zawartość. Kliknij dwukrotnie (**LPM**) w folder **model**, aby go otworzyć. W podobny sposób przejdź do folderu **la5** (Rysunek 10.3.5):



Rysunek 10.3.5 Zawartość folderu **model**

Kliknij w plik, który chcesz otworzyć – jego nazwa pojawi się w polu na nazwę pliku do otwarcia (Rysunek 10.3.6). (Można było, oczywiście, wpisać ją z klawiatury, ale komu by się chciało...):



Rysunek 10.3.6 Wybór i otworenie pliku Blendera

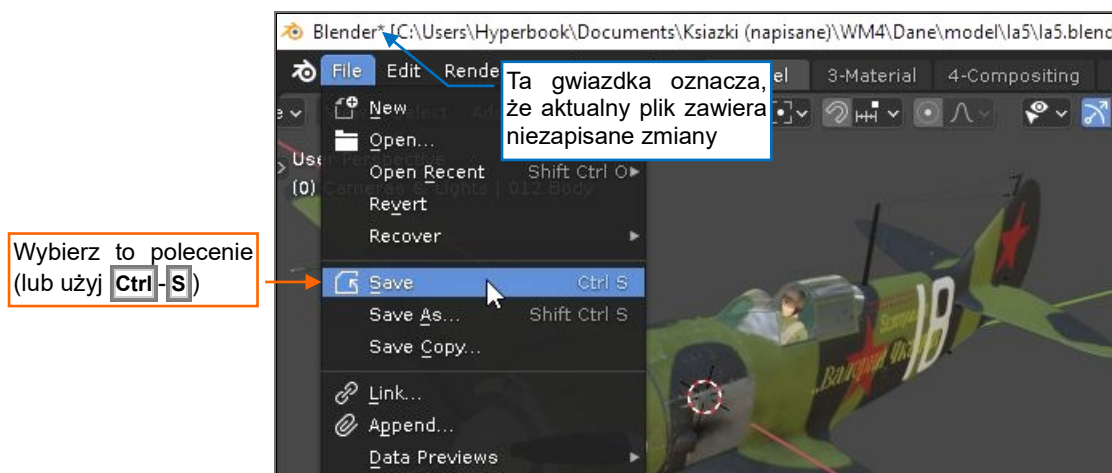
Blender zaznaczy wybrany plik niebieskim podświetleniem. Aby go otworzyć, kliknij przycisk **Open**. W zależności od mocy obliczeniowej Twojego komputera, może to zająć od jednej do paru sekund.

Warto jeszcze wspomnieć o dwóch innych przydatnych poleceniach z menu **File**:

- **File→Open Recent**: pozwala otworzyć jeden z dziesięciu ostatnio zapisywanych plików;
- **File→Recover Auto Save...**: Jeżeli masz w konfiguracji programu włączone okresowe zapisywanie kopii pliku, tym poleceniem możesz go otworzyć po np. zawieszeniu programu. Więcej o odtwarzaniu danych – str. 439.

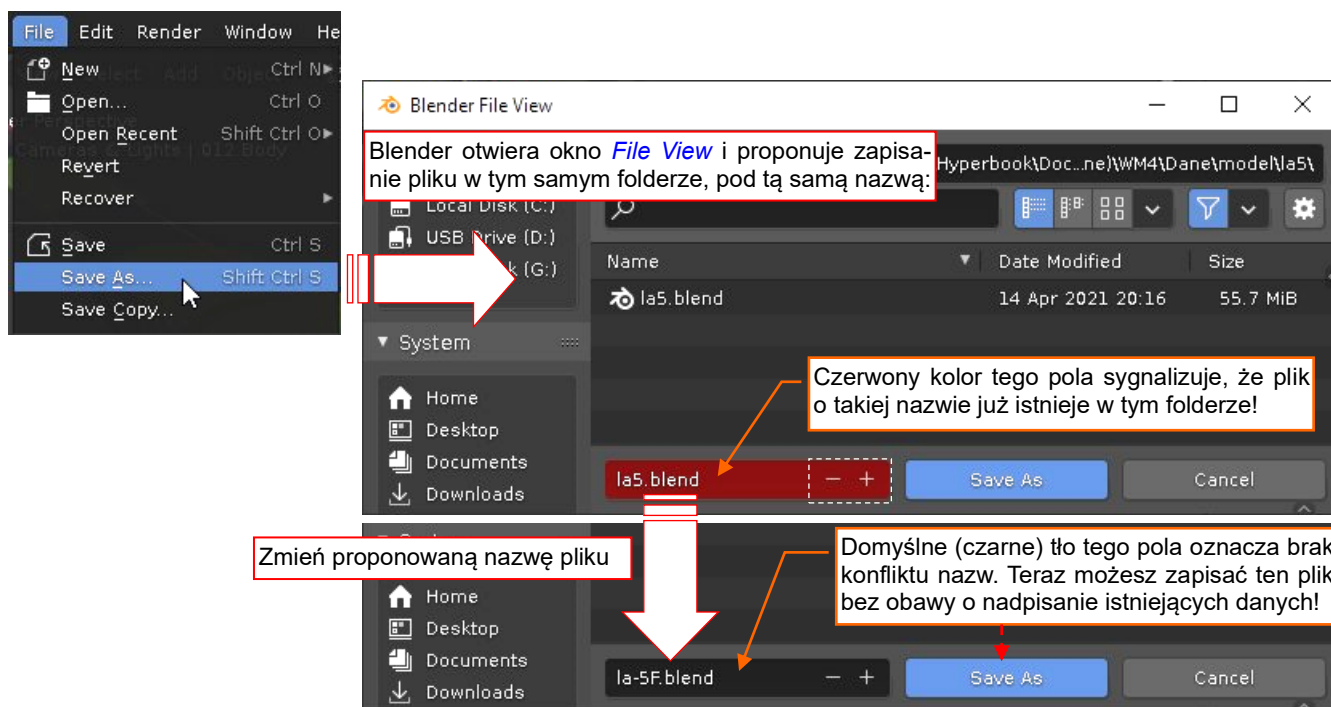
10.4 Zapisanie pliku

Aby zapisać aktualnie otwarty plik, wybieramy polecenie **File→Save** (Rysunek 10.4.1). Alternatywnie możesz nacisnąć na klawiaturze **Ctrl-S** – to skrót do tego polecenia:



Rysunek 10.4.1 Polecenie - zapisanie pliku

Jeżeli chcesz zapisać plik pod inną nazwą, wybierz polecenie **File→Save As**. Analogicznie jak przy otwarciu pliku (por. str. 423), na ekranie pojawi się na chwilę okno wyboru pliku (Rysunek 10.4.2):



Rysunek 10.4.2 Okno zapisu pliku

Zwróć uwagę, że w polu z nazwą do zapisania domyślnie pozostaje oryginalna nazwa pliku. Aby zapisać go pod nową nazwą, musisz ją zmienić – wpisując z klawiatury lub klikając w inny plik (który chcesz nadpisać). Zapis pod nową nazwą nastąpi po naciśnięciu przycisku **Save As Blender File**.

Osobiście używałem tego polecenia co najmniej raz dziennie – do zapamiętania kolejnej wersji pliku. Nazywałem to „wersją dzienną”. Takie wersje bywają przydatne. Na początku pracy z Blenderem, zdarzało mi się porzuczać dziesiątki parametrów i nie uzyskać oczekiwanego efektu. Czułem, że szukając rozwiązania zabrnąłem w „ślepą uliczkę”. Wycofanie dokonanych zmian do stanu początkowego wyglądało często na bardzo pracochłonne, a czasami na praktycznie niemożliwe. O wiele prościej było zacząć jeszcze raz od „czystej” wersji z poprzedniego dnia.



Twórcy Blendera z myślą o takich jak ja, dodali do okna zapisu pliku dodatkowy „gadżet”. Są to przyciski [+], [-] po prawej stronie pola z nazwą pliku (Rysunek 10.4.2). Po kliknięciu, dopisują, zwiększają lub zmniejszają cyfrę (numer wersji) na końcu nazwy pliku (1, 2, 3, ...).

Z innych poleceń, które warto wspomnieć:

- **Save Screenshot**: zapisuje obraz aktualnego ekranu Blendera. Format obrazu (**JPG**, **PNG**, ...) ustalamy w przyborniku z opcjami okna *File View* (por. str. 423, Rysunek 10.3.3) ;
- **Image→Save As Image**: Polecenie menu edytorów *UV/Image*. W szczególności, możesz go użyć do zapisania wyrenderowanego, finalnego obrazu sceny. (Blender zawsze umieszcza taki plik w oknie *Image Editor*).

10.5 Ustawienie środowiska pracy

Wygląd i szczegóły i działania programu (układ ekranu, kolory, skróty klawiatury, itd.) są wynikiem złożenia dwóch grup ustawień. Są to:

- Ustawienia „ogólne” z okna [Edit→Preferences](#). Są one przechowywane w pliku o nazwie [userpref.blend](#). Te ustawienia nie są związane z jakimkolwiek aktualnym projektem (plikiem [*.blend](#)). Traktuj je jako konfigurację Twojej instancji Blendera.
- Ustawienia „lokalne”, przechowywane w pliku Blendera ([*.blend](#)). Dotyczą one przede wszystkim interfejsu użytkownika: układu okien, alternatywnych układów ekranu ([workspaces](#)). Gdy nie załadowałeś jeszcze żadnego pliku lub gdy tworzysz nowy plik poleceniem [File→New](#), Blender wykorzystuje tzw. plik startowy, o nazwie [startup.blend](#). Możesz ten wzorec nadpisać poleceniem [File→Defaults→Save Startup File](#).

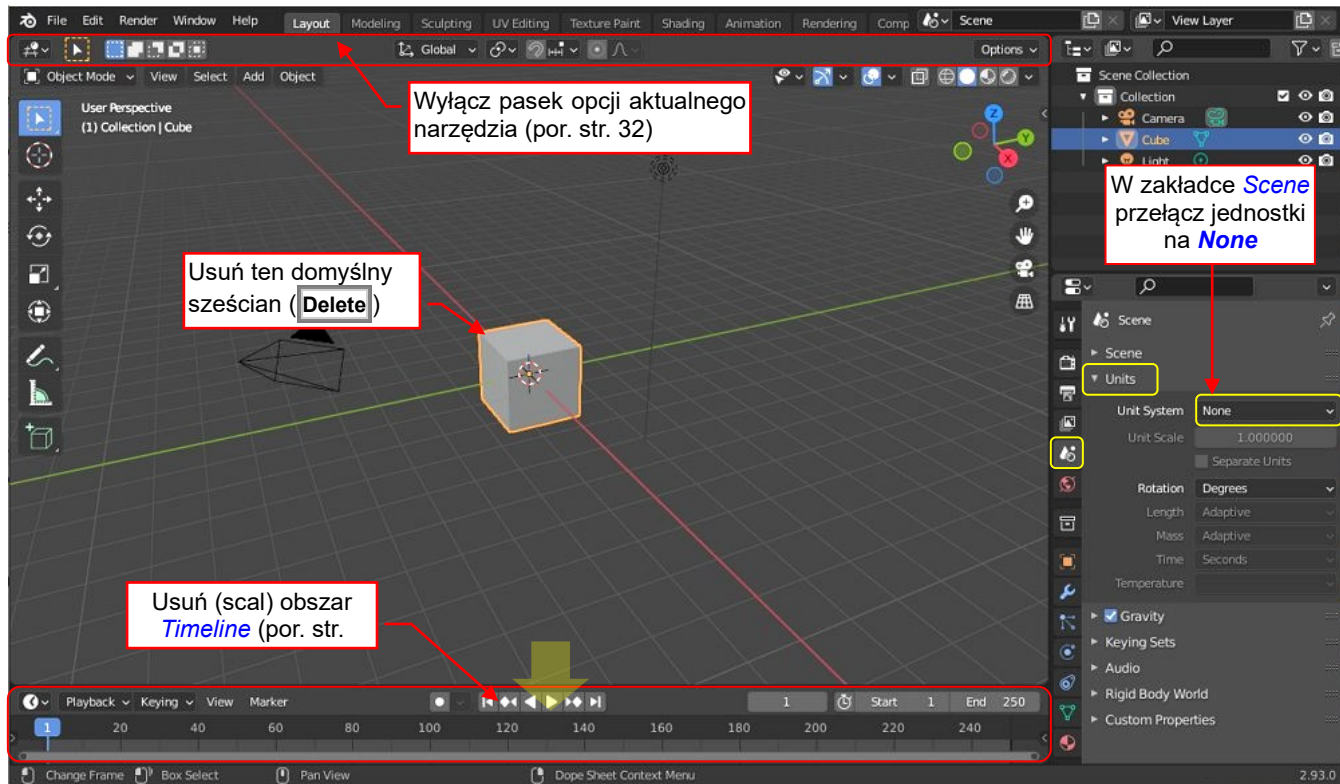
W pliku [source.zip](#) (por. str. 19) umieściłem foldery z konfiguracją Blendera, której używałem pisząc tę książkę. Aby przenieść je do Twojego Blendera wystarczy je skopiować do odpowiedniego folderu, jak to pokazuję na str. 436. Dodatkowo możesz także zainstalować wtyczki, których użyjemy w dalszych rozdziałach tej książki. Szczegóły znajdziesz na str. 443. Wymagane pliki Pythona ([*.py](#)) są w folderze [source\scripts\addons](#).

Poniżej pokazuję, jakie ustawienia domyślne Blendera zmieniłem w plikach towarzyszących tej książce.



Niektóre z tych ustawień są opcjonalne. Te, które są niezbędne do prawidłowego podążania za tym poradnikiem, zaznaczam na ilustracjach na czerwono.

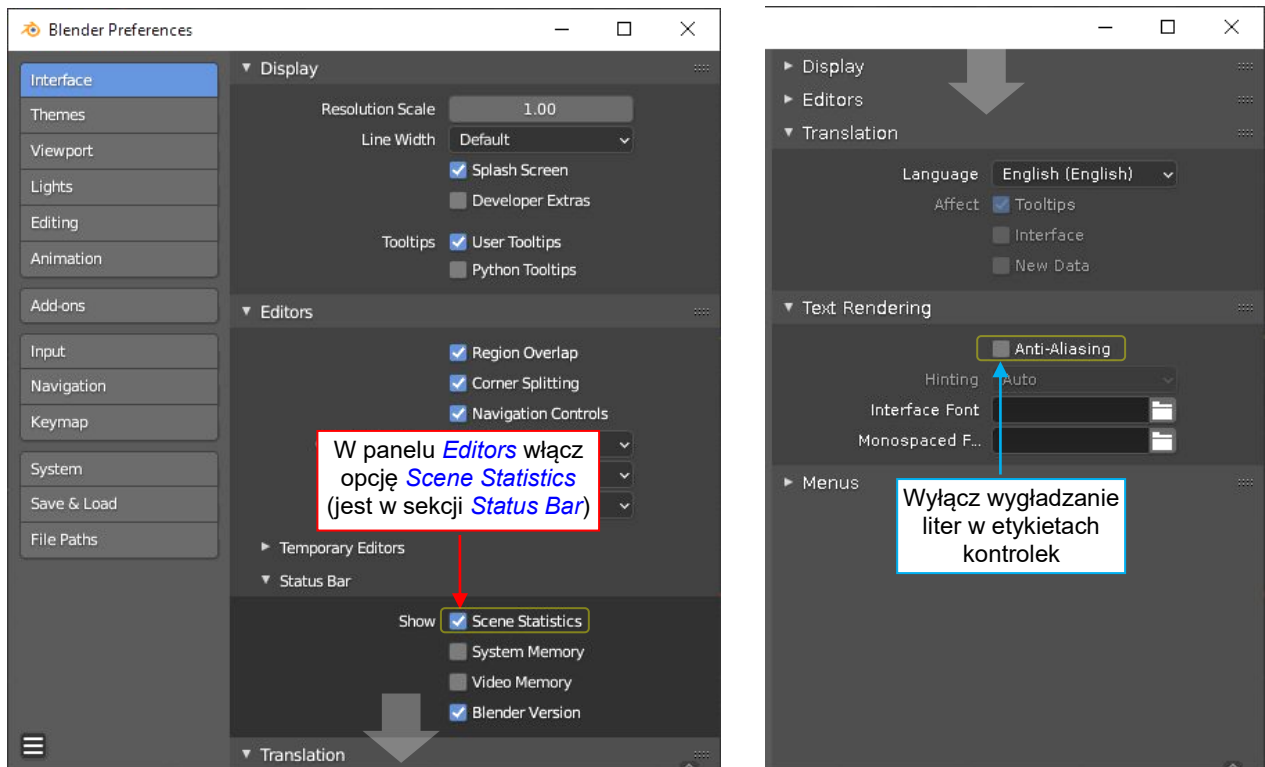
Zacznijmy od ustawień lokalnych w pliku wzorcowym ([startup.blend](#)):



Rysunek 10.5.1 Przeniesienie zmian dokonanych w pliku [startup.blend](#), dostarczonym z tą książką

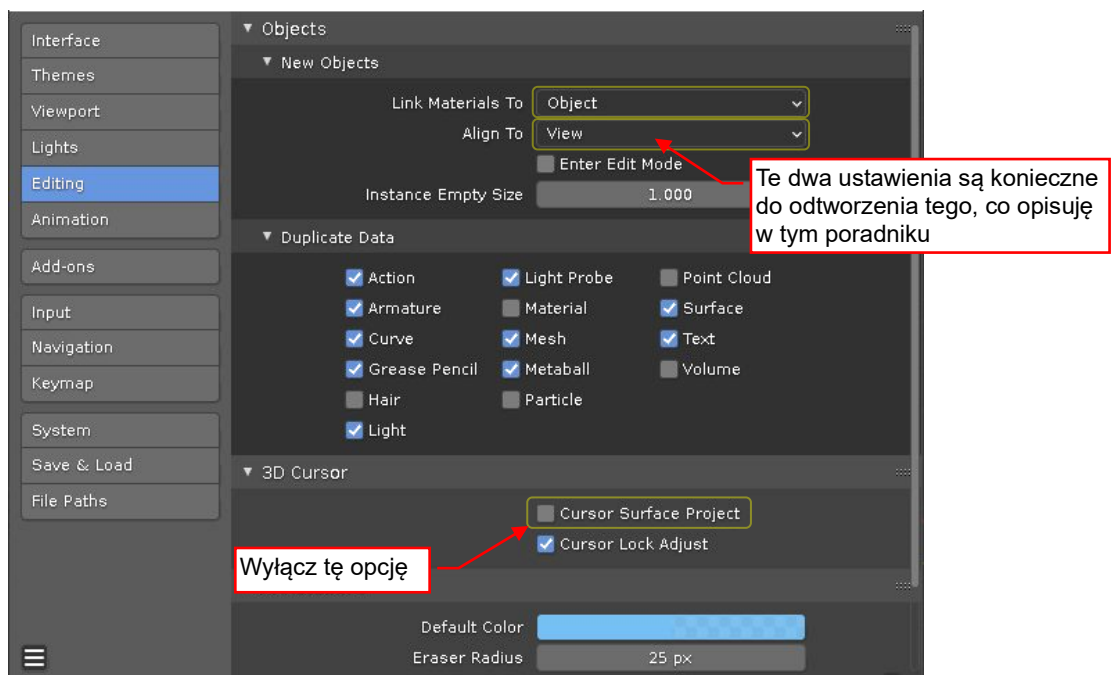
Wyłączyłem pasek opcji narzędzi w nagłówku okna **3D Viewport**, ponieważ są one dostępne także w jednej z zakładek przybornika (**N**). Zmieniłem jednostki sceny na **None** gdyż sądzę, że ten „matematyczny” format zapisu liczb jest bardziej czytelny. (W naszym modelu po prostu zakładam, że 1 jednostka Blendera = 1 cal).

W sekcji **Interface** okna **Edit→Preferences** włączyłem wyświetlanie w pasku stanu informacji o liczbie zaznaczonych obiektów. W Blenderze można całkiem łatwo przypadkowo zaznaczyć dodatkowy obiekt. Ten licznik pomoże w sprawdzaniu czy nie zrobiliśmy tego przed wywołaniem jakiegoś polecenia. Dodatkowo, wyłączyłem wygładzanie tekstów kontroltek. Wydaje mi się, że bez tej opcji są bardziej czytelne (Rysunek 10.5.2):



Rysunek 10.5.2 Ustawienia Blendera – sekcja **Interface**

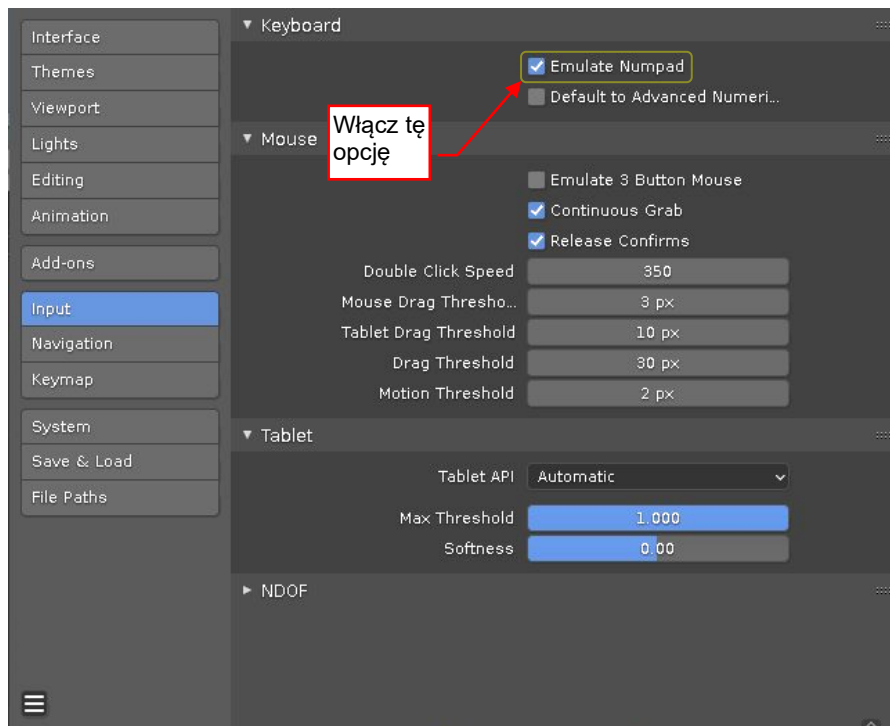
W sekcji **Editing** włączyłem **New Objects:Align To:View** oraz **Link Materials To: Object** (Rysunek 10.5.3). Te dwie zmiany są krytyczne do poprawnego odtworzenia kroków opisanych w tej książce:



Rysunek 10.5.3 Ustawienia Blendera – sekcja **Editing**

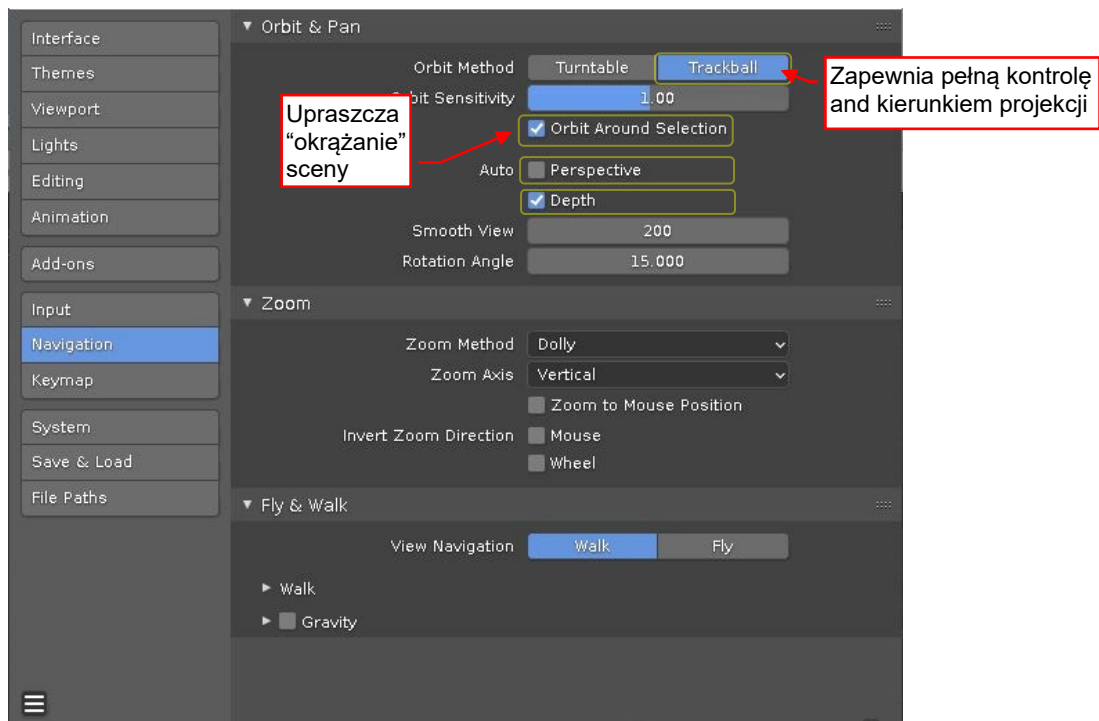
Dodatkowo sugeruję wyłączyć opcję **Cursor Surface Project** z sekcji **3D Cursor**. Gdy jest włączona i klikniesz ponad jakimś obiektem, aby przenieść w to miejsce kursor 3D, Blender umieści ten kursor na powierzchni jego siatki. W precyzyjnym modelowaniu mechanizmów ta opcja powoduje nieco zamieszania.

W sekcji **Input** – włączyłem opcję **Emulate Numpad** (Rysunek 10.5.4). Jest to praktyczne przede wszystkim dla notebooków, ale także to na tradycyjnych komputerach: pozwala trzymać lewą rękę w centrum klawiatury.



Rysunek 10.5.4 Ustawienia Blendera – sekcja **Input**

W sekcji **Navigation** wybierz **Trackball** jako metodę obracania widoku, i włącz opcję **Orbit Around Selection** (Rysunek 10.5.5). To ułatwia „krążenie” wokół detali modelu:

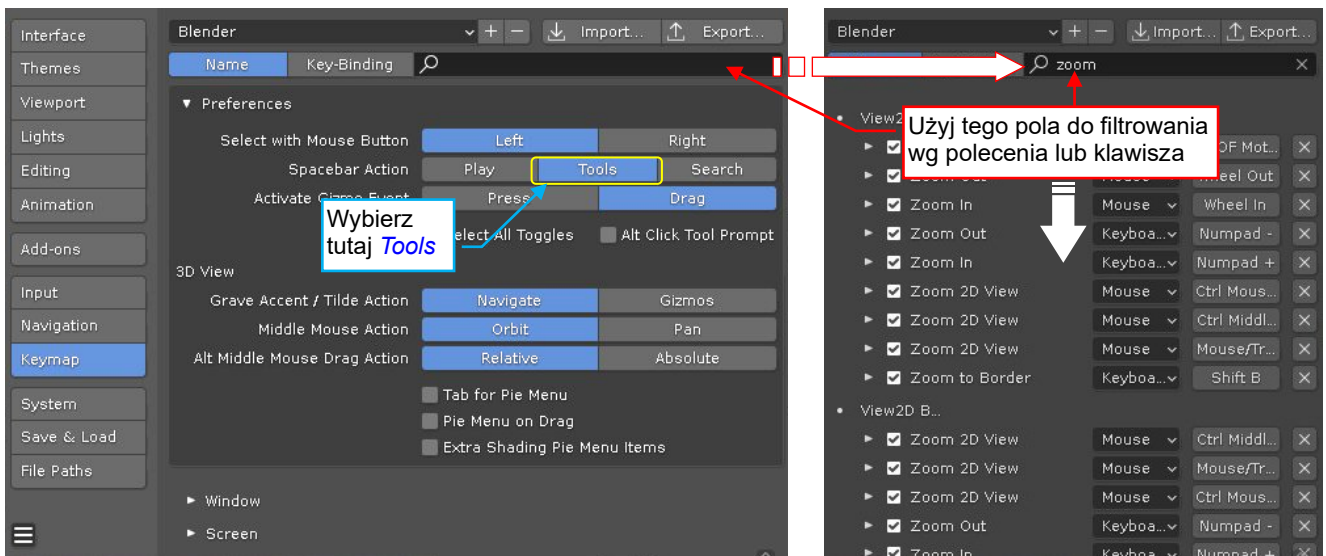


Rysunek 10.5.5 Ustawienia Blendera – sekcja **Navigation**

W oknie pokazywanym przez Rysunek 10.5.5 możesz także przełączyć dwie opcje „Auto”:

- Wyłącz **Auto:Perspective**. W precyzyjnym modelowaniu często używa się widoków ortograficznych, a ta opcja po każdej zmianie projekcji samoczynnie włącza tryb perspektywiczny.
- Włącz **Auto:Depth**. Zapobiega tzw. „blokadom powiększenia” w widoku perspektywicznym.

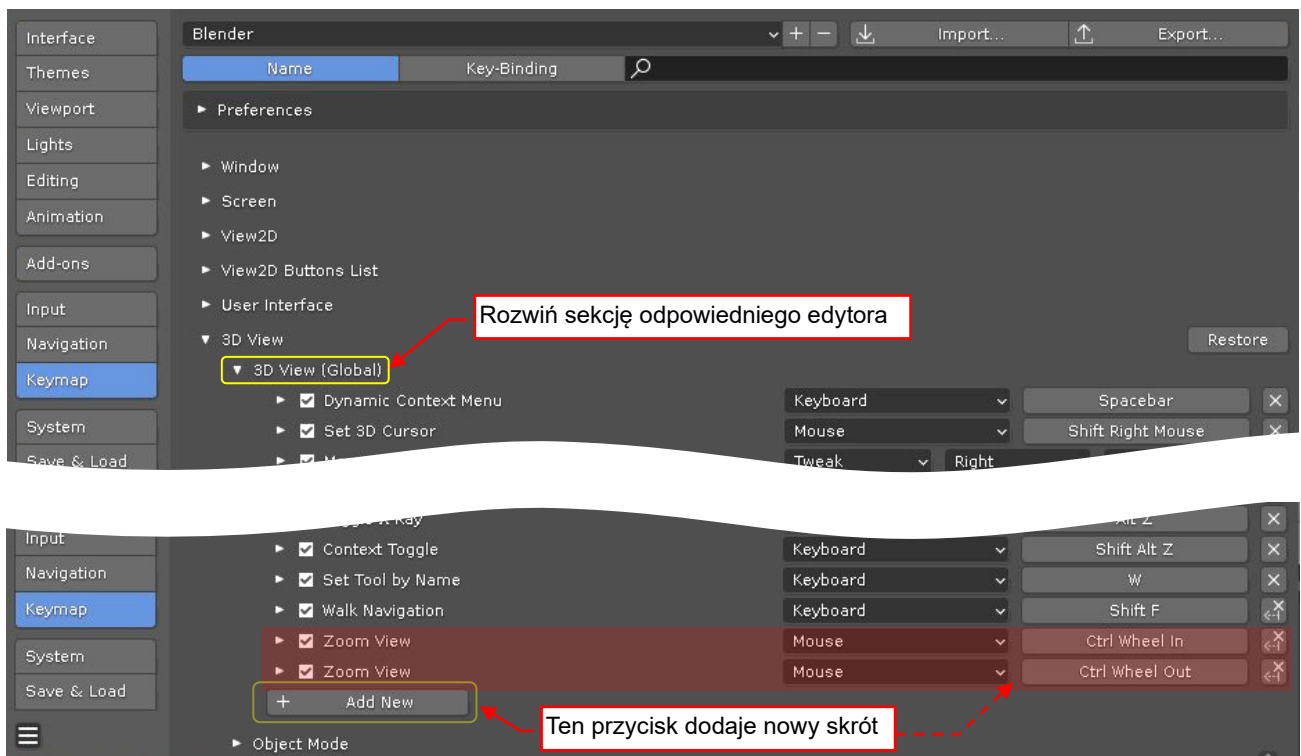
W panelu [Keymap:Preferences](#) sugeruję przypisać do klawisza spacji polecenie [Tools](#). Zwróć uwagę, że w tej sekcji możesz znaleźć i przestawić wszystkie skróty Blendera (Rysunek 10.5.6):



Rysunek 10.5.6 Ustawienia Blendera – sekcja [Keymap](#)

Widać tu setki różnych skrótów, przypisanych do różnych edytorów. Oczywiście, w praktyce będziesz potrzebował z mieni tylko kilka z tych kombinacji myszki i klawiatury. Możesz tu wyszukiwać skróty po nazwie polecenia, które uruchamiają lub po klawiszu. Aby szukać skrótów z konkretnym klawiszem, wpisz w pole tekstowe jego znak (literę). Na przykład: S, jeżeli chcesz znaleźć wszystkie skróty używające klawisza **S**.

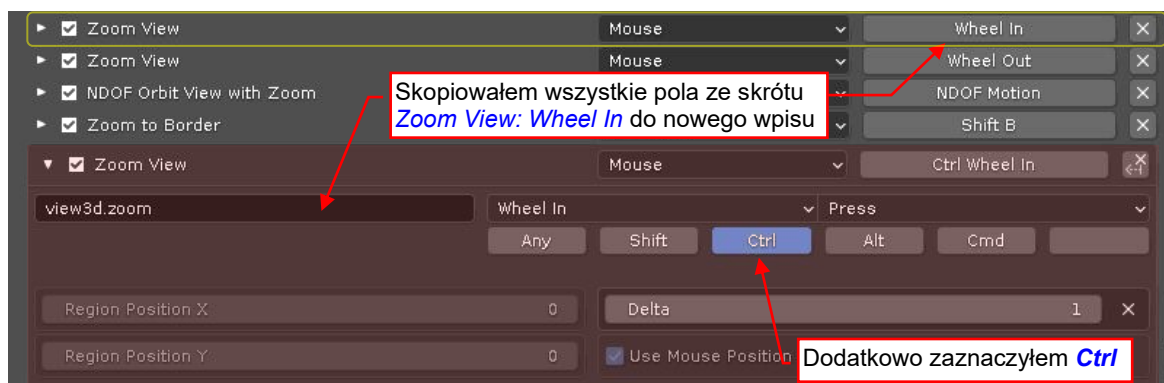
Czasami możesz potrzebować stworzyć nowy skrót. Na przykład: zauważyłem, że nieświadomie staram się powiększyć widok w oknie 3D Blendera jak w Inkscape i GIMP-ie: używając **Ctrl-KM**. W Blenderze można zrobić to samo obracając samo **KM**, ale nic się nie dzieło, gdy towarzyszyło mu wciśnięty klawisz **Ctrl**. Dlatego zdecydowałem się dodać taki skrót do edytora [3D View\(port\)](#) (Rysunek 10.5.7):



Rysunek 10.5.7 Dodawanie nowego skrótu (klawiatury lub myszki)

[3D View](#) dzieli się jeszcze na różne tryby, ale polecenia zmiany widoku są w dziale [3D View \(Global\)](#).

Wypełniłem pola definicji nowych skrótów wartościami, które znalazłem w domyślnych skrótach dla poleceń **Zoom View:Wheel In/Out**. Dodatkowo, włączyłem w nich opcję **Ctrl** (Rysunek 10.5.8) :

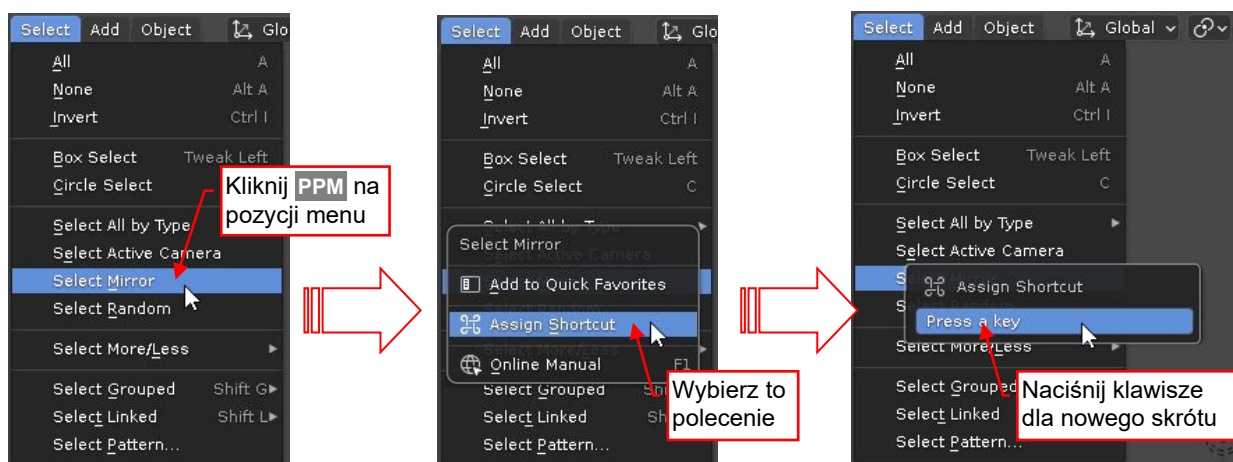


Rysunek 10.5.8 Szczegóły definicji skrótu **Ctrl**-**KM**



Jeżeli chcesz dodać lub zmienić skrót dla jakiegoś polecenia z menu, istnieje prostsza metoda. Wykorzystaj w tym celu polecenie **Assign Shortcut** z menu kontekstowego (**PPM**) menu rozwijalnego.

Brzmi dziwnie? Otwórz menu kontekstowe kliknięciem **PPM** na menu rozwijalnym (Rysunek 10.5.9):



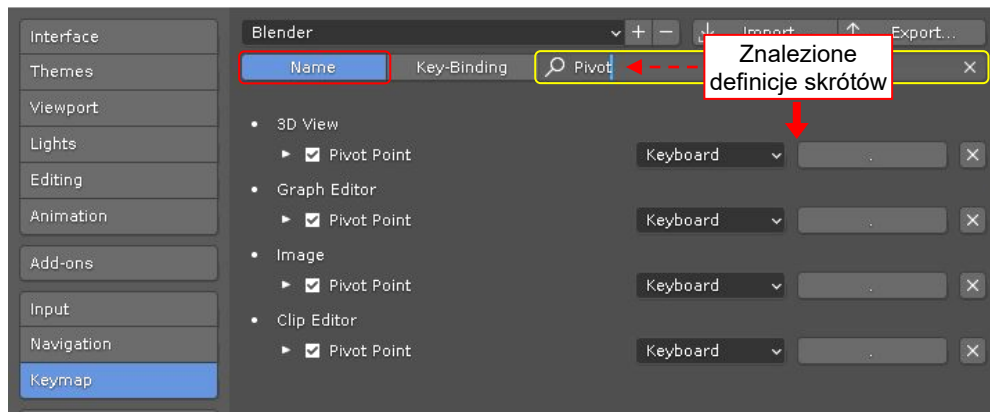
Rysunek 10.5.9 Prostsza metoda przypisywania skrótów

Oczywiście, czasami zdarzają się bardziej złożone przypadki. Na przykład: podczas modelowania często przełączam się pomiędzy różnymi środkami transformacji (to takie tryby **Transformation Pivot Center** jak **Bounding Box** czy **3D Cursor** – por. str. 67). O wiele łatwiej jest wybrać te opcje z menu myszki niż z listy rozwijalnej umieszczonej w nagłówku okna 3D. Jednak domyślny skrót dla tego menu myszki (**Pivot**) to **.**. Jego użycie wymaga szerokiego ruchu lewą ręką (jestem praworęczny). Dlatego zdecydowałem, że potrzebuję skrótu który znajdowałby się bezpośrednio pod palcami lewej ręki w jej typowym położeniu, po lewej stronie klawiatury.

Większość pojedynczych klawiszy jest już w Blenderze przypisana do różnych ważnych poleceń. Na szczęście udało mi się znaleźć klawisz nadający się do wykorzystania: **.** (Znajduje się w lewym, górnym rogu standardowej klawiatury). Domyślnie, otwiera inne menu myszki (**View**).

Zdecydowałem się zamienić te dwa skróty ze sobą, przypisując **.** do menu **View** i **P** do menu **Pivot**. Aby to zrobić, musiałem znaleźć definicje tych skrótów w sekcji **Keymap**.

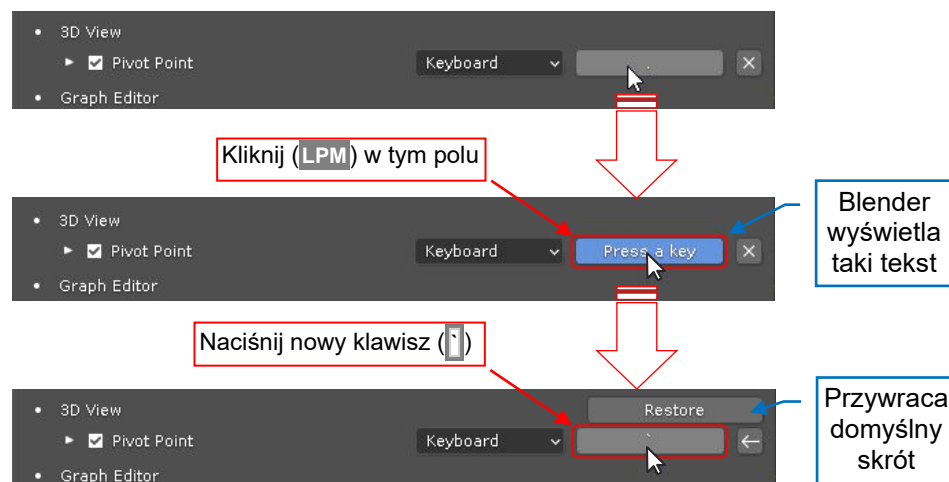
Aby znaleźć definicję skrótu dla menu myszki **Pivot**, użyłem filtra wg nazwy polecenia, wpisując słowo „pivot” w polu wyszukiwania (Rysunek 10.5.10):



Rysunek 10.5.10 Znajdowanie skrótów klawiszy wg części nazwy powiązanego polecenia

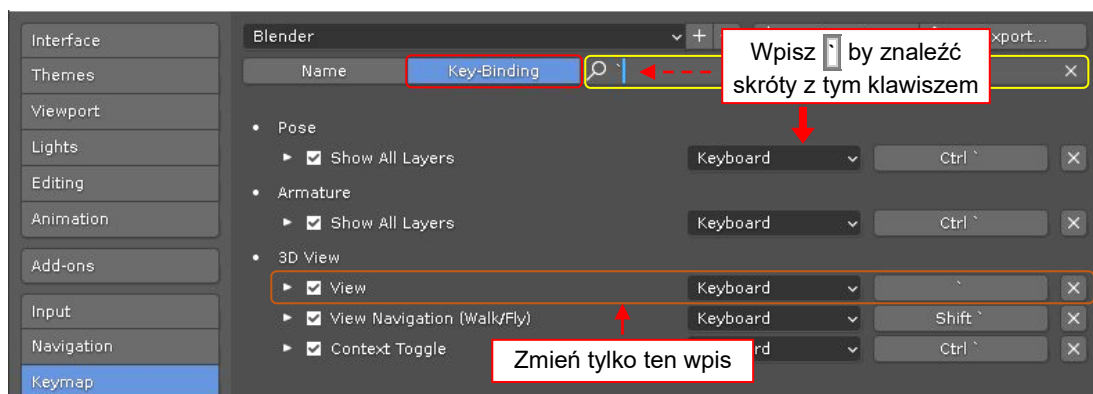
Jak widać, skróty do menu **Pivot** są zdefiniowane dla czterech różnych edytorów. Dla zachowania spójności zdecydowałem się zmienić je wszystkie.

Kliknij (**LPM**) w każdym z tych wpisów w polu z symbolem klawisza. W odpowiedzi Blender przełączy się w tryb „naciśnij klawisz”. Naciśnij nowy klawisz skrótu (**⏏**), jak to pokazuje Rysunek 10.5.11:



Rysunek 10.5.11 Zmiana klawisza skrótu

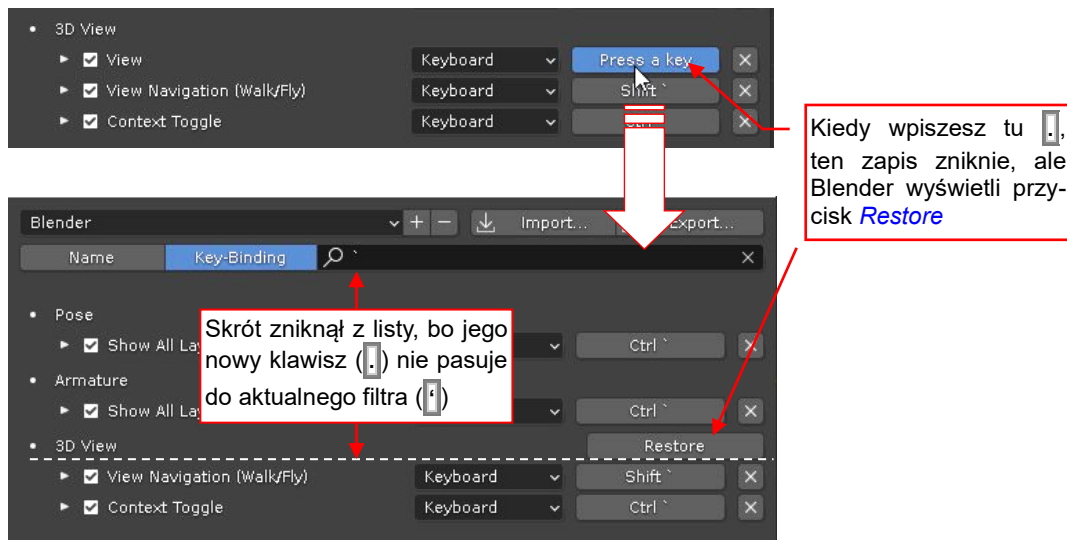
Istnieje bardzo dużo poleceń Blendera, których nazwy zawierają słowo „view”. Dlatego zdecydowałem się szukać skrótów do menu myszki **View** po jego aktualnym klawiszu. Przełączyłem się w tryb **Key-Binding** i wpisałem **⏏** w pole filtra (Rysunek 10.5.12):



Rysunek 10.5.12 Wyszukiwanie skrótów wg użytego klawisza

Jak pokazuje to Rysunek 10.5.12, Blender wyświetla wszystkie skróty zawierające wskazany w filtrze klawisz (nie tylko sam **[.]**, ale także jego kombinacje z **[Ctrl]** i **[Shift]**). Te definicje są pogrupowane wg przypisanych edytorów. W tym przypadku potrzebowaliśmy zmienić tylko skrót do menu **View** w edytorze **3D View(port)**.

Nie bądź zdziwiony, gdy zmodyfikowany wpis zniknie z takiej odfiltrowanej listy (Rysunek 10.5.13):

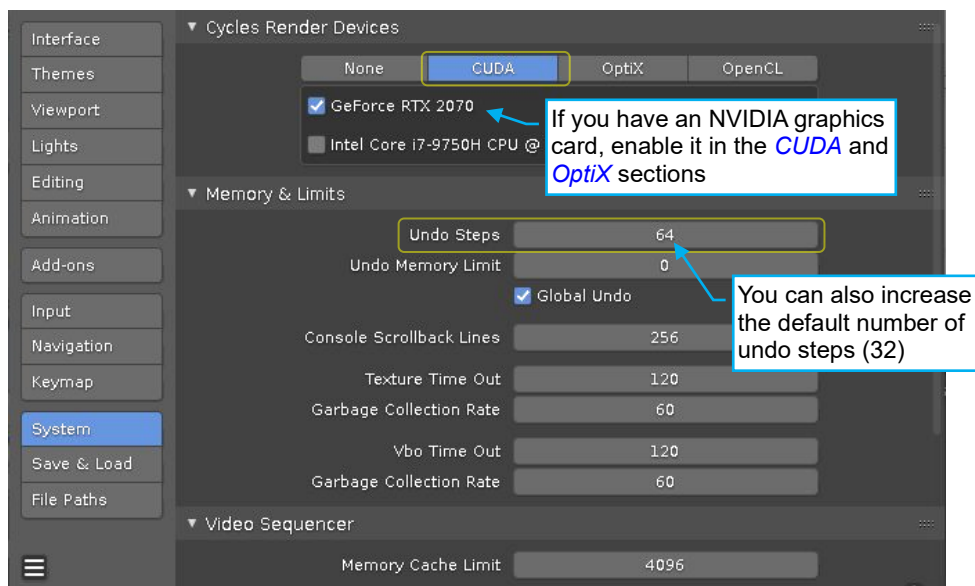


Rysunek 10.5.13 Zmiana skrótu na liście odfiltrowanej wg klawisza

To normalne – po zmianie klawisza znajdziesz ten zapis po zastosowaniu innego filtra **[.]**.

* * *

W sekcji **System** (Rysunek 10.5.14) możesz włączyć jedną z opcji równoległego przetwarzania danych, o ile są one obsługiwane przez Twój procesor graficzny:



Rysunek 10.5.14 Ustawienia Blendera – sekcja **System**

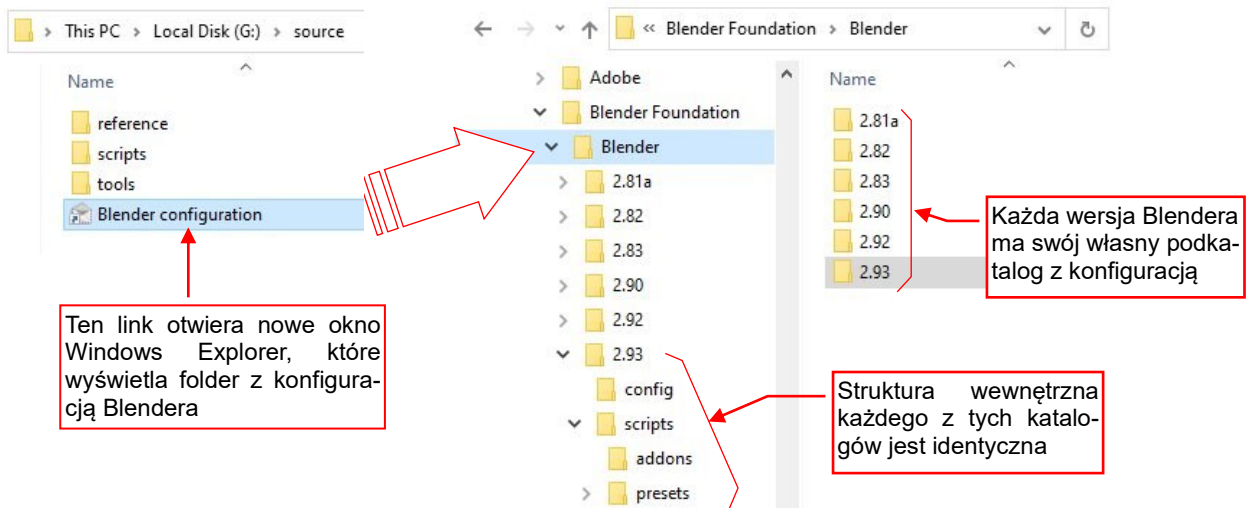
To ustawienie silnika renderującego (Cycles). Jeżeli Twój komputer jest wyposażony w nowoczesną kartę graficzną NVIDIA, włącz opcje **CUDA** i **OptiX**.

Możesz także zwiększyć liczbę **Undo Steps**. Domyślna wartość – 32 – bywa czasami niewystarczająca.

10.6 Pliki konfiguracji Blendera

Gdy użyjesz polecenie **File → Defaults → Save Startup File**, lub zmienisz jakąś opcję w oknie **Preferences**, Blender zapisze w Twoim profilu użytkownika zmienioną konfigurację. W Windows możesz znaleźć te dane w katalogu **AppData** (znajduje się w Twoim profilu użytkownika). To miejsce jest także wyświetlane pod nazwą „Dane Aplikacji”. Blender przechowuje swoje pliki w podkatalogu **AppData/Roaming/Blender Foundation/Blender**.

W pliku **source.zip** (por. str. 19) przygotowałem skrót o nazwie **Blender configuration**. Wykorzystuje zmienną środowiskową Windows (**APPDATA**) by otworzyć w Eksploratorze Windows Twój folder z konfiguracją Blendera (Rysunek 10.6.1):

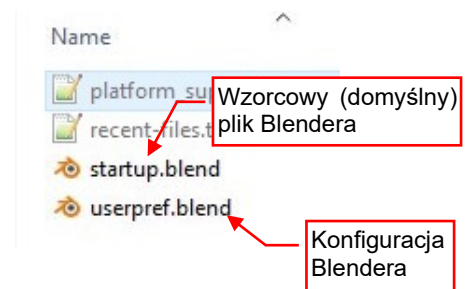


Rysunek 10.6.1 Otwarcie folderu na konfigurację Blendera

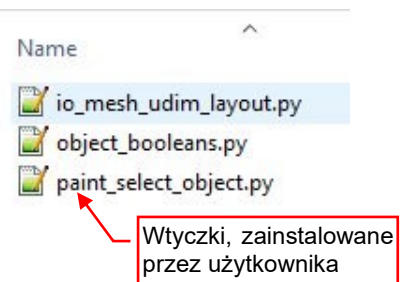
Każda z wersji Blendera przechowuje tu swoje pliki w oddzielnym katalogu (Rysunek 10.6.1). Dzięki temu możesz z nich korzystać jednocześnie (np. aby sprawdzić, jak coś działało poprzednio). Gdy instalujesz nową wersję programu, przy pierwszym uruchomieniu Blender proponuje skopiowanie konfiguracji z wersji poprzedniej.

Wewnątrz katalogu każdej wersji znajdują się dwa foldery:

- **config**: zawiera dwa ważne pliki (Rysunek 10.6.2) Pierwszy z nich nazywa się **userpref.blend**. Są w nim przechowywane wszelkie ustawienia z okna **Preferences**. Drugim plikiem jest **startup.blend**. Zawartość tego pliku Blender wyświetla bezpośrednio po uruchomieniu, lub gdy wybierzesz polecenie **File → New**. Plik **startup.blend** determinuje m.in. domyślny układ ekranu Blendera. Możesz go zastąpić jakimś bieżącym rysunkiem (Służy do tego polecenie **File → Defaults → Save Startup File**).
- **scripts\addons**: w folderze **addons** Blender przechowuje dodatki (**add-ons**) zainstalowane przez użytkownika (Rysunek 10.6.3, por. także str. 443). Dzięki temu podczas aktualizacji są przenoszone z całą konfiguracją do nowej wersji programu.



Rysunek 10.6.2 Zawartość folderu **config**



Rysunek 10.6.3 Zawartość **scripts\addons**

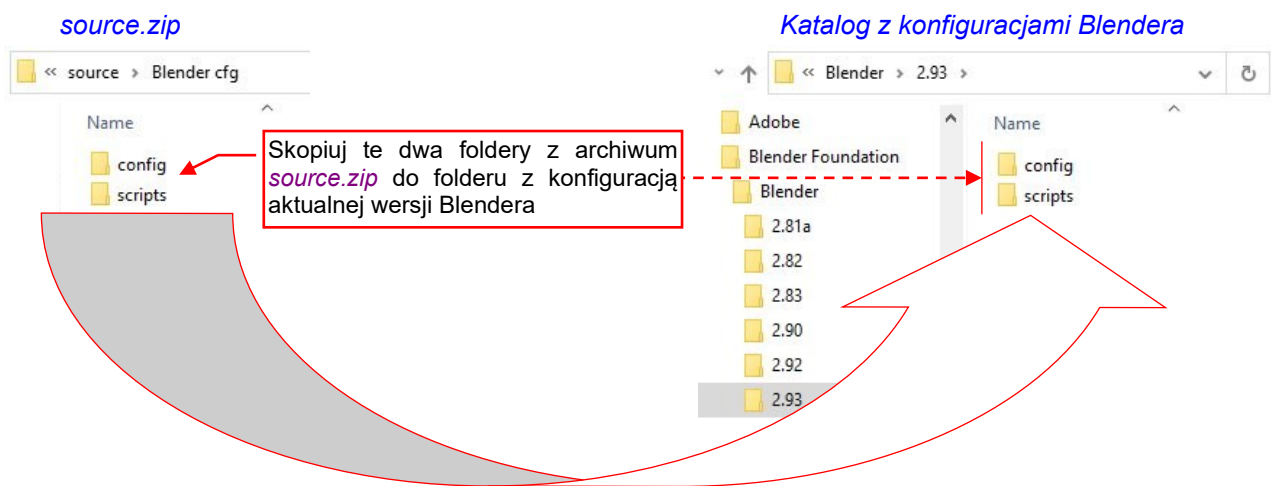
W operowaniu konfiguracją Blendera nie ma żadnej „ukrytej magii”. Wystarczy zmieniać odpowiednie pliki. Na przykład, instalację grupy dodatków (*add-on*), możesz wykonać na dwa sposoby:

- Prosty: używając GUI Blendera (tak jak to jest opisane na str. 443) – ale wtedy musisz wgrywać po kolei każdą wtyczkę.
- Zaawansowany: jednym ruchem skopiować wszystkie pliki wtyczek do podkatalogu *scripts\addons* folderu z konfiguracją Blendera. Wymaga to tylko wiedzy, gdzie ten folder się znajduje, i za pierwszym razem należy po prostu tam założyć takie podkatalogi.



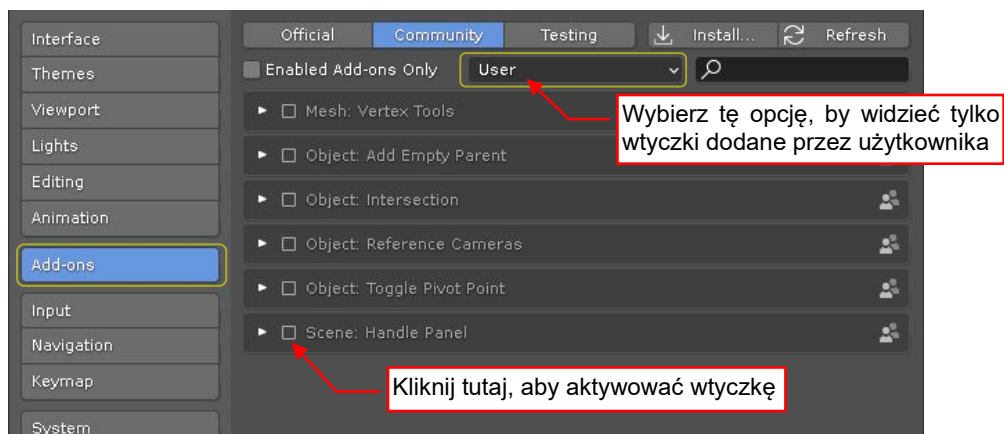
Możesz się przełączać pomiędzy różnymi konfiguracjami Blendera – wystarczy przechowywać pod inną nazwą lub w innym miejscu alternatywne pliki *userpref.blend* i *startup.blend*. Gdy skopiujesz do folderu *config* ich nowe wersje – Blender posłuży się nimi przy najbliższym uruchomieniu.

Abyś mógł podążać za przykładami umieszczonymi w tej książce, w pliku *source.zip* dostarczyłem podkatalogi *config* i *scripts* z odpowiednią konfiguracją Blendera. Na wszelki wypadek najpierw skopiuj wszystkie pliki z Twoją oryginalną konfiguracją w jakieś inny miejsce. Potem po prostu przenieś odpowiednie te dwa podkatalogi z *source.zip* do folderu z konfiguracją Twojej aktualnej wersji Blendera (Rysunek 10.6.4):



Rysunek 10.6.4 Przeniesienie konfiguracji Blendera, wymaganej dla tej książki

Wygląda na to, że Blender akceptuje pliki konfiguracji utworzone w poprzedniej wersji (jest wstecznie zgodny). Jest tylko jeden mały problem: skopiowane wtyczki są początkowo wyłączone (widać to w oknie *Edit → Preferences*, por. Rysunek 10.6.5):

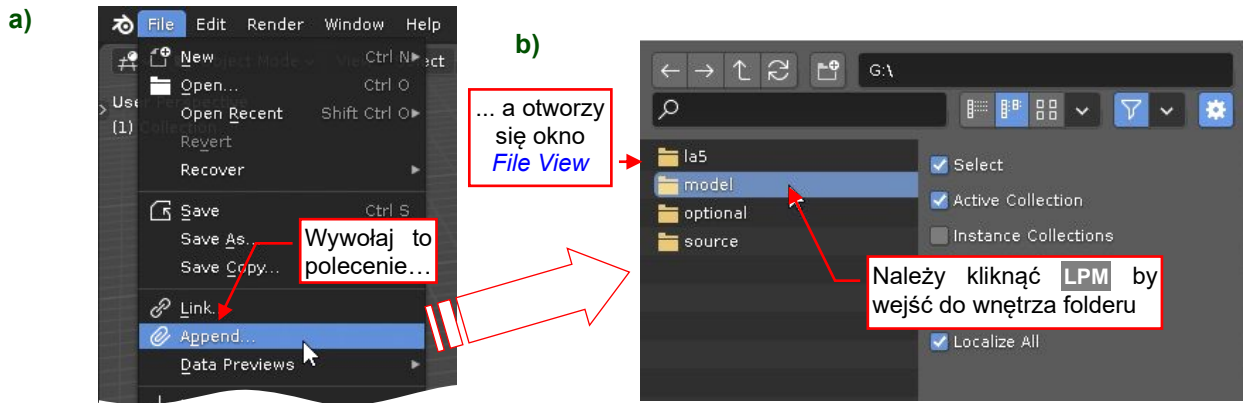


Rysunek 10.6.5 Skopiowane wtyczki (*add-ons*)

W tym oknie możesz włączyć skopiowane wtyczki (wystarczy zaznaczyć pole z lewej strony nazwy).

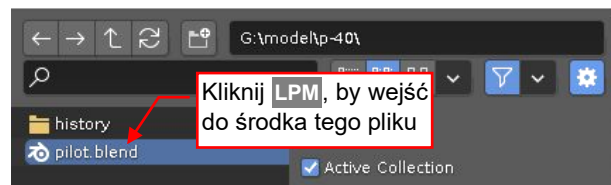
10.7 Import obiektów z innego pliku Blendera

Aby wstawić do aktualnej sceny obiekty z innego pliku, wybierz polecenie **File→Append** (Rysunek 10.7.1a):



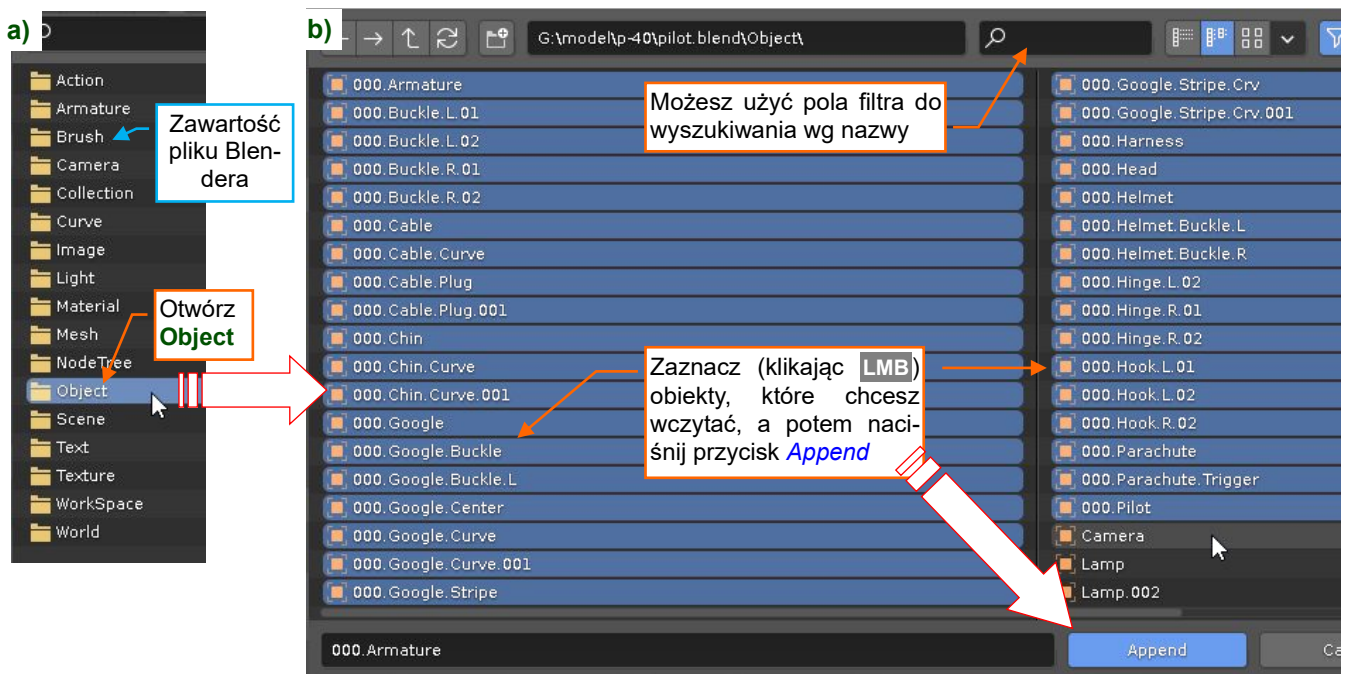
Rysunek 10.7.1 Polecenie - import elementów innego pliku

Na ekranie pojawi się okno wyboru plików (Rysunek 10.7.1b). Przejdź w nim do folderu z plikiem, z którego coś chcesz wczytać (Rysunek 10.7.2). W naszym przypadku to *pilot.blend* z folderu *model\p40* (por. str. 19).



Rysunek 10.7.2 Wybór pliku, z którego chcesz coś wczytać

W trybach **Append** lub **Link** możesz w oknie wyboru pliku wejść „do środka” rysunku Blendera, jak gdyby był podkatalogiem (klikając **LPM**). W środku zobaczysz „foldery” (Rysunek 10.7.3a):



Rysunek 10.7.3 Wybór elementów do importu

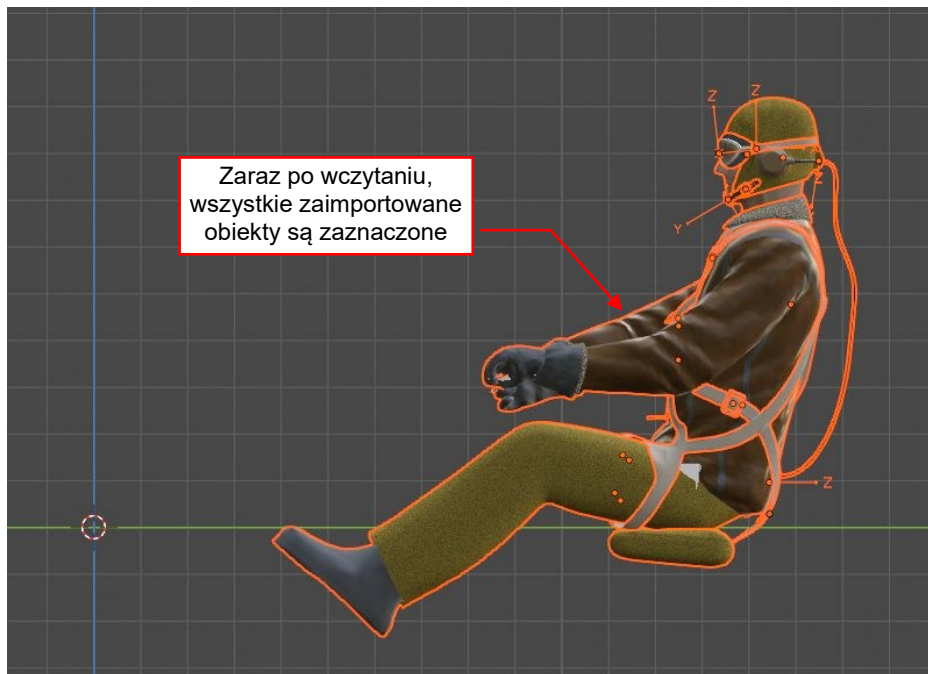
Te „foldery” to klasy obiektów, przechowywanych w rysunku Blendera. To taka konwencja – zawartość każdego pliku **.blend* jest wyświetlana, jak gdyby jej struktura była przedłużeniem struktury katalogów i plików na dysku.

Przejdź do folderu **Object** (zazwyczaj importujemy obiekty – Blender sam zadba o to, by przeniosły się za nimi wszystkie siatki, materiały i tekstury). W środku zobaczysz wszystkie obiekty, znajdujące się w pliku *pilot.blend* (Rysunek 10.7.3b). Aby ułatwić wybór, elementom składającym się na model pilota nadałem przedrostek „000.”.

Pozaznaczaj je tak, jak to się robi w eksploratorze plików Windows: kliknięcie **LPM** zaznacza pojedynczy obiekt, **Shift-LPM** zaznacza cały zakres.

Potem naciśnij przycisk **Append**. Blender automatycznie zadba o importowanie wszystkich bloków danych powiązanych z zaznaczonymi obiektami: siatek, materiałów i tekstur, których używają.

W efekcie pilot pojawi się w aktualnej scenie (Rysunek 10.7.4):

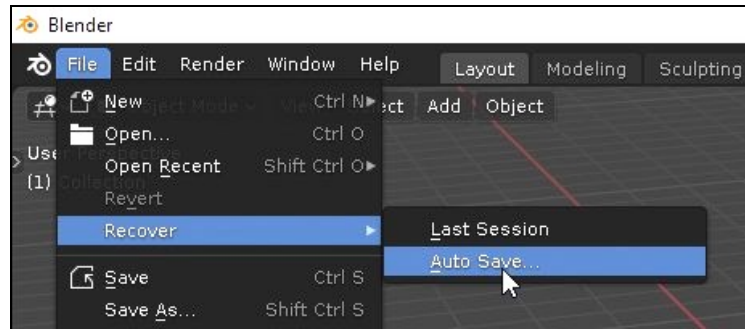


Rysunek 10.7.4 Model pilota, wczytany do aktualnej sceny

Użyliśmy tu polecenia **Append**, które wstawia do aktualnego pliku kopie wybranych elementów. Gdybyś wybrał alternatywne polecenie **Link** – do aktualnej sceny wstawione zostałyby tylko „odsylacze” (referencje) do obiektów umieszczonych we wskazanym pliku Blendera (w tym przykładzie byłby to *pilot.blend*). Możesz w ten sposób wykorzystywać pewne pliki **.blend* jako biblioteki. Przechowywałbyś w nich wzorce elementów wykorzystywanych w wielu różnych projektach. Gdybyś zmienił definicję takiego „odsylacza” – uległby zmianie wszędzie tam, gdzie jest użyty. Podłączać w ten sposób możesz nie tylko całe obiekty, ale – na przykład – same siatki. Wymaga to jednak przemyślanej struktury projektu. Poza tym – nie można modyfikować takich „podłączonych” elementów tam, gdzie są użyte. W praktyce często kończy się to i tak stworzeniem ich lokalnej kopii.

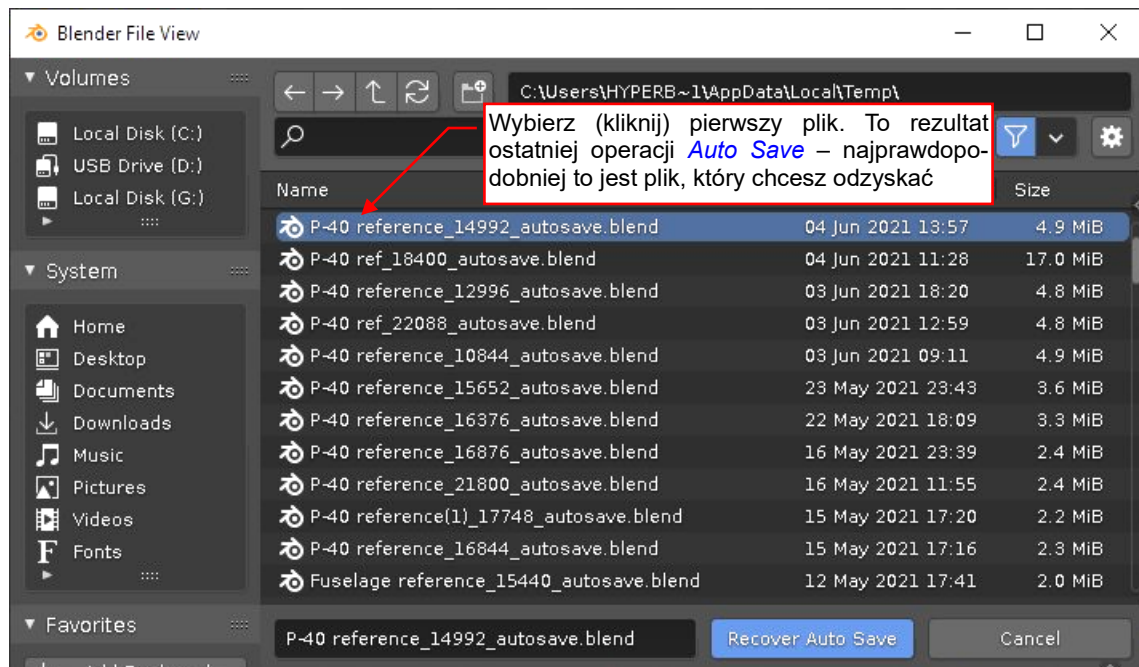
10.8 Kopia bezpieczeństwa i odtwarzanie

To zdarza się bardzo rzadko, ale gdy Blender zgłasza „fatalny” błąd i się zamyka, nie popadaj w rozpacz. W domyślnej konfiguracji opcja **Auto Save** jest włączona, więc możesz jeszcze odzyskać swoją pracę. Uruchom ponownie Blender, a następnie wywołaj polecenie **File → Recover → Auto Save** (Rysunek 10.8.1):



Rysunek 10.8.1 Wywoływanie funkcji odzyskiwania pliku

Blender otworzy wówczas w oknie **File View** Twój folder tymczasowy (Rysunek 10.8.2):



Rysunek 10.8.2 Wybór pliku do odzyskania

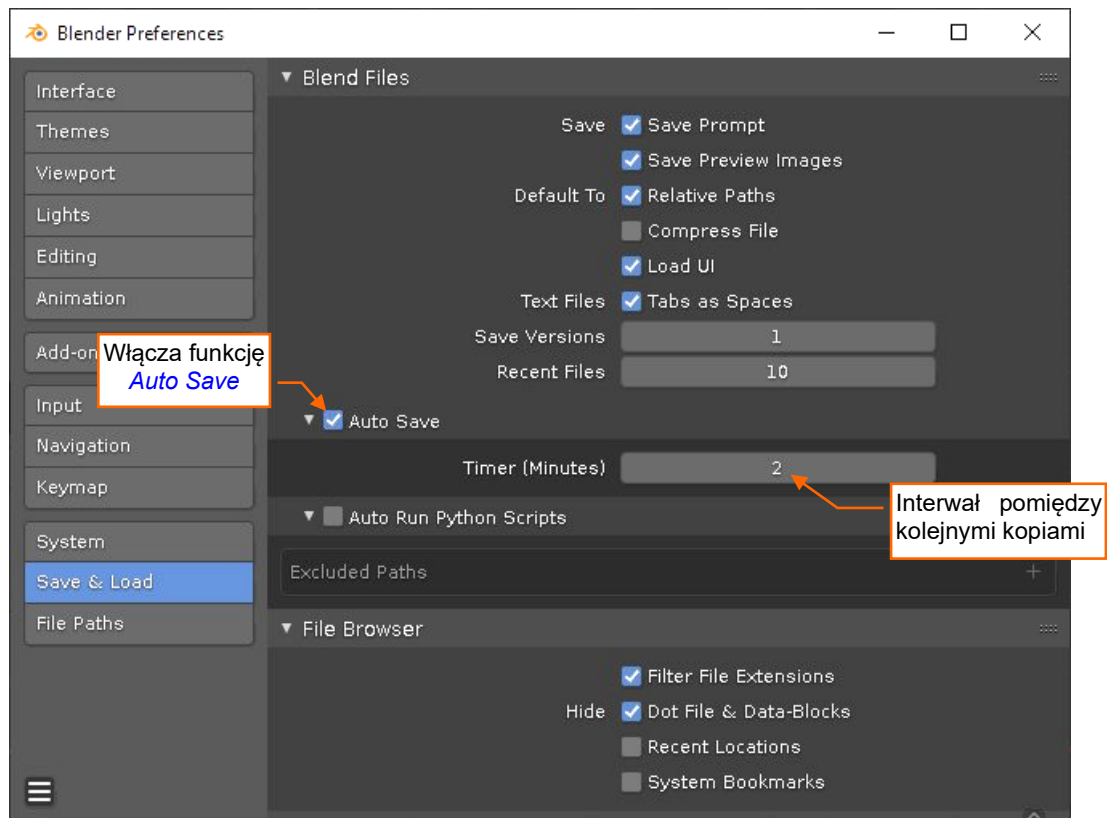
Funkcja **Auto Save** Blendera zapisuje kopię Twojego bieżącego pliku w systemowym katalogu na pliki tymczasowe. Ta kopia nosi nazwę Twojego pliku, z dodatkowym przyrostkiem numerycznym¹. Pliki w oknie **File View** w ilustracji powyżej są uporządkowane wg daty/czasu, w porządku malejącym. Przypuszczalnie pierwszy od góry plik pochodzi sprzed ostatnich kilku minut – i to jest ten, którego szukamy! Zaznacz go (kliknięciem) a potem naciśnij przycisk **Recover Auto Save**. Gdy się przekonasz, że to jest właściwy rysunek, zapisz go pod inną nazwą w tym samym folderze, w którym trzymasz poprzednie wersje swoich prac. Potem po prostu pracuj dalej. Pliki, odzyskane w ten sposób, są zupełnie normalne – bez żadnych luk w danych czy innych szkaz.



Każda uruchomiana instancja Blendera tworzy kopię Twojego pliku w katalogu tymczasowym. Następnie uaktualnia ją co dwie minuty. Dzięki temu nie zajmuje za dużo miejsca na dysku.

¹ Jest to tzw. „identyfikator procesu” (ang. *process ID* – skrót: *PID*) – id nadawane każdemu procesowi przez system operacyjny.

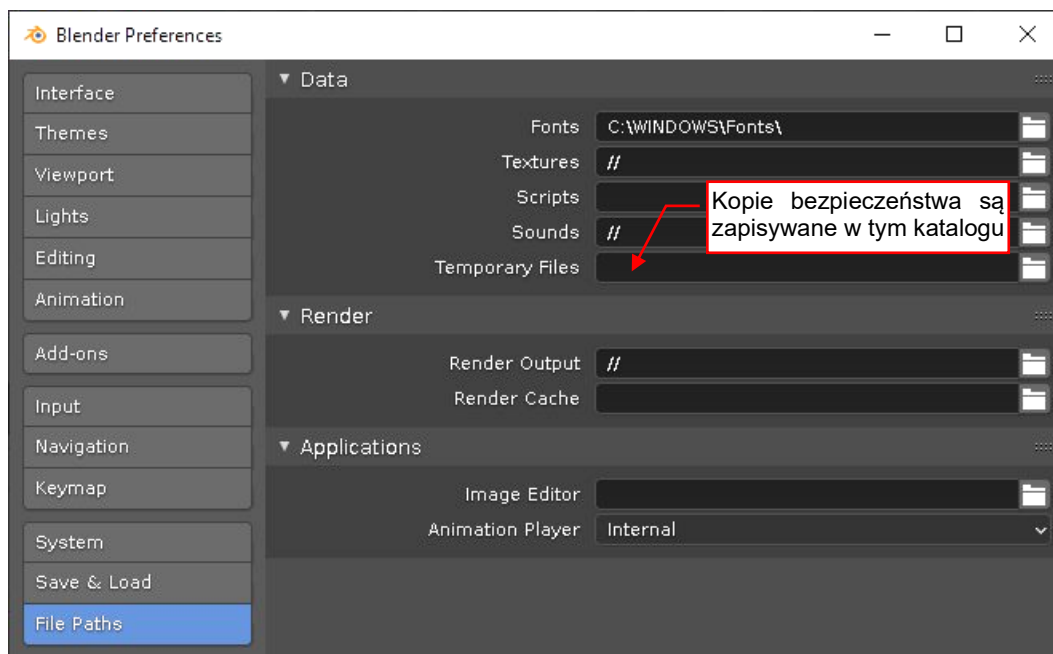
Jeżeli chciałbyś zmienić ustawienia tych kopii bezpieczeństwa, znajdziesz je w oknie **Preferences**, sekcji **Save & Load** (Rysunek 10.8.3):



Rysunek 10.8.3 Ustawienia funkcji **Auto Save**

Pole wyboru **Auto Save** włącza/wyłącza tę funkcję. Wartość w polu **Timer** określa interwał czasu dla zapisywania kopii aktualnego pliku Blendera.

Domyślnie te kopie są zapisywane w katalogu na pliki tymczasowe w Twoim profilu użytkownika. Jednak możesz zmienić to ustawienie w sekcji **File Paths** (Rysunek 10.8.4):

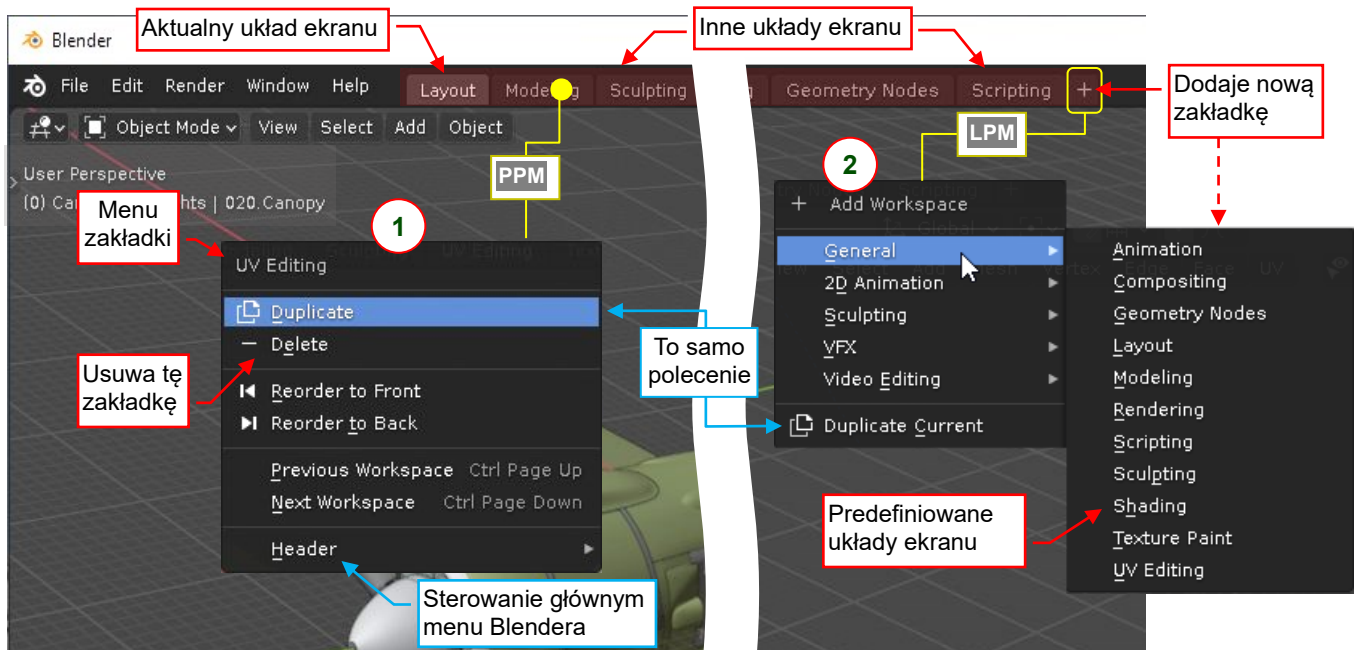


Rysunek 10.8.4 Ustawienia w sekcji **File Paths**

Pusta wartość **Temporary Files** oznacza użycie domyślnego katalogu systemu dla plików tymczasowych.

10.9 Zarządzanie układami ekranu (*workspaces*)

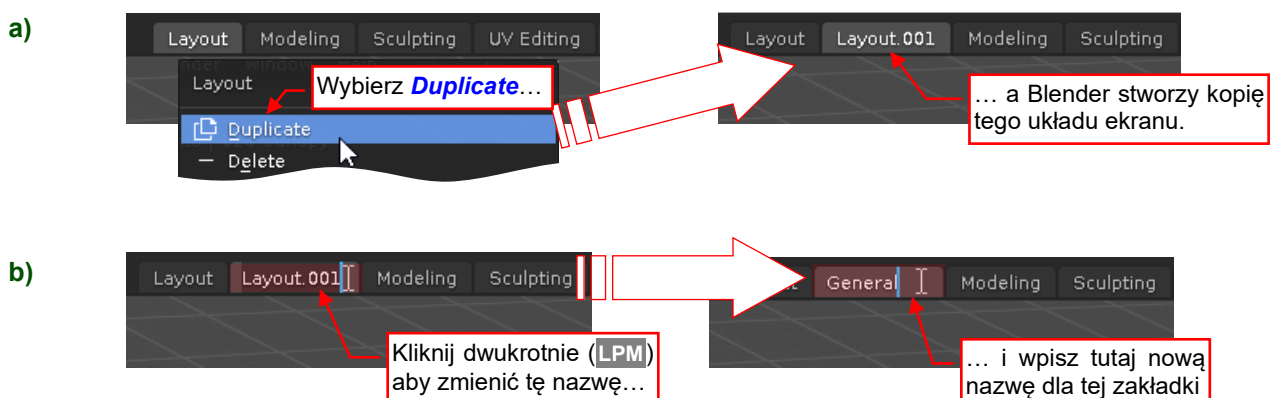
Blender domyślnie proponuje kilka różnych układów ekranu (*workspace*), przygotowanych do różnych faz pracy nad projektem. Są wyświetlane jako zakładki w górnym pasku ekranu (Rysunek 10.9.1):



Rysunek 10.9.1 Menu *Workspace*

Kliknij którąś z tych zakładek, aby przełączyć się na alternatywny układ ekranu. Istnieją dwa menu zarządzające tymi układami. Pierwszym z nich jest menu kontekstowe zakładki (menu 1, Rysunek 10.9.1). Możesz je otworzyć kliknięciem **PPM** na odpowiedniej zakładce. Znajdziesz tam polecenia kopiowania (**Duplicate**) i usuwania (**Delete**) zakładki, a także polecenia zmieniające kolejność zakładek (**Reorder to Front** | **Reorder to Back**). Inne menu (menu 2) dodaje nowe zakładki do projektu. Otworzysz je kliknięciem **LPM** w zakładkę [+].

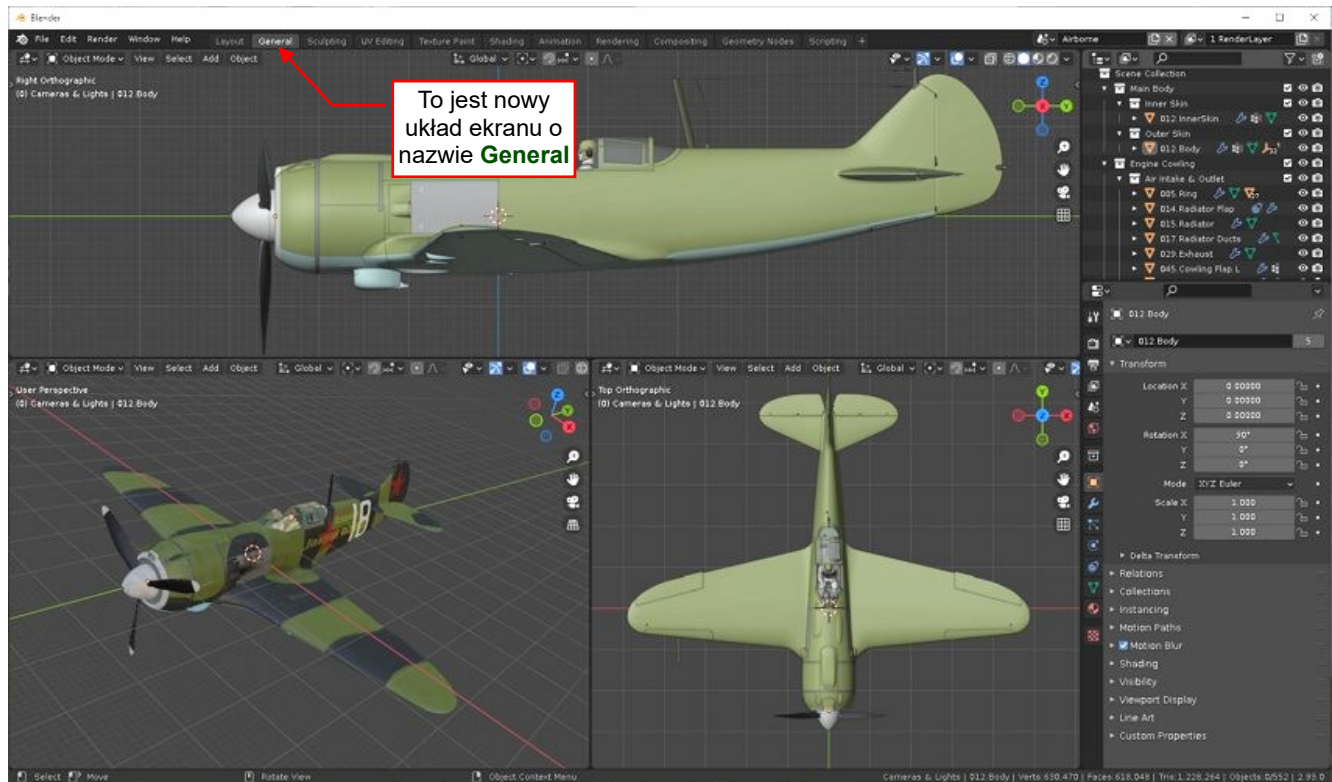
Jeżeli wybierzesz polecenie **Duplicate Current** lub **Duplicate** z menu 1, Blender stworzy kopię wskazanej zakładki (Rysunek 10.9.2a):



Rysunek 10.9.2 Dodanie własnego układu ekranu

Blender kopiuje związany z zakładką układ ekranu i dodaje numeryczny przyrostek („.001”) do jego nazwy. Aby go zmienić, kliknij dwukrotnie (**LPM**) w tę zakładkę. To przełącza to pole w tryb edycji (Rysunek 10.9.2b).

Potem możesz już go pozmieniać, jak chcesz (Rysunek 10.9.3):



Rysunek 10.9.3 Nowy układ ekranu: General

Oczywiście, jeżeli nie będziesz zadowolony ze swojego układu – zawsze możesz go usunąć. Wystarczy wywołać polecenie *Delete* z jego menu kontekstowego (Rysunek 10.9.1, menu 1). Gdy to zrobisz, znajdziesz się w poprzednim układzie (w tym przykładzie byłby to *Layout*).



Blender przed usunięciem układu ekranu nie zadaje żadnego pytania typu „jesteś pewien?”!

Z drugiej strony – usuwając zakładkę, usuwasz tylko okno/okna do Twojej sceny. Wszystkie inne obiekty i ustawienia pozostają bez zmian.

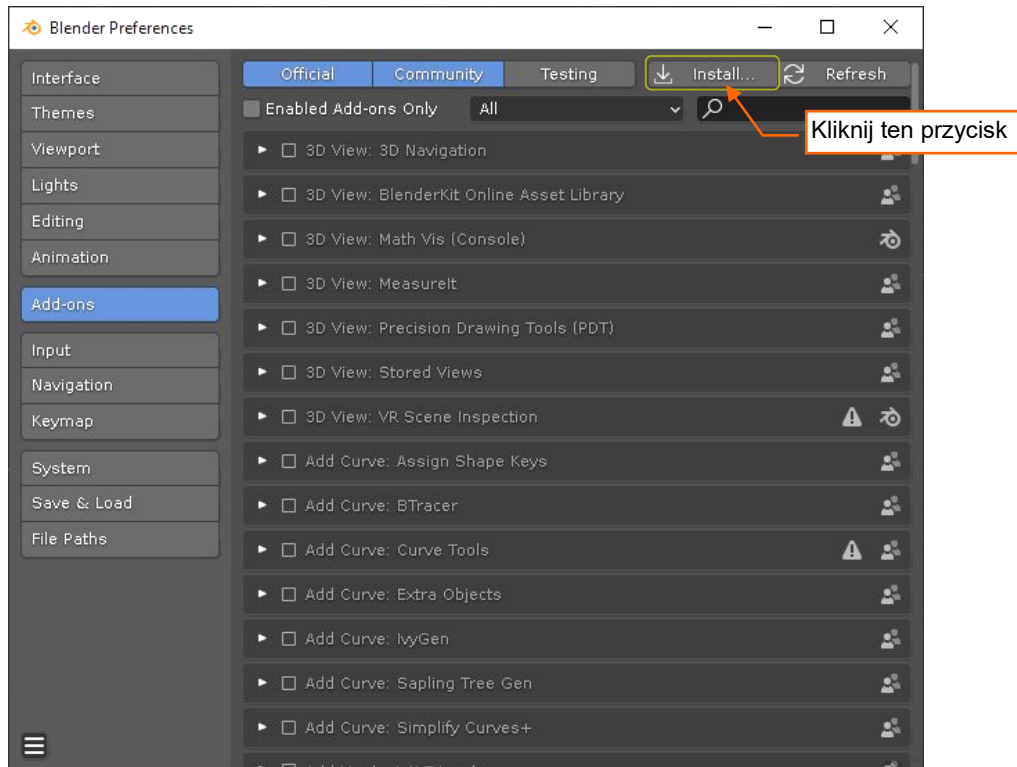
Układy ekranów są zachowywane w pliku projektu Blendera (**.blend*). Na przykład, w plikach stworzonych w Blenderze 2.7 znajdziesz inny zestaw układów ekranu niż przedstawiony w tej sekcji.



Aby stworzyć układ, którego będziesz używać we wszystkich swoich rysunkach, musisz zapisać go do pliku startowego, poleceniem *File → Defaults → Save Startup File* (por. str. 428).

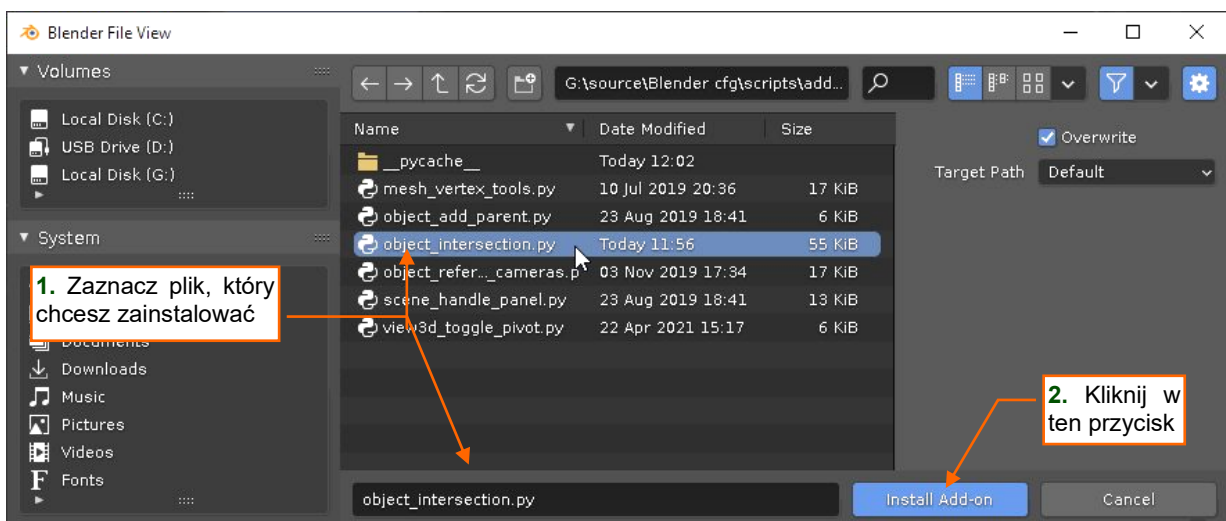
10.10 Instalacja i usuwanie dodatków (add-ons)

Blenderowi towarzyszy dużo dodatków rozszerzających jego funkcjonalność. Są to skrypty napisane w języku programowania Python, zazwyczaj przez samych użytkowników. Dodatki to zazwyczaj niewielkie pliki z rozszerzeniem `.py`. Oprócz tych, które są dostarczane wraz z Blenderem, możesz znaleźć inne np. na forach Blendera w Internecie. Także do tej książki dodałem kilka narzędzi, które wykorzystuję od lat i uważam za bardzo przydatne i godne polecenia (znajdziesz je w pliku `source.zip`, w `scripts\addons` – por. str. 19). Instalacja dodatku Blendera może polegać na wgraniu pliku wtyczki do odpowiedniego podkatalogu w folderze z konfiguracją programu (por. str. 435). Jeżeli jednak nie czujesz się w tej materii zbyt pewnie, pokażę tutaj inną, mniej „hakerską” metodę. W oknie **Preferences**, sekcji **Add-ons**, naciśnij przycisk **Install...** (Rysunek 10.10.1):



Rysunek 10.10.1 Wywołanie instalacji dodatku (okno **User Preferences**)

Blender wyświetli wówczas okno **File View**. Przejdź w nim do katalogu, w którym umieściłeś dodatki do zainstalowania, wskaż jeden z nich, i naciśnij przycisk **Install Add-on** (Rysunek 10.10.2):

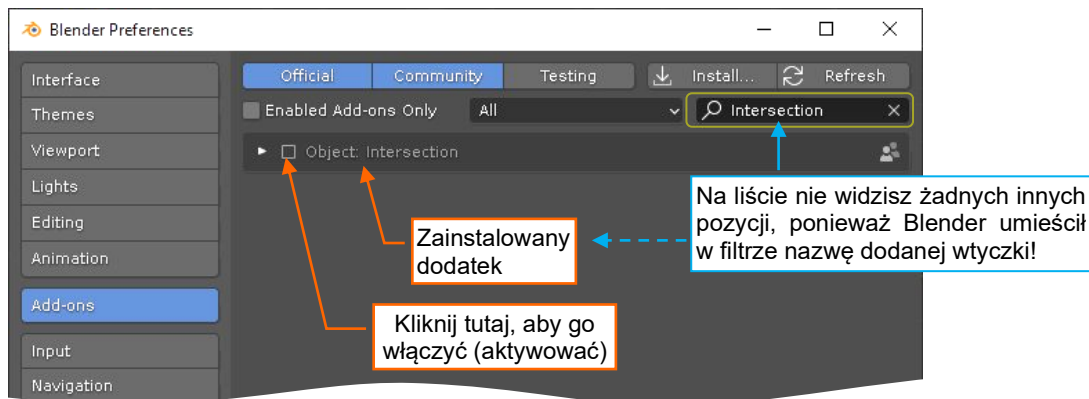


Rysunek 10.10.2 Wybór pliku skryptu do zainstalowania



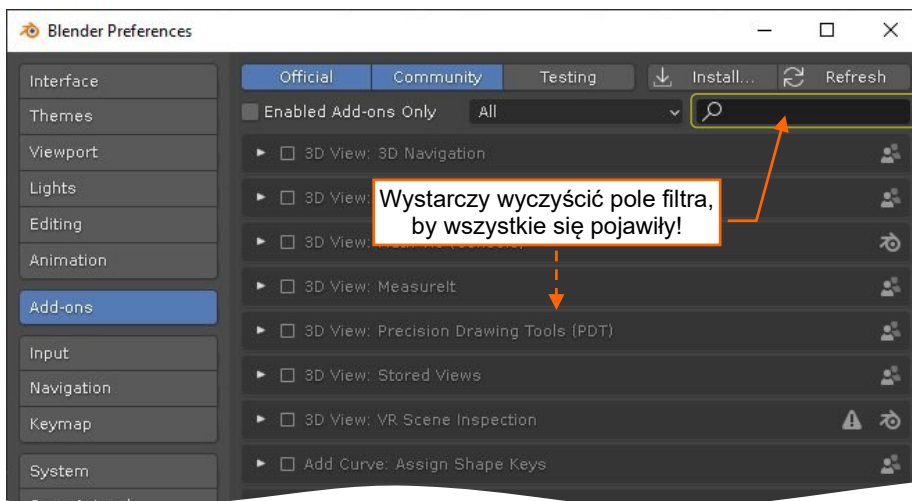
W oknie **File View** wskazuj zawsze tylko jeden skrypt! Choć Blender w tym oknie pozwala zaznaczyć wiele plików dodatków, to zainstaluje tylko jeden – ten, który zaznaczyłeś jako ostatni.

Dodatek jest już zainstalowany. Abyś ją dostrzegł wśród innych, Blender przełączył wyświetlane kategorie na **All** i w polu filtra wpisał jego nazwę (Rysunek 10.10.3):



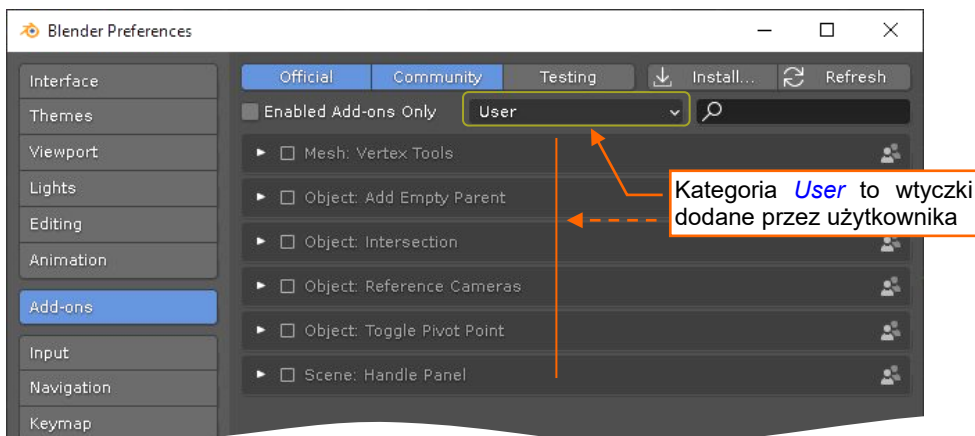
Rysunek 10.10.3 Wygląd okna **Preferences** po zainstalowaniu dodatku (**Handle Panel**)

W razie czego nie bądź przerażony, że z Blendera znikły wszystkie pozostałe dodatki. Wystarczy usunąć filtr (Rysunek 10.10.4):



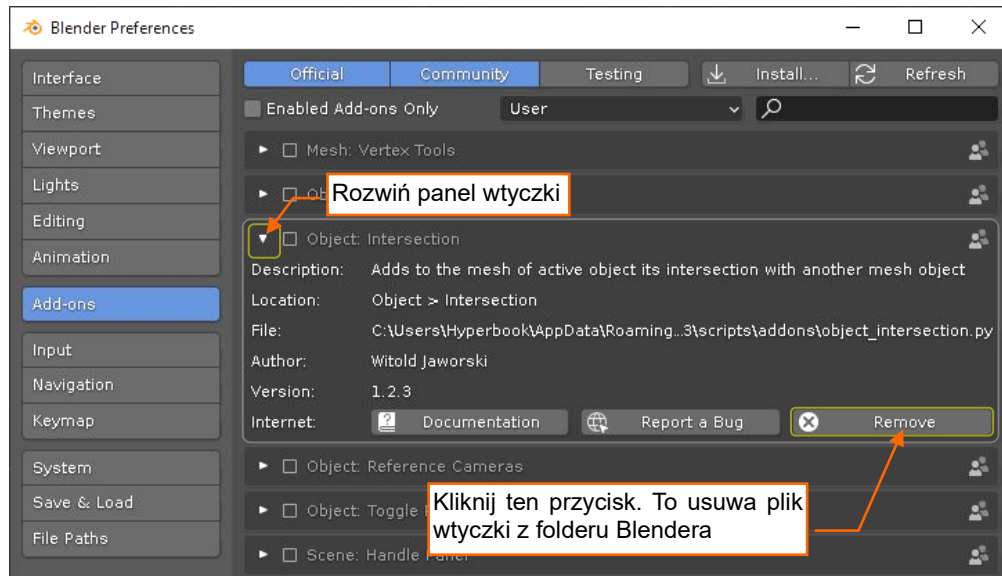
Rysunek 10.10.4 Wygląd okna **Preferences** po usunięciu filtra

Aby zobaczyć tylko wtyczki, które sam dodałeś, wybierz kategorię **User** (Rysunek 10.10.5):



Rysunek 10.10.5 Lista wtyczek zainstalowanych przez użytkownika

Aby usunąć dodatek z Blendera, po prostu naciśnij jej przycisk **Remove** (Rysunek 10.10.6):



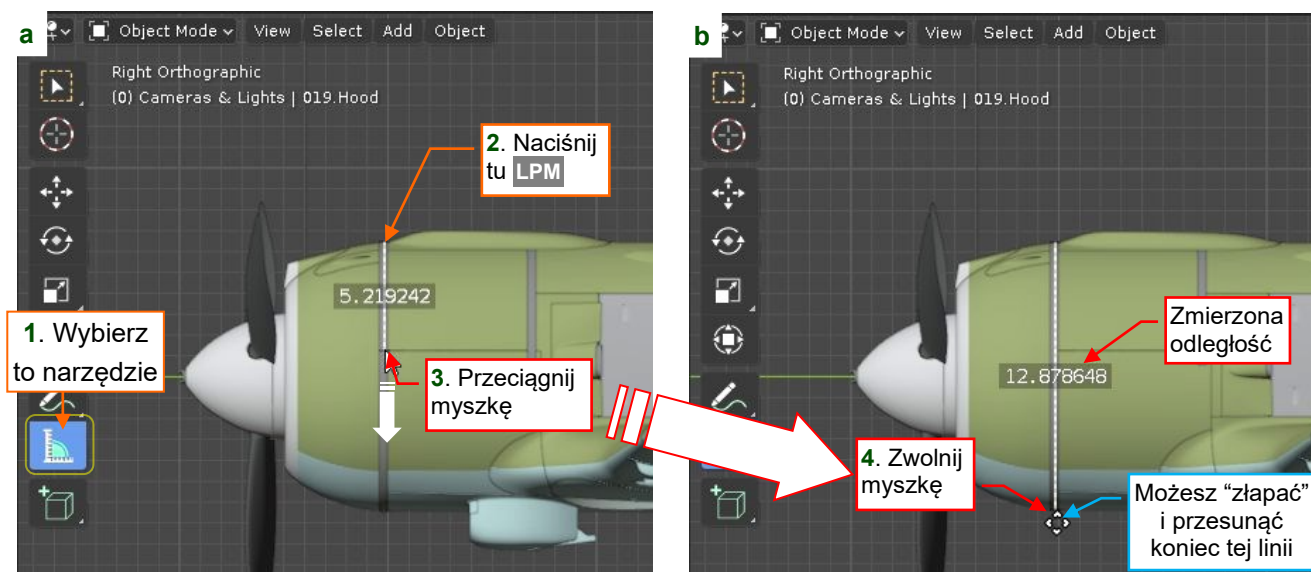
Rysunek 10.10.6 Usuwanie dodatku



Nieprzemyślanym kliknięciem w **Remove** możesz stracić plik wtyczki, jeżeli nie masz jego kopii gdzieś indziej. W większości przypadków lepszym pomysłem jest jej dezaktywacja (wyłączenie pola z lewej strony nazwy).

10.11 Używanie „miarki” (*Measure*)

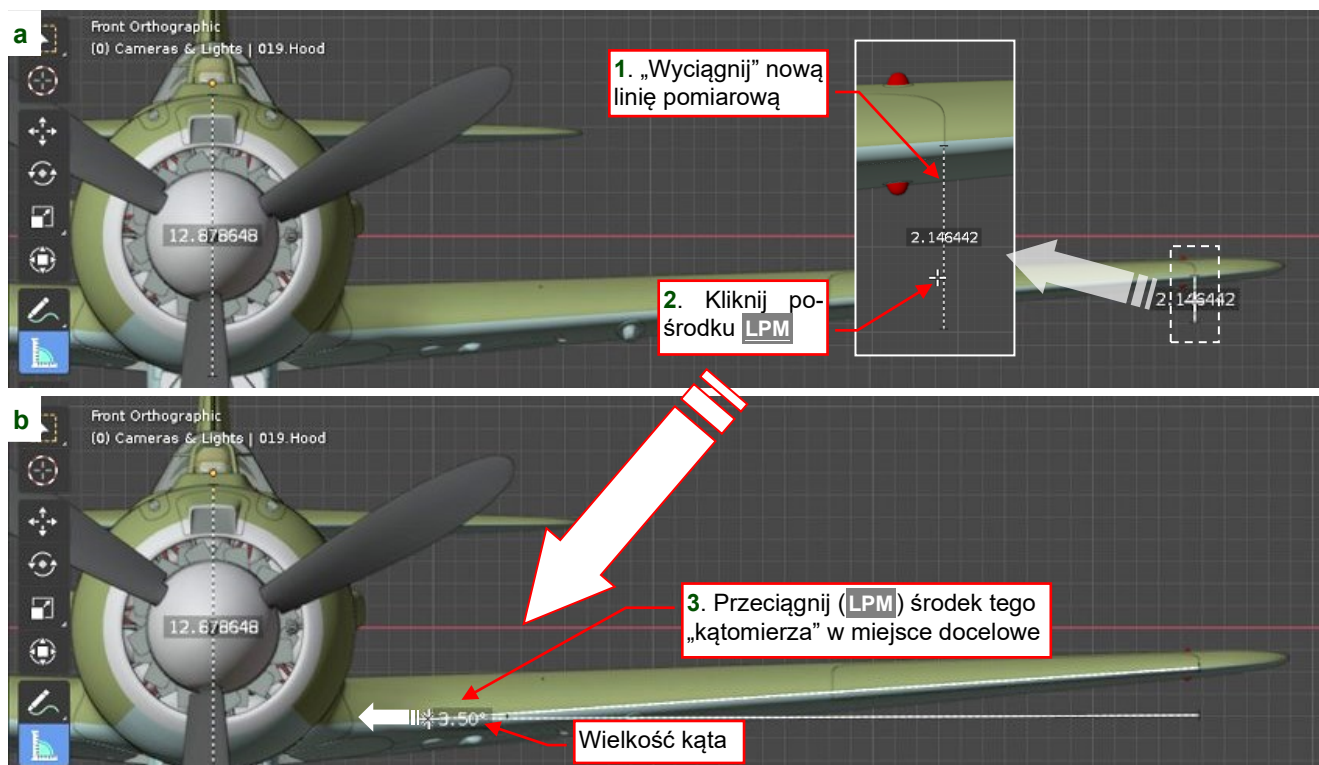
Narzędzie *Measure* jest dostępne wśród ikon paska narzędzi w trybach *Object Mode* i *Edit Mode*. Włącz je, gdy chcesz sprawdzić odległość na swojej scenie. Następnie naciśnij **LPM** na początku mierzonego dystansu i przeciągnij myszkę. Blender podaży za tym ruchem rysując „linijkę” i wyświetlając jej długość (Rysunek 10.11.1a):



Rysunek 10.11.1 Pomiar odległości

Blender kończy tę linię w punkcie, w którym zwolnisz **LPM** (Rysunek 10.11.1b). Zmierzona długość jest wyświetlana w jej środku. Zwróć uwagę, że kursor myszki zmienia się w ikonę „czterech strzałek” gdy przesuwasz go ponad końcami linii (Rysunek 10.11.1b). To sygnalizuje, że możesz „złapać” (**LPM**) i przeciągnąć taki koniec w inne miejsce (na przykład: aby coś dokładniej zmierzyć).

Aby mierzyć kąty, wstaw w środek linii dodatkowy punkt (Rysunek 10.11.2a)



Rysunek 10.11.2 Pomiar kąta

Następnie przesun ten środek „kątomierza” w środek mierzonego kąta (Rysunek 10.11.2b).

Wszystkie te „linijki” i „kątomierze” stają się widoczne, gdy włączysz narzędzie *Measure*. W tym trybie nadal możesz zaznaczać obiekty lub wierzchołki i wywoływać różne polecenia transformacji (*Move*, *Rotate*, *Scale*, ...). Niestety, Blender ukrywa wszystkie naniesione na scenę „miarki” gdy wywołasz jedną z tych transformacji i pokazuje je z powrotem po ich zakończeniu.

Aby usunąć umieszczoną w scenie „linijkę” lub „kątomierz”, zaznacz ją klikając w jeden z jej końców (kiedy kursor myszki zmienia się na „poczworną strzałkę”, jak to pokazuje Rysunek 10.11.3) . Wtedy naciśnij klawisz **X**:

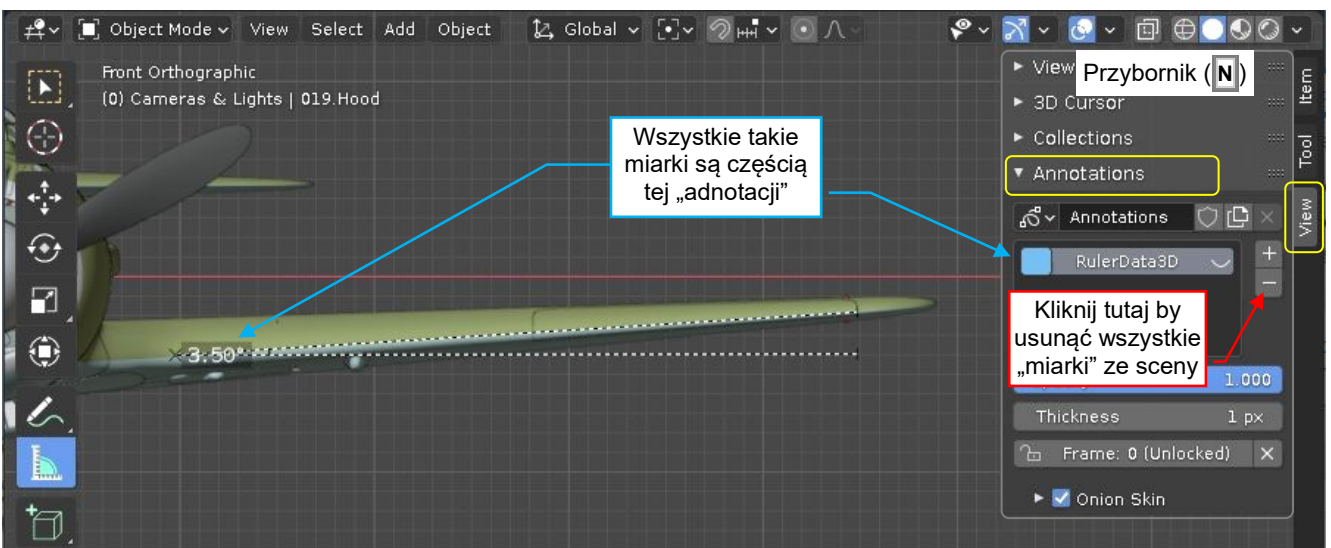


Rysunek 10.11.3 Usunięcie wybranej linijki



Czasami możesz niechcący zaznaczyć i usunąć zwykły obiekt znajdujący się za taką „miarką”. To się zdarza, gdy klikniesz obok „linijki” lub „kątomierza”, który chcesz usunąć. (Zwracaj uwagę na kształt kursora myszki!) W takim przypadku użyj polecenia *Edit→Undo* (**Ctrl-Z**).

Możesz także usunąć wszystkie takie „miarki” ze sceny poprzez usunięcie wszystkich tzw. „adnotacji” stworzonych przez *Measure*. Znajdziesz je w panelu *View:Annotations* w przyborniku (Rysunek 10.11.4):



Rysunek 10.11.4 „Adnotacje” do sceny, stworzone przez narzędzie *Measure*

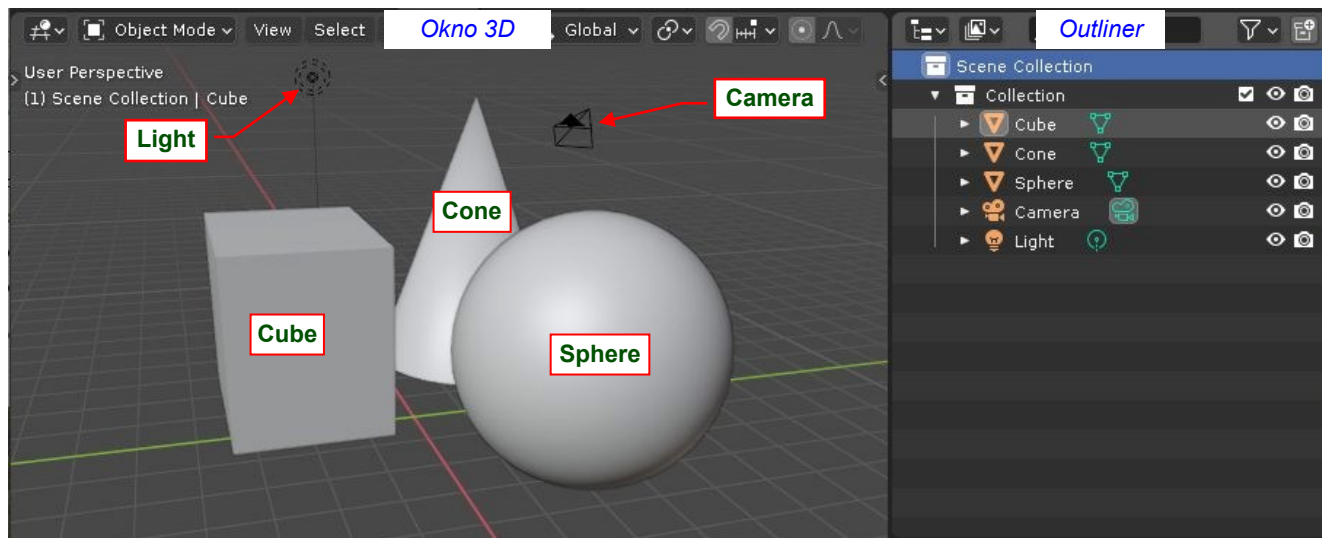


Szczegółowy opis narzędzia do pomiarów w Blenderze znajdziesz w [sekcji "Editors: 3D Viewport: Toolbar: Measure" instrukcji Blendera](#).

10.12 Kolekcje – zarządzanie

Kolekcje w Blenderze przypominają warstwy w Inkscape czy GIMP. Używaj ich do łączenia obiektów sceny w grupy ułatwiające ich odnajdowanie lub ukrywanie.

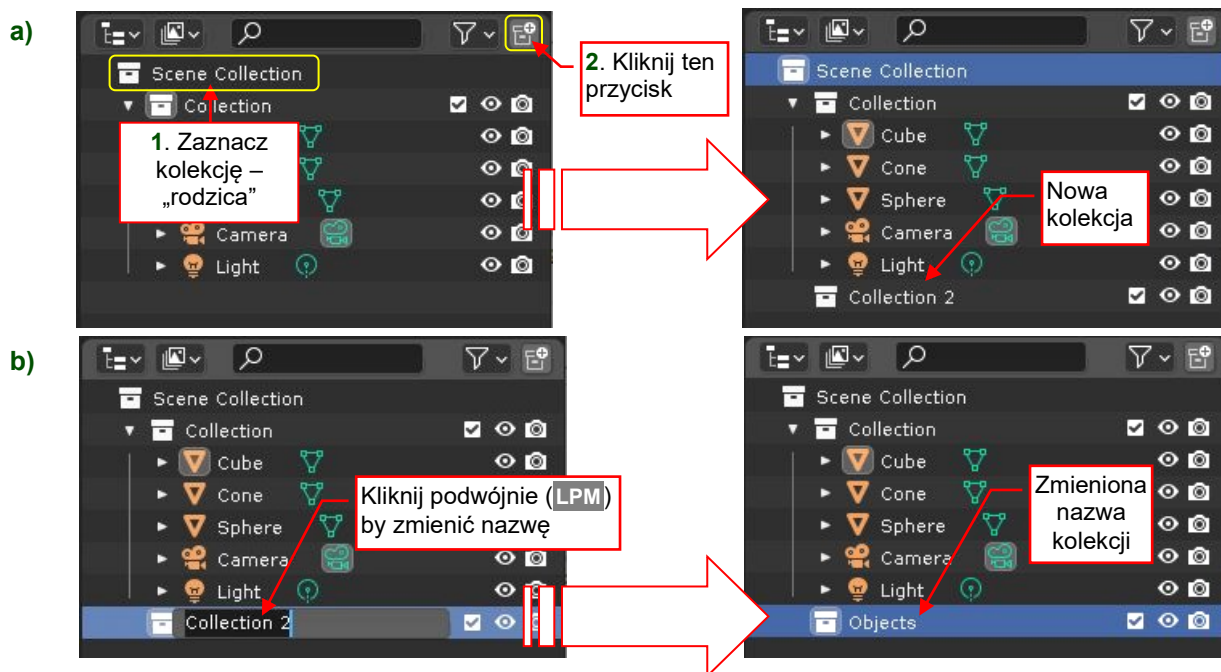
W przykładach pokazywanych w prostej sceny zawierającej 3 obiekty geometryczne: sześcian **Cube**, kulę **Sphere** i stożek **Cone**, oraz dwóch obiektów pomocniczych: **Camera** i **Light** (Rysunek 10.12.1):



Rysunek 10.12.1 Scena używana w tej sekcji

Początkowo wszystkie te obiekty są w pojedynczej kolekcji o nazwie **Collection**. W większości przypadków do obsługi kolekcji będziemy wykorzystywać okno **Outliner**, a czasami także okno 3D.

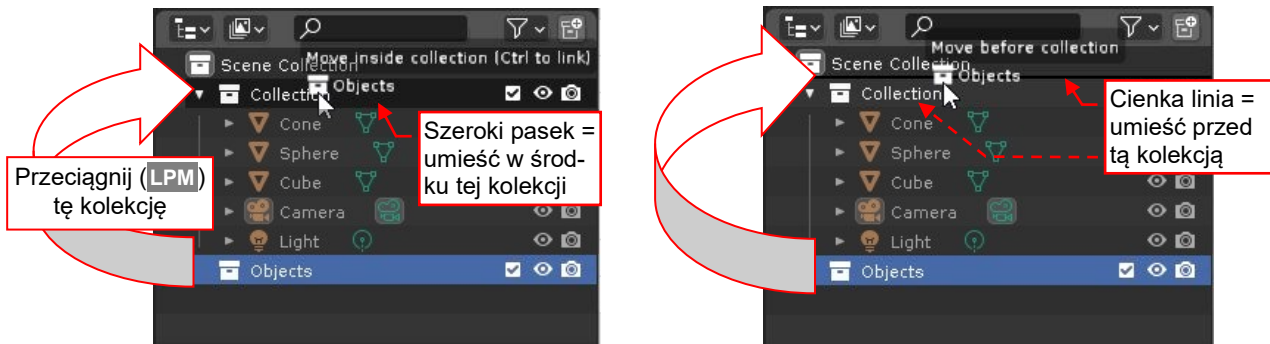
Aby dodać nową kolekcję, podświetl kolekcję, w której chcesz ją stworzyć, a następnie kliknij w przycisk **[+]** w nagłówku okna **Outliner** (Rysunek 10.12.2a):



Rysunek 10.12.2 Dodanie nowej kolekcji

Blender umieszcza nową kolekcję wewnątrz zaznaczonej. Początkowo otrzymuje ona automatyczną, nazwę (w tym przypadku to **Collection 2**). Kliknij podwójnie w tę etykietę (Rysunek 10.12.2b) aby tę nazwę zmienić (w tym przykładzie na: **Objects**).

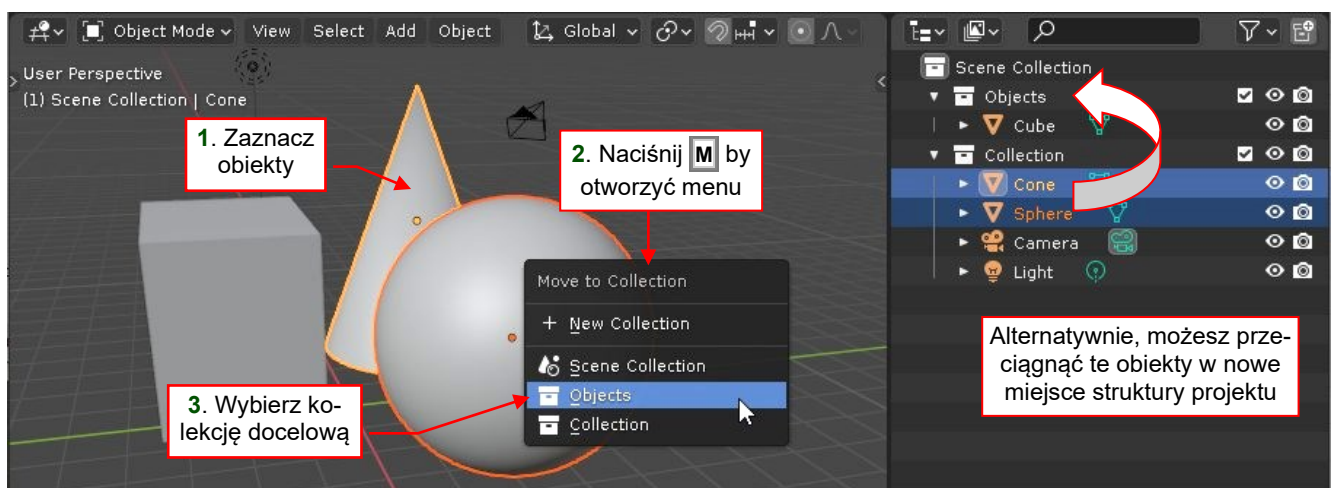
Jeżeli chcesz przenieść kolekcję, „złap ją i przeciągnij” w nowe miejsce (Rysunek 10.12.3):



Rysunek 10.12.3 Przenoszenie kolekcji w oknie **Outliner**

Zwróć uwagę, że gdy przesuwasz tę kolekcję, Blender sygnalizuje podświetleniami co się stanie, jeżeli zostanie „upuszczona” w aktualnym miejscu.

Aby przenosić obiekty pomiędzy kolekcjami, można je w oknie **Outliner** „łapać i przeciągać”, tak jak kolekcje. Istnieje także inna metoda: w oknie 3D zaznacz obiekty, które chcesz umieścić w innej kolekcji i naciśnij skrót **M** (**Object** → **Collection** → **Move to Collection**). To otwiera „wyskakujące” (*popup*) menu, w którym możesz wskazać docelową kolekcję (Rysunek 10.12.4):

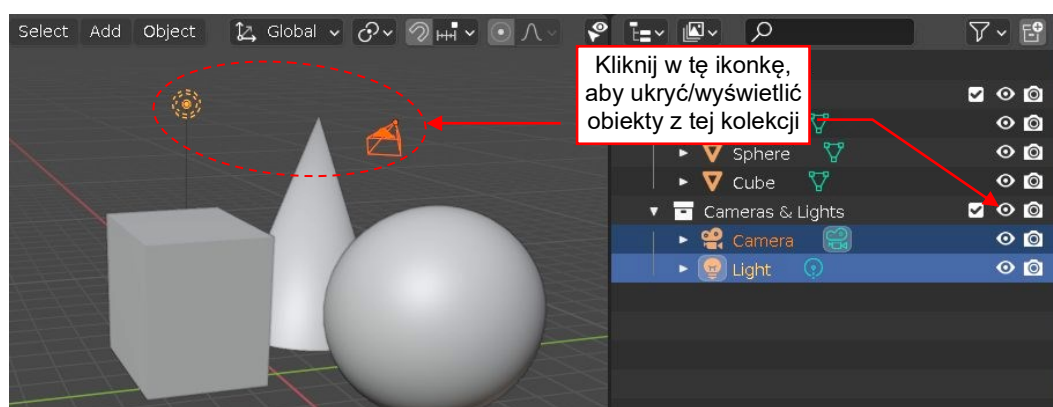


Rysunek 10.12.4 Przenoszenie obiektów pomiędzy kolekcjami



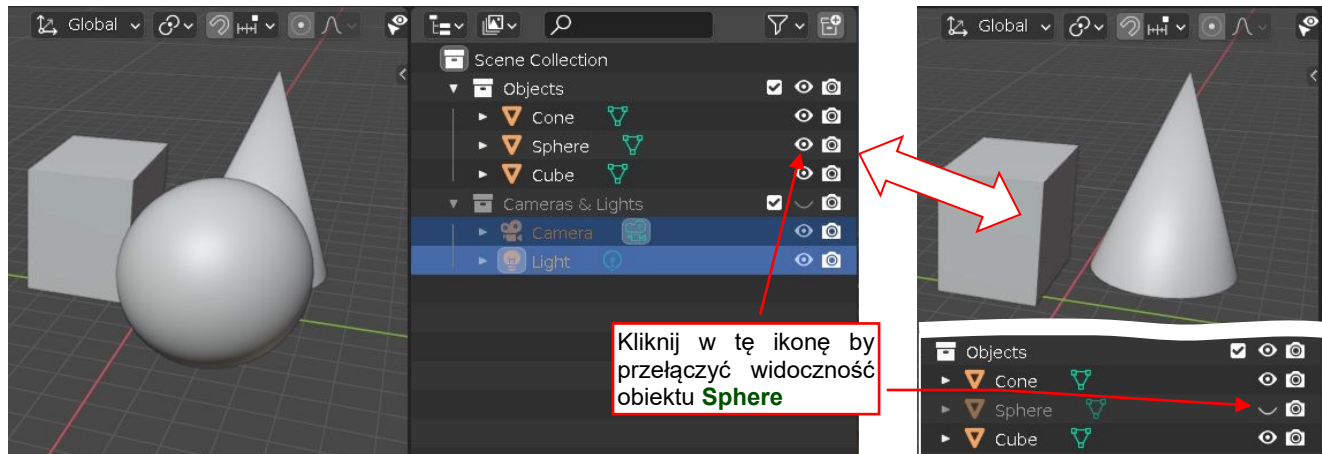
Używając skrótu **M** nie musisz wiedzieć, jakie są aktualne kolekcje zaznaczonych obiektów. To często jest zaleta, szczególnie gdy w oknie **Outliner** są one rozproszone w wielu miejscach struktury projektu.

Aby ukryć zawartość kolekcji w oknie 3D, przełącz ikonkę „oka” z jej prawej strony (Rysunek 10.12.5):



Rysunek 10.12.5 Ukrywanie kolekcji

W podobny sposób możesz przełączać widoczność pojedynczego obiektu (Rysunek 10.12.6):

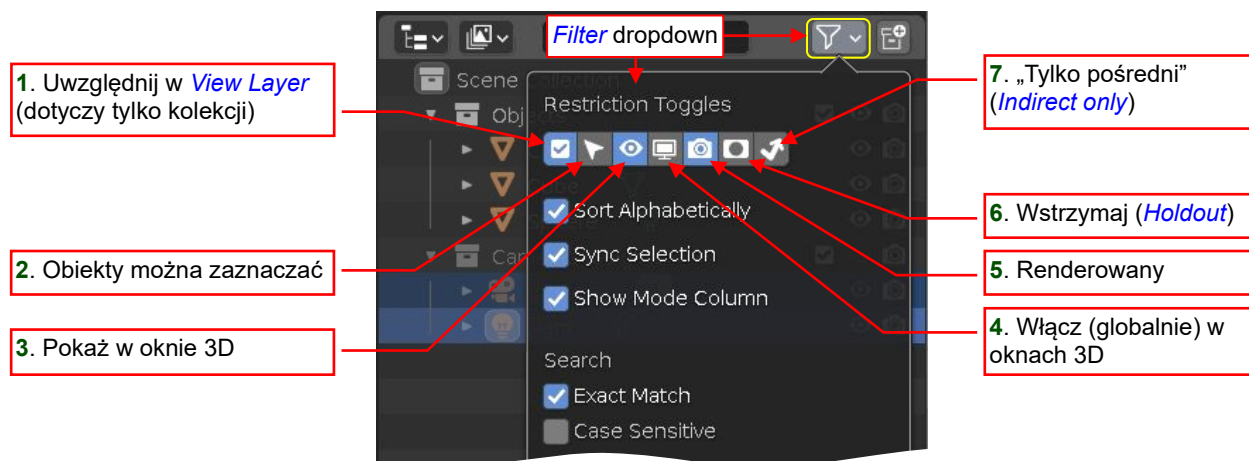


Rysunek 10.12.6 Zmiana widoczności pojedynczego obiektu



Obiekty z ikonką zamkniętego „oka” będą nadal obecne na finalnym obrazie sceny. Aby wyłączyć obiekt lub całą kolekcję z renderowania, przełącz jej ikonę „kamery”.

Dokumentacja Blendera nazywa te ikony „*restriction toggles*”. Oprócz „oka” i „kamery” są także inne. Możesz sterować ich wyświetlaniem w oknie *Outliner* za pomocą jego arkusza rozwijalnego *Filter* (Rysunek 10.12.7):



Rysunek 10.12.7 Zmiana widoczności ikon sterujących w arkuszu *Filter*

W praktyce używałem tylko ikon **2**, **3** i **5**. Opcje **6** i **7** dotyczą tylko renderera *Cycles*. Odkryłem, że po włączeniu opcji **2** zdarzało mi się niechcący wyłączyć ją dla kolekcji lub pojedynczego obiektu. Potem odkrycie, dlaczego nie mogę zaznaczyć jakiegoś obiektu, wymagało dłuższej chwili. Dlatego nie włączam wyświetlania tej kontrolki.



W tym projekcie będę używał tylko dwóch z tych przełączników: **3** („oko”) i **5** („kamera”).

Dlatego w tym panelu *Filter* możesz wyłączyć opcję **1** (*Hide in View Layer*).

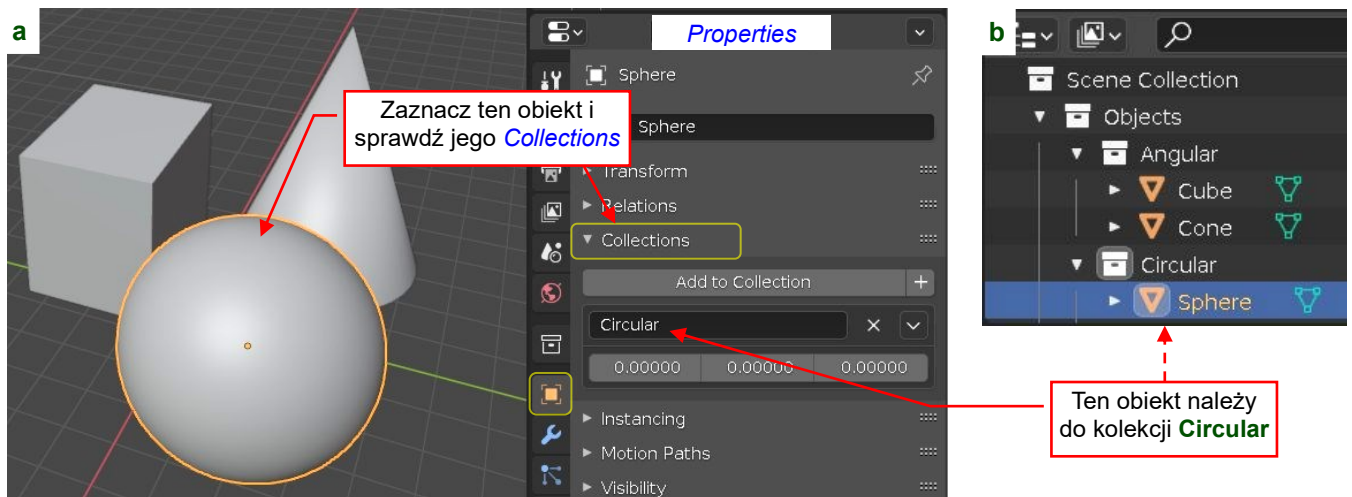
Jak widać powyżej, panel *Filter* zawiera także dużo innych przełączników. Na przykład – możesz włączyć automatyczną kolejność obiektów w kolekcji (*Sort Alphabetically*). Czasami to się przydaje.



Struktura sceny Blendera jest hierarchiczna. Dlatego zmiana którejś z tych ikon (np. „oka”) w kolekcji nadrzędnej dotyczy wszystkich zawartych w niej jej obiektów i kolekcji.

Możesz używać kolekcji Blendera do sterowania widocznością obiektów. Rób to w podobny sposób do tego, w jaki używałeś warstw w programach rysunkowych 2D.

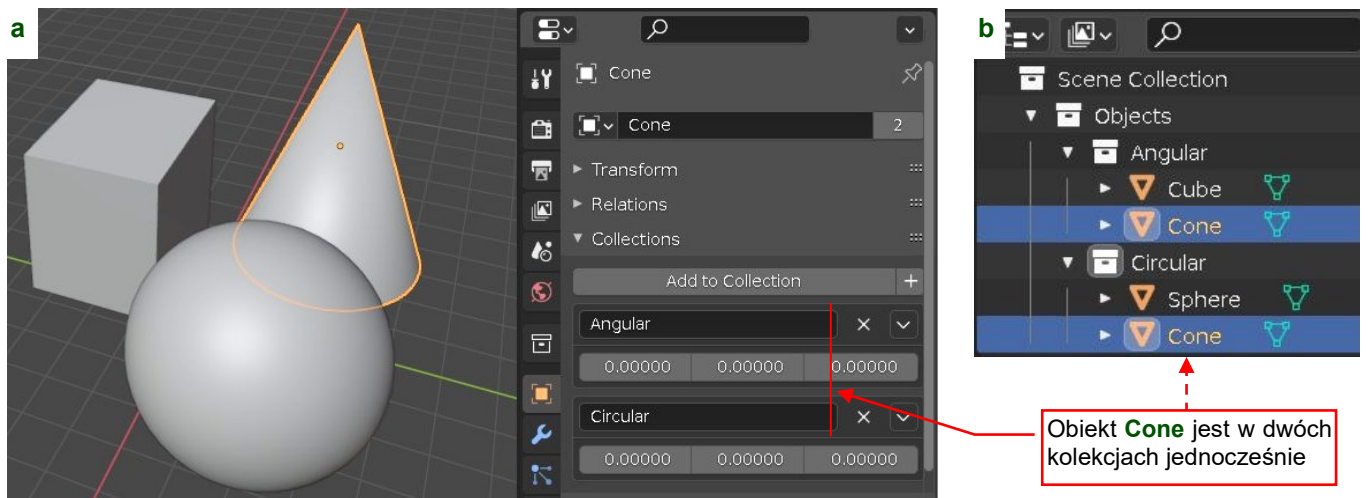
Od czasu do czasu, w dużych scenach, możesz chcieć zidentyfikować kolekcję jakiegoś obiektu, który widzisz w oknie 3D. Znajdziesz ją w oknie **Properties**, panelu **Object:Collections** (Rysunek 10.12.8a):



Rysunek 10.12.8 Identyfikacja kolekcji, do której należy obiekt

Rysunek 10.12.8b) pokazuje dodatkowe wyjaśnienie tego przypadku. Widać w nim aktualne położenie tego obiektu w hierarchii kolekcji sceny. Jak widzisz, podzieliłem **Objects** na dwie subkolekcje: **Circular** i **Angular**. Obiekt **Sphere** należy do kolekcji **Circular**.

Dlaczego nazwa tej paneli (**Collections**) jest liczbą mnogą? Ponieważ obiekt Blendera może należeć do więcej niż jednej kolekcji. Popatrz na przykład pokazywany przez Rysunek 10.12.9:



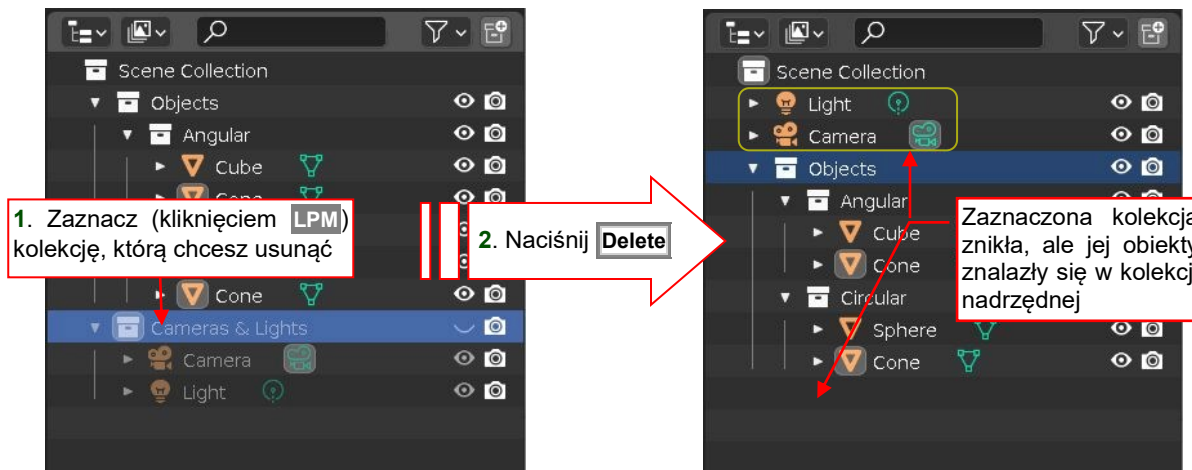
Rysunek 10.12.9 Obiekt należący do dwóch kolekcji

Dokumentacja Blendera opisuje taką relację jako (powiązanie) (**linking**), tzn. obiekt **Cone** jest powiązany z dwoma kolekcjami. W oknie **Outliner** możesz stworzyć takie powiązanie trzymając wciśnięty klawisz **Ctrl** podczas przesuwania obiektu do nowej kolekcji. W oknie 3D użyj skrótu **Shift-M** (do **Object**→**Collection**→**Link to Collection**). Obsługa wygląda tak samo jak **Move to Collection**, pokazany przez Rysunek 10.12.4.



W moich projektach większość obiektów należy do pojedynczej kolekcji. Jednak w kilku przypadkach używam tej funkcjonalności dodatkowych powiązań.

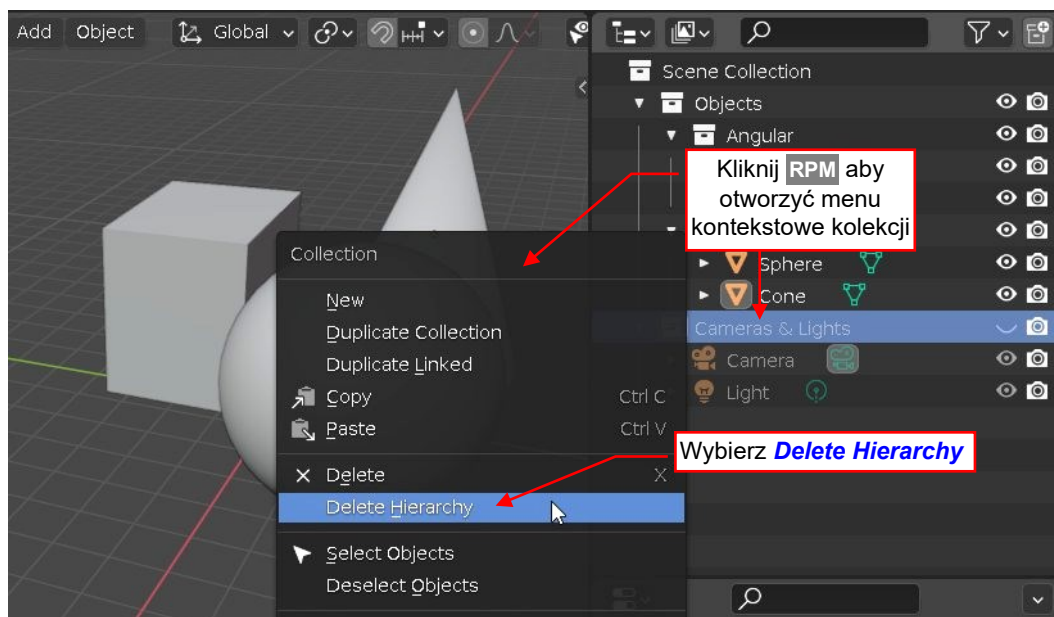
Aby usunąć kolekcję, podświetl ją w oknie *Outliner* i naciśnij **X** lub **Delete** (Rysunek 10.12.10):



Rysunek 10.12.10 Usunięcie kolekcji

Blender usunął podświetloną kolekcję (**Cameras & Lights**), lecz jej zawartość została przesunięta do kolekcji nadrzędnej (**Scene Collection**).

Jeżeli chcesz usunąć kolekcję z całą zawartością, użyj polecenia **Delete Hierarchy**. Znajdziesz je w menu kontekstowym kolekcji (Rysunek 10.12.11):



Rysunek 10.12.11 Polecenie, które usuwa kolekcję wraz z zawartością

Zauważ, że to polecenie nie ma skrótu. Prawdopodobnie twórcy Blendera stwierdzili, że dla takiej „niszczycielskiej” operacji nie jest potrzebny.



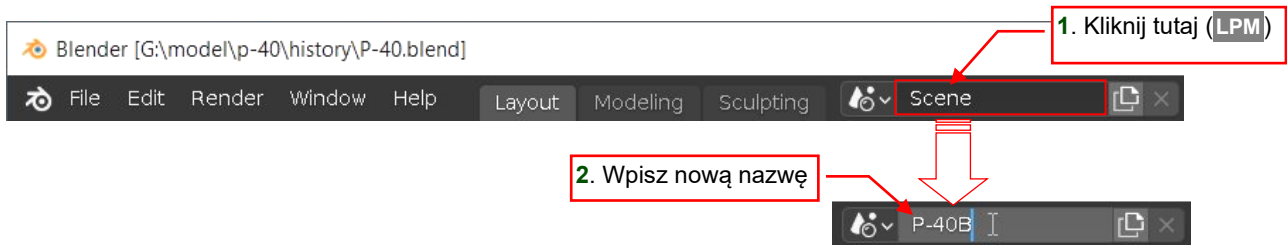
Jeżeli w kolekcji usuniętej poleceniem **Delete Hierarchy** znajdował się obiekt powiązany z inną kolekcją, spoza usuniętego fragmentu hierarchii sceny – to dzięki temu powiązaniu nie zostanie usunięty.




Kompletny opis okna *Outliner* znajdziesz w [sekcji "Editors: Outliner" dokumentacji Blendera online](#).

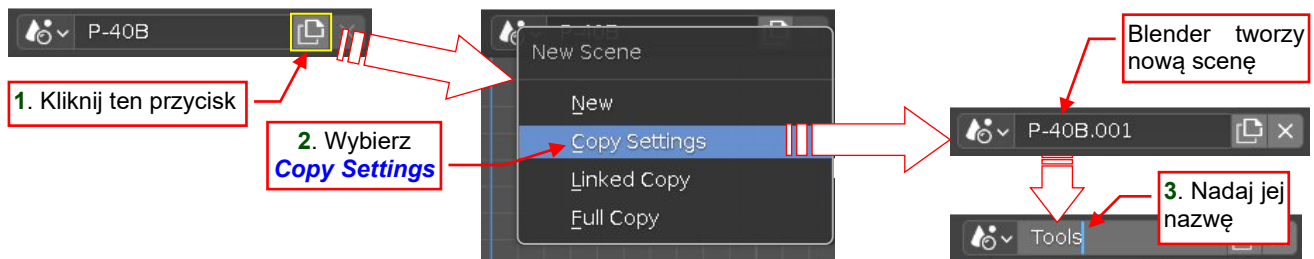
10.13 Sceny – zarządzanie

Każda scena to odrębna "przestrzeń", w której można umieszczać obiekty. Projekt (plik) Blendera może zawierać wiele scen. Domyślnie w nowym pliku istnieje tylko jedna, o nazwie **Scene**. Do zarządzania scenami służy zespół kontrolki umieszczony u góry ekranu (Rysunek 10.13.1). Składa się z pola, pokazującego nazwę aktualnej sceny, przycisku rozwijającego listę scen oraz przycisku usuwającego aktualną scenę. Aby zmienić nazwę aktualnej sceny, kliknij **LPM** w jej nazwę i wpisz nową (Rysunek 10.13.1):



Rysunek 10.13.1 Zmiana nazwy aktualnej sceny

Aby stworzyć nową scenę, naciśnij przycisk , umieszczony z prawej strony nazwy (Rysunek 10.13.2):




Rysunek 10.13.2 Dodanie nowej sceny

Spowoduje to pojawienie się menu **New Scene**, z którego możesz wybrać jedną z opcji:

- **New**: tworzy nową, pustą scenę (z globalnymi ustawieniami jak w pliku startowym);
- **Copy Settings**: tworzy nową, pustą scenę, kopiując globalne ustawienia ze sceny aktualnej;
- **Linked Copy**: wypełnia nową scenę referencjami do obiektów z aktualnej sceny. (Ten sam obiekt będzie "użyty" przez obydwie sceny. Więcej na ten temat – str. 630);
- **Full Copy**: cała zawartość nowej sceny będzie niezależną kopią aktualnej;

W praktyce stosuję zazwyczaj opcję **Copy Settings** (pojedyncze obiekty można później dodać do innej sceny poleceniem **Object → Link/Transfer Data → Link Objects to Scene**). Nowa scena otrzyma taką nazwę, jak scena oryginalna, z dodanym na końcu ".001". Zmień ją na właściwą.

Aby usunąć aktualną scenę, naciśnij przycisk  (jest z prawej strony przycisku .



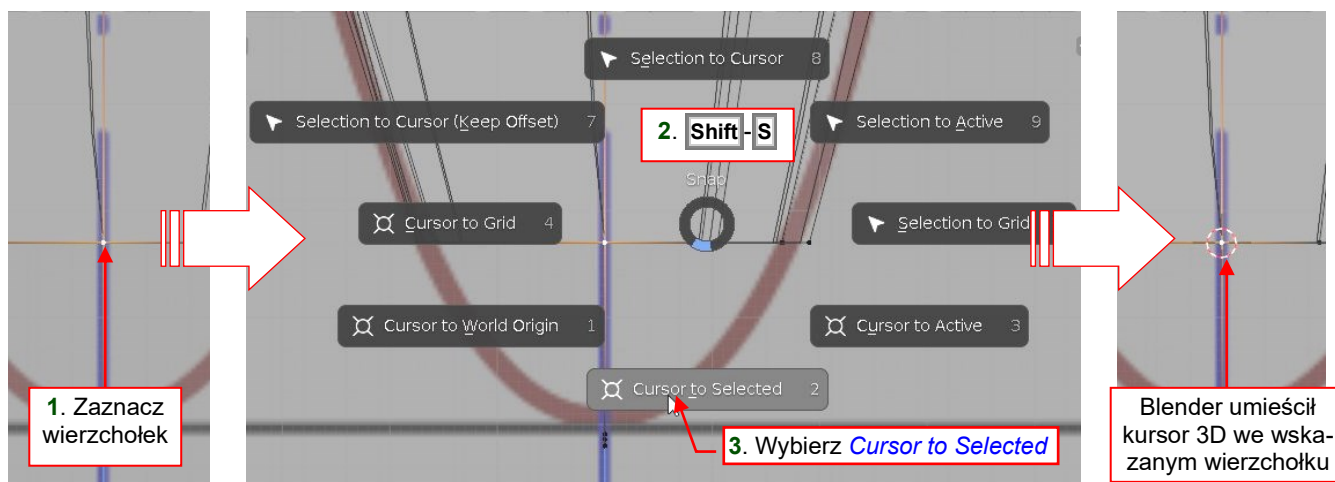
Blender nie zadaje już żadnego pytania „czy jesteś pewien”: po naciśnięciu przycisku **[x]** scena znika. Jeżeli usunąłeś ją przez pomyłkę – możesz się z tej operacji wycofać, wywołując polecenie **Undo** (skrót: **Ctrl-Z**).

10.14 Kursor 3D – ustalanie położenia

Rozdział 3 (str. 67, 68) omówiliśmy krótko jak ustalić dokładną pozycję kursora 3D. Te metody są identyczne w *Object Mode* i *Edit Mode*, więc umieściłem ten opis w rozdziale z ogólnymi zagadnieniami Blendera.

W modelowaniu obiektów mechanicznych nigdy nie ustawiałem kursora 3D w „swobodny” sposób za pomocą myszki (narzędziem *Cursor* z paska, por. str. 67). Zawsze używam jednej z opisanych poniżej metod.

Pierwszą z nich jest *Snap* submenu (*Mesh* → *Snap*, lub *Object* → *Snap*). Możesz także otworzyć je jako menu myszki, skrótem **Shift-S**. Rysunek 10.14.1 pokazuje wybór jednej z jego opcji:



Rysunek 10.14.1 Ustawianie kursora 3D w zaznaczonym wierzchołku/wierzchołkach

Jeżeli chcesz umieścić kursor w jakimś wierzchołku, zaznacz go, a potem otwórz menu myszki *Snap* (**Shift-S**) i wybierz polecenie *Cursor to Selected* (2).



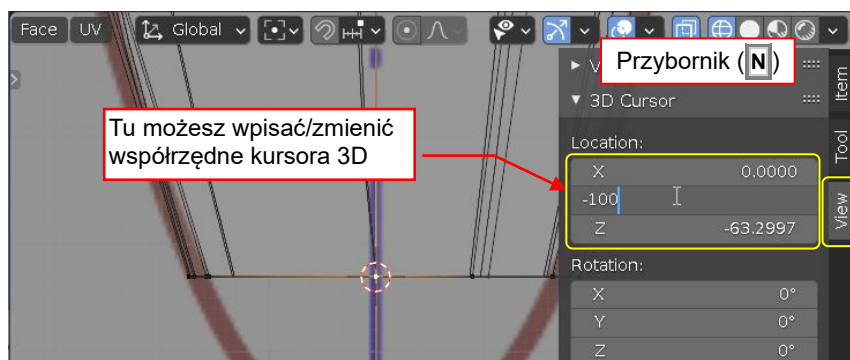
Jeżeli przed wywołaniem *Snap:Cursor to Selected* zaznaczyłeś wiele wierzchołków, Blender umieści kursor 3D w ich medianie („środku ciężkości”). Na przykład: aby umieścić kursor 3D w środku okręgu, zaznacz dwa wierzchołki na końcach jego średnicy, a potem wywołaj *Cursor to Selected*.

Opcja *Cursor to Active* działa w podobny sposób, ale gdy zaznaczysz wiele wierzchołków, umieści kursor 3D w wierzchołku aktywnym (por. str. 496). Czasami używam także *Cursor to World Origin*, które umieszcza kursor 3D w punkcie (0, 0, 0).



W *Object Mode*, polecenia *Cursor to Active* i *Cursor to Selected* wykorzystują środki (*origins*) aktywnego/zaznaczonych obiektów.

Inną metodą ustalenia położenia kursora jest wpisanie jego nowych współrzędnych w zakładce *View* przybornika (**N**). Służy do tego panel *Cursor:Location* (Rysunek 10.14.2):



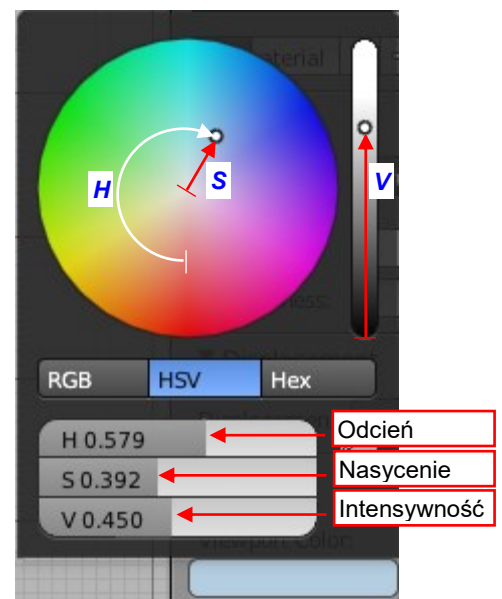
Rysunek 10.14.2 Ustalanie/zmiana współrzędnych kursora 3D

10.15 Kontrolka wyboru barwy

Kontrolka służąca do ustalania koloru jest w Blenderze niewielkim prostokątnym polem. Aby zmienić kolor, który wyświetla, kliknij w nią **LPM** (Rysunek 10.15.1):



Rysunek 10.15.1 Kontrolka w trybie **RGB**



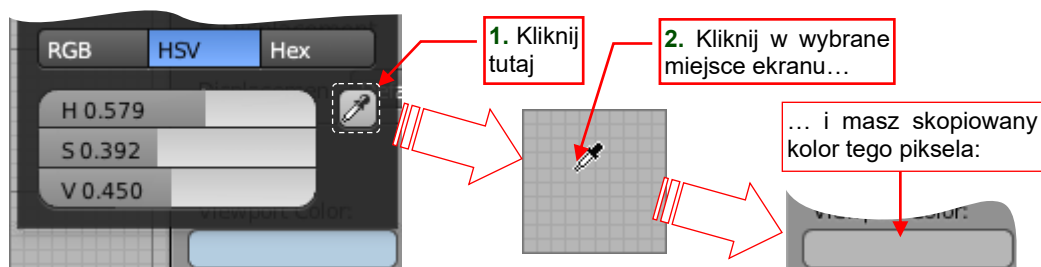
Rysunek 10.15.2 Kontrolka w trybie **HSV**

Spowoduje to rozwinięcie chwilowego okna (menu?) z zestawem kontrolki służących do zmiany barwy. W górnej części okna znajduje się koło barw i pasek intensywności. Wykorzystaj je do ustalenia koloru za pomocą myszki. Jeżeli jednak chcesz wpisać dokładną wartość numeryczną – możesz skorzystać z zestawu pól umieszczonych poniżej. Blender oferuje trzy tryby wpisywania wartości koloru: **RGB**, **HSV** i **Hex**. W trybie **RGB** (Rysunek 10.15.1) możesz zmieniać wprost intensywności składników **R**, **G**, **B** barwy. Są one tu wyrażone jako liczby z zakresu od 0.0 do 1.0. Niezależnie od tego, którego zestawu kontrolki użyjesz, Blender na bieżąco aktualizuje pole, z którego rozwinęliśmy to okno, wyświetlając tam bieżący kolor.

Parametry z zestawu **HSV** są alternatywną metodą opisu koloru (Rysunek 10.15.2):

- **H** (Odcień – ang. *Hue*): determinuje barwę. Ta wartość odpowiada poruszaniu się „wzdłuż spektrum barw”, czyli w naszym przypadku po obwodzie koła pokazywanego przez Rysunek 10.15.2;
- **S** (Nasycenie – ang. *Saturation*): Wartość 0.0 to zupełny brak barwy (wszystko jest w odcieniach szarości), a 1.0 – czyste barwy. Ta wartość odpowiada przesuwaniu punktu wzdłuż promienia koła barw (Rysunek 10.15.2);
- **V** (Intensywność – ang. *Value*): determinuje „jasność” barwy (widać ją na suwaku po prawej);

Czasami wygodniej jest po prostu wskazać jakąś istniejącą barwę. Służy do tego przycisk z „pipetką”. Gdy klikniesz w niego myszką, okno zniknie, a kursor zmieni postać (Rysunek 10.15.3):



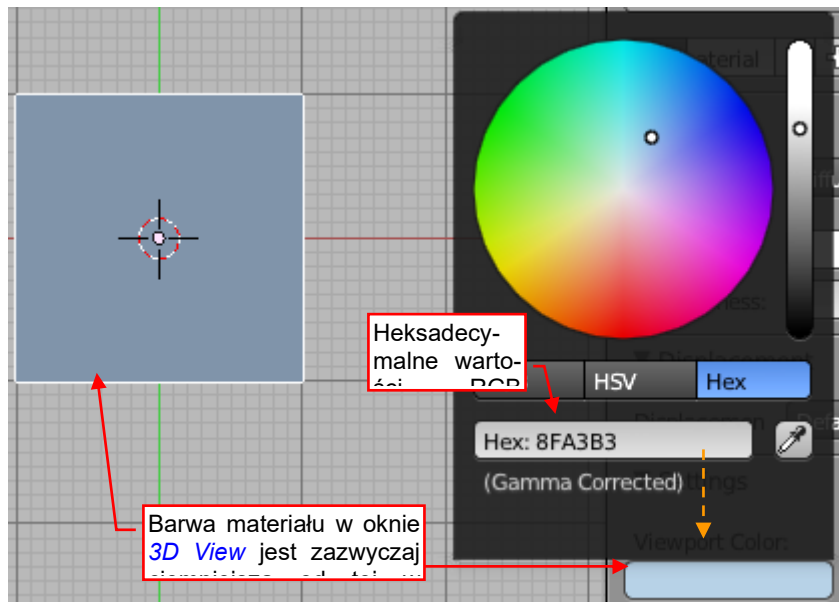
Rysunek 10.15.3 Podstawienie barwy wskazanego piksela ekranu

Końcówką tej „pipetki” kliknij w dowolne miejsce ekranu, a w polu kontrolki pojawi się jego kolor.

Tryb **Hex** (heksadecymalny) przydaje się, gdy chcesz np. przenieść kolor z innego programu, np. z GIMP (tam to się nazywa *HTML notation*). Kopiujesz w nim do schowka 6-znakowy kod barwy, a następnie wklejasz w tym trybie do okna Blendera (Rysunek 10.15.4):

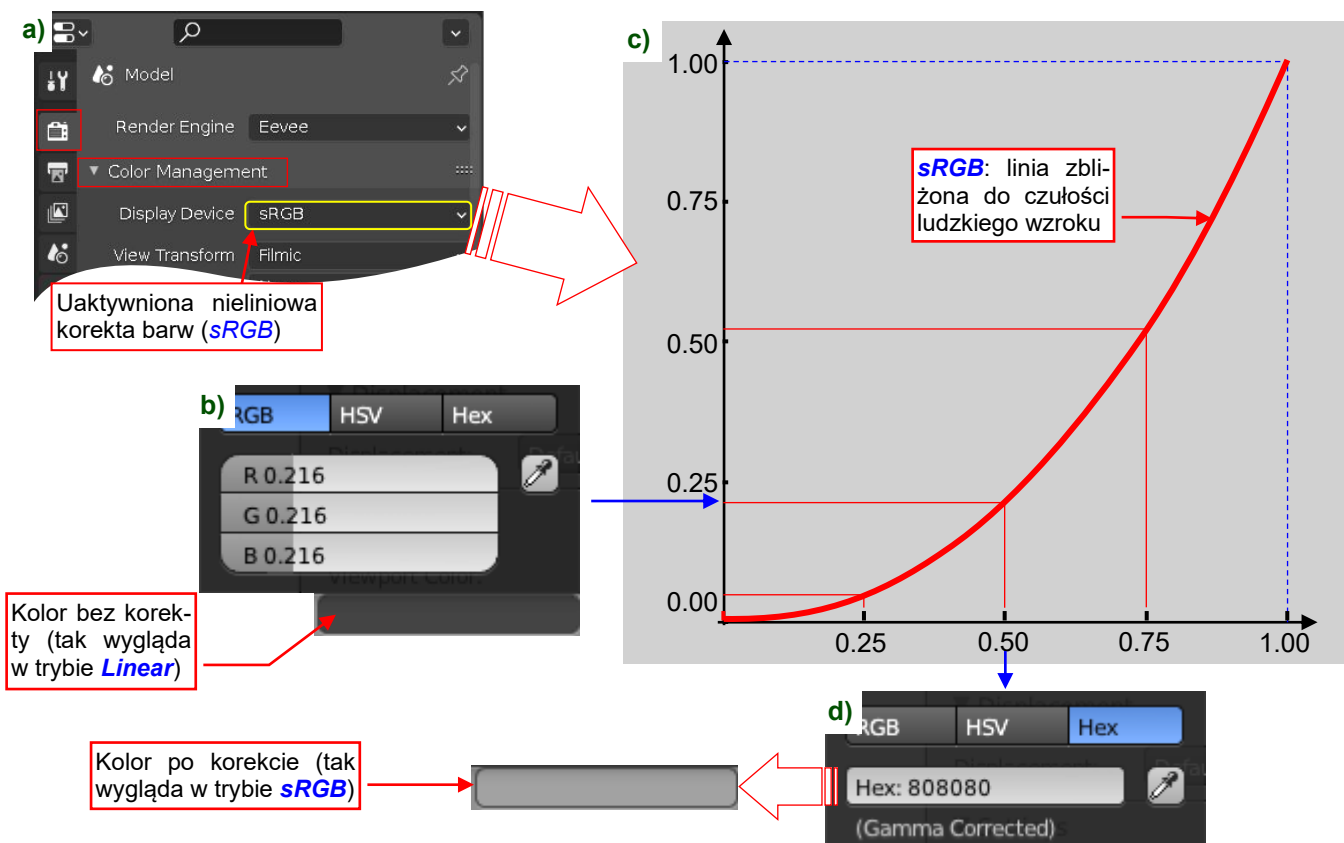
Zwróć uwagę, że np. kolor materiału, przypisany do obiektu, jest w oknie 3D ciemniejszy niż na kontrolce. To przede wszystkim wpływ domyślnego oświetlenia OpenGL, używanego przez Blender w wariantach **Studio** i **Matcap** trybu cieniowania **Solid**. Zgodne kolory w oknie 3D i w kontrolce pojawią się tylko w trzecim wariancie: **Flat**.

Inną przyczyną może być także brak tzw. „korekty gamma”. Pod tą tajemniczą nazwą kryje się proces lepszego dopasowania zakresu wyświetlanych barw do czułości ludzkiego oka. Blender od wersji 2.64 wyświetla barwy stosując taką korektę. Jednak w plikach stworzonych we wcześniejszych wersjach programu ta korekta jest wyłączona. Musisz ją w nich sam włączyć.



Rysunek 10.15.4 Kontrolka w trybie Hex

W panelu **Render:Color Management** (Rysunek 10.15.5a) wybierz z listy rozwijalnej **Display Device** pozycję **sRGB**. Wtedy kolory ulegną rozjaśnieniu. Ten tryb to nieliniowa konwersja intensywności wejściowej barwy (Rysunek 10.15.5b) poprzez krzywą gamma (Rysunek 10.15.5c) na barwę wyświetlaną (Rysunek 10.15.5d):



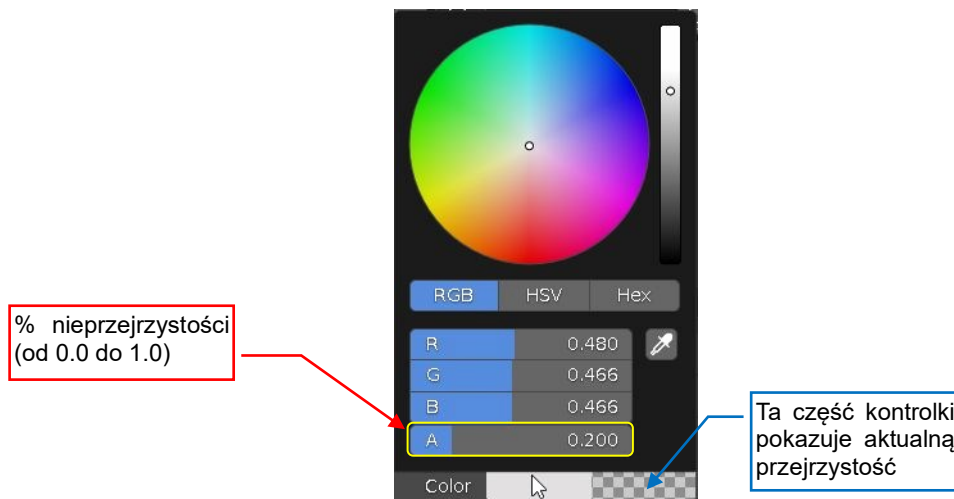
Rysunek 10.15.5 Efekt korekty gamma (**sRGB**): nieliniowe rozjaśnianie barw

Należy pamiętać, że ta konwersja działa także w drugą stronę. Gdy wkleisz do okna koloru w trybie **Hex** tekst „808080”, odpowiadający mieszance 50% czerni i bieli, to w trybie **sRGB** Blender wcale nie przyjmie dla niego wartości $R=G=B=0.5$, jak można by się było spodziewać „Arytmetyka barw” w Tom I lub Tom III. Zamiast tego zobaczysz $R=G=B=0.216$ (por. Rysunek 10.15.5b). I mimo to wyświetlany w kontrolce kolor dokładnie odpowiada temu, który uzyskasz dla kodu hex. „808080” w GIMP! Dlaczego? Bo korekta gamma jest wbudowana w system operacyjny. I Windows, i Linux używają takiej samej krzywej **sRGB**. Dla większej części jej zakresu (gdzieś tak od 0.25 do 1.0) jej współczynnik gamma = 2.2. Mac OS używa krzywej o nieco innym współczynniku: 1.8, więc dla tych samych wartości heksadecymalnego kodu odcień koloru na ekranie komputera od Apple może wyglądać nieco inaczej. Przypuszczam, że **Color Management** Blendera uwzględnia i takie przypadki, dokonując odpowiedniej konwersji.



W węzłach materiałów Blendera (np. **Image Texture**) włączysz korektę gamma (**sRGB**) wybierając im tryb **Color**. Dla tekstur nieodwzorowujących barwy (np. nierówności) używa się trybu bez żadnej korekty: **Non-Color Data**. To „surowe” (ang. „raw”) dane wejściowe, bez żadnej korekty.

Czasami kontrolka wyboru barw zawiera czwarty, dodatkowy suwak: A (Rysunek 10.15.6):



Rysunek 10.15.6 Panel koloru ze sterowaniem przejrzystością (A)

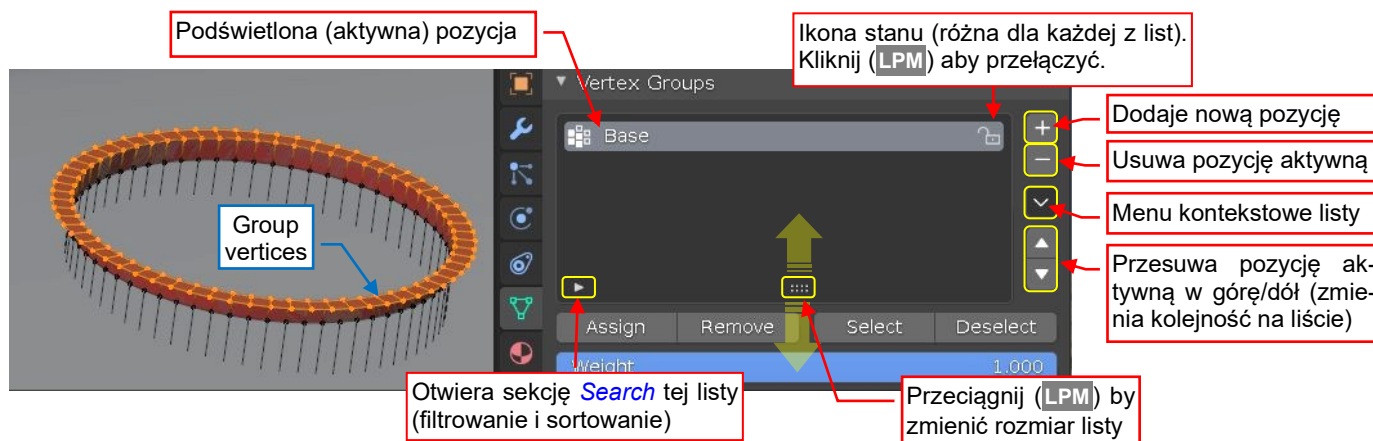
Ten suwak reprezentuje współczynnik nieprzejrzystości (określany także jako **Alfa**): $A = 1.0$ oznacza zupełny brak przejrzystości, a $A = 0.0$ to zupełna przejrzystość. Dla $A=0$ nie będziesz widział żadnego koloru, więc nawet A szkła ma pewną niewielką wartość.

Zwróć uwagę na prawą stronę prostokąta kontrolki koloru: pokazuje aktualną nieprzejrzystość. Ta szachownica jest zmieszana z kolorem po lewej zgodnie z aktualną wartością A . Dla $A = 1$ ten wzór znika zupełnie.

10.16 Obsługa listy

W niektórych panelach okna *Properties* znajdują się listy. Służą do zarządzania materiałami, grupami wierzchołków, alternatywnymi rozwinięciami UV i dziesiątką innych rzeczy. Obsługę listy Blendera zademonstruję na przykładzie listy *Vertex Groups* (z zakładki *Object Data* okna *Properties*). Inne listy są podobne, ale mogą nie mieć niektórych z opisanych tu kontroltek.

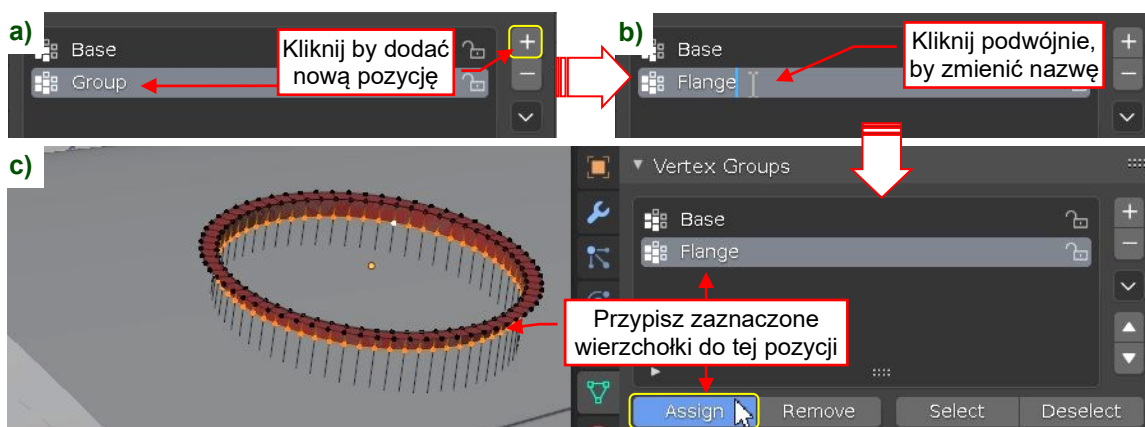
Zacznijmy od krótkiego wprowadzenia do grup wierzchołków. W Blenderze można zadeklarować zbiór wierzchołków siatki jako nazwaną grupę. Takie grupy przydają się do ograniczania wpływu modyfikatorów¹. Rysunek 10.16.1 pokazuje przykład takiej grupy, o nazwie **Base**. Jej wierzchołki są podświetlone w oknie 3D po lewej:



Rysunek 10.16.1 Przykład grupy wierzchołków

Aby dodać nową pozycję (nową grupę wierzchołków) do tej listy:

3. Kliknij przycisk [+], aby dodać nową, pustą pozycję (Rysunek 10.16.2a).
4. Kliknij podwójnie (LPM) na jej etykietę, aby zmienić nazwę tej pozycji² (Rysunek 10.16.2b).
5. Zaznacz wierzchołki w oknie 3D i naciśnij przycisk Assign, aby przypisać je do tej nowoutworzonej grupy (Rysunek 10.16.2c).



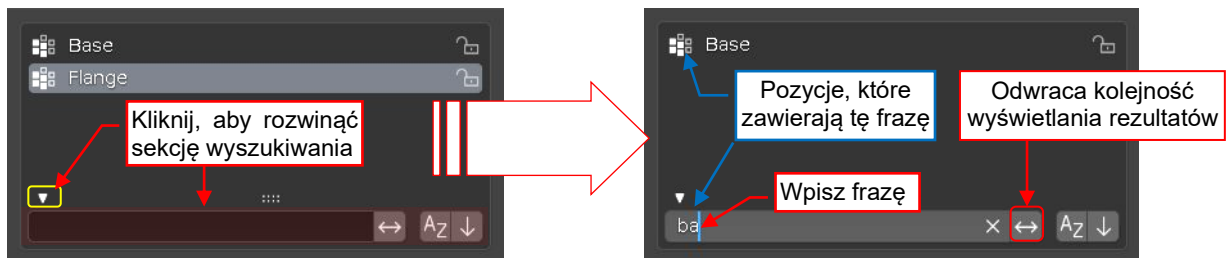
Rysunek 10.16.2 Dodawanie do listy nowej pozycji (tworzenie nowej grupy wierzchołków)

Ten sam wierzchołek siatki może należeć do wielu grup. Aby sprawdzić, które wierzchołki należą do podświetlonej na liście grupy, kliknij w przycisk *Select*. Jeżeli dostrzeżesz w tym zbiorze jakieś niepotrzebne wierzchołki – zaznacz je i kliknij przycisk *Remove* pod listą. To usuwa przypisania do aktywnej pozycji.

¹ W ustawieniach większości modyfikatorów obiektów można (zazwyczaj) znaleźć listę rozwijalną *Vertex Group* wyświetlającą zdefiniowane w siatce grupy. Ta kontrolka pozwala ograniczyć działanie modyfikatora do wskazanej grupy wierzchołków.

² Nie ma żadnego widocznej kontrolki związanej ze zmianą nazwy pozycji listy. Tym niemniej, ta funkcja „podwójnego kliknięcia” powtarza się we wszystkich miejscach interfejsu użytkownika Blendera. Możesz w ten sposób zmieniać nazwy obiektom, kolekcjom, scenom, itp.

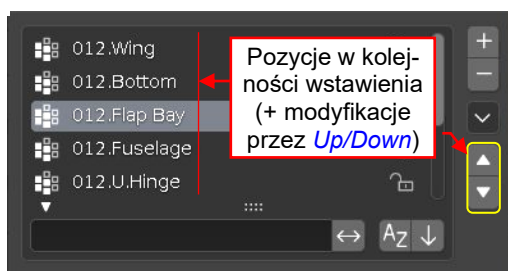
Aby wyszukać na długiej liście element zawierający w nazwie jakiś charakterystyczne słowo, rozwiń sekcję wyszukiwania i wpisz to słowo w polu **Search** (Rysunek 10.16.3):



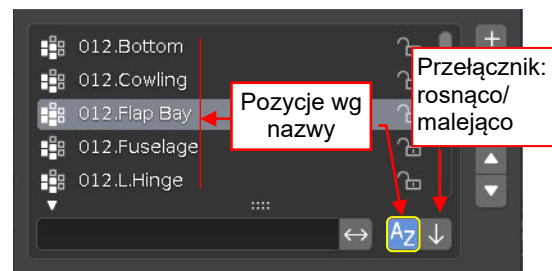
Rysunek 10.16.3 Wyszukiwanie pozycji na liście

Listy Blendera można uporządkować „ręcznie” (ustawienie domyślne) lub alfabetycznie. Uporządkowanie „ręczne” wyświetla pozycje w naturalnej kolejności utworzenia. Możesz je zmieniać za pomocą przycisków **Up/Down** z prawej strony listy (Rysunek 10.16.4a):

a) Uporządkowanie „ręczne” (domyślne)



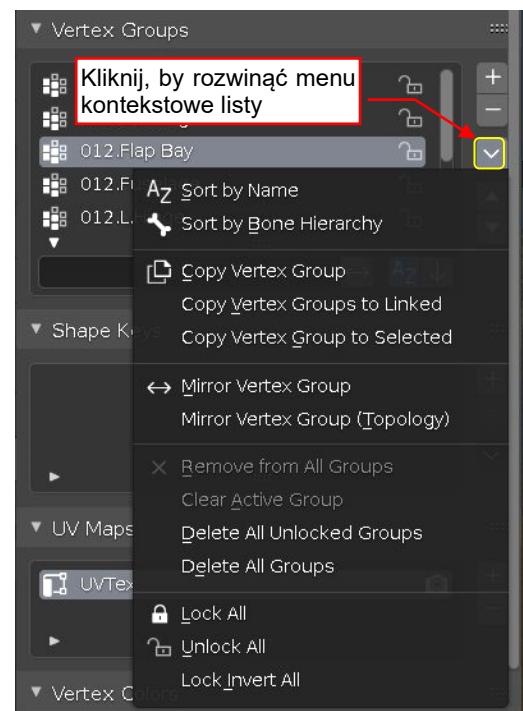
b) Uporządkowanie alfabetyczne



Rysunek 10.16.4 Zmiana uporządkowania listy

W obszarze wyszukiwania znajdziesz przełącznik sortujący w kolejności alfabetycznej (Rysunek 10.16.4b). Dodatkowy przycisk z prawej strony pozwala przełączyć się pomiędzy kolejnością rosnącą i malejącą.

Niektóre listy mają dodatkowy przycisk, rozwijający jej menu kontekstowe (Rysunek 10.16.5). Jego zawartość zależy od rodzaju elementów listy – inne menu zobaczysz dla grup wierzchołków, a inne dla alternatywnych współrzędnych UV. Polecenia z menu kontekstowego mogą dotyczyć całej zawartości listy (np. **Lock All**) albo aktywnego (podświetlonego) elementu (np. **Mirror Vertex Group**).



Rysunek 10.16.5 Menu kontekstowe listy

Rozdział 11. Blender – edytor obiektów (Object Mode)

Z trybem *Object Mode* miałeś już okazję się zetknąć (Rozdział 3, "Blender – pierwsze kroki"). Ten rozdział omawia podstawowe pojęcia związane z tym trybem oraz polecenia których, używamy w tej książce.

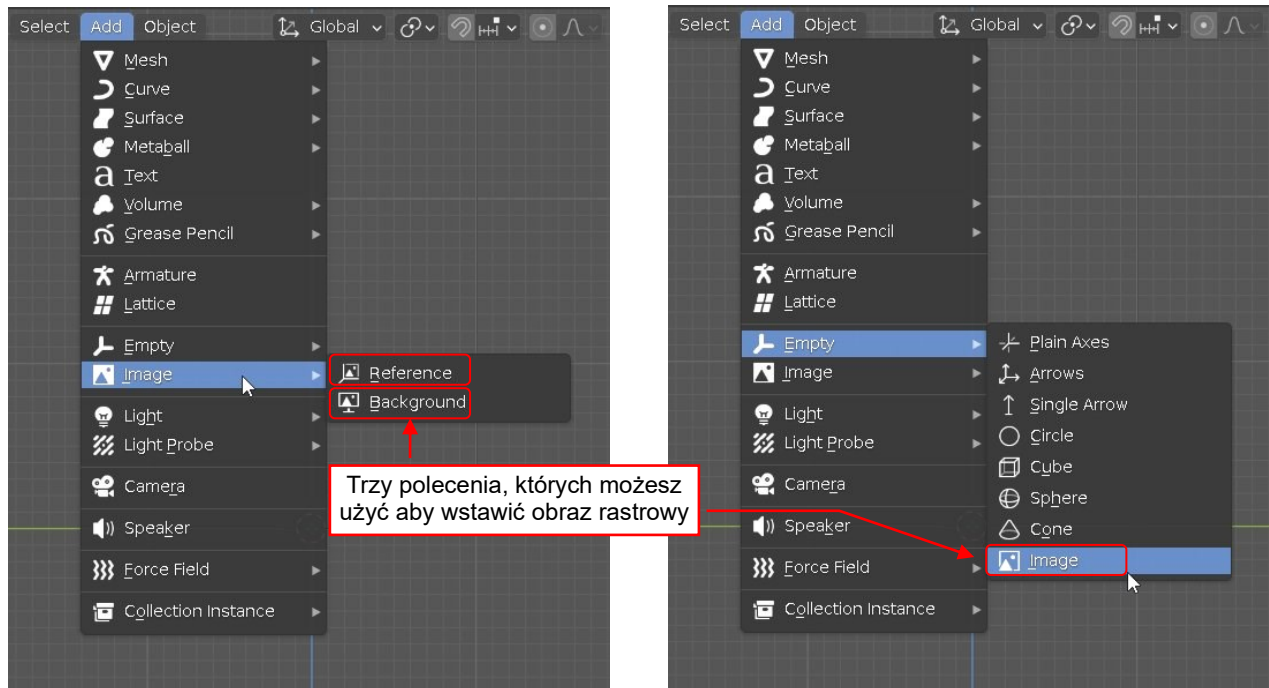
Pominę tu zagadnienia, które przedstawiał już Rozdział 3. Chodzi tu o:

- Metody selekcji. Opisałem je już w sekcji 3.4 (str. 56).
- Podstawowe transformacje (przesunięcie, obrót obiektu). Opisałem je już w sekcji 3.5 (str. 62).

11.1 Wstawianie obrazu (referencyjnego)

W scenę Blendera możesz wstawiać obrazy rastrowe. Blender obsługuje je jako jeden z rodzajów tzw. „pustych” (*Empty*) obiektów¹. W sekcji 4.1 (str. 84) pokazałem szybką metodę tworzenia takich obiektów poprzez „upuszczanie” plików obrazu do okna 3D. W tej sekcji zrobię to samo za pomocą poleceń z menu (może to się przyda?). Omówimy tutaj także szczegóły ustawień wyświetlania takiego obrazu.

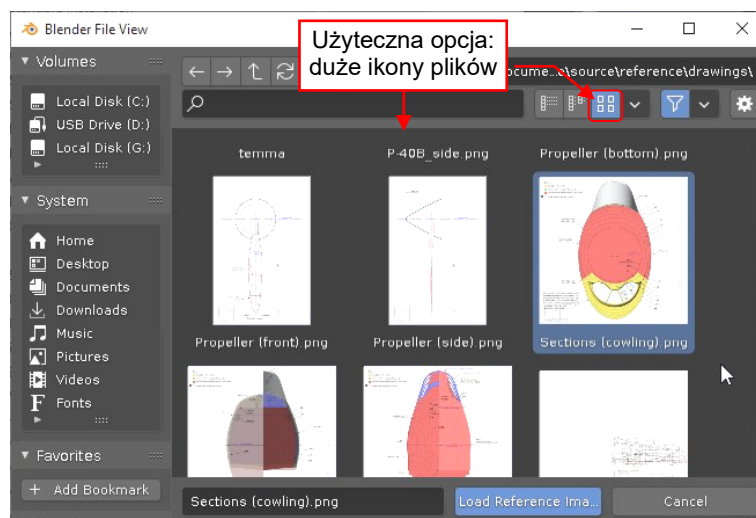
Istnieją trzy polecenia, których możesz użyć, aby wstawić do sceny Blendera obraz rastrowy (Rysunek 11.1.1):



Rysunek 11.1.1 Trzy różne polecenia do wstawienia obrazu referencyjnego

W istocie, ich rezultaty są niemal identyczne: obiekt *Empty* z przypisanym obrazem. Różnią się tylko kilkoma mało istotnymi ustawieniami w oknie *Properties*.

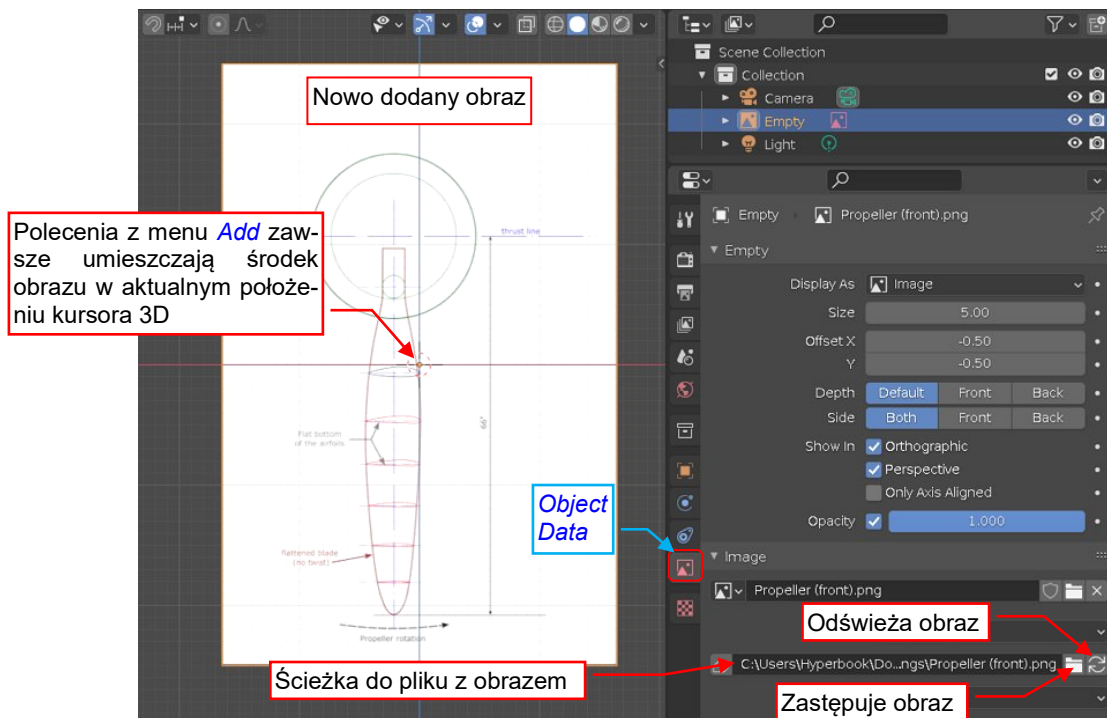
Gdy wywołasz jedno z poleceń *Add → Image → **, Blender wyświetli okno *File View*. Możesz stamtąd wybrać jeden z obrazów rastrowych (Rysunek 11.1.2):



Rysunek 11.1.2 Wybór obrazu (okno *File View*)

¹ Te obiekty są określane jako *Empty* (puste) ponieważ nie zawierają siatek, za pomocą których odtwarza się geometrię w Blenderze.

Blender zawsze umieszcza środek nowego obrazu tam, gdzie aktualnie jest kursor 3D (Rysunek 11.1.3):



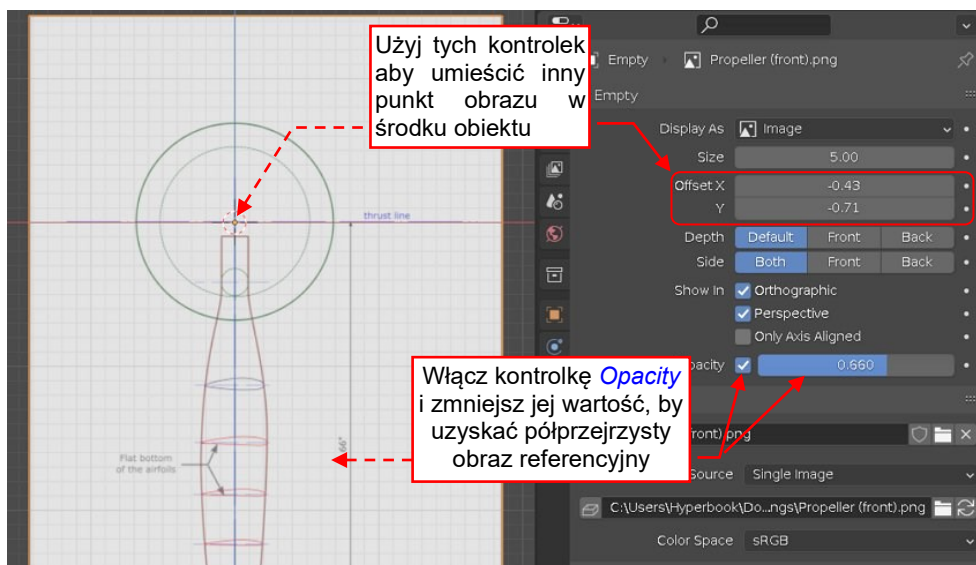
Rysunek 11.1.3 Nowo dodany obraz



Przed wstawieniem nowego obrazu poleceniem z menu **Add**, umieść kursor 3D tam, gdzie chcesz umieścić środek tego nowego obiektu.

Aby niepotrzebnie nie zwiększać rozmiaru danych, Blender przechowuje w plikach ***.blend** tylko linki do obrazów (ścieżki do ich plików). Możesz je znaleźć w oknie **Properties**, panelu **Object Data:Image** (Rysunek 11.1.3). Jeżeli używasz polecenia **Add → Empty → Image**, sam musisz tę ścieżkę wpisać w tym panelu. W tym przypadku użyj ikony folderu z prawej strony tego pola, które otwiera okno **File View**.

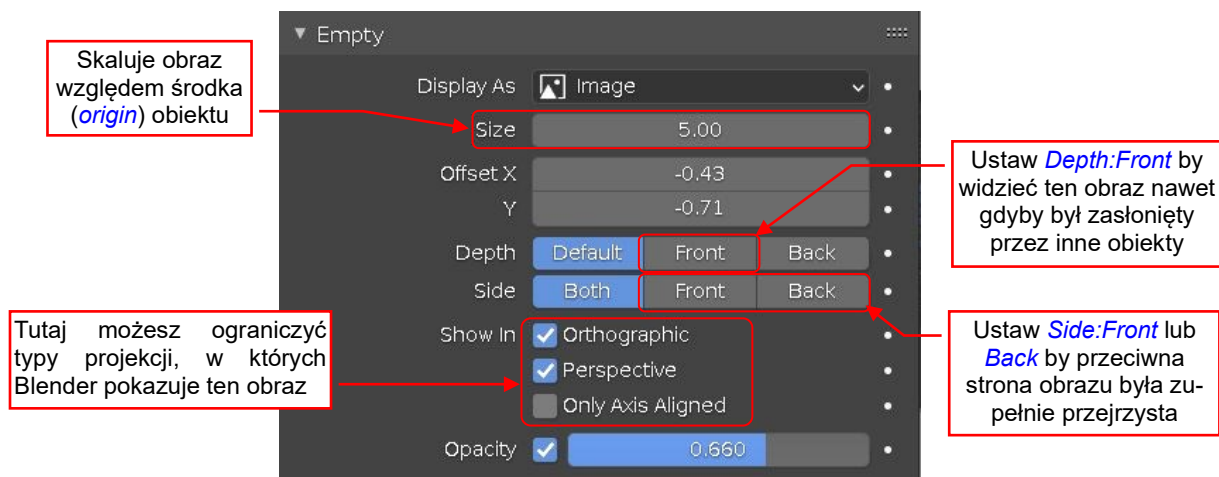
Domyślnie, geometryczny środek obrazu przypada w środku (**origin**) obiektu, ale możesz go przesunąć w dowolny inny punkt. Użyj w tym celu kontrolki **Offset X/Y** z panelu **Object Data:Empty** (Rysunek 11.1.4):



Rysunek 11.1.4 Ustalanie nowego (relatywnego) położenia środka obrazu

Jeżeli jest to obraz referencyjny, możesz także włączyć kontrolkę nieprzezroczystości (**Opacity**) i zmniejszyć jej wartość. (Na półprzezroczystych obrazach łatwiej jest porównywać linie rysunku z modelem 3D).

Od czasu do czasu możesz także użyć innych opcji z panelu **Empty** (Rysunek 11.1.5):



Rysunek 11.1.5 Inne opcje wyświetlania obrazu

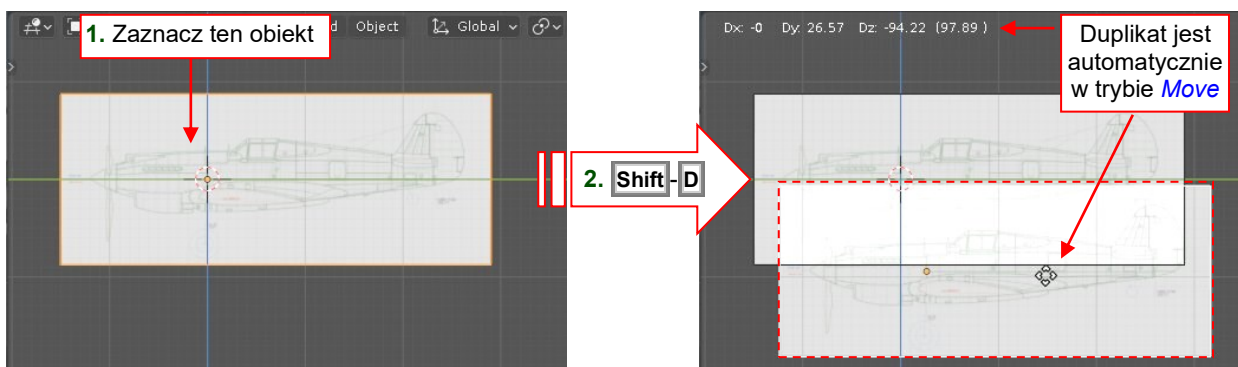
Na obiektach **Empty** możesz stosować wszystkie trzy podstawowe polecenia transformacji, w szczególności **Object → Transform → Scale** (str. 70). Wolę zmieniać rozmiary obrazów tą metodą. „Zwykłe” skalowania pozwala na rozciąganie obrazu wzdłuż jednej osi, czego nie można zrobić za pomocą kontrolki **Empty:Size**.

11.2 Kopiowanie obiektów (*Duplicate*)

W Blenderze istnieją dwa polecenia do kopiowania (powielenia) obiektu:

1. **Object→Duplicate Objects** (**Shift-D**). To “pełne” kopiowanie. Powielony obiekt w żaden sposób nie zależy od oryginału.
2. **Object→Duplicate Linked** (**Alt-D**). Kopia może mieć oddzielną skalę, położenie, obrót, ale korzysta nadal z tych samych danych (zazwyczaj – siatki), co wzorzec.

Zademonstruję pierwsze polecenie na przykładzie obiektu – rysunku rastrowego (Rysunek 11.2.1):



Rysunek 11.2.1 Łopata śmigła, do której dodamy dwie dalsze — jako powiązane kopie

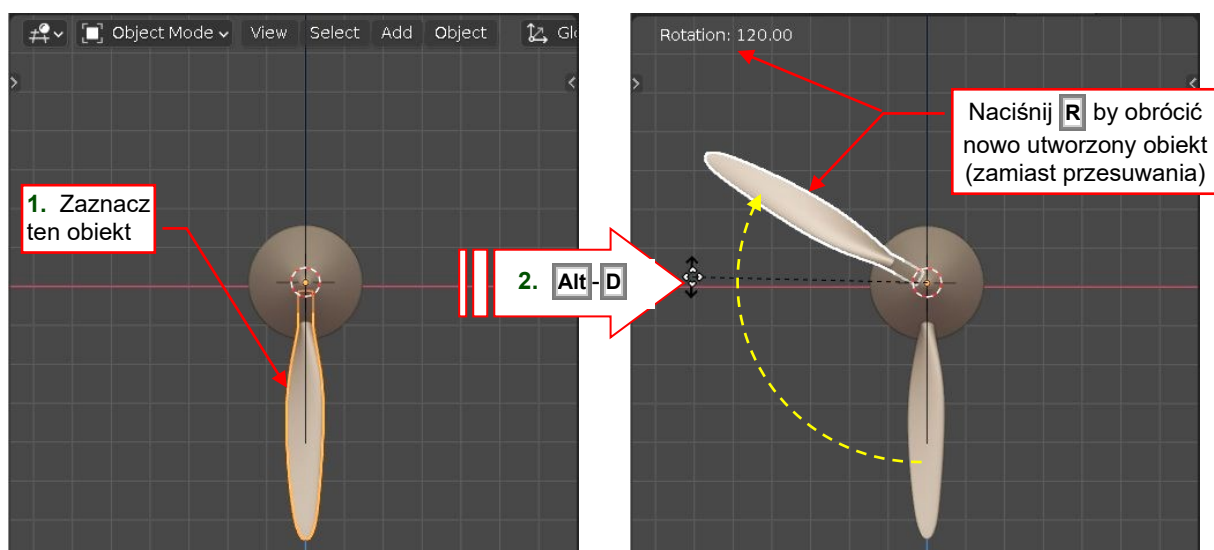
Zaznacza obiekt do skopiowania a potem naciśnij **Shift-D** (**Object→Duplicate Objects**). W odpowiedzi Blender tworzy jego duplikat, zaznacza go i włącza tryb *Move*, więc możesz od razu przesunąć tę kopię w nowe miejsce. Jeżeli ma pozostać w oryginalnym położeniu – naciśnij **Esc**.



Początkowo ta kopia otrzymuje nazwę pierwowzoru, rozszerzoną o numeryczny przyrostek („.001”).

Z punktu widzenia użytkownika, klonowanie – poleceniem **Duplicate Linked** – jest identyczne z kopiowaniem.

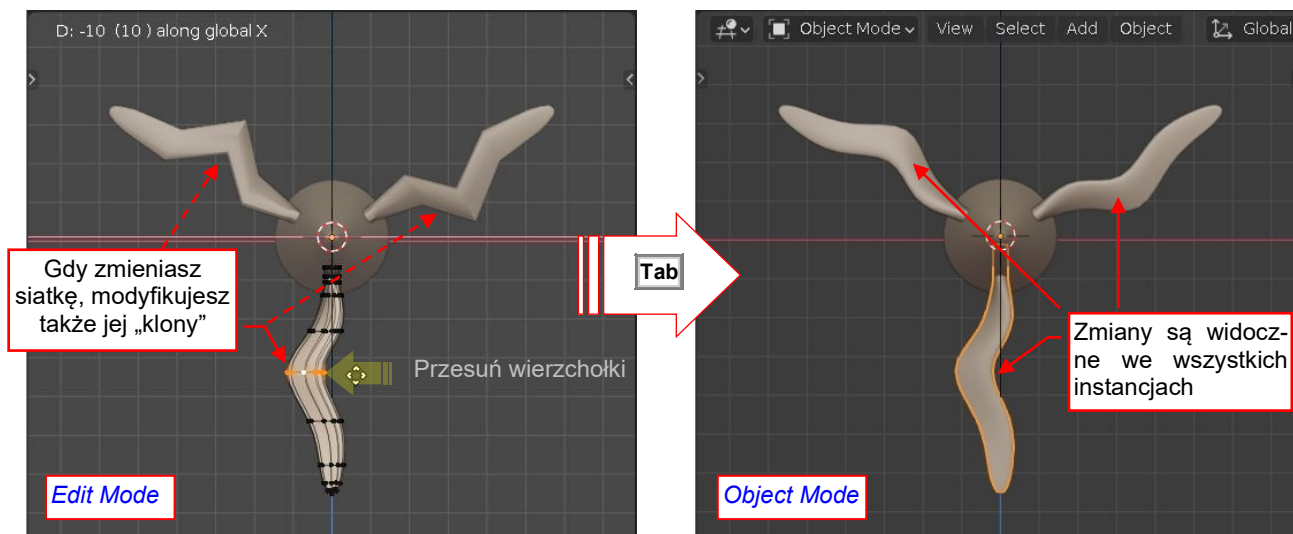
Rysunek 11.2.2 pokazuje tworzenie klonów łopat śmigła:



Rysunek 11.2.2 Powielenie (poprzez obrót)

W tym przypadku zaraz po wywołaniu tej funkcji (naciśnięciu **Alt-D**) naciśnąłem klawisz **R**. W ten sposób przełączyłem się z domyślnego trybu *Move* na tryb *Rotate*. Możesz to robić także po wywołaniu **Duplicate Objects**.

Jaka jest w takim razie praktyczna różnica pomiędzy kopią zwykłą, a kopią powiązaną? Pokażę to na przykładzie śmigła (w którym dodałem już także trzecią łopatę). Wszystkie trzy łopaty wykorzystują tę samą siatkę. Gdy zmodyfikujesz jedną z nich w *Edit Mode*, zmiana stanie się widoczna we wszystkich trzech instancjach (Rysunek 11.2.3):



Rysunek 11.2.3 Obiekty powiązane — siatka jest zmieniana we wszystkich równocześnie

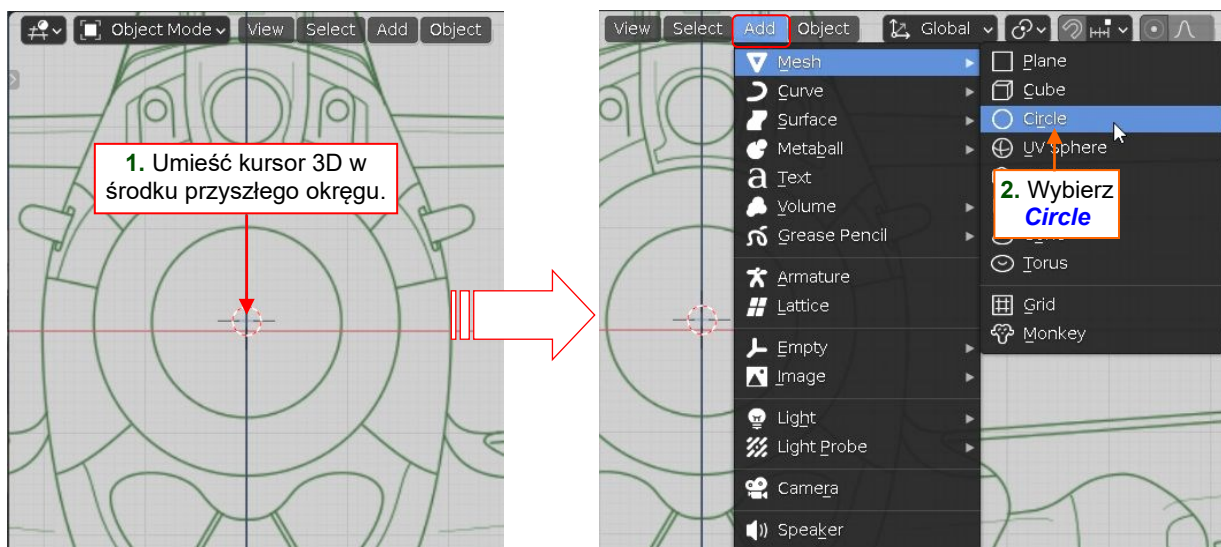
Dopóki jednak jesteś w *Edit Mode*, zmiany widoczne w tych kopiach nie są „przetworzone” przez ich modyfikatory. Na przykład – nie są wygładzone. To nastąpi dopiero po przełączeniu się z powrotem w *Object Mode*. Wówczas zobaczysz ostateczne, zmodyfikowane kształty siatki we wszystkich trzech instancjach.



Więcej na ten temat — patrz "Struktura danych modelu i sceny w Blenderze", str. 626.

11.3 Tworzenie okręgu (**Circle**)

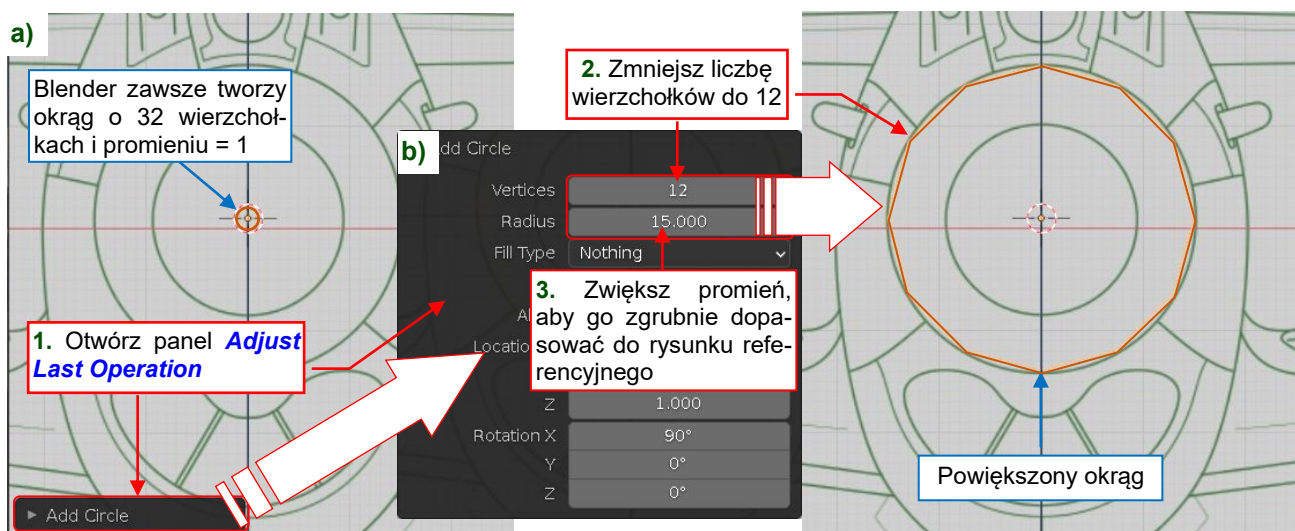
Umieść kursor 3D tam, gdzie chcesz wstawić nowy okrąg (Rysunek 11.3.1a). Następnie wywołaj polecenie **Add→Mesh→Circle** (Rysunek 11.3.1b):



Rysunek 11.3.1 Stworzenie okręgu (wieloboku)

Po wywołaniu tego polecenia Blender zawsze wstawia do rysunku okrąg o promieniu = 1 jednostki. Domyślnie jego siatka składa się z 32 wierzchołków, połączonych w pojedynczą krawędź (Rysunek 11.3.2a).

Aby zmienić te domyślne wartości, otwórz panel **Adjust Last Operation**. Możesz go rozwinąć klikając w nazwę ostatniego polecenia wyświetlaną w lewym dolnym narożniku okna 3D (Rysunek 11.3.2a), ale możesz także użyć skrótu **F9**. Zmień w tym oknie liczbę wierzchołków i promień okręgu (Rysunek 11.3.2b):



Rysunek 11.3.2 Ustalanie parametrów okręgu

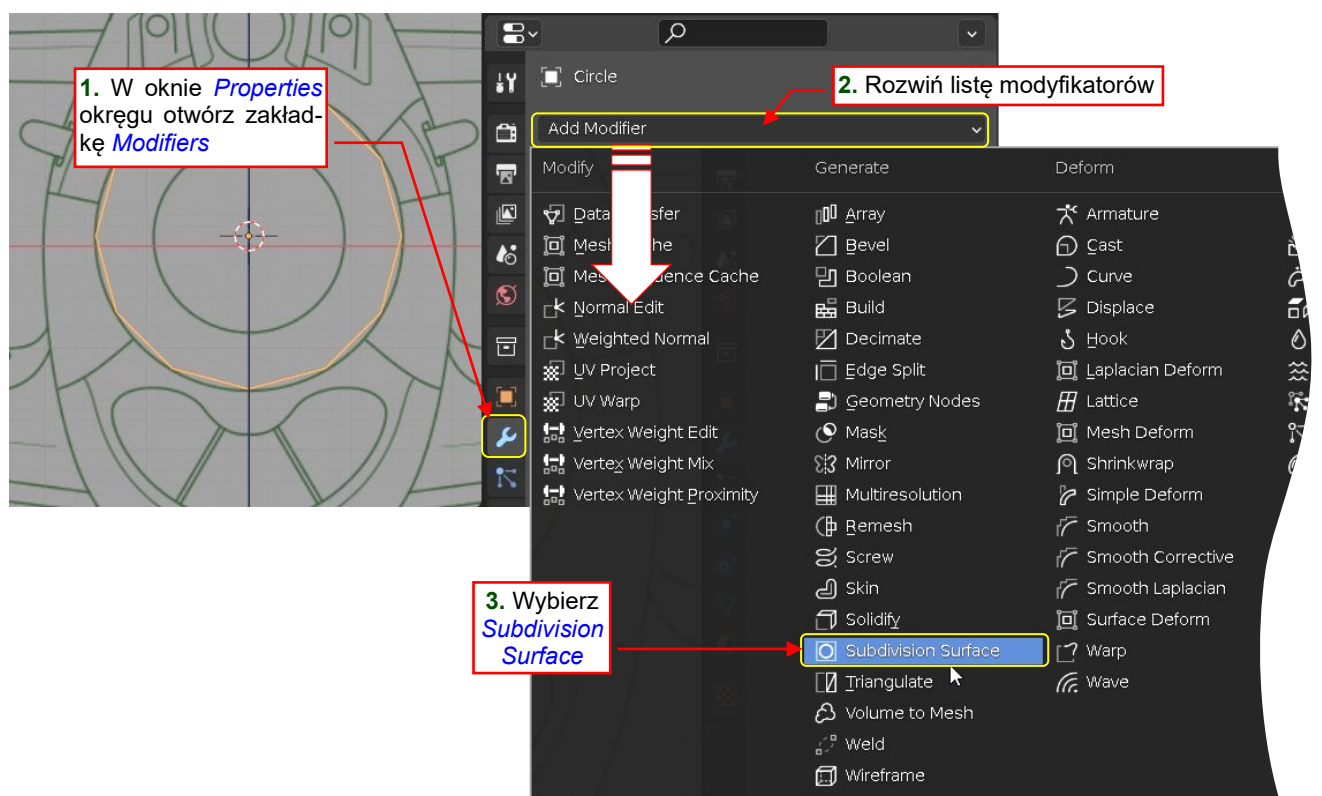
W tym przypadku ustaw umiarkowaną liczbę wierzchołków: **12** (Rysunek 11.3.2c). Zwróć uwagę, że Blender przy każdej zmianie wartości w oknie parametrów polecenia na bieżąco zmienia nowo utworzony obiekt.

Dlaczego stworzyłem regularny 12-kąt zamiast gładkiego okręgu? Bo prostsza siatka jest łatwiejsza do zarządzania. W Blenderze możesz zmienić takie wielokąty w okręgi za pomocą tzw. modyfikatorów (zaraz to pokażę).



Następnym razem, gdy wywołasz polecenie **Add→Mesh→Circle**, Blender będzie “pamiętał” ostatnio użyty promień oraz liczbę wierzchołków, i zaproponuje je jako nowe wartości domyślne.

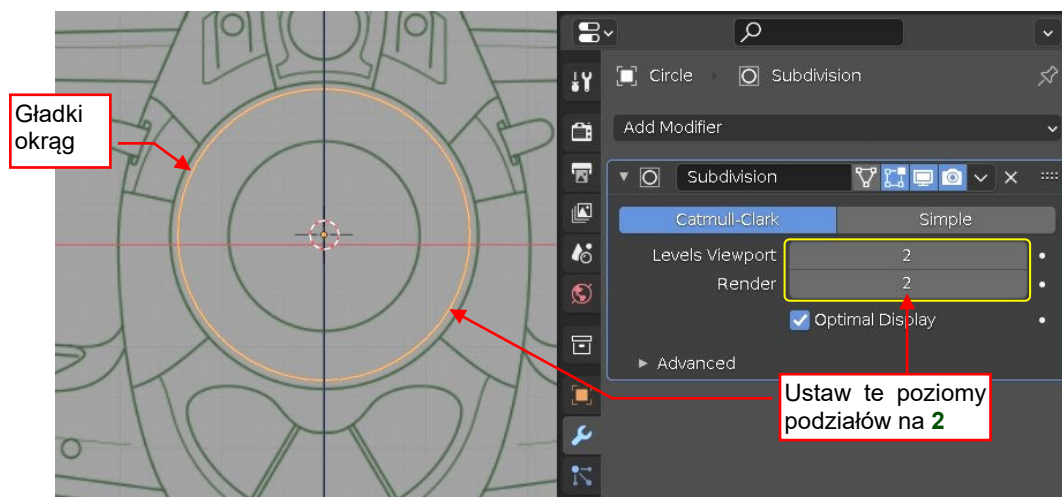
W oknie **Properties** nowo dodanego obiektu wybierz zakładkę **Modifiers**. Z listy rozwijalnej **Add Modifier** wybierz modyfikator **Subdivision Surface** (Rysunek 11.3.3):



Rysunek 11.3.3 Dodanie do obiektu modyfikatora **Subdivision Surface**

Nowo dodany modyfikator natychmiast zmienia wygląd obiektu.

Możesz sterować tym efektem w jego panelu (Rysunek 11.3.4). Ustaw tam wartości **Levels:Viewport** i **Render** na **2**. Zobacz rezultat wygładzenia:



Rysunek 11.3.4 Okrąg wygładzony za pomocą modyfikatora **Subdivision Surface**

Do wygładzania okręgu i elips najlepiej jest używać schematu obliczeniowego o nazwie **Catmull-Clark**. To domyślne ustawienie modyfikatora **Subdivision** (Rysunek 11.3.4).

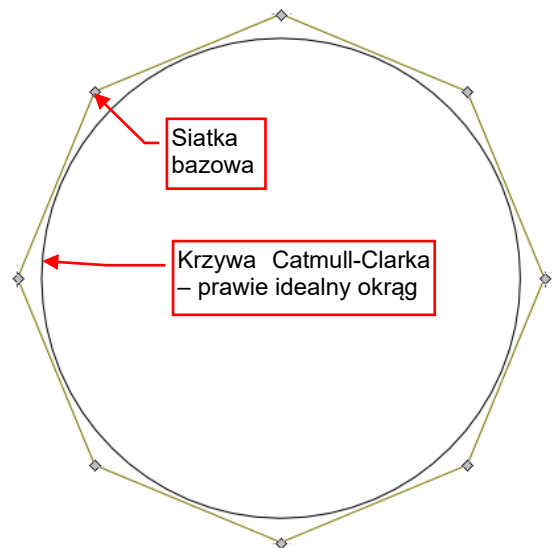


Schemat Catmulla-Clarka całkiem dobrze przekształca wieloboki regularne na okręgi. Różnice pomiędzy tymi krzywymi i regularnymi łukami są niewielkie, nawet dla sześć- i ośmiokątów.

W przypadku, gdy stworzone koło ma być podstawą do utworzenia jakiegoś niewielkiego, mało istotnego elementu (np. rurek, kabli) – jako siatkę bazową możesz użyć sześciokąt. W takim przypadku możesz także zmniejszyć poziomy podziału do 1. Zmniejszy to ogólną liczbę ścian modelu. Gdy chodzi o duży obiekt, jak kołpak śmigła, użyj ośmio- a może i 12-kąta. Możesz także zwiększyć ich poziomy podziału do 3. W praktyce to na pewno pozwoli wyeliminować nawet najmniejsze widoczne odchylenia od idealnego okręgu.



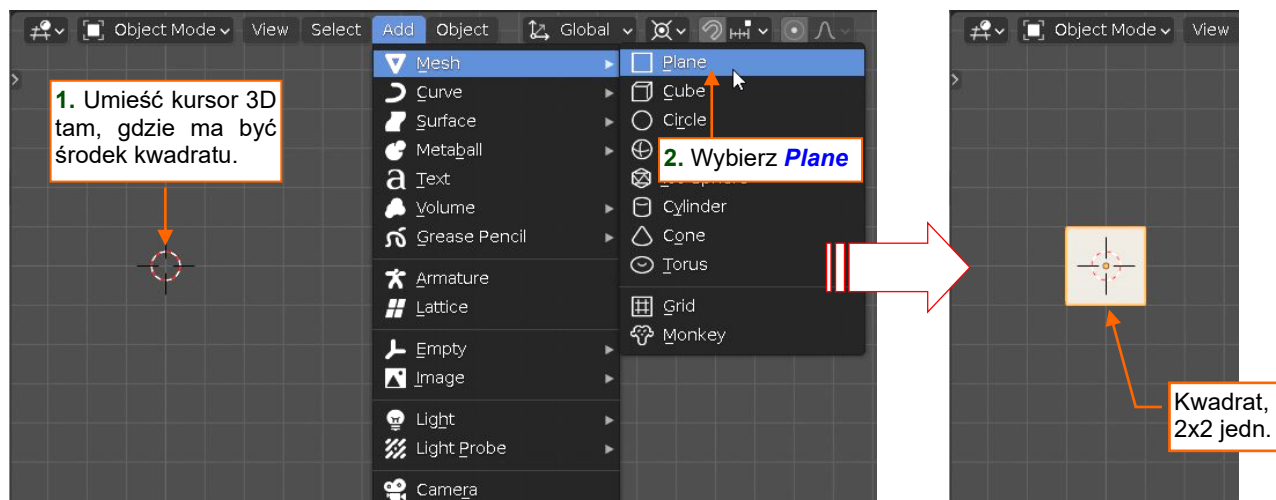
Jeżeli chcesz dowiedzieć się więcej o krzywych i powierzchniach podziałowych – patrz str. 632.



Rysunek 11.3.5 Linia podziałowa, uzyskana z 8 wierzchołków linii bazowej i poziomu podziału (*Levels*) = 3

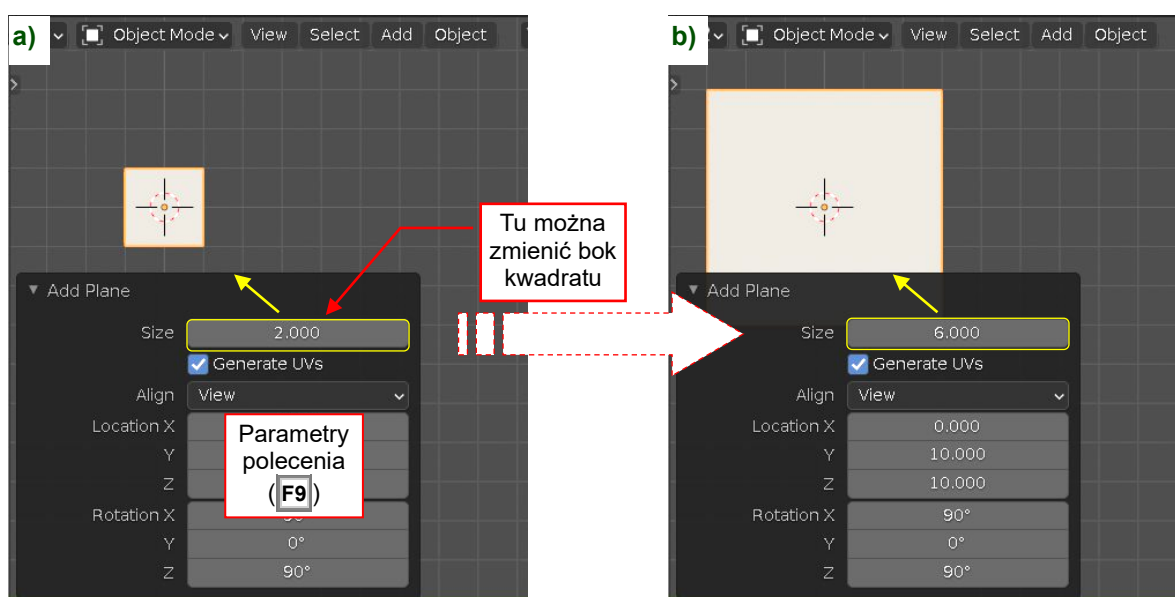
11.4 Tworzenie kwadratu (*Plane*)

Umieść kursor 3D w miejscu, gdzie ma być środek kwadratu i wywołaj polecenie **Add→Mesh→Plane** (Rysunek 11.4.1):



Rysunek 11.4.1 Stworzenie kwadratu

W odpowiedzi Blender stworzy kwadrat o boku = 2 jednostki (Rysunek 11.4.2a). Aby zmienić ten domyślny rozmiar, naciśnij **F9**. W oknie parametrów zmień wartość pole **Size** (Rysunek 11.4.2):



Rysunek 11.4.2 Rezultat i parametry polecenia *Plane*

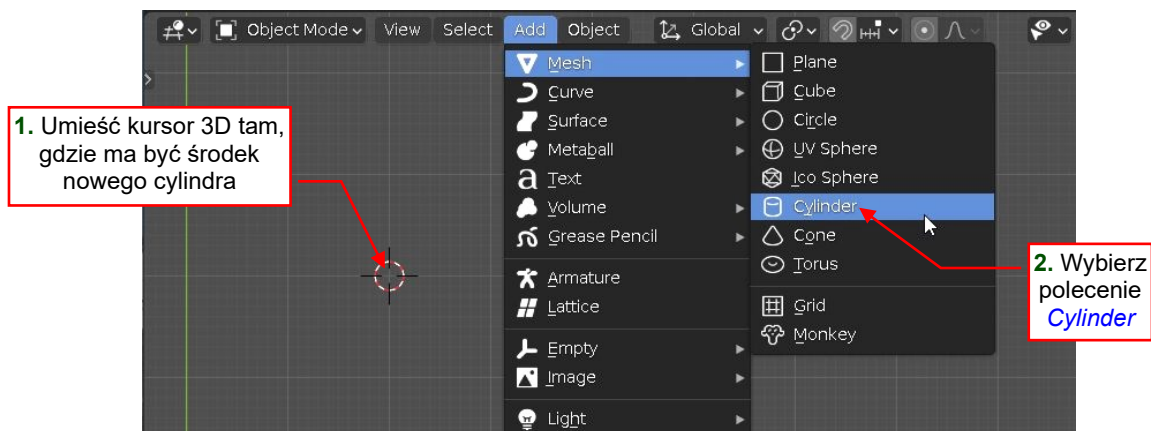


Gdy następnym razem wywołasz polecenie **Add→Mesh→Plane**, Blender stworzy kwadrat o takim rozmiarze jak stworzony ostatnio (program „pamięta” ostatnią wartość **Size** i stosuj ją jako domyślną).

Rozmiar każdego obiektu można także zmieniać w inny sposób: zaraz po utworzeniu naciśnij **S** (*Scale*) i powiększ lub zmniejsz.

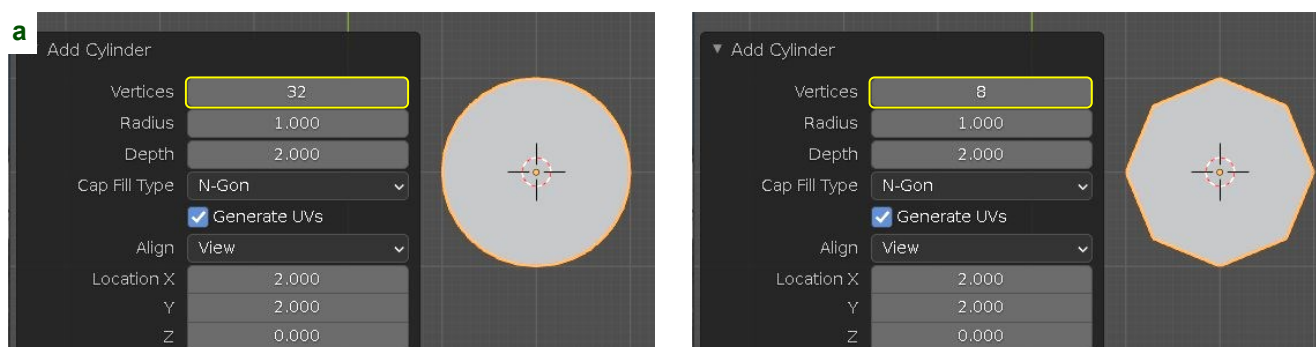
11.5 Tworzenie walca (*Cylinder*)

Umieść kursor 3D tam, gdzie ma być umieszczony nowy walec i wywołaj polecenie **Add→Mesh→Cylinder** (Rysunek 11.5.1):



Rysunek 11.5.1 Stworzenie walca

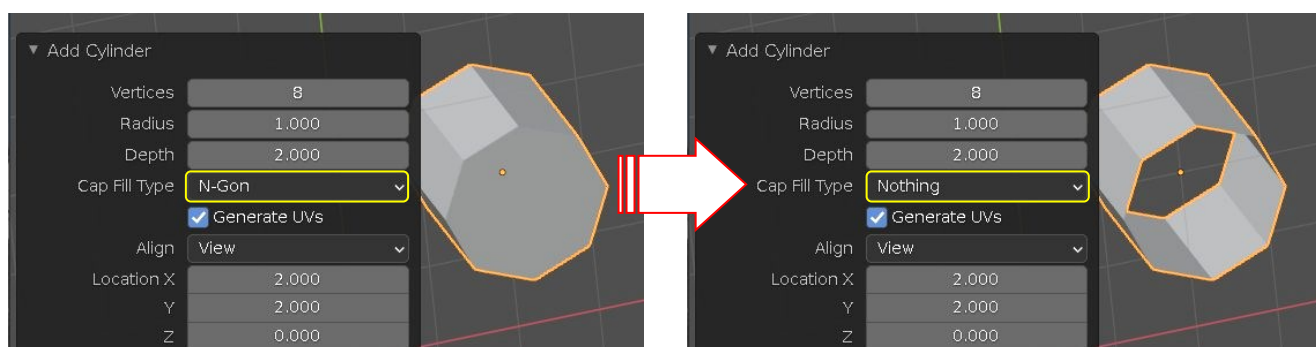
W odpowiedzi Blender stworzy walec o promieniu = 1, wysokości 2 i 32 ścianach bocznych (Rysunek 11.5.2a)¹. Aby zmienić te parametry, zaraz po wykonaniu polecenia *Cylinder* otwórz panel **Adjust Last Operation** (**F9**):



Rysunek 11.5.2 *Vertices*: zmiana liczby boków

Rysunek 11.5.2b) pokazuje walec o liczbie boków (*Vertices*) zredukowanej do 8 (to właściwie graniastosłup).

Z kolei opcja *Cap Fill Type* steruje rodzajem ścian podstaw walca (Rysunek 11.5.3):

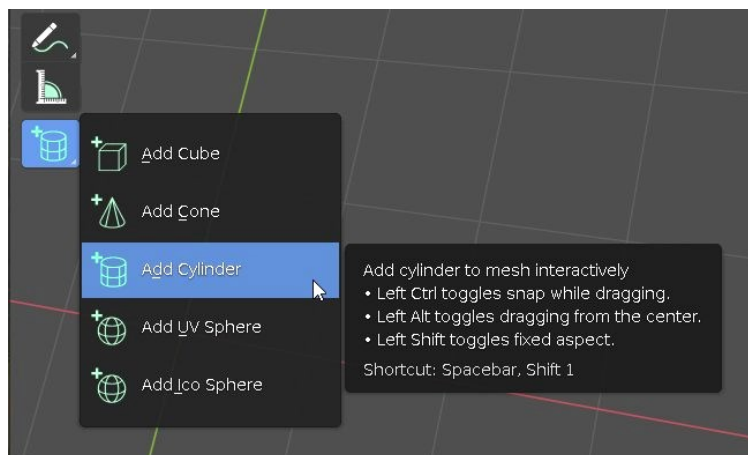


Rysunek 11.5.3 *Cap Fill Type*: włączanie i wyłączanie ścian podstaw walca

Parametr *Depth* steruje wysokością cylindra. Domyślnie, środek tego obiektu (umieszczony tam, gdzie kursor 3D) znajduje się w jego połowie. *Radius* steruje odległością ścian bocznych od tego punktu.

¹ W Twoim przypadku może być inny, bo Blender „pamięta” ostatnio użyte parametry i stosuje je jako nowe wartości domyślne.

Możesz także stworzyć walec za pomocą polecenia z paska (Rysunek 11.5.4):



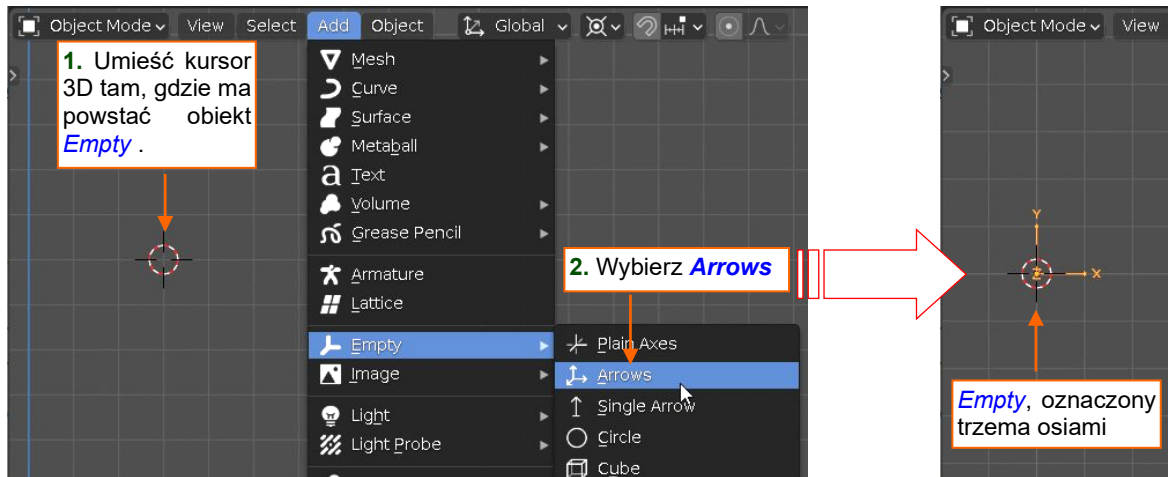
Rysunek 11.5.4 Polecenie **Add Cylinder** z paska

Polecenia z grupy **Add** paska są intuicyjne i łatwe w użyciu. Jednak nie pozwalają na precyzyjne ustalania pozycji nowego obiektu, tak jak to robi polecenie z menu (które korzysta z kursora 3D). Dlatego w praktyce nigdy nie korzystam z tej alternatywy.

11.6 Tworzenie pustego obiektu (*Empty*)

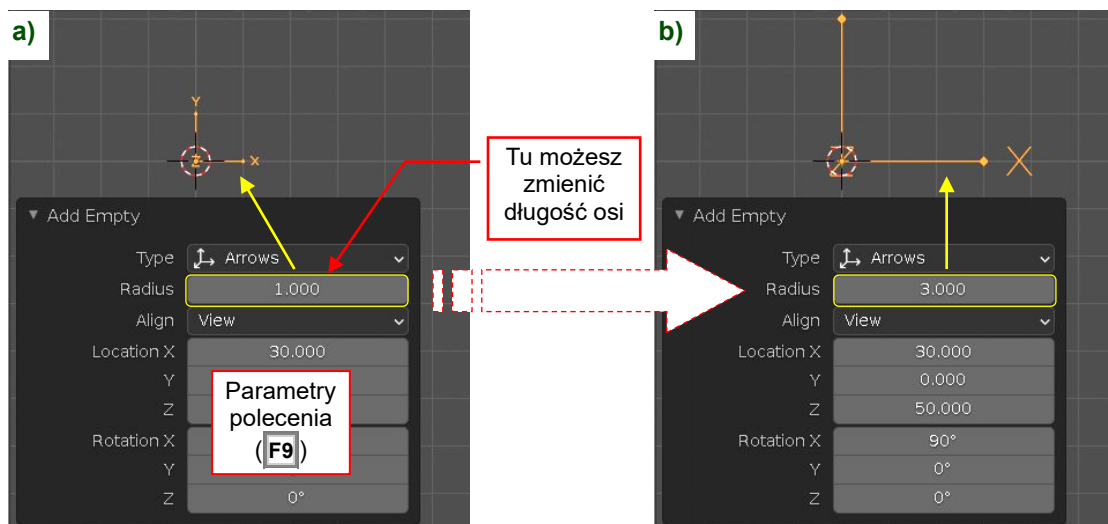
W Blenderze istnieją obiekty „puste” (*Empty*), bez żadnej siatki, krzywej czy podobnych danych. Istnieje wiele odmian obiektów tej klasy. Jedną z nich jest rysunek referencyjny, który już poznałeś (str. 461). W tej sekcji stworzymy pusty obiekt, który nawet nie będzie zawierał takiego odsyłacza do pliku obrazu, o nazwie *Arrows*. To samo „opakowanie”: zawiera wszystkie typowe własności obiektu: środek (położenie), obrót, a także skalę. Skala nie ma wpływu na sam obiekt *Empty*, ale może mieć na inne, zwykłe elementy „siatkowe”, dla których jest „rodzicem”. Obiekty *Empty* służą do różnych funkcji pomocniczych.

Aby dodać do rysunku nowy obiekt *Empty*, umieść kursor 3D w miejscu, gdzie ma być jego środek. Następnie wywołaj polecenie *Add→Empty→Arrows* (Rysunek 11.6.1):



Rysunek 11.6.1 Stworzenie pustego obiektu

W odpowiedzi Blender wstawi w miejscu wskazanym kursorem 3D punkt z trzema osiami (Rysunek 11.6.2a). Jeżeli chcesz zmienić ich rozmiar, naciśnij **F9**. W panelu z parametrami polecenia zmień wartość *Radius* (Rysunek 11.6.2):



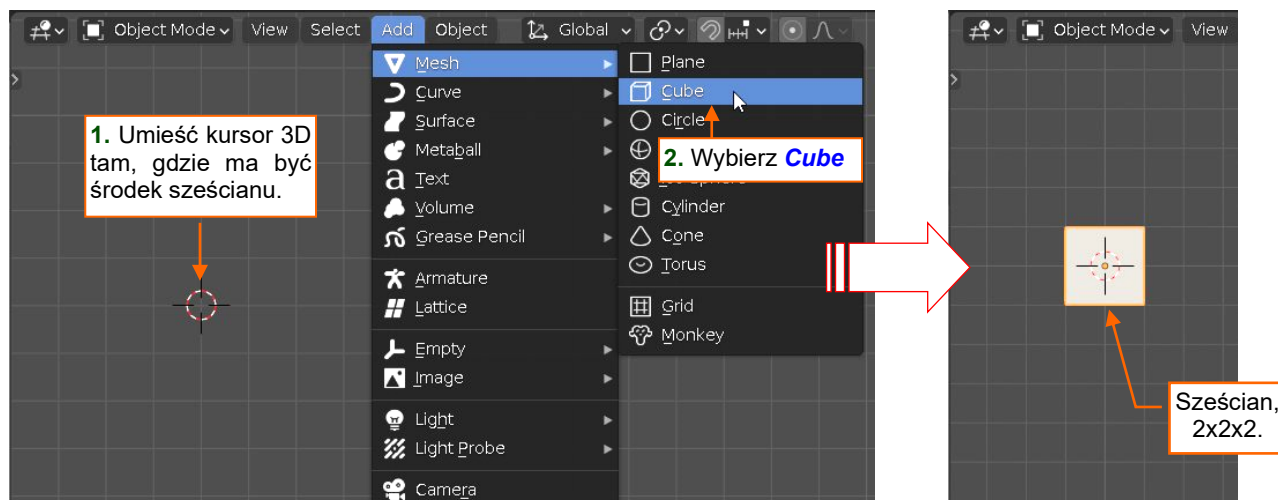
Rysunek 11.6.2 Parametry polecenia *Add Empty*



Następnym razem, gdy wywołasz polecenie *Add→Empty→Arrows*, Blender będzie „pamiętał” ostatnio użyty *Radius*. Zaproponuje go jako nową wartość domyślną.

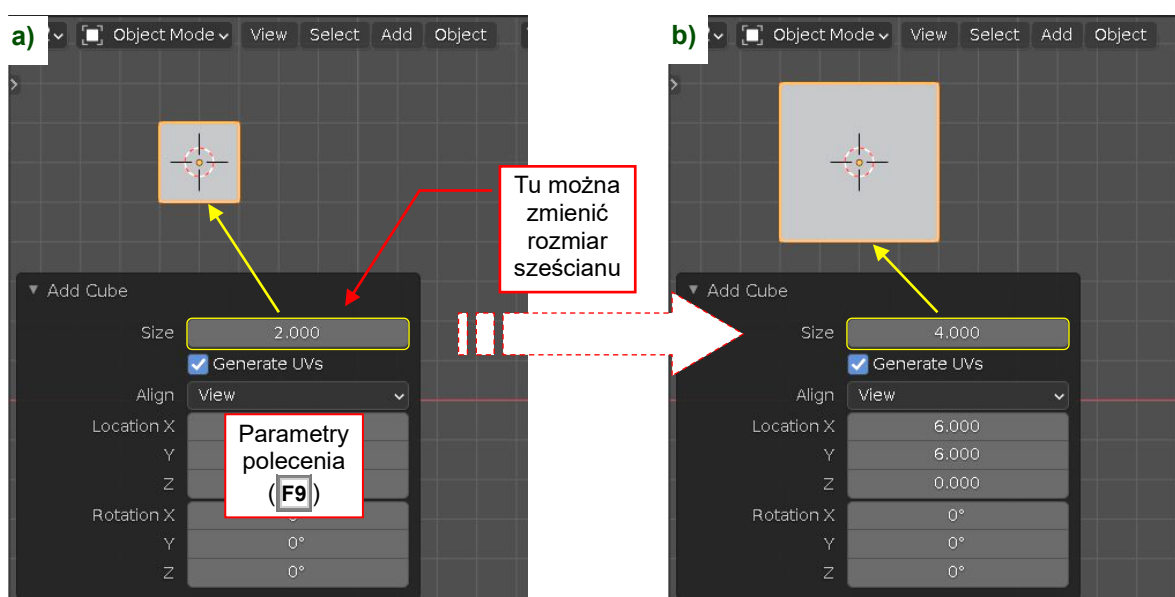
11.7 Tworzenie prostopadłościanu (*Cube*)

Umieść kursor 3D w miejscu, gdzie ma być środek sześcianu i wywołaj polecenie **Add→Mesh→Cube** (Rysunek 11.7.1):



Rysunek 11.7.1 Stworzenie sześcianu

W odpowiedzi Blender stworzy sześcian o boku = 2 jednostki (Rysunek 11.7.2a). Aby zmienić ten domyślny rozmiar, naciśnij **F9**. W oknie parametrów zmień wartość pole **Size** (Rysunek 11.7.2):



Rysunek 11.7.2 Rezultat i parametry polecenia *Cube*



Gdy następnym razem wywołasz polecenie **Add→Mesh→Cube**, Blender stworzy sześcian o takim rozmiarze jak stworzony ostatnio (program „pamięta” ostatnią wartość **Size** i stosuj ją jako domyślną).

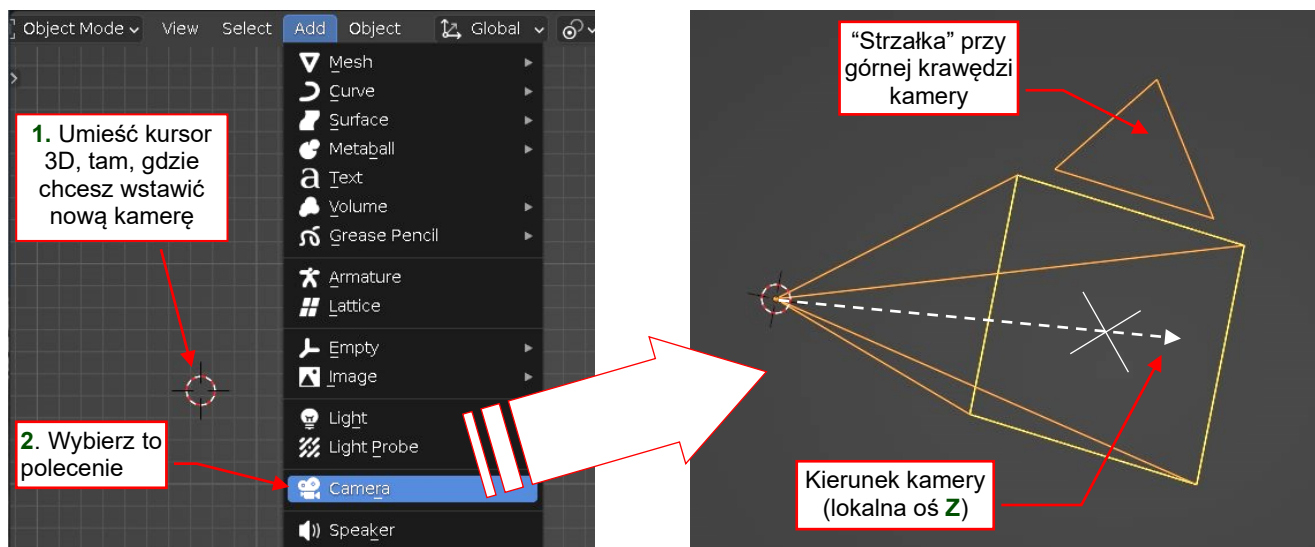
Rozmiar każdego obiektu można także zmieniać w inny sposób: zaraz po utworzeniu naciśnij **S** (*Scale*) i powiększ lub zmniejsz.



W pasku narzędzi także znajdziesz polecenie **Add Cube**. Jego obsługa jest zupełnie inna. Może „bardziej intuicyjna”, ale nie pozwala na precyzyjne ustalenie rozmiaru i położenia (nie używa kursora 3D).

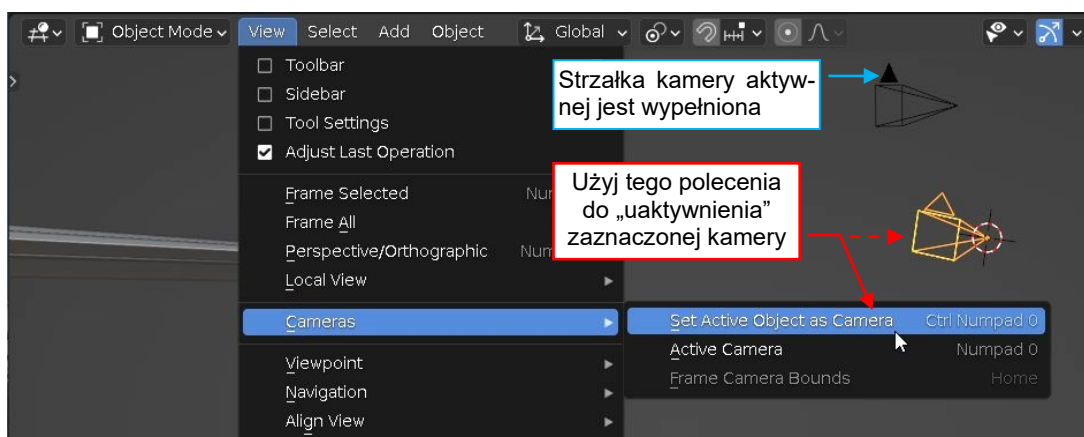
11.8 Tworzenie kamery (**Camera**)

Umieść kursor 3D w miejscu, gdzie ma być umieszczona nowa kamera. Następnie wywołaj polecenie **Add→Camera** (Rysunek 11.8.1):



Rysunek 11.8.1 Wstawienie nowej kamery

Jeżeli dodajesz do sceny drugą kamerę, tylko jedna z nich może być kamerą aktywną – czyli wykorzystaną przez silnik renderujący i przez skrót wyboru projekcji **0**. Aby uczynić zaznaczoną kamerę aktywną, użyj polecenia **View→Cameras→Set Active Object as Camera** (Rysunek 11.8.2):

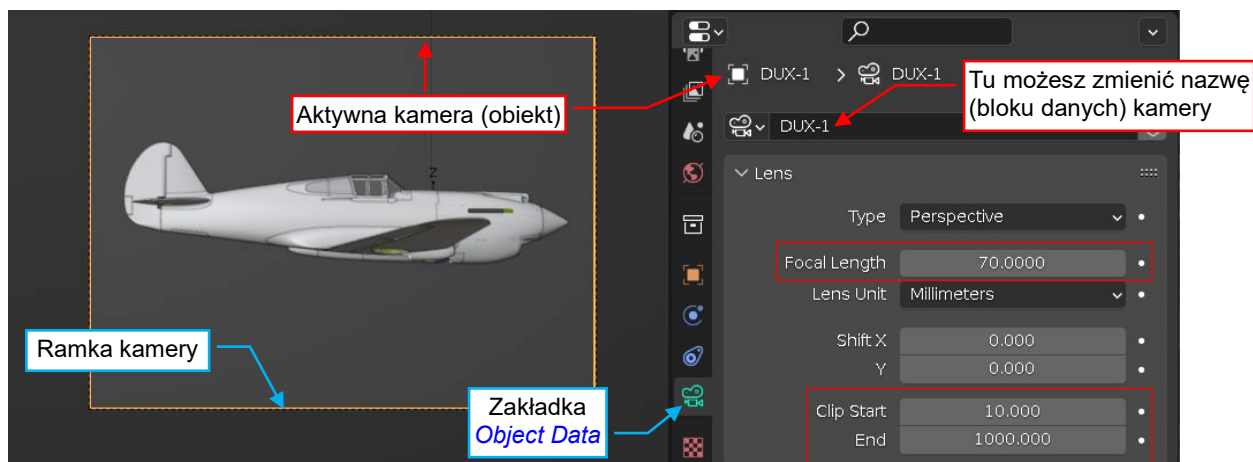


Rysunek 11.8.2 Przełączanie aktywnej kamery

Kamera aktywna jest oznaczana na rysunku wypełnioną „strzałką” (Rysunek 11.8.2) – we wszystkich innych kamerach sceny ten trójkąt jest przejrzysty.

11.9 Zmiana właściwości kamery (Camera)

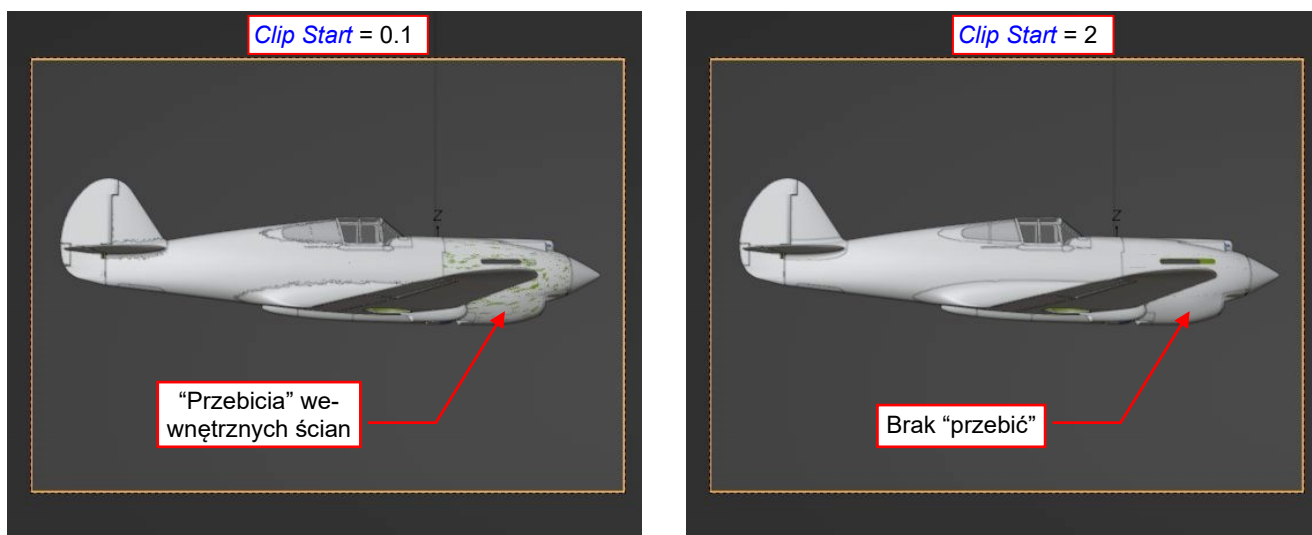
Widok z kamery ([0], albo **View→Cameras→Active Camera**) jest w oknie 3D pokazywany w następujący sposób (Rysunek 11.9.1):



Rysunek 11.9.1 Właściwości kamery (zakładka **Object Data** w oknie **Object Properties**)

Prostokątna ramka narysowana linią ciągłą, którą widzisz w oknie 3D, to obiekt kamery. Zaznacza w ten sposób obszar, który będzie renderowany. Możesz np. kliknąć w tę ramkę **LPM**, aby zaznaczyć tę kamerę (tak, jak w przypadku wszystkich innych obiektów sceny).

Aby dostać się do właściwości kamery, zaznacz ją i otwórz zakładkę **Object Data** w oknie **Properties**¹. Przyjrzyj się panelowi **Lens** (Rysunek 11.9.1). Najpierw warto wydłużyć wartość **Clip Start** z domyślnego **0.1** do **1.0** (lub więcej) jednostki, aby w oknie 3D blisko położone powłoki modelu nie generowały artefaktów "przebić" jednej powierzchni przez drugą (Rysunek 11.9.2):

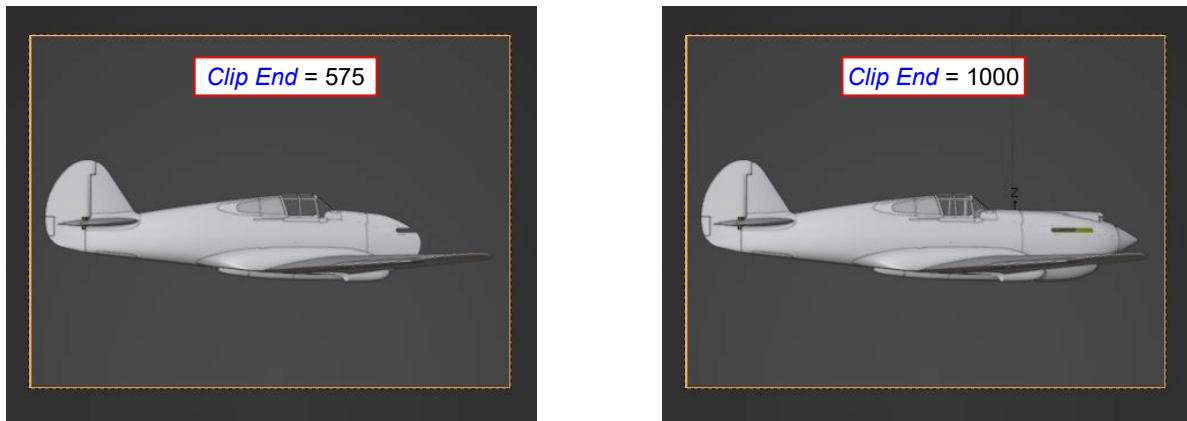


Rysunek 11.9.2 Artefakty na powierzchni modelu, powstałe przez zbyt małą wartość **Clip Start**

Co prawda, często "przebiecia" pokazywane przez Rysunek 11.9.2 nie pojawią się na ostatecznym renderze. Po co jednak mają nas drażnić podczas edycji obiektu!? Lepiej zmienić pole **Clip Start** i po kłopotcie!

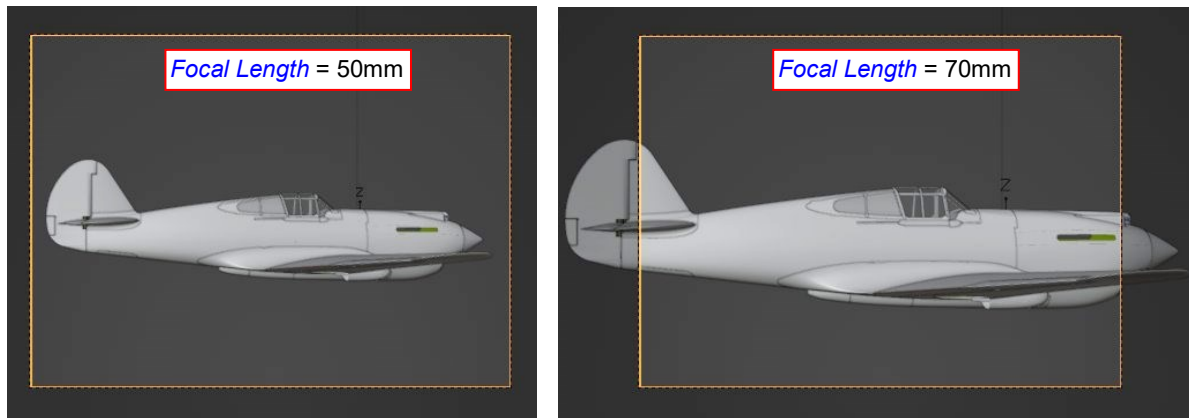
¹ Właściwości specyficzne dla kamery są umieszczone w tej samej zakładce – **Object Data** – co siatki w „zwykłym” („brylowym”) obiekcie. To ogólne miejsce do zmiany ustawień „zawartości” obiektu, niezależnie od jego typu. Na przykład, w zakładce **Object Data** obiektu **Light** znajdziesz parametry źródła światła (kolor, intensywność, itp.).

Czasami kamera potrafi "odciąć" zbyt odległe części modelu. Jej zasięgiem steruje parametr **Clip End**. W razie potrzeby zwiększ jego wartość (Rysunek 11.9.3):



Rysunek 11.9.3 "Obcięcie" modelu przez zbyt małą wartość **Clip End**

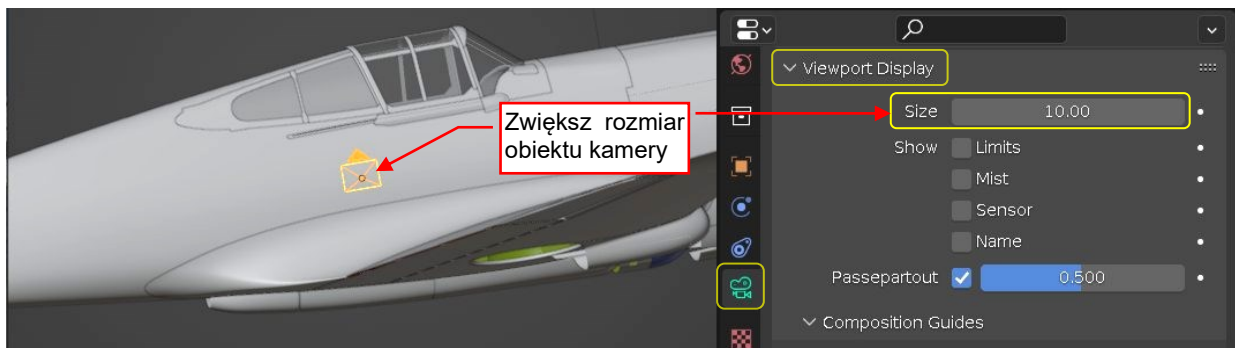
Innym parametrem kamery jest ogniskowa (**Focal Length**, por. Rysunek 11.9.1). Domyślna długość ogniskowej kamery w Blenderze to 35mm. Odpowiada to kątowi rozwarcia 50°. Gdy ją zwiększysz do 70mm, obiekt w kamerze stanie się „większy” (Rysunek 11.9.4):



Rysunek 11.9.4 Kamera – efekt zmiany ogniskowej z 35mm do 70mm

Możesz skompensować ten efekt odsuwając kamerę od modelu wzdłuż lokalnej osi **Z** jej obiektu.

Czasami w większej scenie trudno jest znaleźć kamerę, ze względu na relatywnie niewielki domyślny rozmiar tego obiektu. Można to łatwo skorygować, powiększając parametr **Viewport Display:Size** (Rysunek 11.9.5):



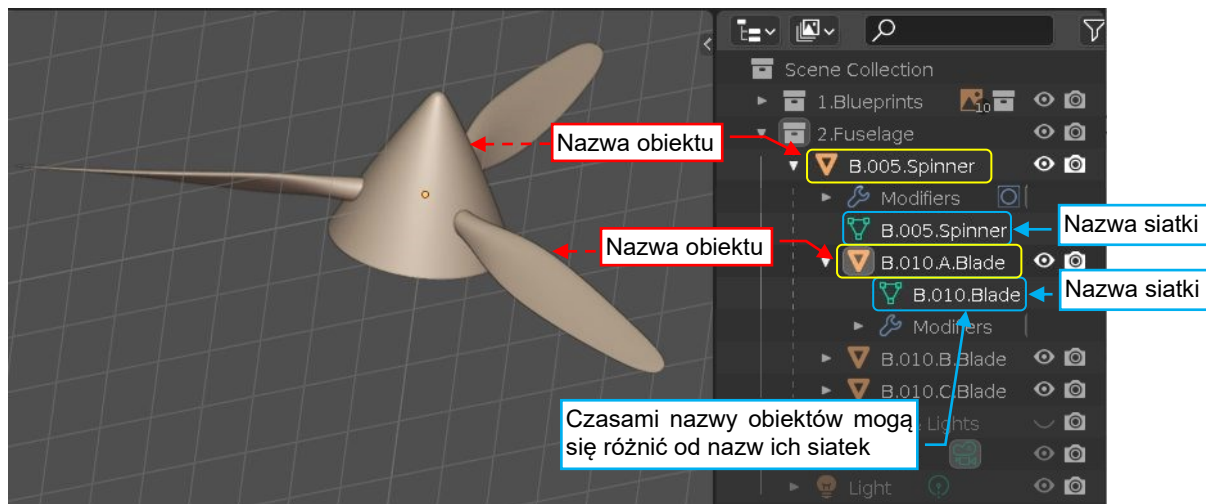
Rysunek 11.9.5 Zmiana rozmiaru (**Size**) kamery

Ten parametr nie ma wpływu na efektywne „pole widzenia” z kamery.

11.10 Nadanie obiektowi nazwy

Każdy element rysunku Blendera musi mieć unikalną nazwę. Blender nadaje pewne nazwy domyślne, ale w bardziej złożonym modelu konieczne jest wprowadzenie nazewnictwa w sposób bardziej kontrolowany. Stąd, po utworzeniu każdego nowego obiektu powinienś nazwać go na nowo.

Nazwy obiektów i ich siatek możesz zmieniać w oknie [Outliner](#) (Rysunek 11.10.1):



Rysunek 11.10.1 Przykłady nazw obiektów i siatki

Jaki system nazewnictwa przyjąć dla elementów naszego modelu? Nazwa nie powinna być długa (staraj się nie przekraczać 20 znaków). Proponuję stosować tekst składający się z dwóch segmentów:

1. Pierwszy segment: unikalny identyfikator, składający się z 2 lub 3 części, oddzielonych kropkami:
 - a. **1 znak**: wyróżnik wersji samolotu. Wszystkie jej części będą używać takiej samej litery. Na przykład w modelu P-40B będą zaczynać się od "B". Okaże się to przydatne później¹. Wyjątkiem są elementy pomocnicze: rysunki referencyjne, „narzędzia” Boole’a, uchwyty animacji itp. Te używają przedrostków **R**, **U**, **X**,...
 - b. **3 cyfry**: unikalny symbol części. Pierwsza cyfra jest związana z „podzespołem”. Pozostałe dwie to numer części w obrębie tego podzespołu. Staraj się, aby elementy podzespołów miały zbliżone numery. W takim przypadku radziłbym zwiększać numerację nie co 1, a co 5 (np. "P05", "P10", "P15", "P20",..., gdzie "P" oznacza cyfrę podzespołu). W ten sposób pozostawiamy sobie miejsce w numeracji na ewentualne dodatkowe elementy. (Podczas pracy często się okazuje, że trzeba przekonstruować gotowy zespół. Takie luki w numeracji są wtedy jak znalazł!);
 - c. **1 znak**: opcjonalny znacznik "powielenia". Może to być "L" lub "R" dla części lewej lub prawej, które są symetryczne. Może także być "nr kolejny", np. dla 3 łopat śmigła jest to "A", "B", "C";
2. segment z dodatkową, "ludzką" nazwą. To fragment jest pomocniczy – ma ułatwić identyfikację przez użytkownika. Pamiętaj, że nigdy nie wiesz, do kogo kiedyś trafi Twoja praca. Dlatego najlepiej jest stosować nazwy angielskie.

¹ Gdy będziesz tworzył, w innym pliku Blendera, model P-40D, nadasz jego elementom przedrostek "D". Podczas pracy nad wariantem "D" może okazać się przydatne np. dołączenie do rysunku kadłuba z P-40B. Dzięki temu przedrostkowi unikniesz konfliktu nazw tych części!

Zgodnie z regułami podanymi na poprzedniej stronie, siatka łopaty śmigła pokazana przez Rysunek 11.10.1 nosi nazwę **"B.010.Blade"**, gdzie:

- **B** – przedrostek, którego będę używał do wszystkich części P-40B;
- **010** – numer kolejny tej części: "0" zastosowałem dla podzespołu śmigła, a "10" – to numer kolejny tego obiektu. Inna część tego podzespołu – kołpak – nosi numer kolejny „05”, aby zachować w numeracji miejsce na ewentualne przyszłe dodatki;
- **Blade** – nazwa opisowa.

Zwróć uwagę, że obiekty poszczególnych łopat śmigła pokazywane przez Rysunek 11.10.1 różnią się znacznikiem „powielenia”. Dodatkowo, nazwa siatki (**B.010.Blade**) i nazwa obiektu (**B.010.B.Blade**) różnią się od siebie. Stało się tak dlatego, że wszystkie trzy łopaty śmigła (**B.010.A.Blade**, **B.010.B.Blade**, **B.010.C.Blade**) używają jednej i tej samej siatki, o nazwie **B.010.Blade**. Są one trzema klonami tej samej siatki. Obiekty - klony (*linked duplicates*) mają zawsze ten sam kształt. (Więcej szczegółów na temat klonów – str. 464).

Przedrostki obiektów pomocniczych to:

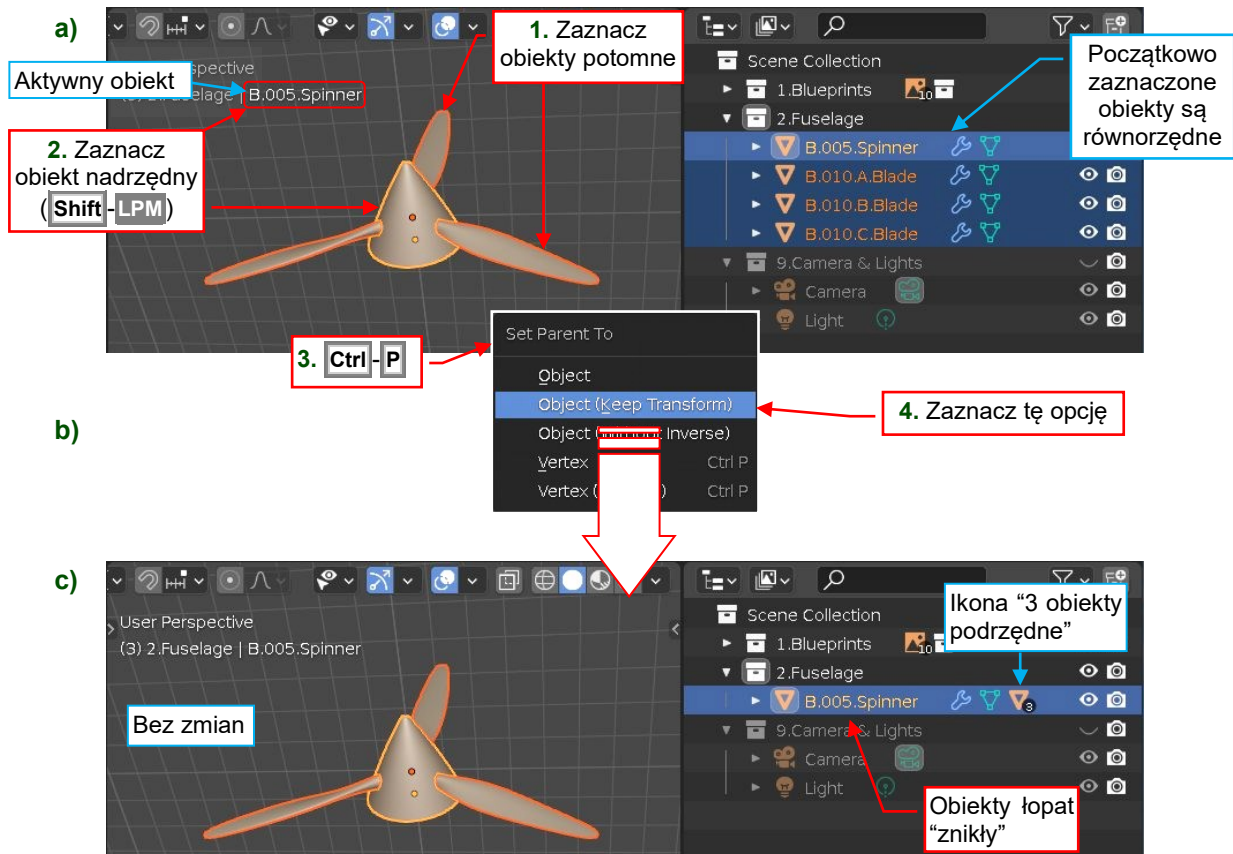
- **X**: uchwyt lub “baza” obiektu (np. **X.100.Wing.Base**, por. str. F9.4.11);
- **Y**: inne pomocnicze obiekty (np. **Y.300.Stabilizer@64**, por. str. F10.1.4);
- **U**: obiekt “tnący”, używany przez modyfikator *Boolean* (np. **U.100.L.Aileron**, por. str. F9.4.6);
- **Q**: krzywa NURBS (np. **Q.240.L.Tube**, por. str. F9.6.32);
- **R**: obiekt referencyjny (zazwyczaj – obraz, np. **R.Side.Left (compiled)**, por. str. 90).

Aby uczynić strukturę modelu bardziej “czytelną”, pierwsze cztery typy obiektów używają tego samego numeru kolejnego **NNN** jako powiązany “regularny” obiekt **B.NNN.***.

Dlaczego trzeba nadawać oddzielne nazwy obiektowi i siatce? Skąd w ogóle taki podział i czym w Blenderze jest w takim razie “obiekt”? Jeżeli nurtują Cię takie pytania, zajrzyj na str. 626, do sekcji “Struktura danych modelu i sceny w Blenderze”.

11.11 Przypisanie do hierarchii (*Parent*)

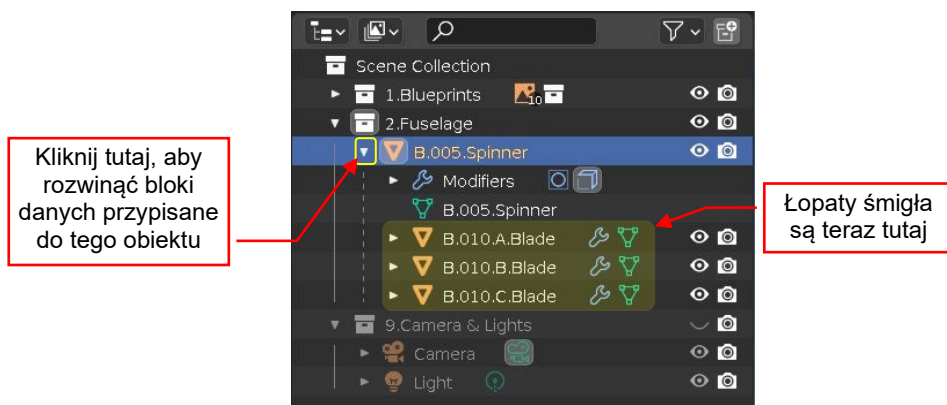
Aby stworzyć relację *parent/child*, zacznij od zaznaczenia obiektów podrzędnych („dzieci”). W przypadku poniżej to trzy łopaty śmigła (obiekty **B.010.*.Blade**). Gdy wszystkie już zaznaczysz, włącz do zbioru selekcji obiekt, który ma być ich obiektem nadrzędnym (kliknięciem **Shift-LPM**). W tym przypadku to kołpak (**B.005.Spinner**). Koniecznie upewnij się, że jego nazwa pojawiła się w lewym, dolnym narożniku ekranu, (tzn., że stał się obiektem aktywnym – Rysunek 11.11.1a). Następnie użyj skrótu **Ctrl-P** aby otworzyć menu *Set Parent To* (Rysunek 11.11.1b). Wybierz z tego menu opcję *Object (Keep Transform)* :



Rysunek 11.11.1 Tworzenie powiązań hierarchicznych

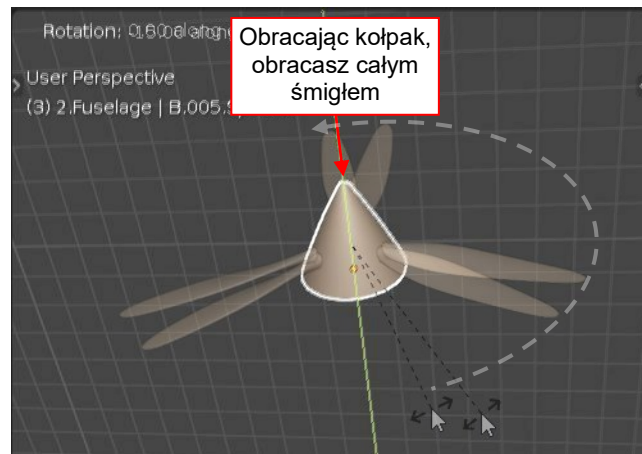
Rezultat pokazuje Rysunek 11.11.1c). W oknie 3D (po lewej) nic się nie zmieniło. W oknie *Outliner* (po prawej) znikły obiekty odpowiadające trzem łopatom śmigła. Za to po prawej stronie obiektu kołpaka pojawiła się ikona, która sygnalizuje, że teraz zawiera on 3 obiekty potomne.

Gdy rozwiniesz zawartość pozycji **B.005.Spinner**, zobaczysz wszystkie trzy łopaty (Rysunek 11.11.2):



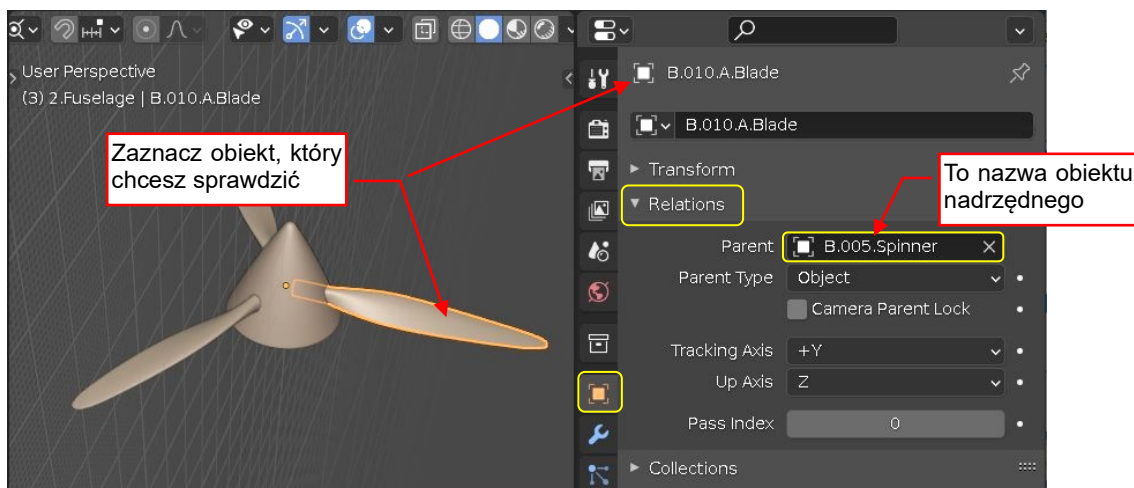
Rysunek 11.11.2 Utworzone powiązanie hierarchiczne

Przedstawione powiązanie tworzy w Twojej scenie struktury hierarchiczne. Przypisując w ten sposób łopaty do kołpaka, "skleić" je ze sobą. Od tej chwili, gdy tylko obrócisz lub przesuńiesz kołpak, łopaty będą także się obracać i przesuwać – jak w prawdziwym śmigle (Rysunek 11.11.3).



Rysunek 11.11.3 Obracanie obiektem nadrzędnym

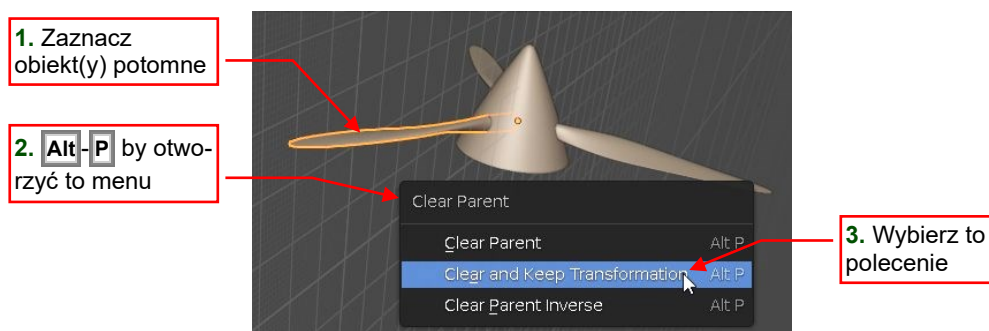
Czasami będziesz chciał zidentyfikować „rodzica” konkretnego obiektu. Znajdziesz tę informację w oknie [Properties](#), zakładce [Object](#), polu [Relations:Parent](#) (Rysunek 11.11.4):



Rysunek 11.11.4 identyfikacja obiektu nadrzędnego

Nazwy obiektów są unikalne, więc jeżeli chcesz znaleźć teraz ten obiekt w scenie, skopiuj jego nazwę do pola filtru okna [Outliner](#).

Nie zalecam używania ikony „X” z lewej strony pola [Parent](#) (Rysunek 11.11.4) do zerwania relacji hierarchicznej. To ekwiwalent polecenia [Object→Parent→Clear Parent](#), które może nagle przenieść „osierocony” obiekt w zupełnie inne miejsce sceny. Zamiast tego, użyj polecenia [Clear and Keep Transformation](#) z tego samego menu (Rysunek 11.11.5):



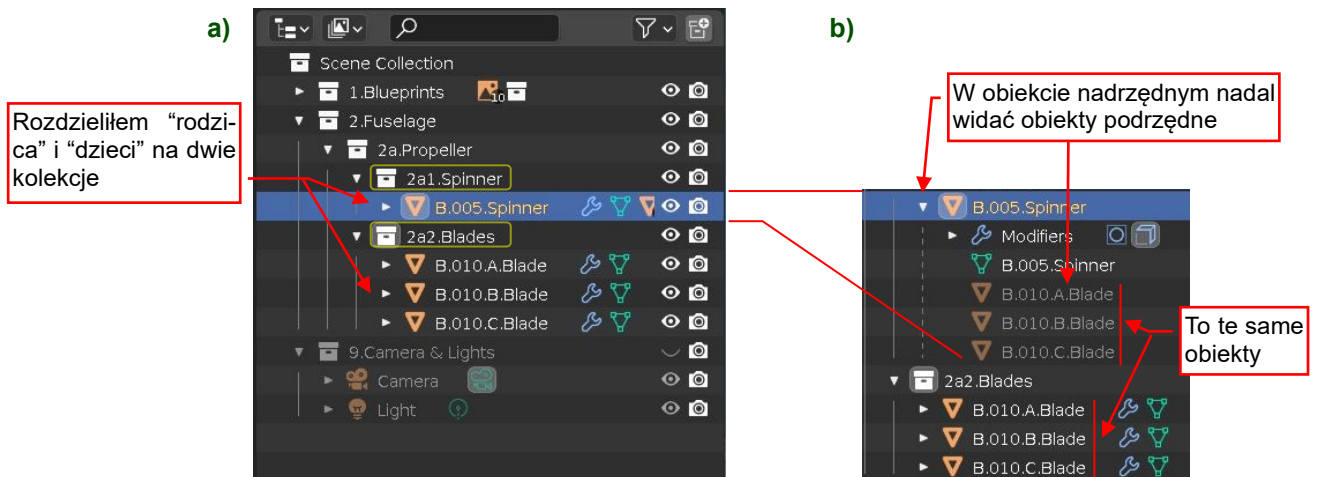
Rysunek 11.11.5 Usunięcie relacji [parent/child](#)



Aby ułatwić ewentualną animację modelu oraz ogólną „obsługę”, zorganizuj wszystkie jego obiekty w podzespoły („kadłub”, „skrzydło”, itd.). Następnie przypisz obiekty nadrzędne tych podzespołów do pojedynczego „rodzica” (może to być obiekt *Empty*). Przesunięcie lub obrót tego jednego obiektu spowoduje przesunięcie lub obrót całego modelu.

Hierarchie relacji *parent/child* i kolekcji są niezależne. Jednak sugeruję używać kolekcji jako metody do „eksponowania” w oknie *Outliner* tych obiektów potomnych, do których często zaglądasz (na przykład: aby przełączyć widoczność, lub zaznaczyć).

Rysunek 11.11.6 pokazuje śmigło podzielone na dwie kolekcje, o nazwach **2a1.Spinner** i **2a2.Blades**:



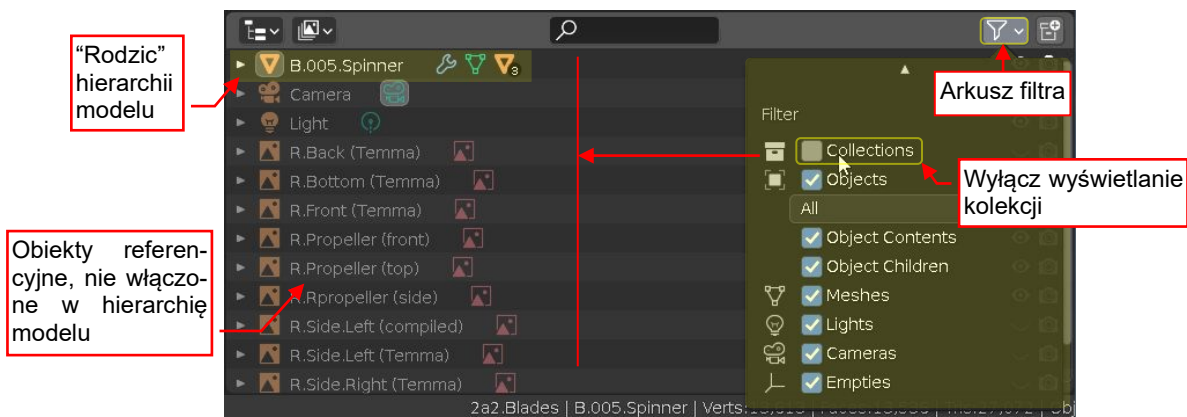
Rysunek 11.11.6 Używanie kolekcji do eksponowania obiektów podrzędnych

Łopaty i kołpak są nadal powiązane relacją *parent/child*, lecz teraz łopaty śmigła są łatwo dostępne do „klikania” (Rysunek 11.11.6a). Gdy rozwiniesz obiekt B.005.Spinner, nadal tam zobaczysz je jako jego „dzieci” (Rysunek 11.11.6b). Jednak ich nazwy są tu wyszarzone, ponieważ należą do innej kolekcji.



Gdy w oknie *Outliner* przenosisz obiekt nadrzędny pomiędzy kolekcjami, jego „dzieci” pozostają w oryginalnych miejscach. Aby przenieść je razem z „rodzicem”, wybierz najpierw polecenie **Select Hierarchy** z menu kontekstowego obiektu nadrzędnego.

Gdybyś chciał zobaczyć w oknie *Outliner* wyłącznie hierarchię sceny, w filtrze tego okna wyłącz wyświetlanie kolekcji (Rysunek 11.11.7):



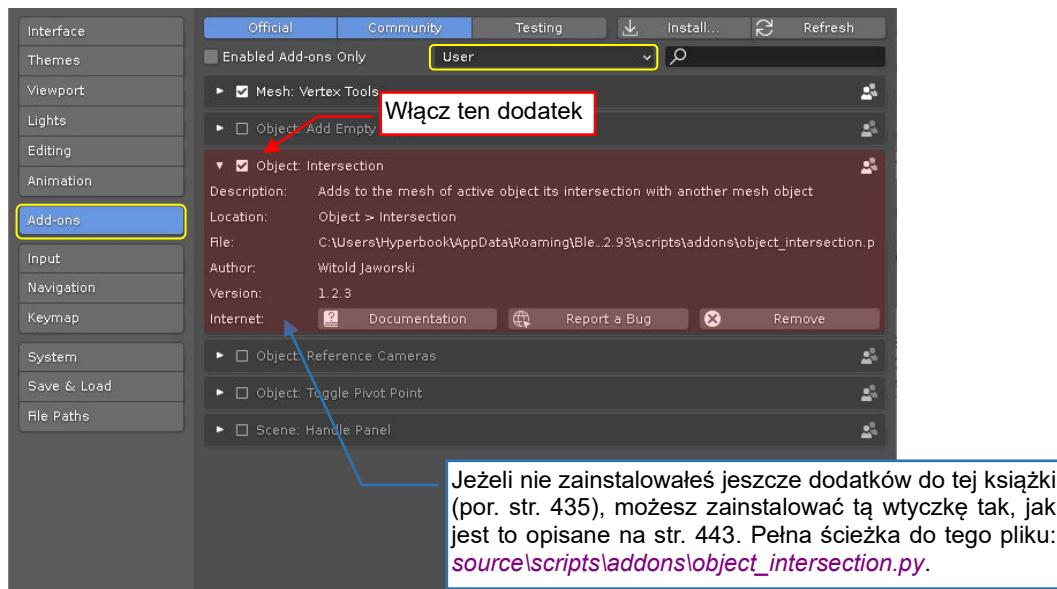
Rysunek 11.11.7 Wyświetlanie hierarchii sceny

Wykonuj taki przegląd od czasu do czasu, aby znaleźć wszystkie „zagubione” obiekty, których zapomniałeś przypisać do jakiegoś „rodzica” w hierarchii modelu.

11.12 Wyznaczenie krawędzi przecięcia dwóch powłok

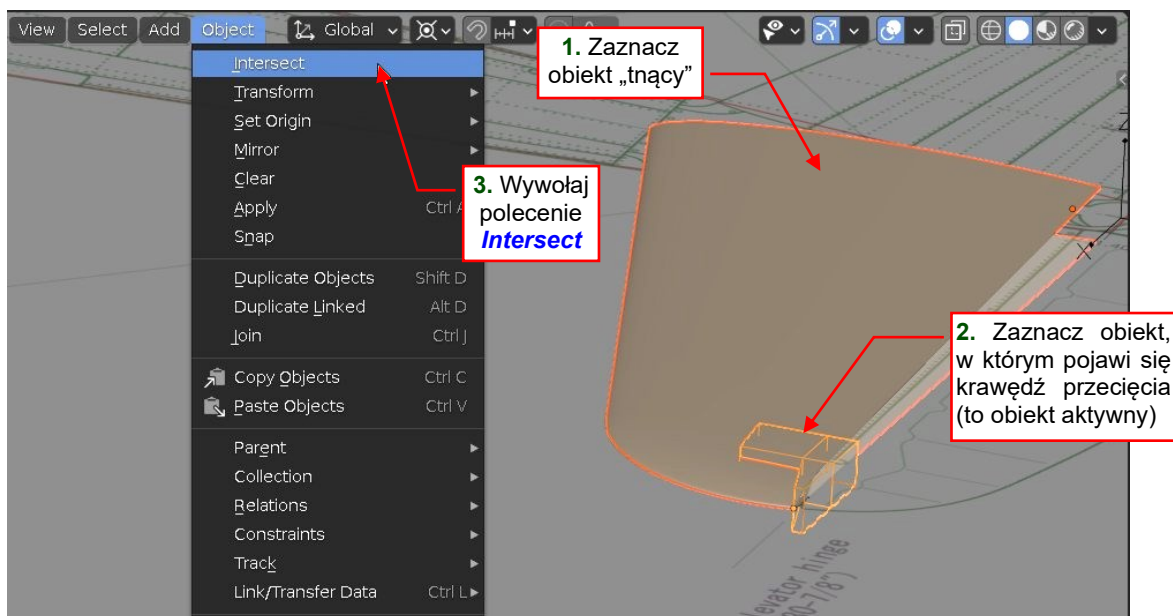
Czasami potrzeba znaleźć krawędź przecięcia dwóch obiektów, np. jako bazę do nowej siatki.

W Blenderze takie polecenie nie istnieje, więc przygotowałem do tego celu specjalną wtyczkę. Nazwałem ją **Object Intersection**¹. Jeżeli zainstalowałeś już towarzyszące tej książce skrypty (por. str. 435), powinieneś ją znaleźć w oknie **Preferences**, sekcji **Add-ons**, kategorii **User** (Rysunek 11.12.1):



Rysunek 11.12.1 Aktywacja dodatku do wyznaczenia krawędzi przecięcia siatek dwóch obiektów

Włączenie tej wtyczki dodaje do menu **Object** polecenie **Intersect** (Rysunek 11.12.2). Zaznacz najpierw dwa obiekty, dla których chcesz znaleźć krawędź przecięcia:

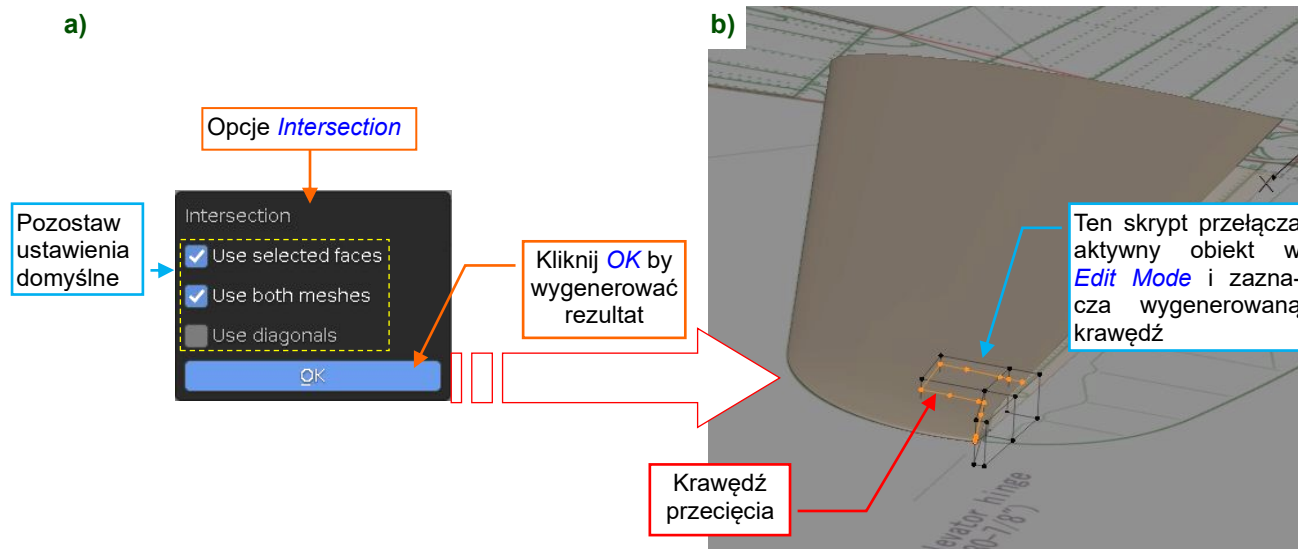


Rysunek 11.12.2 Zaznaczenie obiektów i wywołanie polecenia

Kolejność zaznaczania jest ważna: najpierw wskaż obiekt który pełni rolę „narzędzia tnącego”, a potem obiekt, do którego siatki wtyczka doda rezultat tej operacji – krawędź przecięcia. Następnie wywołaj polecenie **Object → Intersect** (Rysunek 11.12.2).

¹, lecz ich zakres jest ograniczony do pojedynczej siatki.

Po uruchomieniu na ekranie pojawi się okno dialogowe z opcjami polecenia (Rysunek 11.12.3a):

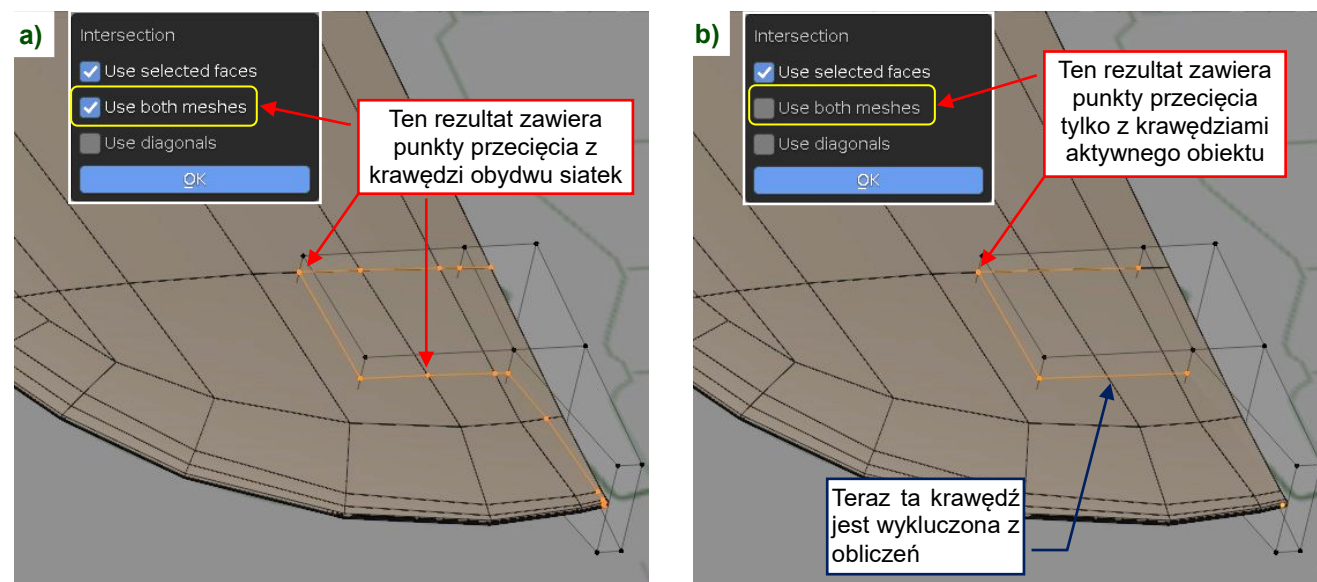


Rysunek 11.12.3 Wyznaczenie krawędzi przecięcia

Na razie niczego w nim nie zmieniasz, tylko naciśnij przycisk **OK**. W zależności od liczby ścian przecinanych siatek operacja może potrwać sekundę lub dwie. **Intersection** dodaje wyznaczoną krawędź przecięcia do siatki aktywnego obiektu, zaznacza jej wierzchołki i przełącza Blender w tryb **Edit Mode**, abyś mógł je od razu zobaczyć (Rysunek 11.12.3b). Jeżeli nie jesteś zadowolony z rezultatów – wystarczy nacisnąć **X**, aby je usunąć. Potem można powrócić (**Tab**) do **Object Mode** i wywołać polecenie jeszcze raz, z innymi ustawieniami.

Pierwsza z opcji operacji – **Use selected faces** – ma znaczenie tylko wtedy, gdy wcześniej w **Edit Mode** zaznaczyłeś jakieś ściany przecinanych siatek. Dodatek **Intersection** ograniczy wówczas zakres operacji tylko do tego zaznaczonego obszaru. Jeżeli nic nie jest na siatkach zaznaczone – sprawdzane są ich wszystkie ściany.

Gdy druga opcja – **Use both meshes** – jest włączona, skrypt buduje rezultat z punktów przecięcia krawędzi obydwu siatek (Rysunek 11.12.4a):

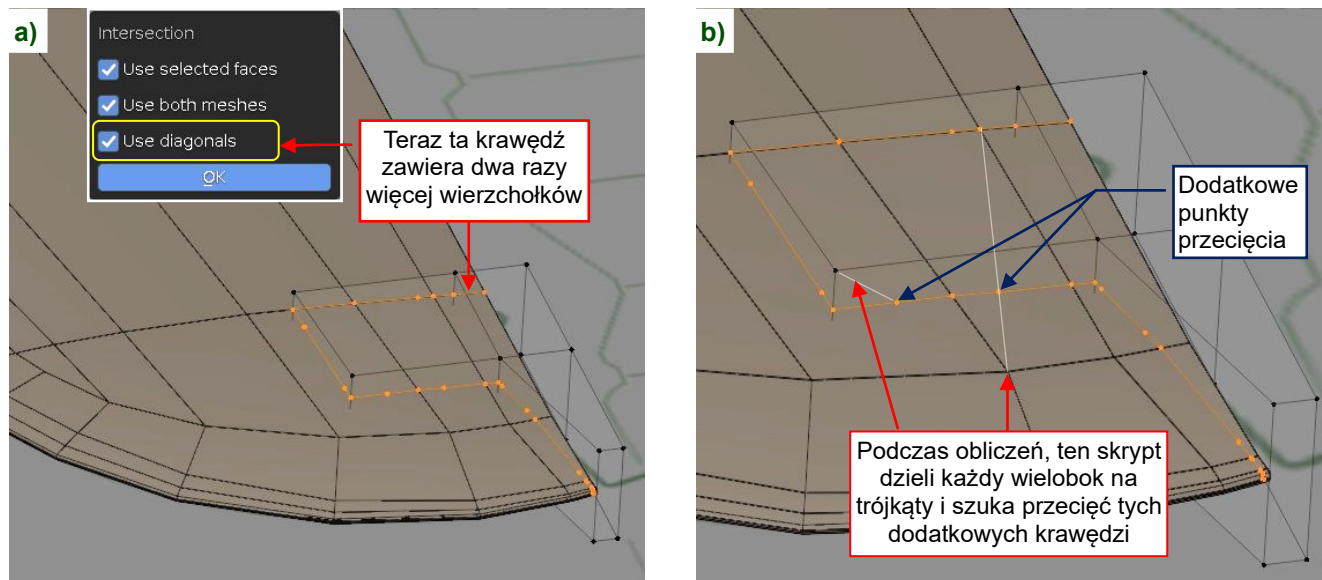


Rysunek 11.12.4 Wpływ opcji **Use both meshes** na krawędź przecięcia

Gdy ją wyłączysz, rezultat będzie zawierać wyłącznie punkty przecięcia krawędzi aktywnego obiektu ze ścianami obiektu „tnącego” (Rysunek 11.12.4b). Taki efekt może być przydatny przy odpowiednio gęstych siatkach.

Ta wtyczka wyszukuje punkty przecięcia krawędzi jednej z siatek ze ścianami drugiej i łączy je krawędziami w jedną wspólną linię. Podczas obliczeń każda czworokątna ściana jest dzielona przekątną (*diagonal*), aby zamienić ją na dwie ściany trójkątne. *Intersect* wykorzystuje punkty znalezione na tych przekątnych do określenia kolejności łączenia w jedną linię poszczególnych wierzchołków. Domyślnie, punkty z tymczasowych przekątnych są pomijane w krawędzi wynikowej.

Jeżeli jednak włączysz opcję *Use diagonals*, zobaczysz je wszystkie (Rysunek 11.12.5a):



Rysunek 11.12.5 Wpływ opcji *Use diagonals* na krawędź przecięcia

Rysunek 11.12.5b) przedstawia przekątną wybranej ściany i jej punkty przecięcia ze ścianami drugiej siatki. Opcję *Use diagonals* pozostawiłem tylko na wszelki wypadek – zazwyczaj jej nie używam.

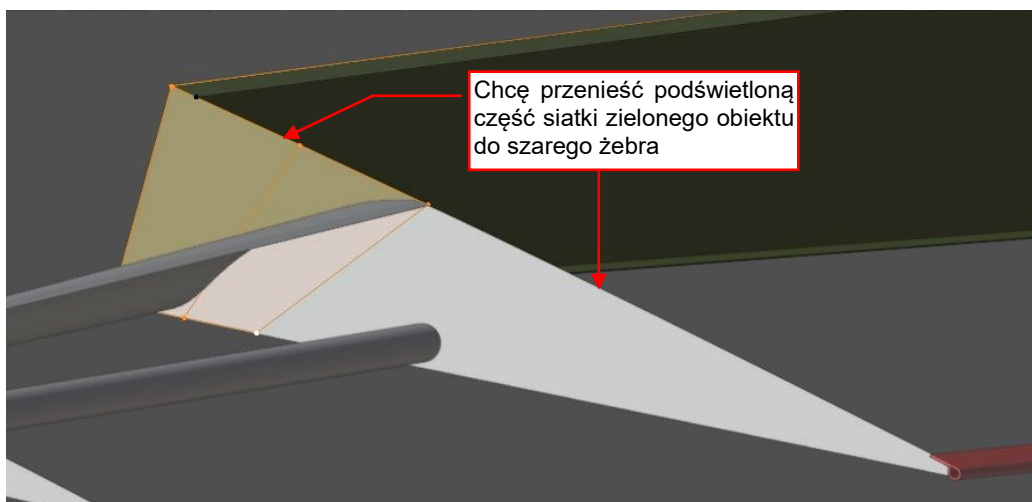
Te same operacje są dostępne także w *Edit Mode* jako *Edge → Intersect Faces* (por. str. 531).

Dodatek *Intersection* jest od 2009 r. udostępniany na zasadach Open Source (jak wszystkie dodatki do Blendera, które napisałem). Sądząc z liczby pobrań, wielu użytkowników uznało go za przydatny. Przypuszczam, że jest „przodkiem” polecenia *Intersect (Knife)*, dodanego do Blendera w 2014 r. przez jednego z jego głównych programistów (Campbella Bartona). W odróżnieniu od mojego *Intersection*, który tworzy pojedynczą krawędź niepowiązaną z resztą siatki, *Intersect (Knife)* dzieli jej ściany.

11.13 Scalanie obiektów (*Join*)

Scalenie dwóch obiektów oznacza scalenie ich siatek. Jednocześnie wszystkie wskazane obiekty, poza obiektem aktywnym, przestają istnieć.

Operację tę wykonuję często by przenieść fragment siatki z jednego do drugiego obiektu. Rysunek 11.13.1 przedstawia jedną z takich sytuacji. Są tu dwa obiekty: zielony i szary. Chcę przenieść podświetlone ściany siatki obiektu zielonego do siatki obiektu szarego:

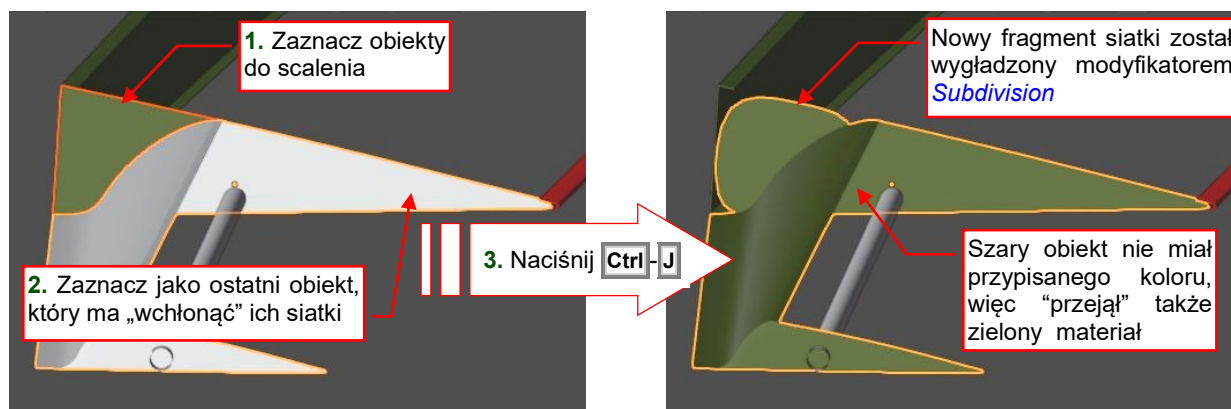


Rysunek 11.13.1 Typowe zagadnienie: przeniesienie fragmentu siatki pomiędzy obiektami

Najpierw, w *Edit Mode*, wydziel zaznaczoną część zielonej siatki w tymczasowy obiekt (poleceniem *Separate* – por. str. 547). Następnie przełącz się na *Object Mode*.

Następnie:

1. Zaznacz nowo utworzony obiekt („źródło”).
2. Zaznacz obiekt docelowy (stanie się obiektem aktywnym).
3. Wywołaj *Object → Join* (**Ctrl-J** – Rysunek 11.13.2):



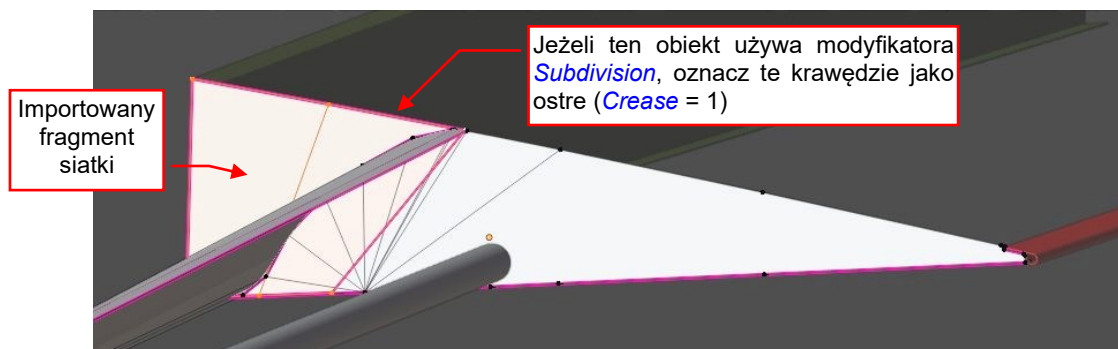
Rysunek 11.13.2 Połączenie siatek dwóch obiektów

Tymczasowy obiekt, zaznaczony jako pierwszy (Rysunek 11.13.2) został usunięty. Jego siatka jest włączona do siatki docelowego obiektu.

Polecenie *Join* zachowuje materiały przypisane do ścian siatki. Jednak w przypadku z ilustracji powyżej, docelowy obiekt był szary, gdyż nie miał przypisanego żadnego materiału. Importowany wraz z siatką zielony materiał stał się pierwszym (domyślnym) materiałem, i cały obiekt zrobił się zielony.

Z drugiej strony – obiekt docelowy używał do wygładzenia powierzchni modyfikatora *Subdivision Surface*. Jak widać powyżej, został on automatycznie zastosowany do nowego fragmentu siatki.

Aby powrócić obiekt docelowy do „szarego” stanu, możesz usunąć slot materiału z jego właściwości ([Properties](#), zakładka [Material](#) – por. str. 575). Następnie, w [Edit Mode](#), ustaw współczynnik [Crease](#) nowo zaimportowanych krawędzi na **1** (Rysunek 11.13.3):



Rysunek 11.13.3 Rezultat – połączone siatki



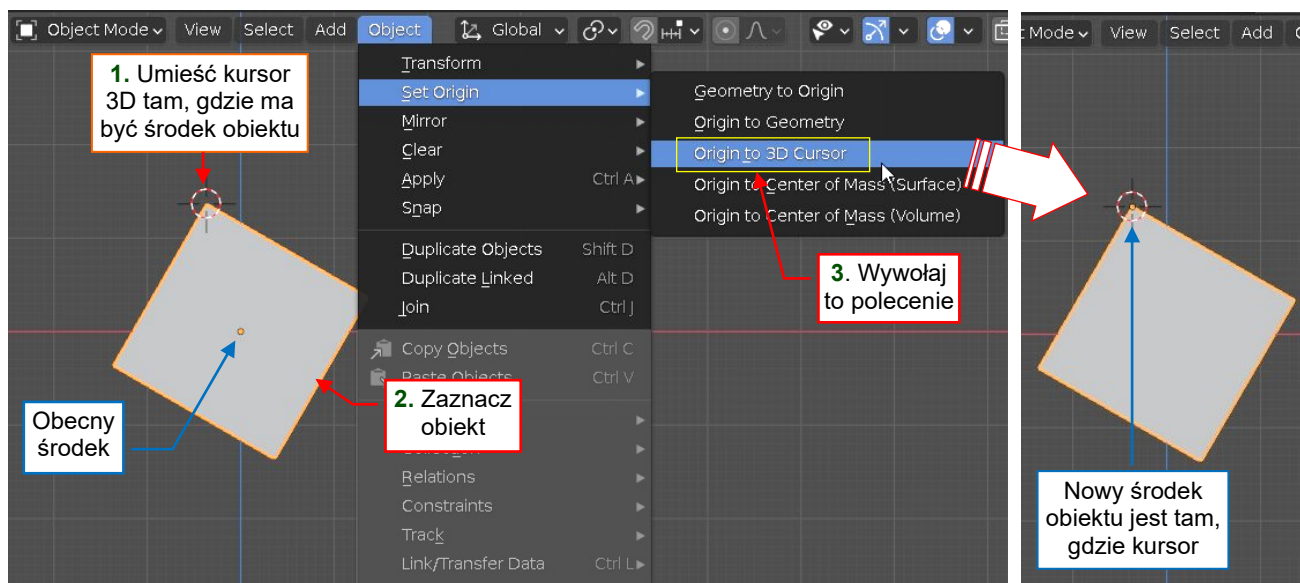
Operacją odwrotną do scalenia siatek obiektów jest wydzielenia siatki (polecenie [Separate](#), które wyko-
rzystaliśmy w pierwszym kroku tej sekcji).

11.14 Zmiana położenia środka obiektu (*Set Origin*)

Punkt odniesienia obiektu, używany dla określenia położenia, obrotu, i skali, nazywany jest w Blenderze **środkiem** obiektu. To polskie tłumaczenie angielskiego terminu *origin* wywołuje czasem niewłaściwe skojarzenia, bo taki „środek” obiektu często wcale nie leży w jego środku geometrycznym. Środek jest oznaczany przez pomarańczowy punkt.

Aby zmienić położenie środka obiektu (Rysunek 11.14.1):

1. Umieść kursor 3D w miejscu, w którym chcesz umieścić nowy środek obiektu.
2. Zaznacz obiekt.
3. Wywołaj polecenie *Object* → *Set Origin* → *Origin to 3D Cursor*:



Rysunek 11.14.1 Zmiana położenia środka obiektu

W efekcie środek obiektu znajdzie się w miejscu wskazanym przez kursor 3D. Zmiana położenia środka obiektu jest "jego wewnętrzną sprawą". Nie ma wpływu na jego rozmiar ani położenie w przestrzeni.

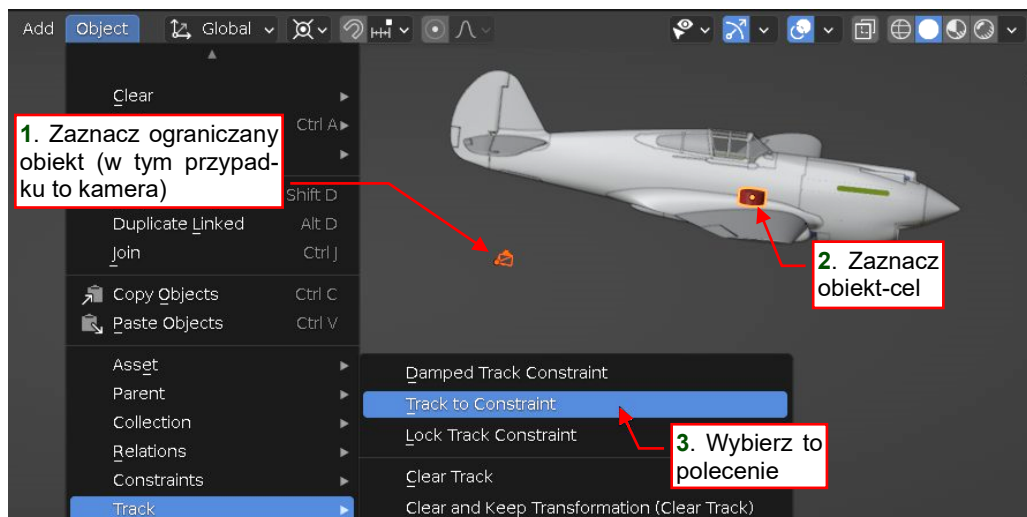
11.15 Przypisanie ograniczenia **Track To**

Obiekt z ograniczeniem **Track To** jest zawsze zorientowany w przestrzeni tak, by jego oś była skierowana na środek wskazanego celu (innego obiektu). Domyślnie jest to lokalna oś **-Z**, ale można wskazać inną (**X** lub **Y**).

Najszybszy sposób utworzenia ograniczenia **Track To** to:

1. zaznaczenie obiektu/obiektów podlegających ograniczeniu;
2. zaznaczenie obiektu - celu (to musi być ostatni zaznaczony – tzn. to musi być obiekt aktywny!);
3. wybranie z submenu **Object→Track** polecenia **Track To Constraint**.

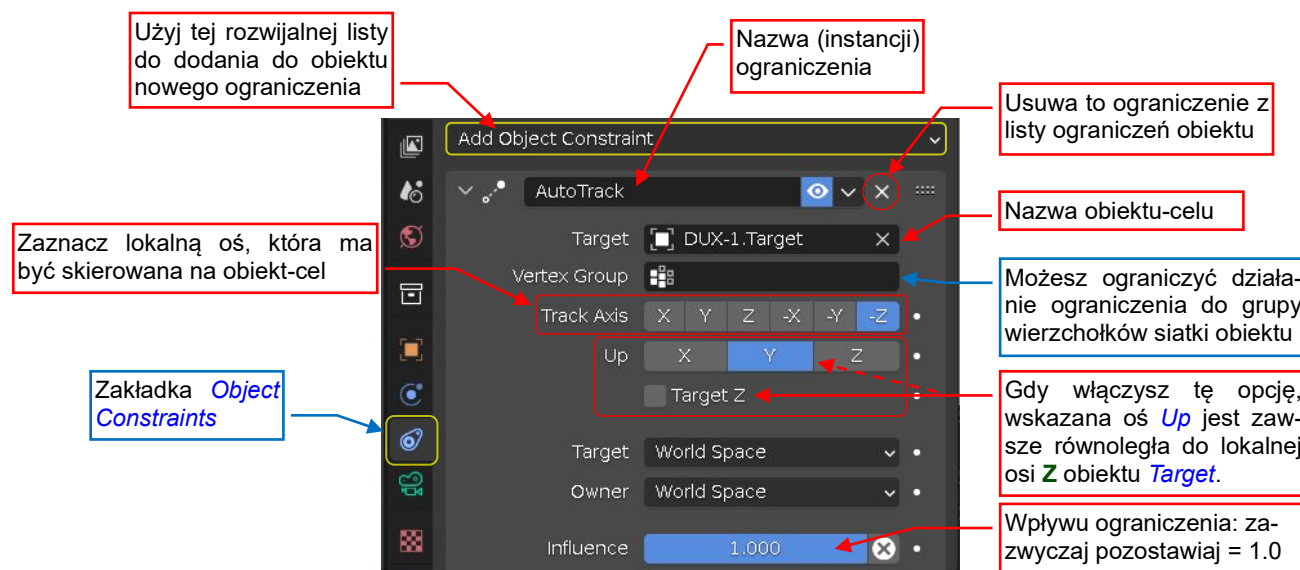
Rysunek 11.15.1 pokazuje, jak to zazwyczaj wygląda:



Rysunek 11.15.1 Dodanie ograniczenia **Track To** do obiektu

Istnieje także bardziej ogólna metoda, pozwalająca dodać każde ograniczenie. Polega na zaznaczeniu najpierw „celu” a potem obiektu „ograniczanego” (tutaj: kamery), i wywołaniu polecenia **Object→Constraints→Add Constraint (with Targets)**. W odpowiedzi Blender wyświetla listę rozwijalną, z której możesz wybrać każdy rodzaj ograniczeń. W tym przypadku, wybierz z niej ograniczenie **Track To** (znajdziesz je w kolumnie **Tracking**).

Właściwości ograniczenia **Track To**, a także wszystkich innych przypisanych do tego obiektu, znajdziesz zakładce **Object Constraints** (Rysunek 11.15.2). To lista ograniczeń (podobna do listy modyfikatorów):



Rysunek 11.15.2 Właściwości ograniczenia **Track To**

W przypadku tworzenia powiązania kamery z celem, nie zapomnij włączyć przełącznika **Target Z**.



Aby usunąć ograniczenie **Track To**, użyj polecenia **Object → Track → Clear Track** lub polecenia **Clear Track and Keep Transform**. W tym drugim przypadku, Blender przed usunięciem na stałe przypisuje aktualną transformację spowodowaną ograniczeniem do obiektu. W ten sposób jego aktualne położenie i orientacja w przestrzeni sceny pozostają niezmienione.

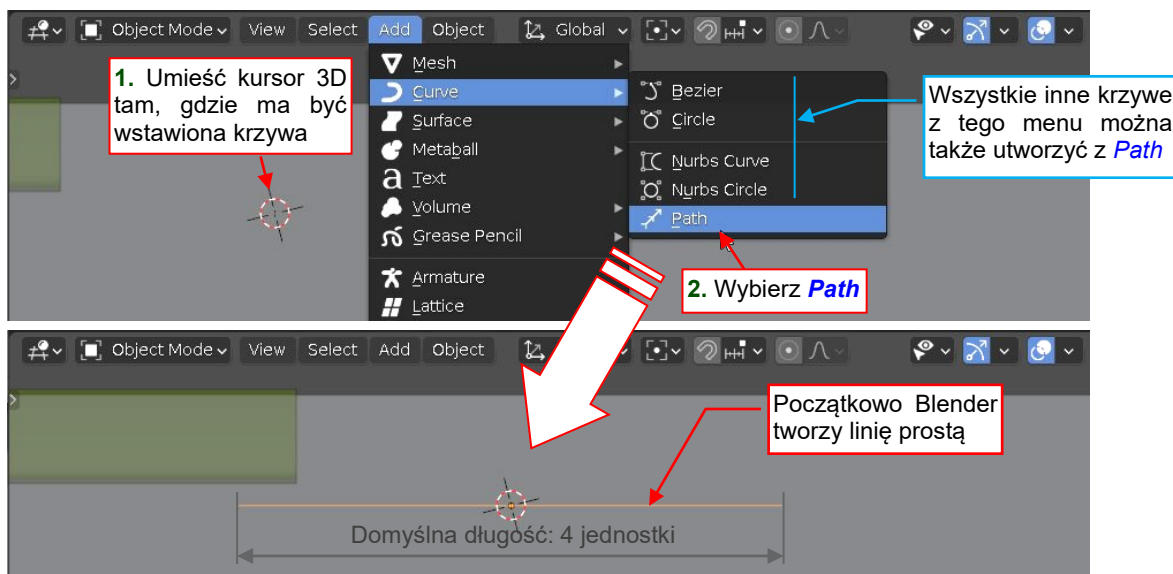
Innymi drogami do usunięcia ograniczenia są:

- polecenie **Object → Constraints → Clear Object Constraints**;
- usunięcie pojedynczego ograniczenia ze stosu ograniczeń aktualnego obiektu (Rysunek 11.15.2).

Jednak te metody nie gwarantują jednak zachowania aktualnej transformacji obiektu, jak to ma miejsce przy użyciu polecenia **Clear Track and Keep Transform**.

11.16 Wstawienie krzywej (Curve)

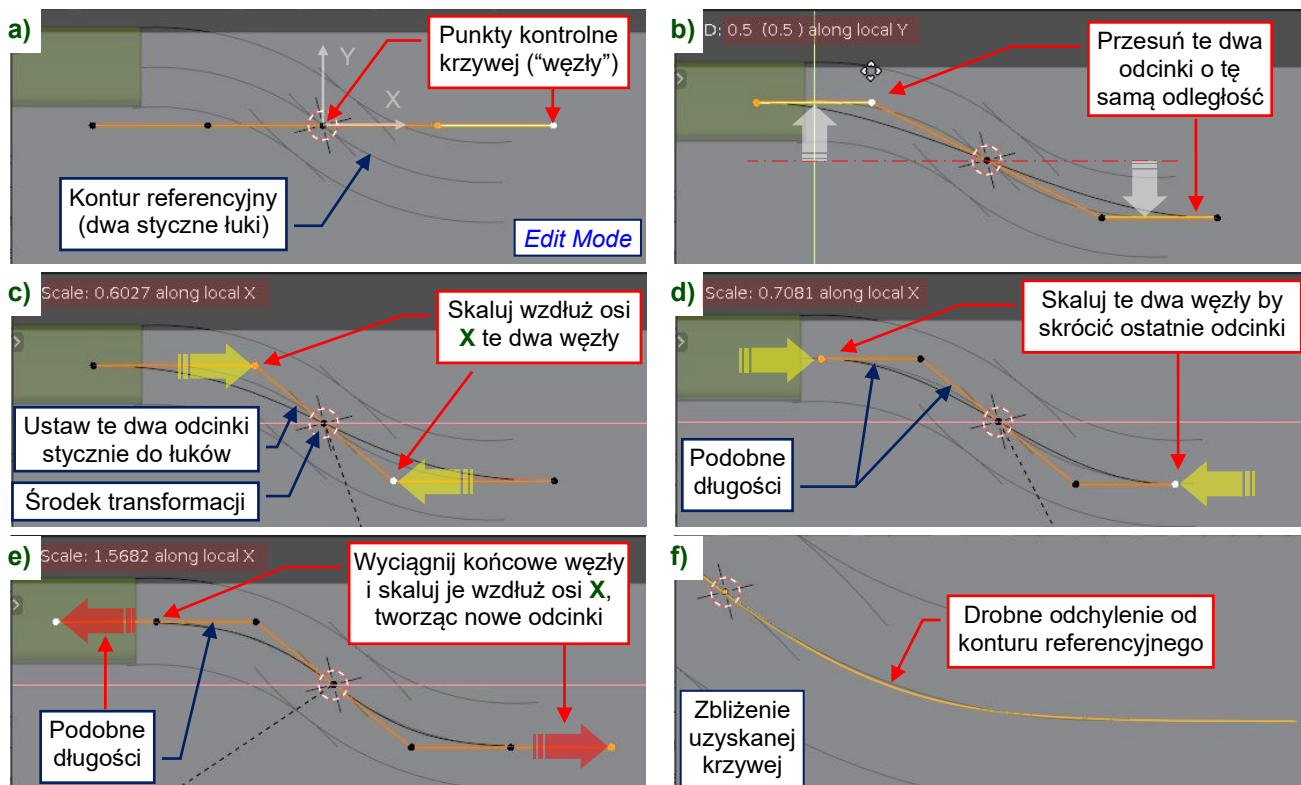
Umieść kursor 3D tam, gdzie zamierzasz wstawić krzywą i wywołaj polecenie **Add → Curve → Path** (Rysunek 11.16.1). Spośród innych poleceń z menu **Curve**, to tworzy najbardziej ogólną, przestrzenną krzywą NURBS.



Rysunek 11.16.1 Tworzenie krzywej (**Path**)

Początkowo, **Path** jest linią prostą o długości 4 jednostek. Możesz zmienić tę długość w parametrach ostatniego polecenia (**F9**, pole **Radius**). Oczywiście, możesz także skalować ten obiekt do dowolnego rozmiaru.

Zazwyczaj będziesz tworzyć krzywą, która odtwarza jakiś kontur. Jako przykład takiej sytuacji, przygotowałem 3 pary styknych łuków. Dopasujmy krzywą do pary środkowej. Zaczniemy od przejścia w **Edit Mode** (**Tab**) i przesunięcia (**G**), obrotu (**R**), skalowania (**S**) i wyciągnięcia (**E**) węzłów krzywej (Rysunek 11.16.2):



Rysunek 11.16.2 Dopasowywanie krzywej do konturu na rysunku

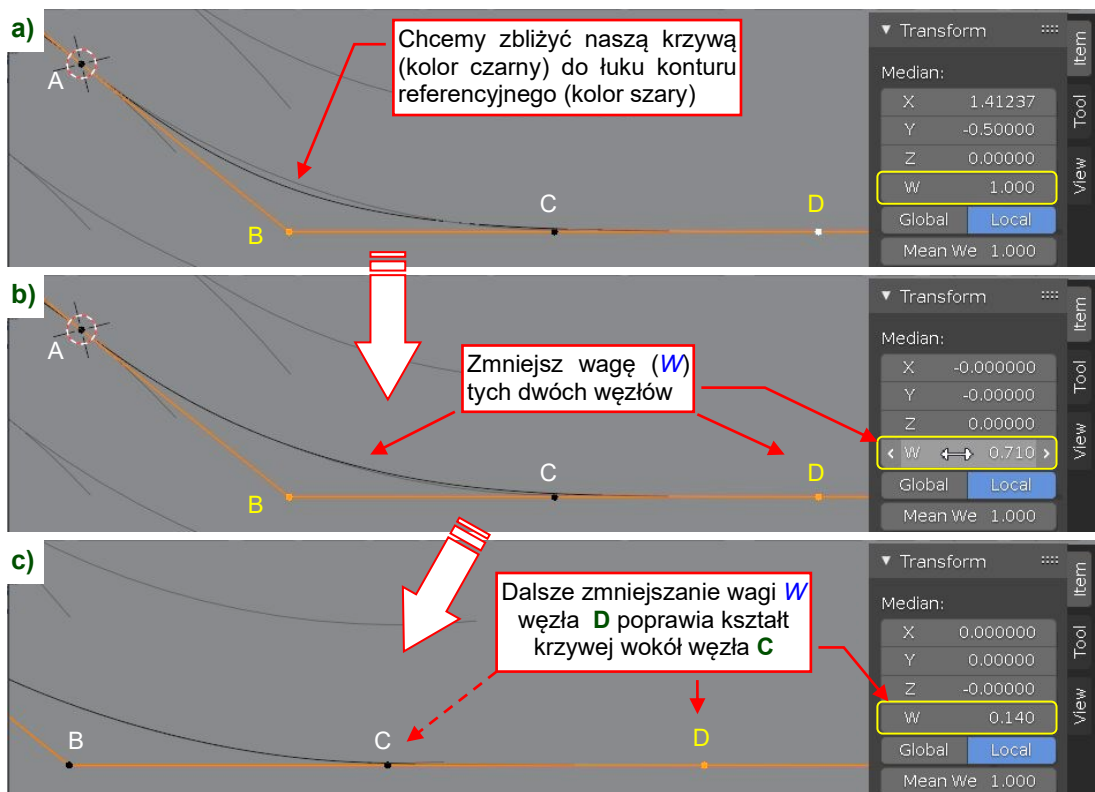
Rysunek 11.16.2f) pokazuje dolną, symetryczną połowę uformowanej krzywej, dopasowanej do konturu.

W przekształceniach pokazywanych przez Rysunek 11.16.2 skorzystałem z symetrii konturu referencyjnego (obydwa jego łuki są identyczne). Dlatego użyłem skalowania zamiast przesuwania. Rozpocząłem od środkowego węzła, umieszczonego na styku łuków (Rysunek 11.16.2a). Po początkowym przesunięciu (Rysunek 11.16.2b) użyłem skalowania do ustawienia dwóch środkowych odcinków wieloboku sterującego stycznie do łuków konturu (Rysunek 11.16.2c). Rysunek 11.16.2d) pokazuje skracanie zewnętrznych odcinków tego wieloboku (do odwzorowania łuku ich długość powinna być taka sama). Na koniec, dodałem dwa nowe odcinki wieloboku sterującego, wyciągając (*Extrude*) jego węzły końcowe (Rysunek 11.16.2e). Obecność tych dodatkowych węzłów poprawiła kształt wynikowej krzywej (to NURBS, 4-go stopnia). Dla takiej krzywej, „obszar wpływu” pojedynczego węzła rozciąga się na 3 odcinki wieloboku sterującego w każdą stronę¹.



Możesz tworzyć nowe węzły wieloboku sterującego krzywą wyciągając (*Extrude*) jego końce, lub przez podział dowolnego z jego odcinków poleceniem *Segments* → *Subdivide*.

Jeżeli chcesz poprawić krzywą pokazaną przez Rysunek 11.16.2f), użyj dodatkowej opcji, dostępnej tylko dla krzywych i powierzchni NURBS: wagi punktów sterujących. W trybie *Edit Mode* krzywej znajdziesz je w zakładce *Item* przybornika, panelu *Transform*. Figuruje tam jako czwarta współrzędna węzła: *W* (Rysunek 11.16.3):



Rysunek 11.16.3 Dopasowywanie krzywej do konturu za pomocą wag punktów sterujących

Dla łuków, zachowaj w ich drugim węźle oryginalne $W = 1$. Dlatego zazaczyłem węzły *B* i *D* (Rysunek 11.16.3a), a także ich odpowiedniki na drugim, symetrycznym łuku. Zmniejszenie w polu *W* przybornika ich wspólnej wagi spłaszcza kontur krzywej w pobliżu *B*. Wydaje się, że $W = 0.71$ jest optymalną wartością dla węzła *B* (Rysunek 11.16.3b). Jednak nadal widać niewielkie odchylenie od konturu referencyjnego przy *C*. Możesz poprawić kształt tego fragmentu zmniejszając wartość *W* węzła *D* do 0.14.

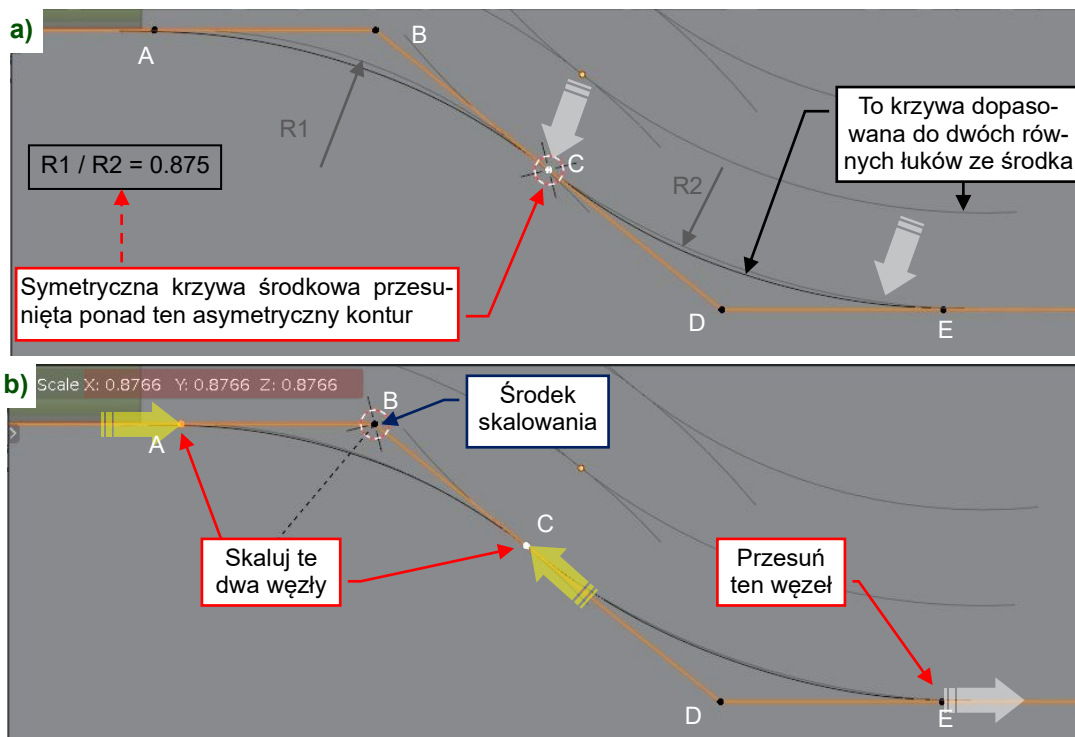


W węzłach współliniowych, waga węzła ma większy wpływ na kształt krzywej niż jego położenie.

¹ Porównaj to z obszarem wpływu punktu kontrolnego krzywej podziałowej (2 odcinki w każdą stronę – por. str. 1494). Krzywe podziałowe są ekwiwalentem krzywej NURBS stopnia trzeciego (tzw. „krzywych sześciennych” – ang. „cubic curves”)

Do odwzorowania konturu referencyjnego stworzonego z dwóch stycznych łuków o różnych promieniach **R1** i **R2** (Rysunek 11.16.4), możesz użyć wielobok kontrolny krzywej z poprzedniej strony. Trzeba tylko w nim zmienić proporcjonalnie do stosunku $R1/R2$ długości odcinków **A-E** ($|AB|/|DE| = |BC|/|CE| = R1/R2$). To brzmi bardzo „naukowo” i „matematycznie”, ale w praktyce sprowadza się do dwóch prostych kroków:

1. Zmniejszaj (**Scale**) węzły **A** i **C** (Rysunek 11.16.4b) aż ich segmenty krzywej dopasują się do konturu.
2. Przesuń węzeł **E** wzdłuż lokalnej osi **X**, aby poprawić kształt krzywej wokół węzła **D**.

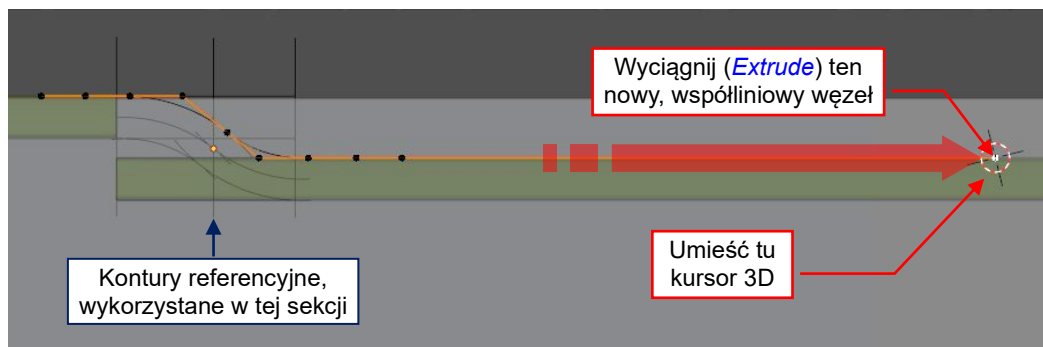


Rysunek 11.16.4 Dopasowywanie krzywej do dwóch stycznych łuków o różnych promieniach



Dla węzłów krzywej nie ma polecenia **Slide Vertex**. Takie skalowanie, jak pokazywane przez Rysunek 11.16.4b), jest ekwiwalentem tej operacji.

Punkt środkowy (**origin**) obiektu **Curve** można zmieniać tak samo, jak robiliśmy to w przypadku siatek:



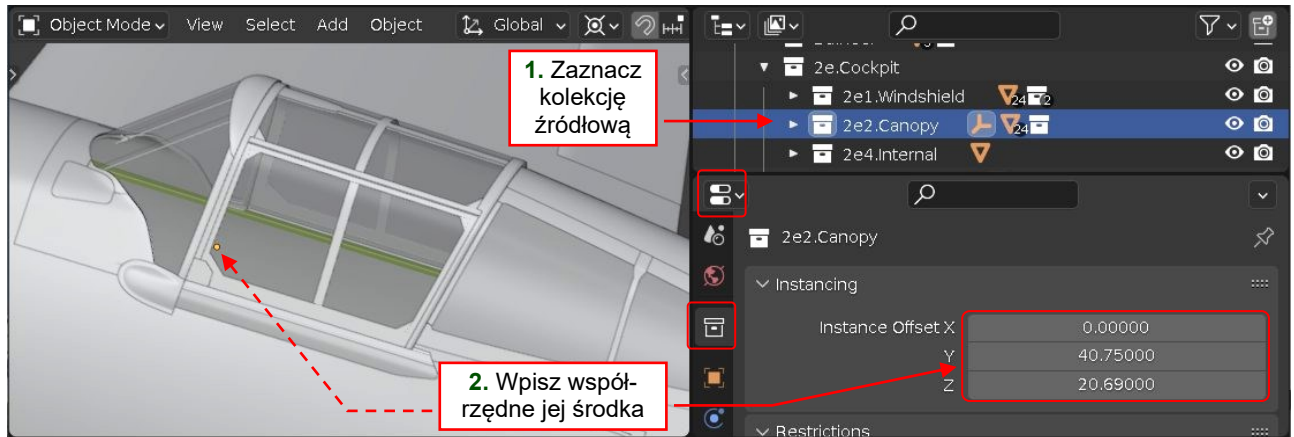
Rysunek 11.16.5 Ustalenie nowego środka obiektu krzywej

W przypadku pokazanym przez Rysunek 11.16.5 wyciągnąłem kolejny współliniowy odcinek z końca wieloboku sterującego i umieściłem na jego końcu kursor 3D. Potem przełączyłem się w tryb **Object Mode** i wskazałem go jako nowy środek (**Origin to 3D Cursor** – str. 487)

11.17 Wstawianie kopii (instancji) kolekcji

W scenę można także wstawiać kłony całych kolekcji. To obiekty typu *Instance*. W odróżnieniu od klonów siatek (por. str. 465) nie można ich bezpośrednio edytować. Są bardzo przydatne, gdy potrzebujesz powtórzyć w modelu zespół składający się z kilku części.

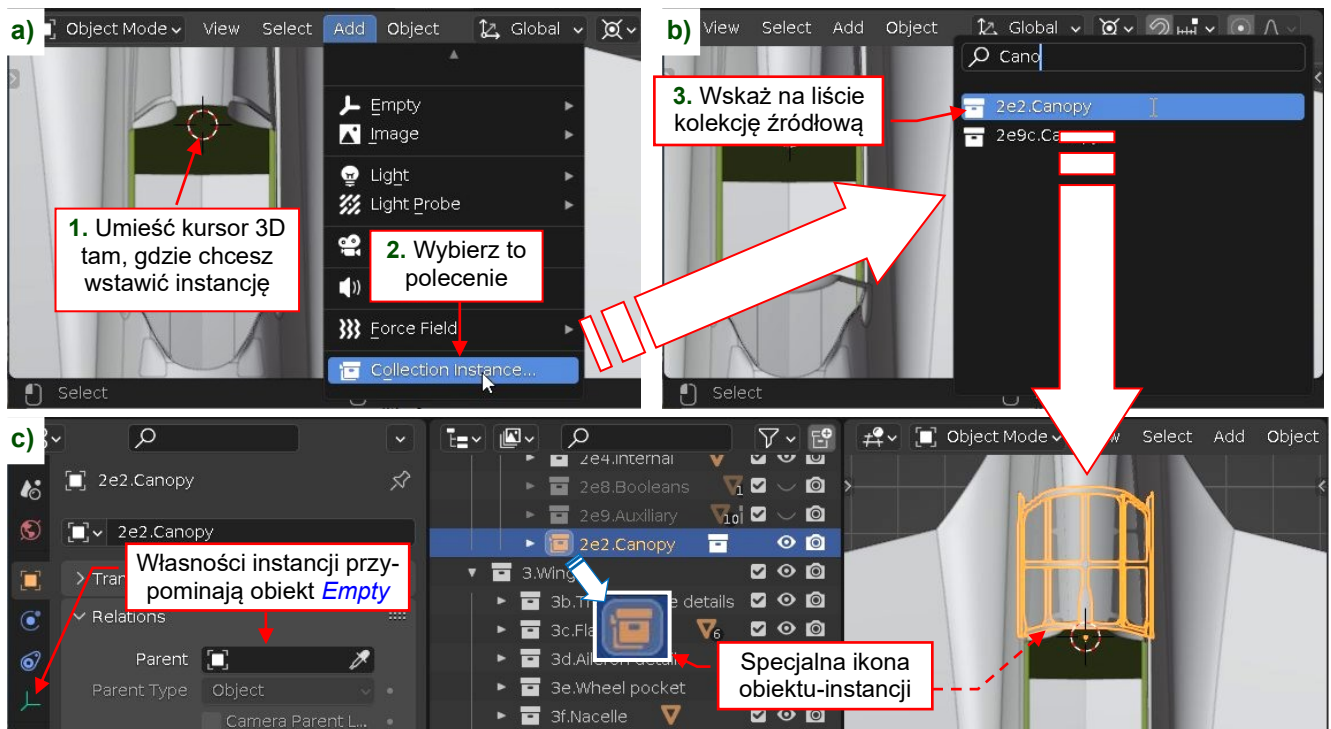
Zanim stworzysz instancję kolekcji, określ położenie jej środka (*origin*). Znajdziesz je w zakładce *Properties:Collection*, w panelu *Instancing* (Rysunek 11.17.1):



Rysunek 11.17.1 Wybór obiektów według nazwy

Wartości *Instance Offset* są mierzone od środka globalnego układu współrzędnych: umieść w tych polach współrzędne „punktu odniesienia” instancji, wyrażone w globalnych współrzędnych sceny.

By wstawić instancję kolekcji, umieść kursor 3D w miejscu, gdzie ma powstać nowy obiekt (Rysunek 11.17.2a). Wywołaj polecenie *Add→Collection Instance* i wskaż na liście kolekcję źródłową (Rysunek 11.17.2b):



Rysunek 11.17.2 Wybór obiektów według nazwy

Pamiętaj, że lokalne osie kolekcji są równoległe do globalnych osi sceny. Gdy wstawiasz instancję, jej lokalna oś Z jest zawsze prostopadła do płaszczyzny ekranu (por. sugerowane ustawienia Blendera na str. 429). Właściwości instancji wyglądają podobnie jak obiektu *Empty* (por. str. 472). W oknie *Outliner* jest ona oznaczana przez specjalną ikonę instancji (Rysunek 11.17.2c).



Kolekcję źródłową można ukryć (to nie będzie miało wpływu na jej instancje).



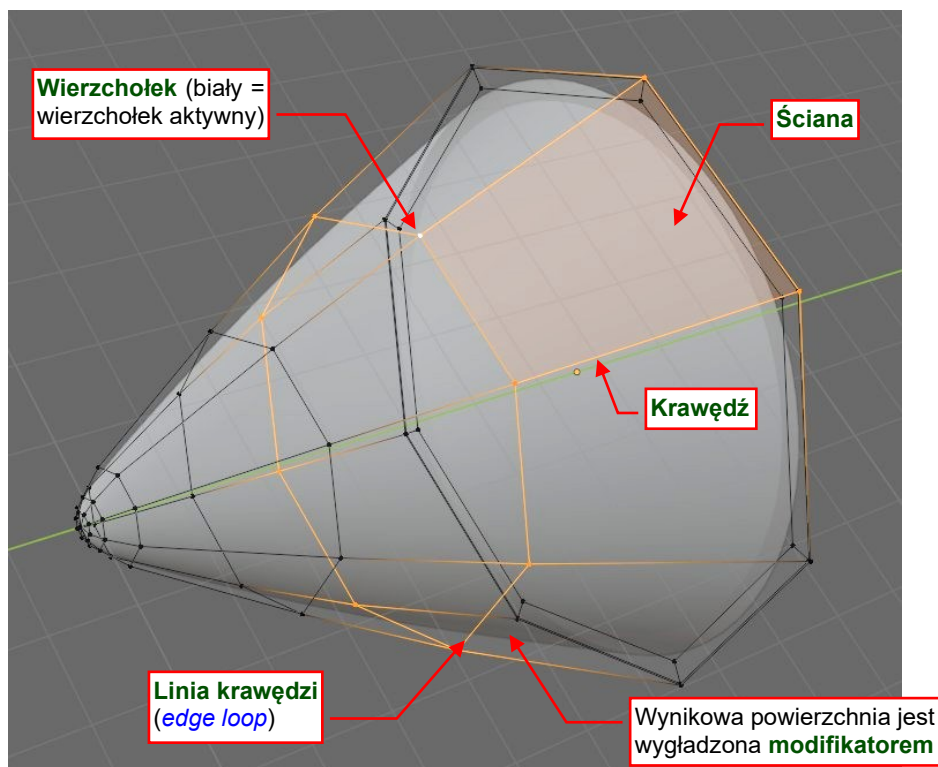
W odróżnieniu od klonów siatek, instancje są zoptymalizowane do szybkiego renderowania. Czyni to z nich doskonałą metodę na powtarzanie złożonych zespołów, np. cylindrów silnika gwiazdowego.

Rozdział 12. Blender – edytor siatki (*Edit Mode*)

W Blenderze każdy kształt odwzorowany jest za pomocą ścian, połączonych w tzw. „siatkę” (*mesh*). Tryb okna 3D o nazwie *Edit Mode* służy do zmiany siatki zaznaczonego obiektu (/obiektów).

12.1 Pojęcia podstawowe

Siatka (*mesh*) w Blenderze to zbiór elementarnych **ścian** (*face*), **krawędzi** (*edge*) i **wierzchołków** (*vertex*). Rysunek 12.1.1 pokazuje przykład takiej siatki:



Rysunek 12.1.1 Elementy siatki (*mesh*)

Ostatni zaznaczony wierzchołek jest nazywany wierzchołkiem aktywnym (*active vertex*) i oznaczony kolorem białym. Możesz go wykorzystywać jako środek transformacji¹. Ściana w Blenderze może mieć więcej niż cztery boki. Staraj się jednak używać w modelu ścian czworobocznych (*quads*), a w miejscach, gdzie jest to niemożliwe – trójkątnych. W ten sposób unikniesz wielu problemów podczas eksportu swoich modeli do innych programów lub silników gier. W szczególnych przypadkach mogą w siatce mogą także istnieć krawędzie bez ścian, czy wręcz "osamotnione" wierzchołki bez krawędzi.

W Blenderze występuje także pojęcie **linii krawędzi** (*edgeloop* – Rysunek 12.1.1). Najłatwiej wskazać je na siatkach o ścianach prostokątnych. Blender potrafi jednak także znaleźć takie linie także na siatkach o ścianach trójkątnych. W tekście używam tego terminu wymiennie z **linią wierzchołków** (oznacza to samo).

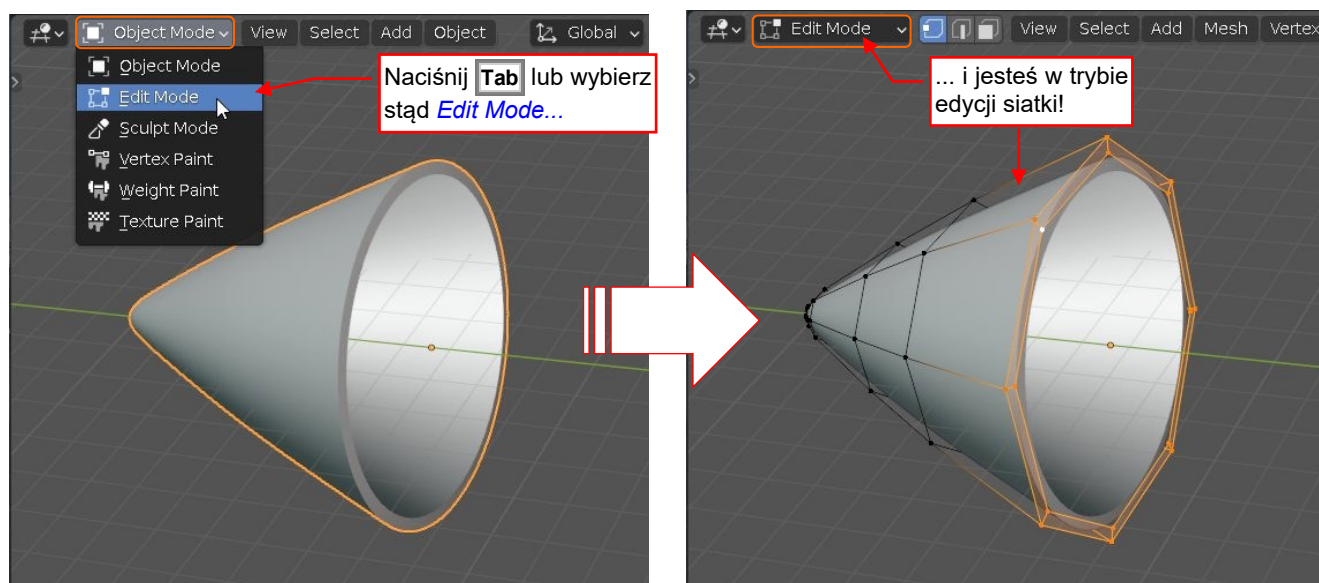
Pomimo „kanciastej” siatki z ilustracji powyżej, powierzchnia wynikowego obiektu jest gładka. Jest to możliwe dzięki **modyfikatorowi**, który zmienia kształt oryginalnej siatki. W Blenderze istnieje wiele modyfikatorów, lecz w tym przypadku użyłem mojego ulubionego – *Subdivision Surface*. Ten modyfikator zaokrągla wszystkie narożniki w sposób podobny do powierzchni NURBS z systemów CAD (por. str. 632). Dodatkowo, aby ten modyfikator nie musiał generować zbyt wielu ścian, łączę go z ustawieniem cieniowania ścian siatki w tryb „gładki” (*Shade Smooth* – por. str. 515).

W naszym modelu będziemy często używać *Subdivision Surface* oraz wiele innych modyfikatorów, ponieważ pozwalają tworzyć proste (a przez to łatwe do późniejszych modyfikacji) siatki bazowe.

¹ Wybierając z listy *Pivot Point* nagłówek okna 3D tryb *Active Element*.

12.2 Włączenie trybu edycji (*Edit Mode*)

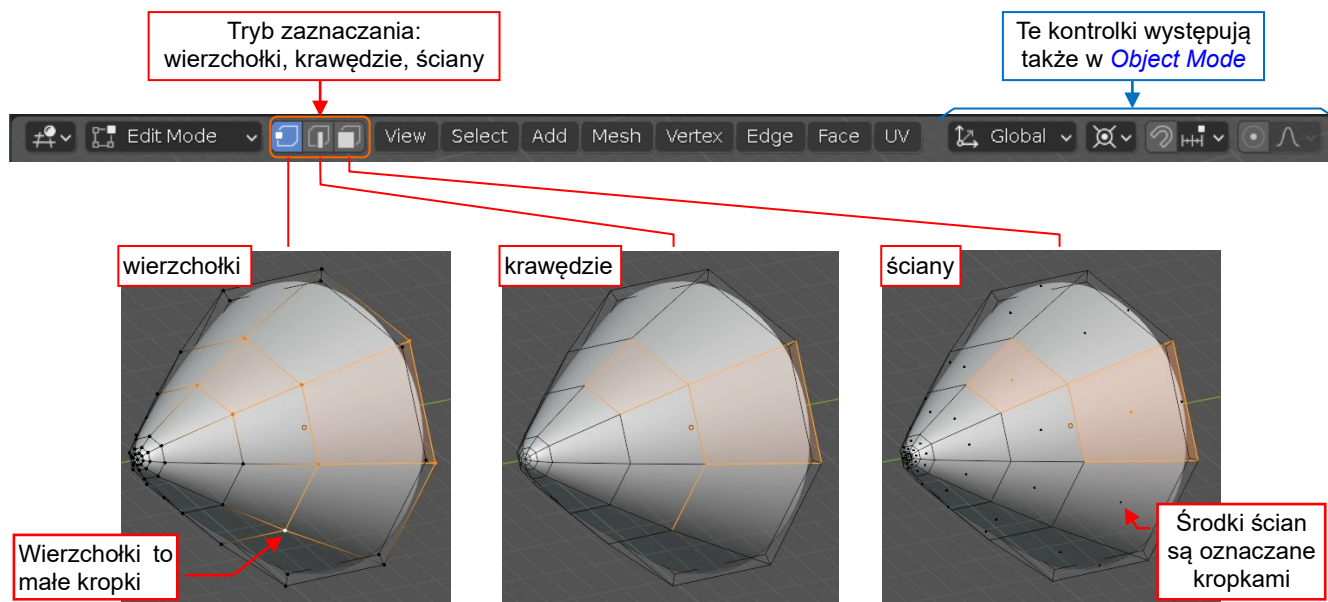
Tryb edycji siatki włączasz naciskając przycisk **Tab**. Alternatywnie możesz także zrobić to za pomocą menu z nagłówka okna 3D (Rysunek 12.2.1):



Rysunek 12.2.1 Okno widoku: włączenie trybu edycji

Powtórne naciśnięcie **Tab** przełączy Cię z powrotem do poprzedniego trybu (np. obiektu – *Object Mode*). Możesz także wybrać inny tryb z nagłówka widoku, listy rozwijalnej *Mode*.

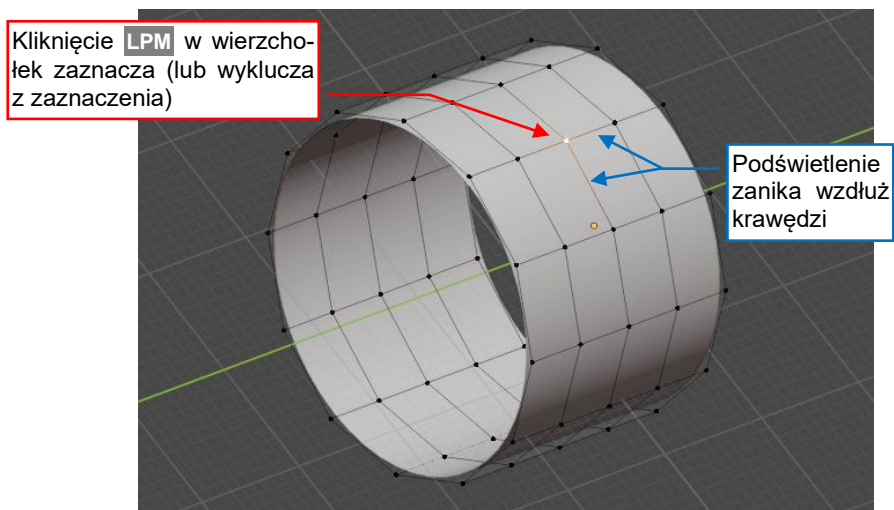
Oprócz kontrolek, które widziałeś już w *Object Mode*, nagłówek okna 3D w trybie edycji (siatki) wyświetla pasek opcji zaznaczania elementów siatki:



Rysunek 12.2.2 Okno 3D: kontrolki dostępne w trybie edycji

12.3 Zaznaczanie elementów siatki

W zasadzie, wierzchołki można zaznaczać tak samo, jak całe obiekty (por. str. 58). Gdy klikniesz w jeden z nich **LPM** – stanie się zaznaczony i zmieni swój kolor na jasnopomarańczowy (Rysunek 12.3.1):



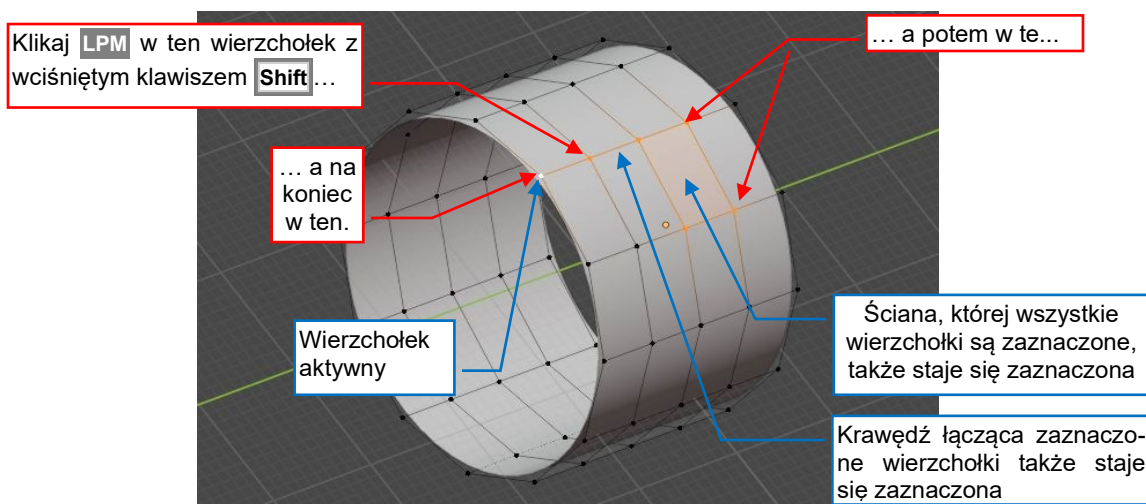
Rysunek 12.3.1 Zaznaczenie pojedynczego wierzchołka

Zwróć uwagę, że kolor krawędzi, wychodzących z zaznaczonego wierzchołka ulega stopniowej zmianie. Im bliżej zaznaczenia, jest jaskrawszy. To ułatwia szybkie odnalezienie zaznaczonego na siatce obszaru.



Kliknięcie **LPM** w jakiś wierzchołek powoduje wyłączenie wszystkich poprzednio wybranych wierzchołków. To samo dotyczy innych elementów siatki (krawędzie, ściany).

Aby **wybrać wiele wierzchołków**: Klikaj w kolejne **LPM**, trzymając wciśnięty klawisz **Shift** (Rysunek 12.3.2):



Rysunek 12.3.2 Wybór wielu wierzchołków

Kombinacja **Shift** - **PPM** działa jak przełącznik stanu zaznaczenia: pierwsze kliknięcie w wierzchołek włącza go do wybranych wierzchołków. Następne kliknięcie – wyklucza z tego zbioru.

Tak jak w przypadku obiektów, ostatni zaznaczony wierzchołek jest nazywany **wierzchołkiem aktywnym**. Blender zaznacza go jaśniejszym kolorem. Wszystkie pozostałe zaznaczone elementy są nieco ciemniejsze.

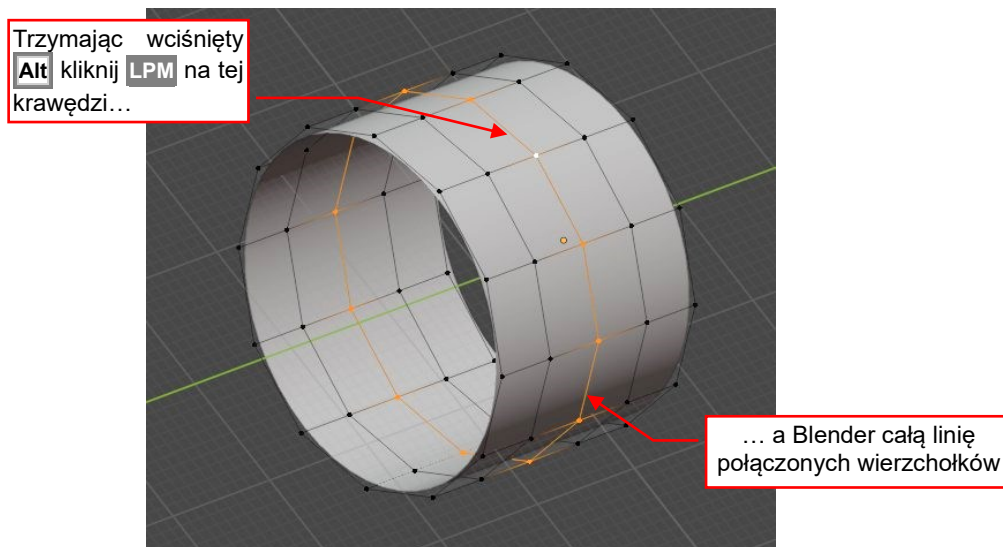


Możesz używać aktywnego wierzchołka jako środka transformacji (obrotu, skalowania). W tym celu przełącz aktualny środek (*Transformation Pivot Point* – por. str. 67) w tryb **Active Element**.



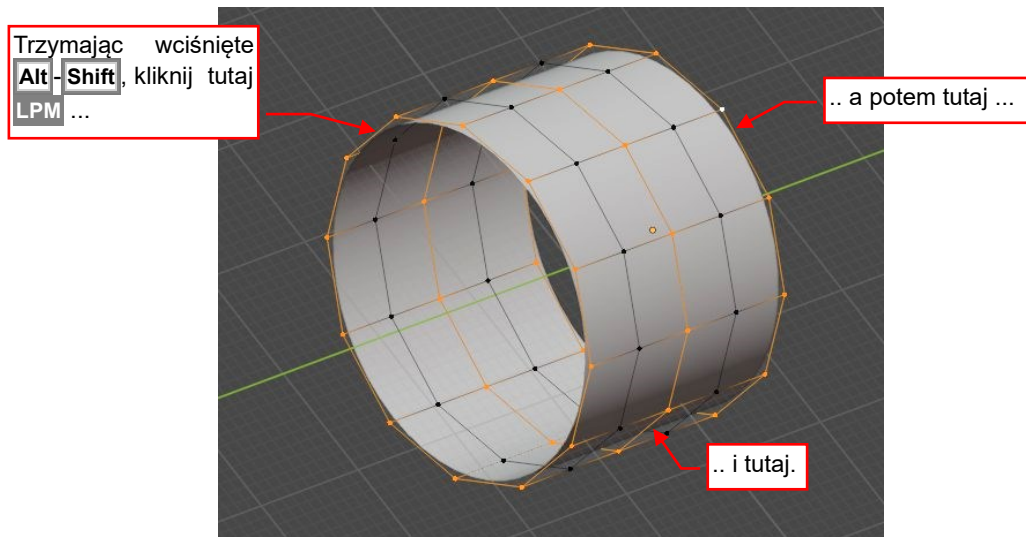
Aby szybko porzucić aktualne zaznaczenie – naciśnij **Alt-A** (**Select → None**). Jeżeli chcesz zaznaczyć wszystko – naciśnij **A** (**Select → All**).

Na siatce złożonej z czworoboków można także szybko wskazać cały rząd wierzchołków, tworzących topologicznie linię (**edge loop**). Trzymając wciśnięty **Alt**, kliknij **LPM** w jedną z krawędzi siatki (Rysunek 12.3.3):



Rysunek 12.3.3 Zaznaczanie linii wierzchołków

Analogicznie, jak w przypadku pojedynczych wierzchołków, możesz wyłączać/wykluczać z selekcji całe linie. Trzymaj na klawiaturze wciśnięte **Alt-Shift**, i klikaj **LPM** w krawędzie odpowiednich linii (Rysunek 12.3.4):



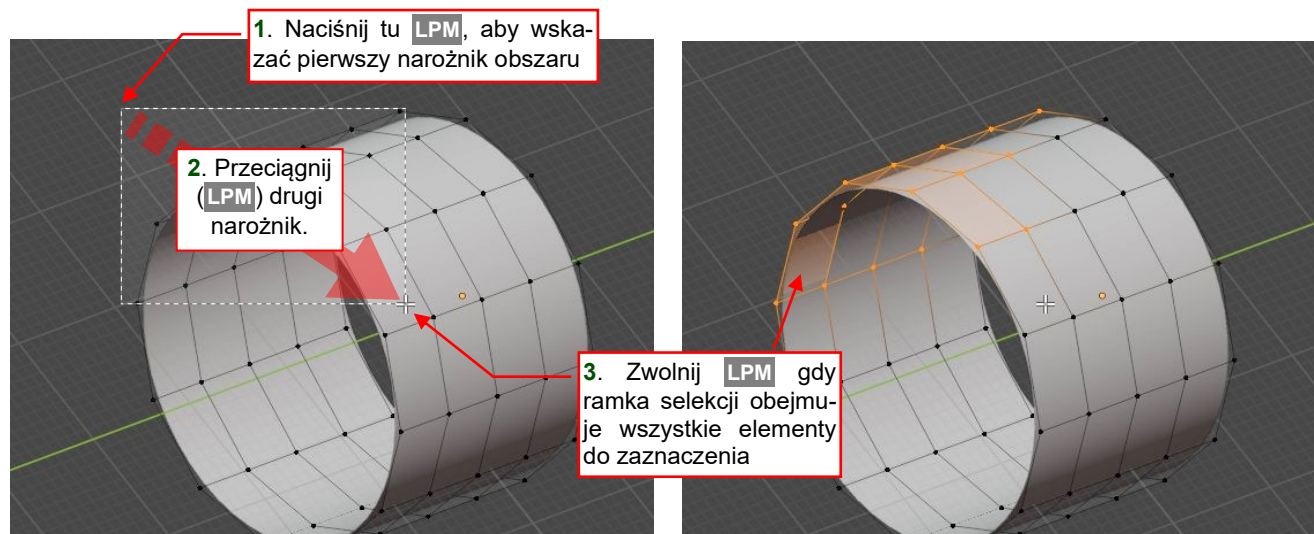
Rysunek 12.3.4 Wykluczanie z wyboru linii wierzchołków

Aby wykluczyć pojedynczą linię wierzchołków z zaznaczenia, kliknij ją **LPM** z wciśniętymi **Alt-Shift**.



Możesz także odwrócić aktualną selekcję (tzn. wybrać to, co nie jest zaznaczone): wystarczy nacisnąć na klawiaturze **Ctrl-I** (to skrót polecenia **Select → Invert**).

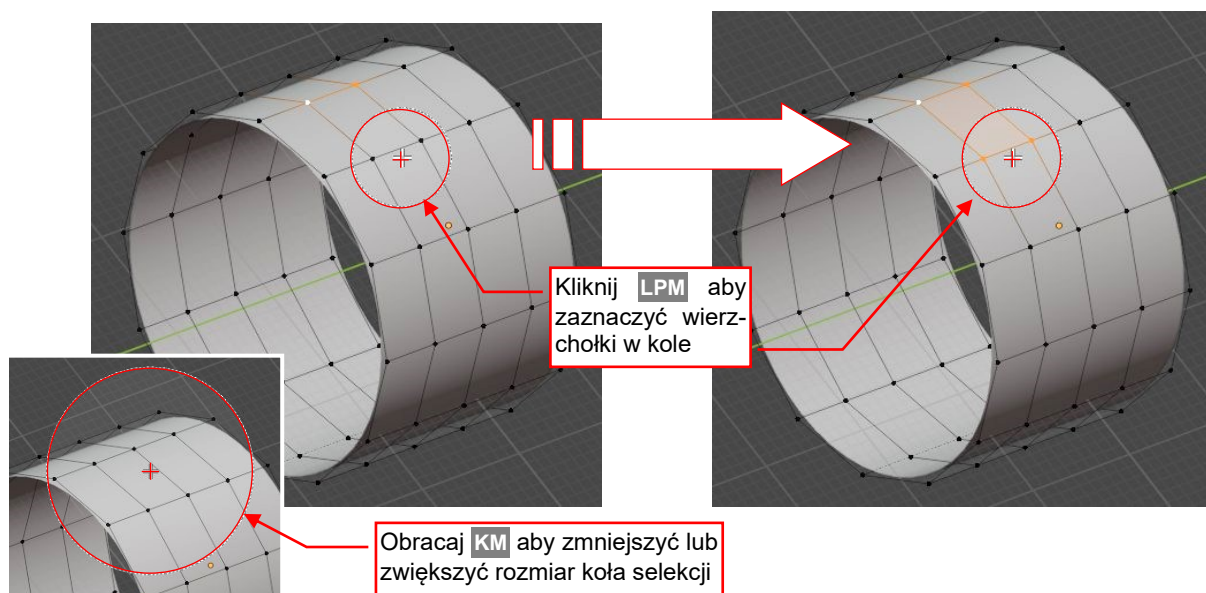
W **Edit Mode** istnieją takie same narzędzia do grupowego zaznaczania jak w **Object Mode** (str. 58). Na przykład, można zaznaczyć grupę wierzchołków **obszarem prostokątnym**. W tym celu wybierz ikonę **Select Box** z paska narzędzi lub użyj skrótu **B** (**Select** → **Box Select** – Rysunek 12.3.5):



Rysunek 12.3.5 Zaznaczanie obszarem prostokątnym

Zaznaczone w ten sposób wierzchołki są dodawane do wybranych poprzednio. Pozwala to zaznaczać jakieś złożone kształty „kawałek po kawałku”.

Osobiście wolę jednak posługiwać się inną odmianą wyboru obszarem: **wyborem okręgiem**. Aby włączyć ten tryb, użyj skrótu **C** (**Select** → **Circle Select**). W odpowiedzi Blender wyświetla na ekranie wokół kursora okrąg służący do selekcji (Rysunek 12.3.6):



Rysunek 12.3.6 Zaznaczanie okręgiem

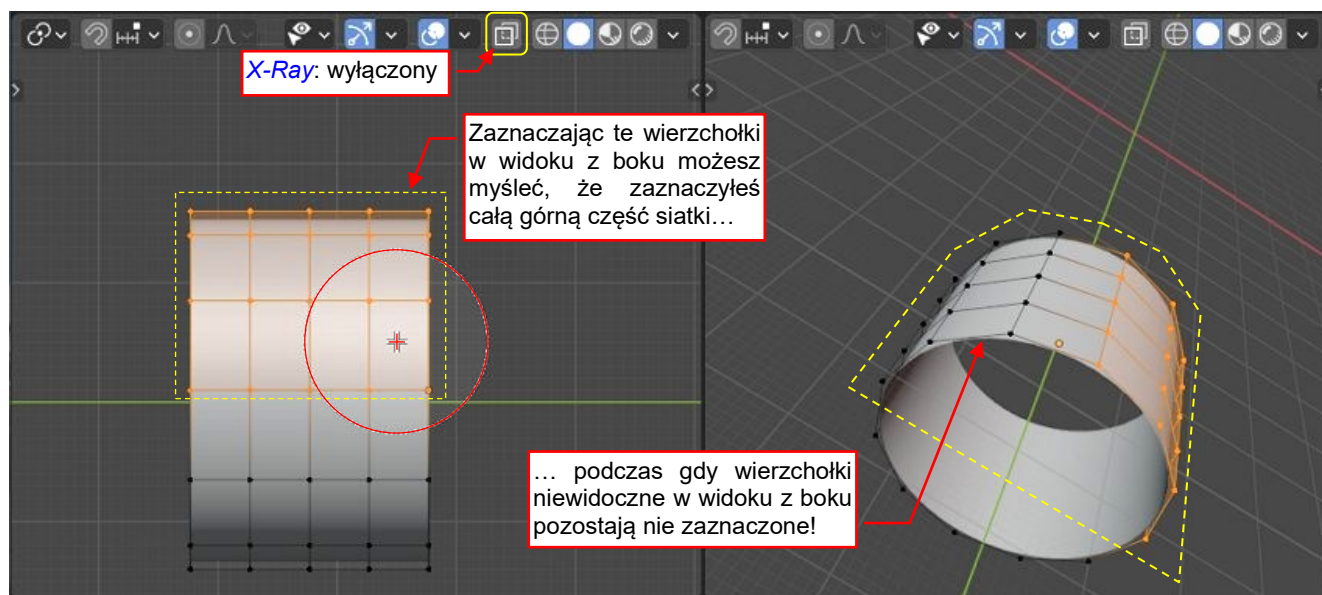
W tym trybie, gdy klikniesz **LPM**, zaznaczysz wierzchołki, które są wewnątrz okręgu. Rozmiar okręgu możesz zwiększać lub zmniejszać, obracając **KM**. Klikając w różne miejsca, możesz włączać kolejne wierzchołki do zbioru selekcji.



Aby użyć trybów wyboru obszarem lub okręgiem do wykluczenia z aktualnego zaznaczania – klikaj **SPM** zamiast **LPM**.

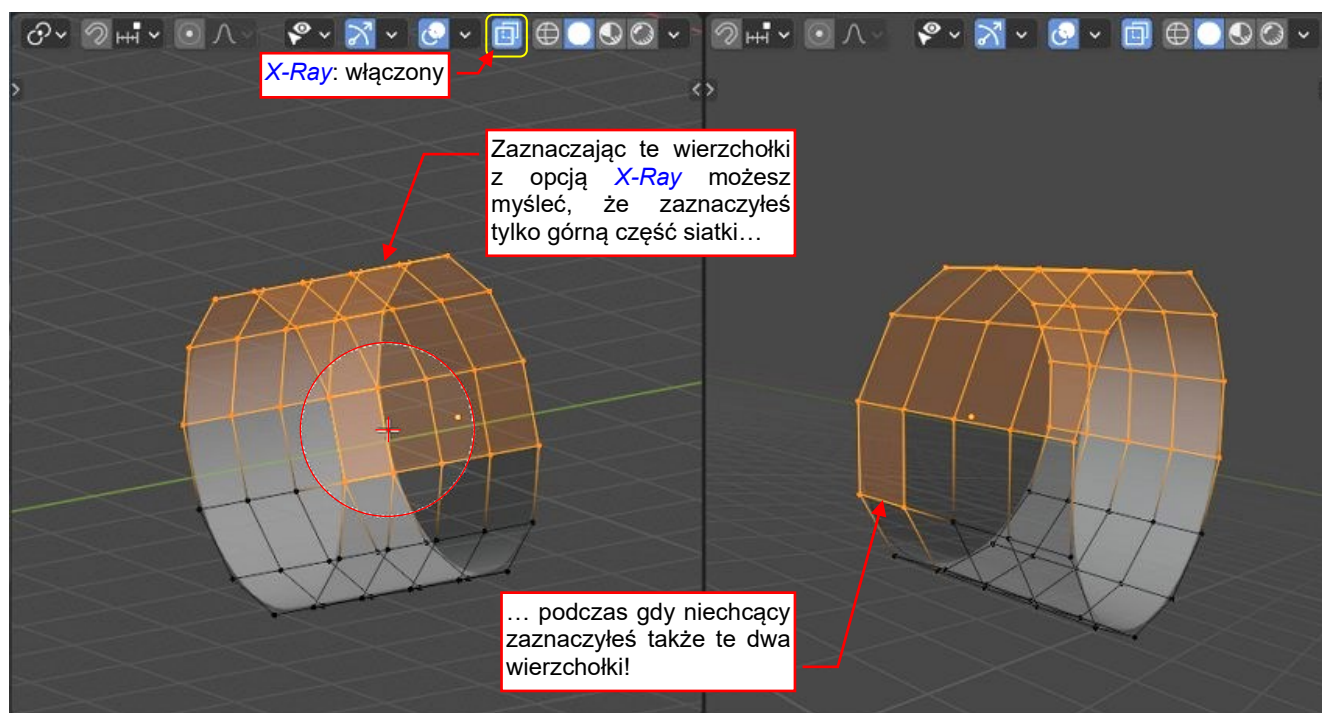
Każdy z tych trybów wyboru możesz przerwać (zrezygnować), naciskając **Esc**.

Podczas zaznaczania w oknie 3D ważne jest właściwe dobranie widoku. Rysunek 12.3.7 pokazuje, co się może stać, gdy starasz się zaznaczyć górną część siatki z wyłączoną opcją **X-Ray**:



Rysunek 12.3.7 Typowy błąd zaznaczania przy wyłączonym trybie **X-Ray**

Gdy włączysz **X-Ray**, będziesz widział wszystkie wierzchołki siatki. Jednak w tym przypadku łatwo o pomyłkę i zaznaczenie czegoś dodatkowego (Rysunek 12.3.8):



Rysunek 12.3.8 Typowy błąd zaznaczania przy włączonym trybie **X-Ray**



Opcja **X-Ray** bardzo się przydaje przy selekcji elementów siatki, podczas gdy w wielu innych sytuacjach będziesz wolał mieć ją wyłączoną. Każde z okien 3D może mieć ten tryb ustawiony inaczej.

Przy zaznaczaniu pamiętaj o typowych błędach pokazanych na ilustracjach powyżej. Włączaj opcję **X-Ray** aby uniknąć sytuacji, którą pokazuje Rysunek 12.3.7. Wybieraj zawsze projekcję, w której wierzchołki do zaznaczenia nie nakładają się na inne, aby uniknąć sytuacji pokazywanej przez Rysunek 12.3.8.

Do tej pory omówiłem szczegółowo tryb wybierania wierzchołków (*Vertex select*). Ale na tym możliwości programu się nie kończą. W nagłówku okna widoku mamy do dyspozycji jeszcze dwa dalsze tryby: *Edge select* i *Face select*. Możesz się pomiędzy nimi przełączać używając paska w nagłówku okna 3D (Rysunek 12.3.9):

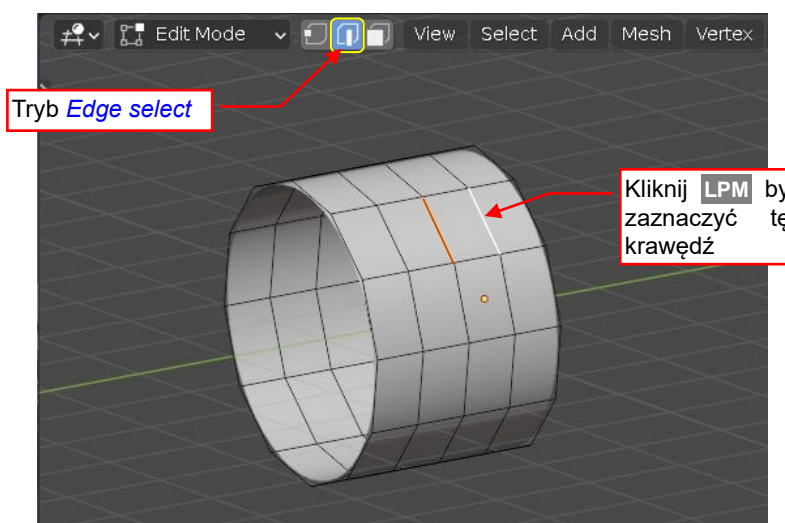


Rysunek 12.3.9 Włączony tryb selekcji wierzchołków w nagłówku okna 3D



W każdym z trzech dostępnych trybów selekcji (wierzchołków, krawędzi, ścian) możesz stosować wszystkie metody zaznaczania, które opisałem na poprzednich stronach.

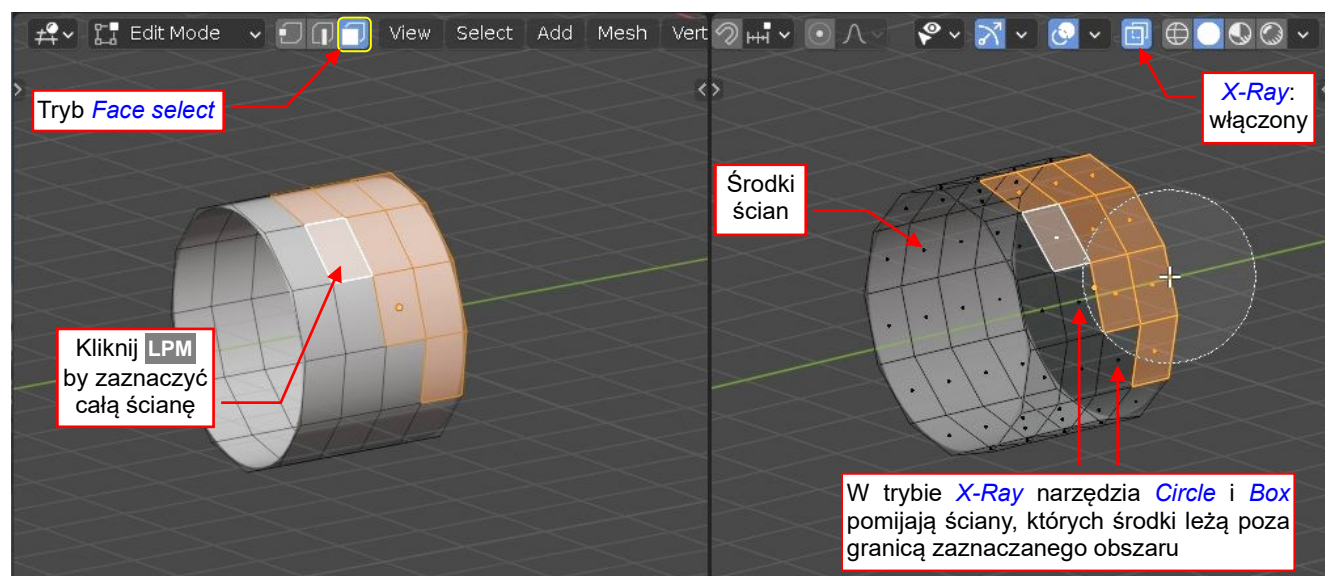
Gdy włączysz tryb zaznaczania krawędzi, zmieni się sposób wyświetlania siatki (Rysunek 12.3.10):



Rysunek 12.3.10 Tryb zaznaczania krawędzi

Tryb zaznaczania krawędzi jest przydatny do zaznaczenia dwóch przeciwległych krawędzi ściany (np. do podziału lub zmiany współczynnika *Crease*). W przypadku pokazanym Rysunek 12.3.10, w trybie *Vertex select* Blender zaznaczyłby wszystkie cztery krawędzie tej ściany.

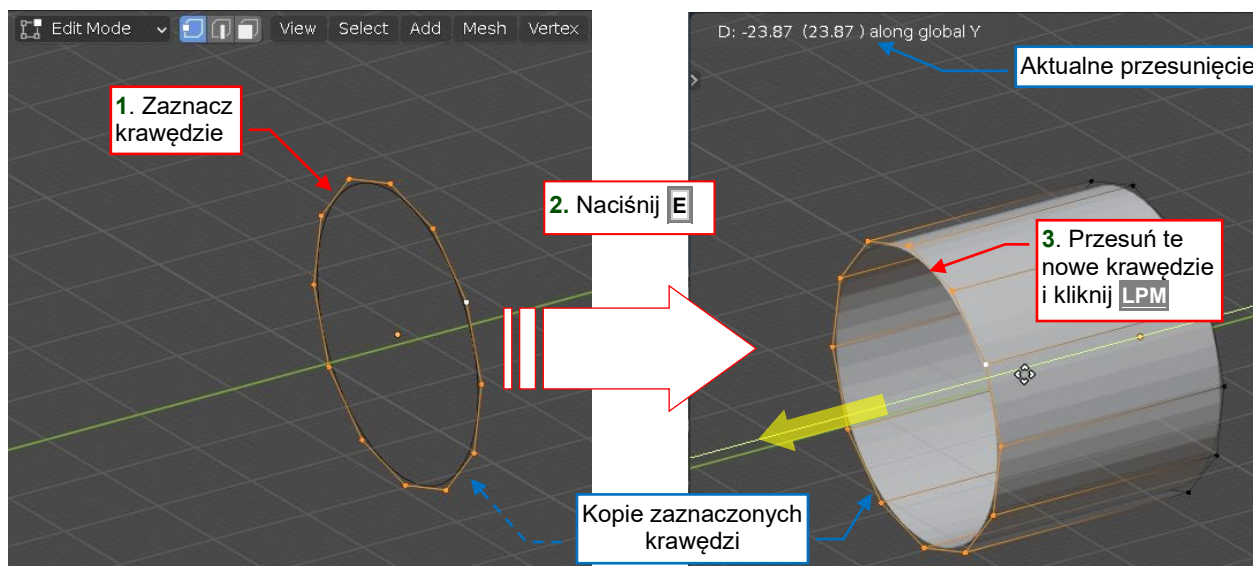
Ostatnim trybem zaznaczania jest zaznaczanie całych ścian (Rysunek 12.3.11):



Rysunek 12.3.11 Tryb zaznaczania ścian

12.4 Wyciąganie (*Extrude*)

Aby **wytłoczyć wybraną krawędź**, zaznacz ją. Naciśnij **E** (*Mesh→Extrude→Extrude Edges*). W odpowiedzi Blender tworzy jej kopię, za którą „ciągnie” nowe krawędzie i ściany, łączące nowe wierzchołki z wierzchołkami oryginału. Kliknij **LPM** w miejscu, gdzie ma zostać ostatecznie umieszczona nowa krawędź (Rysunek 12.4.1):

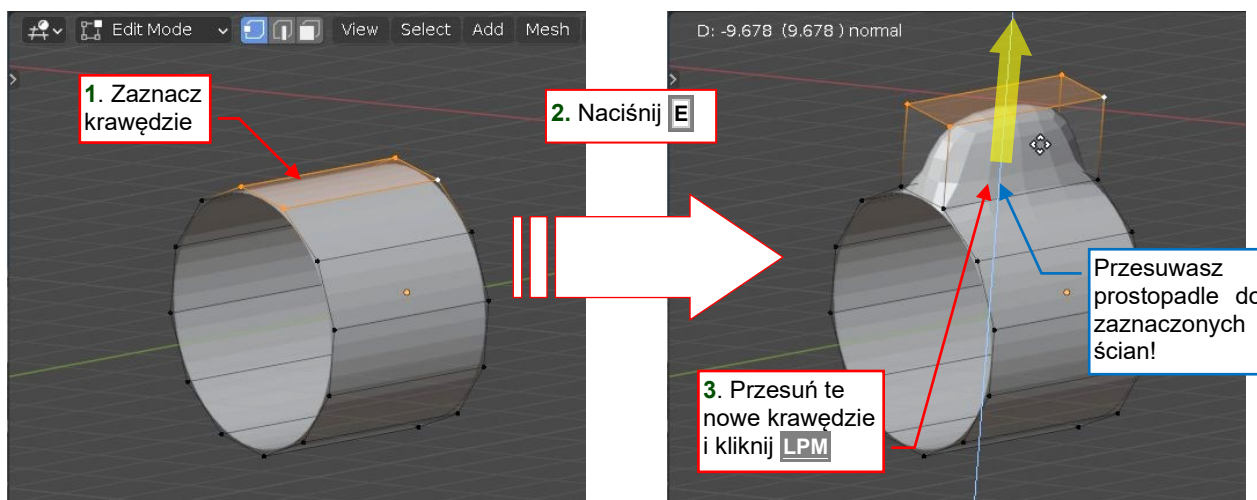


Rysunek 12.4.1 Wyciąganie krawędzi



Podczas przesuwania wytłoczonych elementów możesz ograniczyć ich ruch do osi **X**, **Y**, lub **Z** – te skróty działają tak samo, jak w standardowym poleceniu przesunięcia (por. str. 506).

Aby **wytłoczyć wybrany obszar**, zaznacz go. Naciśnij **E** (*Mesh→Extrude→Extrude Region* - ten skrót zależy od zaznaczenia). Blender kopiuje zaznaczone ściany i zaczyna przesuwać je w kierunku normalnym. Ten kierunek to średnia wektorów normalnych (prostopadłych) zaznaczonych ścian (Rysunek 12.4.2):



Rysunek 12.4.2 Wyciąganie obszaru

Kliknięcie **LPM** kończy operację.



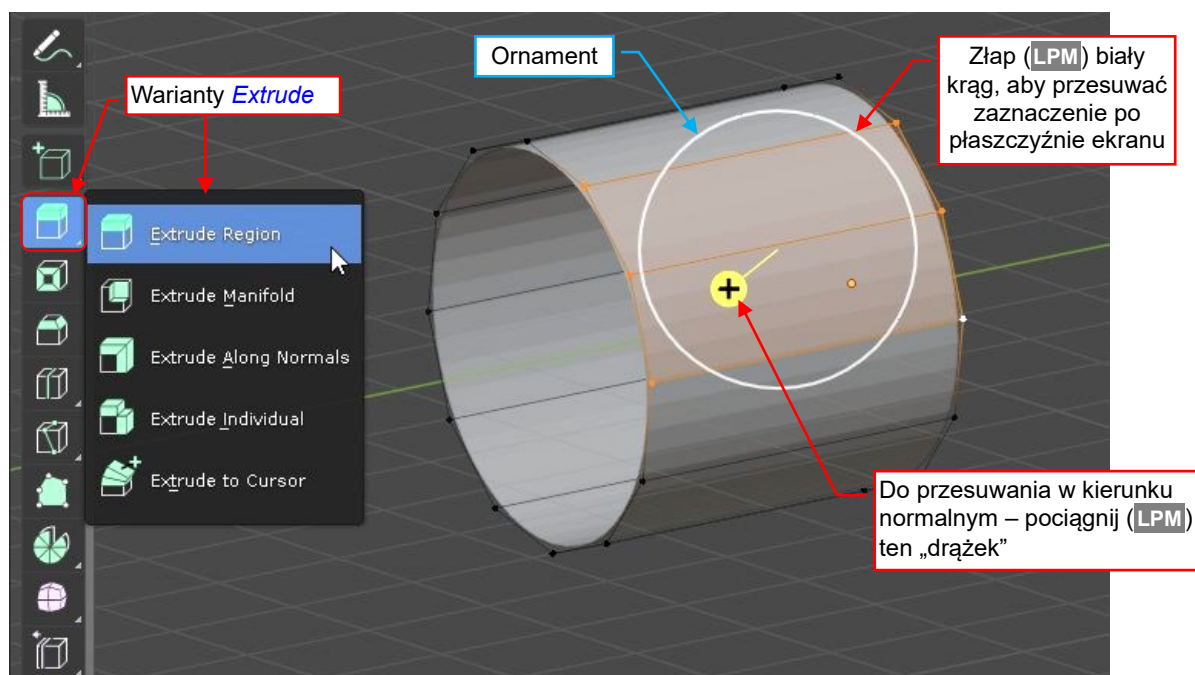
Naciśnij **Z** aby przełączyć się z tego domyślnego kierunku na swobodne przesunięcie wzdłuż globalnego układu współrzędnych. Następne, będąc nadal w trybie *Move* uruchomionym przez polecenie *Extrude*, użyj skrótów **X**, **Y** lub **Z** aby ograniczyć przesunięcie do jednej osi.



Jeżeli zaraz po wywołaniu polecenia **Extrude** naciśniesz **Esc** – przerwana zostanie (tylko!) druga część operacji. Tego zazwyczaj nie dostrzeżesz, ale zaznaczone krawędzie/ściany/wierzchołki uległy już powieleniu i teraz zaznaczone są te kopie. Aby usunąć z siatki także te duplikaty – wywołaj polecenie **Edit → Undo** (**Ctrl-Z**).

Aby zamiast przesunięcia rozpocząć skalowanie wytłaczanych elementów, natychmiast po wywołaniu polecenia **Extrude** naciśnij **S** (**E**, **S**). A gdy naciśniesz po **E** klawisz **R**, zaczniesz je obracać. W takim przypadku sugeruję ustawiać wcześniej tryb **Pivot** na **3D Cursor**. W tym trybie możesz precyzyjnie określić środek transformacji przed wywołaniem polecenia **Extrude**. Używaj innych opcji środka: **Median Point** czy **Bounding Box Center** gdy nabierzesz więcej doświadczenia¹.

Narzędzie **Extrude** znajdziesz także w przyborniku (Rysunek 12.4.3):



Rysunek 12.4.3 Narzędzie **Extrude** i jego ornamenty

Jak widać na ilustracji powyżej, możesz wybierać spośród różnych wariantów polecenia **Extrude**. Domyślnie jest to **Extrude Region**, odpowiadający poleceniom **Extrude Edges/Extrude Region** z menu. W tym trybie nadal możesz używać wszystkich opcji zaznaczania, omówionych w sekcji 11.2 (str. 503)

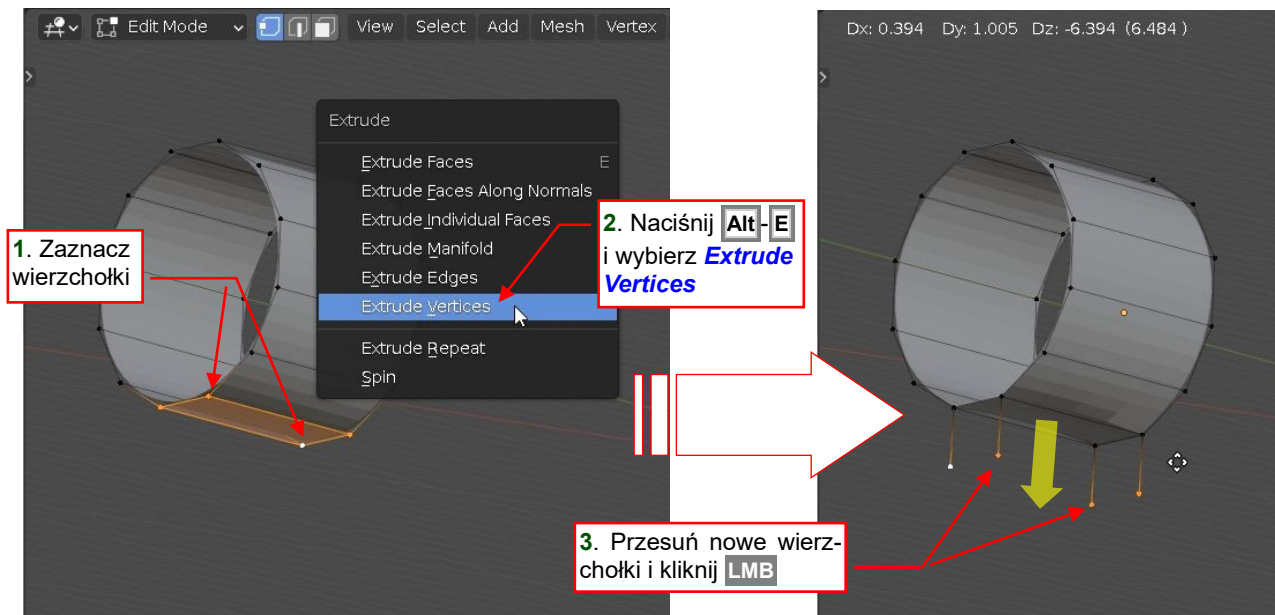
Ornament narzędzia **Extrude** (Rysunek 12.4.3) składa się z dwóch elementów: białego kręgu i żółtego „drażka”:

- Przeciągnij (**LPM**) **biały krąg** aby skopiować zaznaczony fragment siatki i przesunąć go w dowolne miejsce (precyzyjniej: dowolne miejsce na płaszczyźnie równoległej do aktualnej płaszczyzny ekranu).
- Przeciągnij (**LPM**) **żółty „drażek”** aby skopiować zaznaczony fragment siatki i przesunąć go w kierunku prostopadłym (uśredniony kierunek normalny wszystkich zaznaczonych ścian)

Gdy wybrany wariant narzędzia **Extrude** nie pozwala na swobodne przesuwanie po ekranie (na przykład – **Extrude Along Normals**), Blender nie wyświetla białego kręgu.

¹ Median Point leży w „środku ciężkości” zaznaczonych wierzchołków. **Bounding Box Center** jest w środku najmniejszego „pudełka” które obejmuje wszystkie zaznaczone wierzchołki. Bardziej intuicyjnym trybem jest **Active Element**. W tym trybie możesz widzieć ten punkt (to ostatni z zaznaczonych wierzchołków, podświetlony nieco jaśniejszym kolorem niż pozostałe).

Czasami zachodzi także konieczność **wytłoczenia wybranych wierzchołków** (np. po to, by utworzyć "ręcznie" nową ścianę). Operację zaczynasz tak, jak zazwyczaj – zaznacz wierzchołki do powielenia. Następnie naciśnij **Alt-E** (to skrót do submenu **Mesh→Extrude**). Wybierz polecenie **Extrude Vertices**¹. W tym momencie Blender utworzył kopie zaznaczonych wierzchołków. Kopie te będzie podążać za ruchem myszki, "ciągnać" za sobą krawędzie łączące je z oryginałami. Te krawędzie nie są połączone ścianami (Rysunek 12.4.4):



Rysunek 12.4.4 Wyciąganie pojedynczych wierzchołków w krawędzie

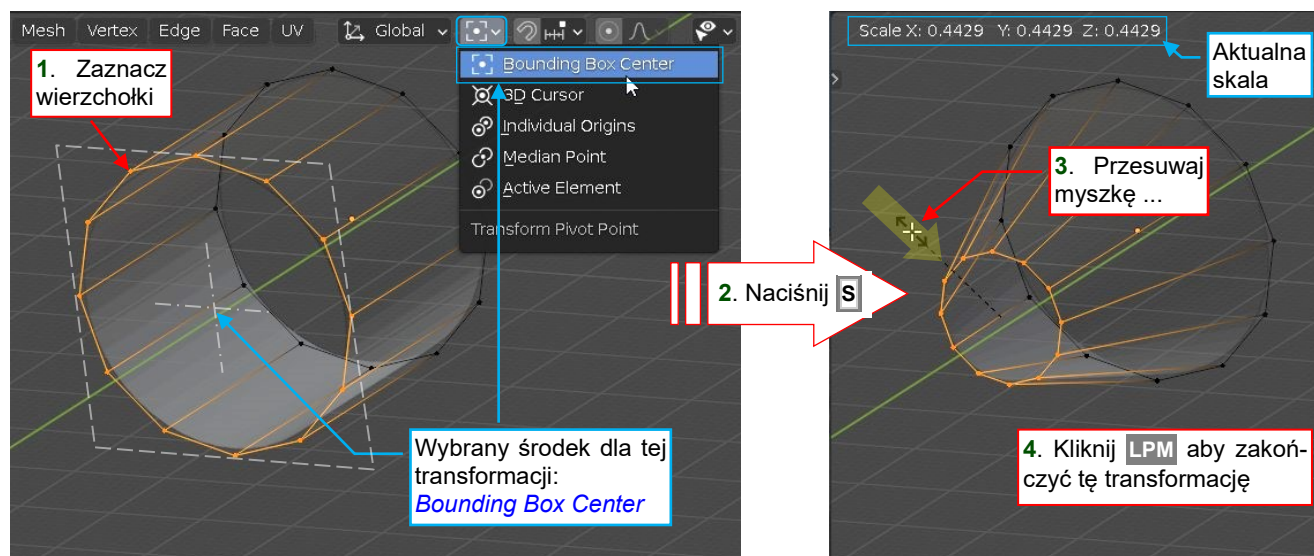
Kliknij **LPM** w miejscu, gdzie nowe wierzchołki mają zostać ostatecznie umieszczone.

¹ Polecenia **Extrude Vertices** nie ma w przyborniku: jest tylko w menu.

12.5 Skalowanie (**Scale**)

Zaznacz grupę wierzchołków, które chcesz powiększyć/pomniejszyć, oraz ustal środek transformacji (na liście **Pivot** – Rysunek 12.5.1). W praktyce stosuję trzy rodzaje (tryby) określające te środki: **Bounding Box Center**, **Active Element** oraz **Cursor 3D**. **Bounding Box Center** to środek „pudełka” nadpisanego na zaznaczonych wierzchołkach. **Active Element** to **aktywny wierzchołek** lub środek **aktywnej krawędzi/ściany** (por. str. 498, 502). W trybie **3D Cursor** środkiem jest aktualna pozycja kursora 3D (por. str. 67). Zacznijmy od trybu, w którym środkiem skalowania jest **Bounding Box Center**.

Naciśnij **S** (**Mesh** → **Transform** → **Scale**). Przełączysz się w ten sposób w tryb skalowania. Na rysunku pojawi się kreskowana linia od kursora myszy do środka transformacji. Każde przesunięcie myszy będzie powodować zmianę skali zaznaczonych wierzchołków – proporcjonalnie do zmiany długości kreskowanej linii. Dokonywane zmiany w kształcie siatki są pokazywane na bieżąco we wszystkich oknach 3D (Rysunek 12.5.1):



Rysunek 12.5.1 Skalowanie względem środka zaznaczonych wierzchołków

W nagłówku aktywnego okna jest wyświetlana bieżąca zmiana skali wzdłuż każdej osi. Aby zatwierdzić nowe położenie wierzchołków (zakończyć transformację), należy kliknąć **LPM**. Aby zrezygnować z operacji, możesz w każdej chwili nacisnąć **Esc**.



Narzędzie **Scale** z przybornika (por. str. 70) jest także dostępne w **Edit Mode**.

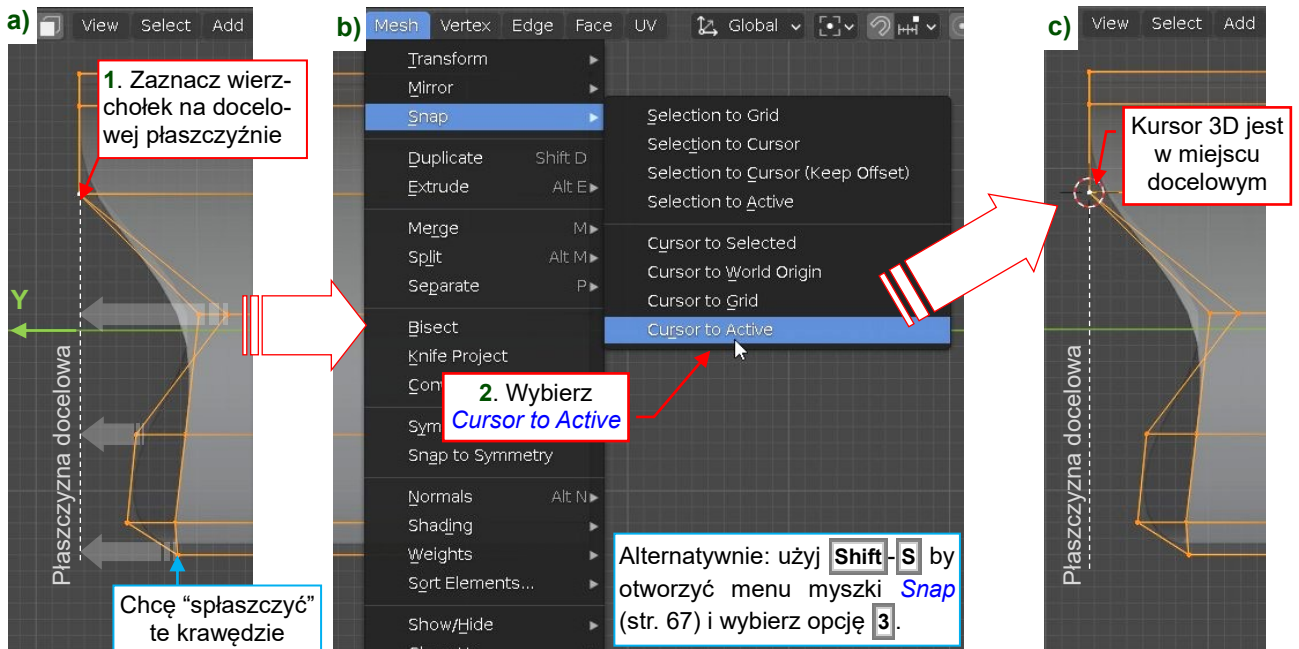
W transformacjach trybu edycji możesz używać tych samych klawiszy modyfikujących co w **Object Mode**:

Trzymając wciśnięty klawisz **Ctrl** wymuszasz skokową zmianę proporcji (np. co 0.1). Klawisz **Shift** "wyhamowuje" zmianę skali na ekranie, pozwalając na uzyskanie większej precyzji. Wreszcie kombinacja obydwu – **Shift-Ctrl** – umożliwia skokową zmianę skali o niewielkie wartości (np. co 0.01).

Jeżeli w trakcie przesuwania naciśniesz **X**, **Y**, lub **Z** – ograniczysz zmianę skali do jednej z tych osi. W pozostałych kierunkach żaden rozmiar nie ulegnie zmianie. Po pierwszym naciśnięciu klawisza jest wybrana oś globalna. Jeżeli jednak jeszcze raz naciśniesz ten sam klawisz – przełączysz się na lokalną oś obiektu. To rozróżnienie pomiędzy osią globalną i lokalną ma swój sens wtedy, gdy obiekt jest w jakiś sposób obrócony.

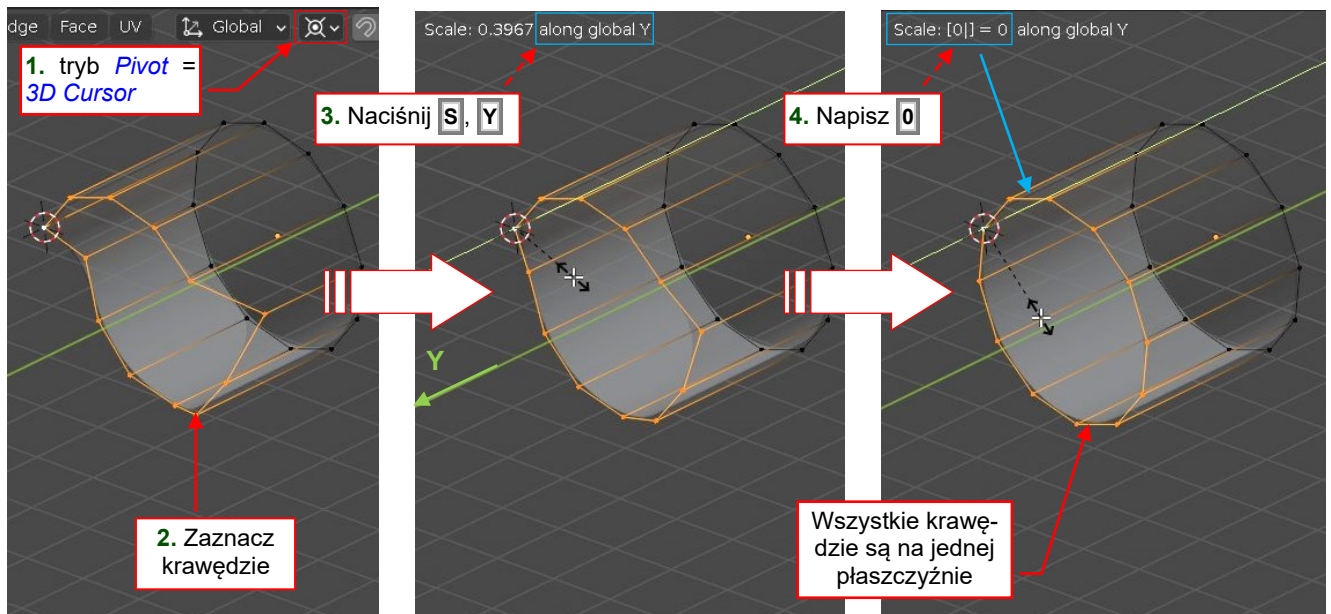
Aby ograniczyć skalowanie do jednej płaszczyzny, użyj skrótu **Shift**-[blokowana oś]. Np. **Shift-Z** blokuje zmiany wzdłuż globalnej osi **Z**. Gdy naciśniesz taki skrót jeszcze raz, zablokujesz skalowanie wzdłuż lokalnej osi obiektu. (Dlatego aby zablokować zmiany wzdłuż lokalnej osi **Z**, naciśnij powtórnie **Shift-Z**).

Często używam skalowania do 0 wzdłuż pojedynczej osi do „spłaszczenia” krawędzi siatki. Poniżej przedstawia taką operację. Rysunek 12.5.2a) pokazuje mój cel – spłaszczenie zaznaczonych krawędzi do wskazanej płaszczyzny. Środkiem transformacji (*Pivot*) będzie tu kursor 3D. Zazaczyłem jeden z wierzchołków leżących na płaszczyźnie docelowej (Rysunek 12.5.2a). Potem wywołałem **Mesh→Snap→Cursor to Active** (**Shift-S**, **3**, Rysunek 12.5.2b) aby przenieść kursor 3D do tego punktu (Rysunek 12.5.2c):



Rysunek 12.5.2 Spłaszczenie krawędzi – ustawienie kursora 3D w odpowiednim miejscu

Przełączyłem typ punktu odniesienia (*Pivot*) na **3D Cursor** i zazaczyłem krawędzie, które chcę zmienić. Potem naciśnięm **S**, **Y**. Następnie naciśnięm klawisz **0** by natychmiast przesunąć wierzchołki od środka skalowania (por. str. 69) – kursora 3D. Rysunek 12.5.3 przedstawia tę transformację:



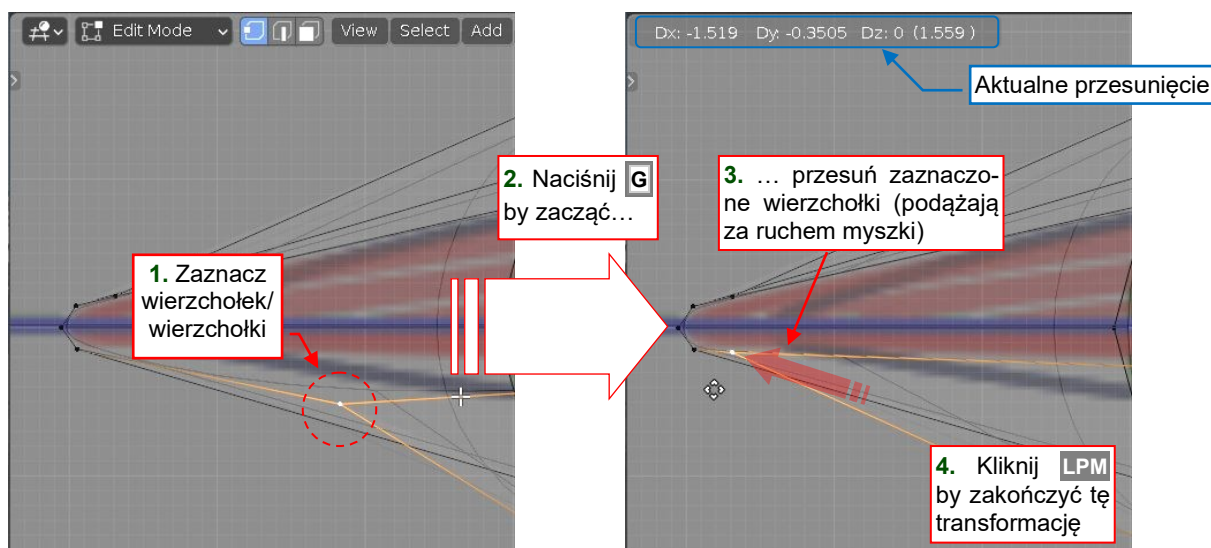
Rysunek 12.5.3 Spłaszczenie krawędzi – poprzez zmianę skali do zera



Zmianę skali do zera wzdłuż jednej lub wszystkich osi można także stosować do dokładnego „spłaszczenia” lub ustalania pozycji grupy wierzchołków nie połączonych krawędziami.

12.6 Przesunięcie (*Move*)

Zaznacz wierzchołki do przesunięcia, a następnie naciśnij **G** (*Mesh → Transform → Move*) (Rysunek 12.6.1a):



Rysunek 12.6.1 Zaznaczenie wierzchołków

Przełączysz się w ten sposób w tryb przesuwania, w którym każdy ruch myszy przesuwa zaznaczone wierzchołki. Dokonywane zmiany w kształcie siatki są pokazywane na bieżąco we wszystkich oknach 3D. W nagłówku aktywnego okna jest wyświetlane bieżące przesunięcie (Rysunek 12.6.1b). Aby zatwierdzić nowe położenie (zakończyć operację), należy kliknąć **LPM**. Aby zrezygnować, możesz w każdej chwili nacisnąć **Esc**.



Narzędzie *Move* z paska (por. str. 65) jest także dostępne w *Edit Mode*.

Wciśnięcie **Ctrl** podczas przesuwania przesuwa „skokowo” (np. co 0.1 jednostki). Gdy wciśniesz klawisz **Shift** – przesunięcia na ekranie „wyhamują”, pozwalając na dokładniejsze ustalenie pozycji. Wreszcie kombinacja obydwu – **Shift-Ctrl** – umożliwia skokową zmianę położenia o niewielkie wartości (np. co 0.01 jednostki).

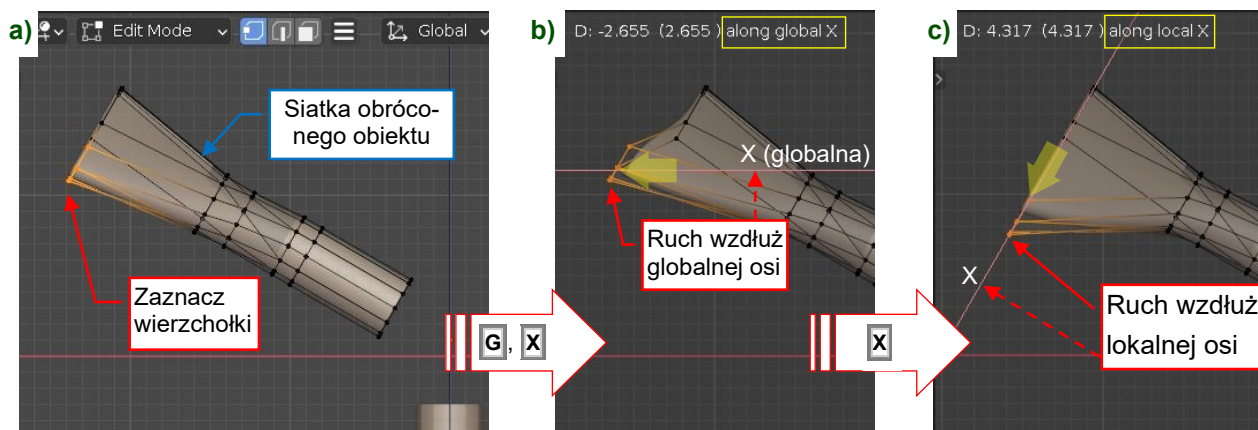


Istnieją jeszcze inne tryby „skoku”. Jeżeli wybierzesz z listy rozwijalnej *Snap* (z nagłówka okna 3D – por. str. 64) tryb *Vertex*, i będziesz trzymał wciśnięty **Ctrl** podczas przesuwania, Blender umieści zaznaczony fragment siatki w najbliższym wierzchołku. „Najbliższy” tu oznacza wierzchołek w pobliżu kursora myszki. Ten tryb „znajduje” wszystkie wierzchołki, także w niezaznaczonych obiektach. Przydaje się do szybkiego odtworzenia fragmentów pomocniczych konturów w siatce modelu.

Jeżeli w trakcie przesuwania naciśniesz **X**, **Y**, lub **Z** – ograniczysz swój ruch tylko do translacji wzdłuż jednej z tych osi. Po pierwszym naciśnięciu klawisza jest to oś globalna. Jeżeli jednak naciśniesz ten sam klawisz po raz drugi – przełączysz się na lokalną oś obiektu. Takie rozróżnienie pomiędzy osią globalną i lokalną ma znaczenie wtedy, gdy obiekt jest w jakiś sposób obrócony.

Jeżeli chcesz ograniczyć przesunięcie do pojedynczej płaszczyzny, użyj skrótu **Shift-[Oś]**. Na przykład, **Shift-Z** pozostawia współrzędne **Z** bez zmian (przesunięcie wzdłuż globalnej osi **Z** jest zawsze 0). Gdy naciśniesz ten skrót ponownie, zablokuje przesunięcie wzdłuż lokalnej osi obiektu. Na przykład: aby zablokować przesunięcie wzdłuż lokalnej osi **Z**, naciśnij powtórnie **Shift-Z**.

Rysunek 12.6.2 pokazuje przykład przełączania pomiędzy globalną i lokalną osią **X**. Łopata śmigła została najpierw obrócona o 120° w prawo (jako obiekt). Następnie przełączyłem się w tryb edycji, zaznaczyłem kilka wierzchołków siatki i nacisnąłem **G**, **X**. W efekcie zacząłem przesuwając wierzchołki wzdłuż globalnej osi **X** (Rysunek 12.6.2b). Jeżeli nacisnę jeszcze raz **X** – przełączę się na przesunięcie wzdłuż lokalnej osi **X** obiektu (Rysunek 12.6.2c):



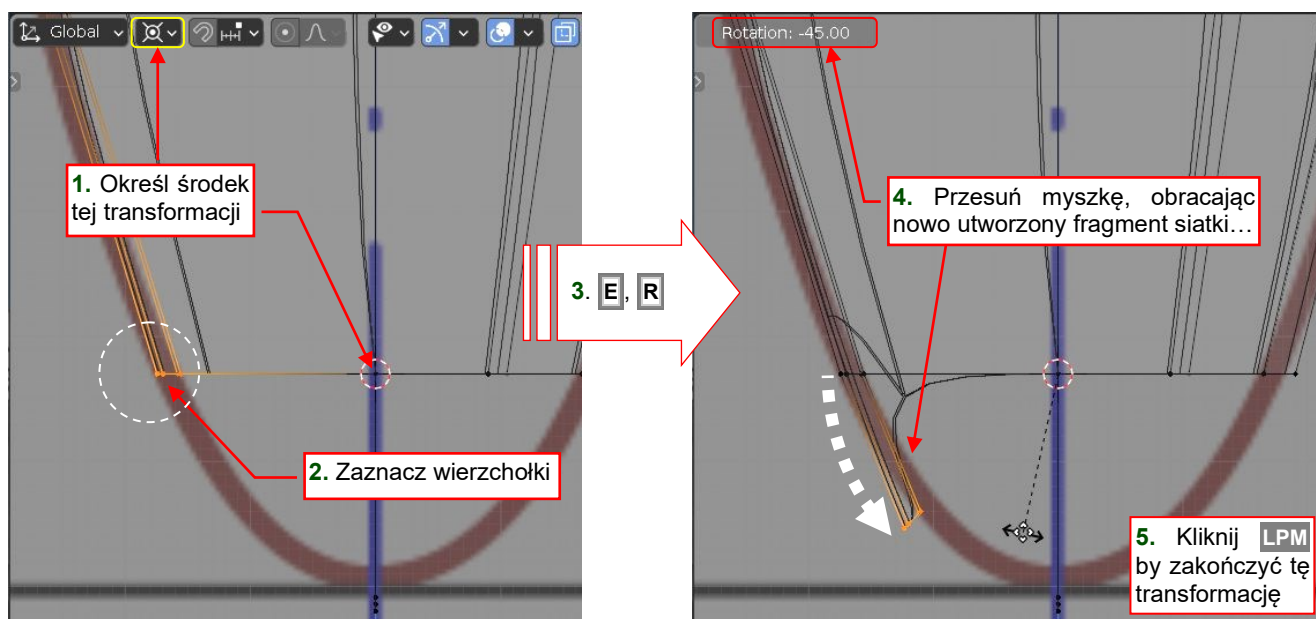
Rysunek 12.6.2 Przesuwanie wzdłuż globalnej osi **X** (**X**) i lokalnej osi **X** (**X**, **X**)

W związku z tym, że obiekt został wcześniej obrócony, jego lokalna oś **X** jest pochylona. Przesunięcie "na bok" zaznaczonych wierzchołków oznacza w tym przypadku przemieszczenie pod kątem (Rysunek 12.6.2c)!

12.7 Obrót (*Rotate*)

Polecenie *Rotate* (*Mesh* → *Transform* → *Rotate*, skrót: **R**) działa w ten sam sposób co w *Object Mode* (por. str. 66-68). Jednak w *Edit Mode* możesz połączyć tę transformację z poleceniem *Extrude*. Rysunek 12.7.1 pokazuje właśnie taki przypadek.

Zaznacz grupę wierzchołków, które chcesz obrócić, oraz ustal środek tej transformacji (*Pivot*) (por. Rysunek 12.7.1a). Możesz wybrać jeden z trybów *Pivot* w liście rozwijalnej z nagłówka okna 3D lub z menu myszki *Pivot*, dostępnym pod skrótem **P** (kropka). W tym przypadku środkiem obrotu będzie *3D Cursor*:



Rysunek 12.7.1 Przygotowanie operacji

Naciśnij **E** by wyciągnąć (*Extrude*) zaznaczone krawędzie, i zaraz potem naciśnij **R**. Przełączysz się w ten sposób w tryb obrotu. Na ekranie pojawi się nowo utworzony segment siatki i kreskowana linia od kursora myszy do środka transformacji. Każde przesunięcie myszy będzie powodować obrót zaznaczonych wierzchołków – proporcjonalnie do zmiany kąta kreskowanej linii (Rysunek 12.7.1b).

Domyślnie obrót następuje w płaszczyźnie aktywnego widoku. W nagłówku aktywnego okna jest wyświetlany aktualny kąt obrotu. Aby zatwierdzić nowe położenie wierzchołków (zakończyć transformację), należy kliknąć **LPM**. Aby zrezygnować z operacji, możesz w każdej chwili nacisnąć **Esc**.

Jeżeli w trakcie obrotu naciśniesz **X**, **Y** lub **Z** – przełączysz się na obrót wokół jednej z tych osi. Po pierwszym naciśnięciu klawisza jest wybrana oś globalna. Jeżeli jednak jeszcze raz naciśniesz ten sam klawisz – przełączysz się na lokalną oś obiektu. To rozróżnienie pomiędzy osią globalną i lokalną ma swój sens wtedy, gdy obiekt jest w jakiś sposób obrócony.



Narzędzie *Rotate* z paska (por. str. 66) jest także dostępne w *Edit Mode*.

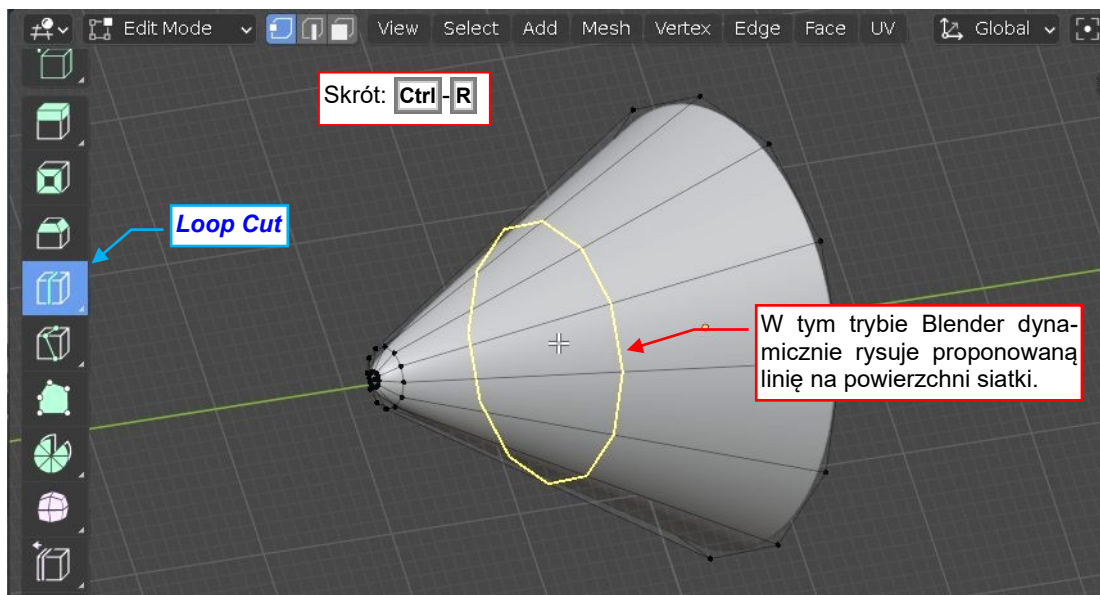
Podczas obrotu możesz dodatkowo trzymać wciśnięty klawisz **Ctrl**. Jeżeli w liście rozwijalnej *Snap* nagłówka okna 3D (por. str. 64) jest wybrany domyślny *Increment*, spowoduje to skokową zmianę kąta obrotu (co 5°). W przypadku na ilustracji powyżej możesz użyć klawisza **Ctrl** by obrócić nowe krawędzie dokładnie o 45°. Jeżeli będziesz trzymał wciśnięty klawisz **Shift** – zmiana obrót na ekranie "wyhamuje", pozwalając na dokładniejsze ustalenie kąta. Wreszcie kombinacja obydwu – **Shift** i **Ctrl** – umożliwia skokową zmianę obrotu o niewielkie wartości (np. co 0.5°).

12.8 Wstawienie nowej linii wierzchołków (Loop Cut)

Operacja polega na wstawieniu nowej linii wierzchołków (*edge loop*) pomiędzy istniejące linie siatki.

Możesz wywołać to polecenie z menu okna 3D: **Edge → Loop Cut and Slide** lub używając jego skrótów (**Ctrl-R**).

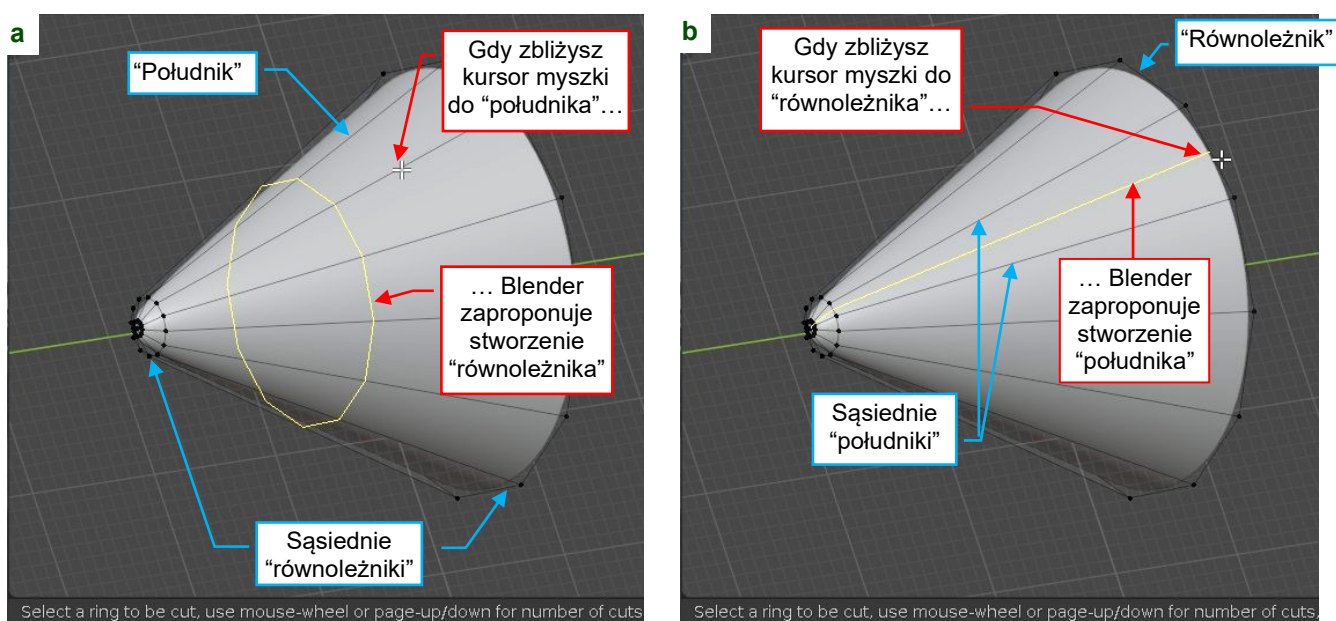
W pasku narzędzi także znajdziesz narzędzie **Loop Cut** (Rysunek 12.8.1):



Rysunek 12.8.1 Wywołanie polecenia **Loop Cut**

Najpierw masz wybrać, w jakim kierunku i pomiędzy którymi liniami chcesz wstawić nowy rząd wierzchołków. W zależności od tego, gdzie ustawisz mysz, Blender pokazuje aktualną możliwość za pomocą fioletowej linii.

Dla uproszczenia tłumaczenia, nazwijmy okręgi na siatce stożka „równoleżnikami”, a krawędzie do nich poprzeczne – „południkami”. Rysunek 12.8.2a) pokazuje, że gdy zbliżysz kursor do jakiegoś „południka” siatki, Blender zaproponuje utworzenie nowego „równoleżnika”. Ta nowa linia zostanie utworzona pomiędzy dwoma sąsiednimi „równoleżnikami”, które są najbliższe kursora. Jeżeli z kolei zbliżysz kursor w pobliżu „równoleżnika” – Blender zaproponuje nowy „południk” (Rysunek 12.8.2b):



Rysunek 12.8.2 Wybór kierunku i pary sąsiednich linii

Wybór kierunku i sąsiednich linii siatki zatwierdzasz kliknięciem **LPM**.

Stwórzmy nowy "równoleżnik" (Rysunek 12.8.2a). Po kliknięciu **LPM** Blender wstawi w zaznaczony obszar nową linię wierzchołków (Rysunek 12.8.3). Teraz każde przesunięcie myszy przesuwa tę linię po powierzchni siatki – jak w poleceniu *Edge Slide* (por. str. 513).



Narzędzie *Loop Cut* z paska i polecenie z menu różnią się od siebie. Po wywołaniu polecenia z paska, poruszaj myszką z wciśniętym **LPM**, aby przesuwać nową linię po siatce.

W nagłówku okna 3D program wyświetla % dystansu pomiędzy sąsiednimi krawędziami. (0% odpowiada krawędzi leżącej dokładnie równej odległości od najbliższych „południków”). Aby zakończyć całą operację, naciśnij powtórnie **LPM**. Oczywiście, w każdej chwili możesz z niej zrezygnować, naciskając **Esc**.

W przypadku narzędzia z paska Blender kończy aktualną operację gdy zwolnisz **LPM**. Nie możesz jej przerwać klawiszem **Esc**.

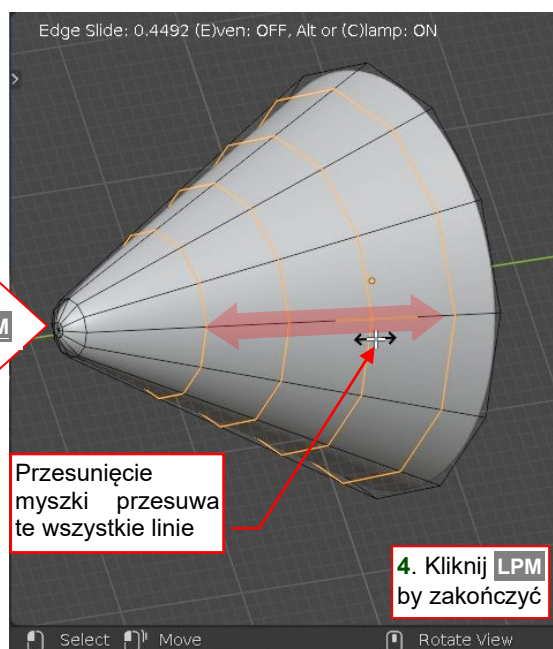
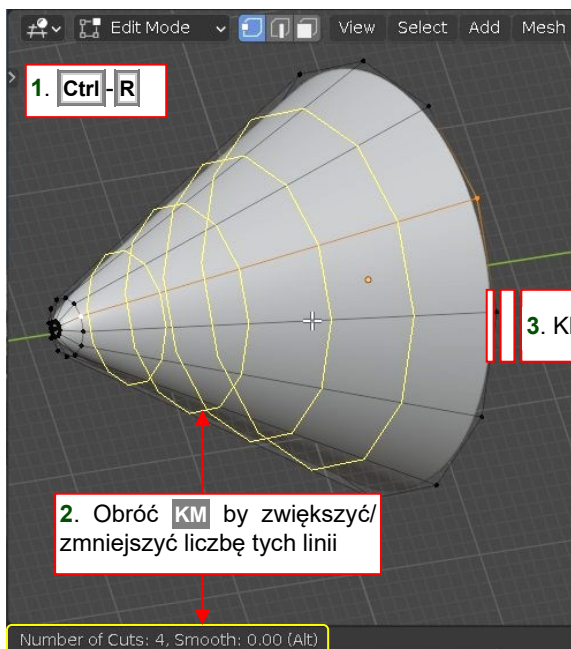


Rysunek 12.8.3 Przesuwanie nowej linii wierzchołków po powierzchni siatki



Jako "stary blenderowiec", wolę używać wariantu polecenia *Loop Cut* z menu (skrót: **Ctrl-R**).

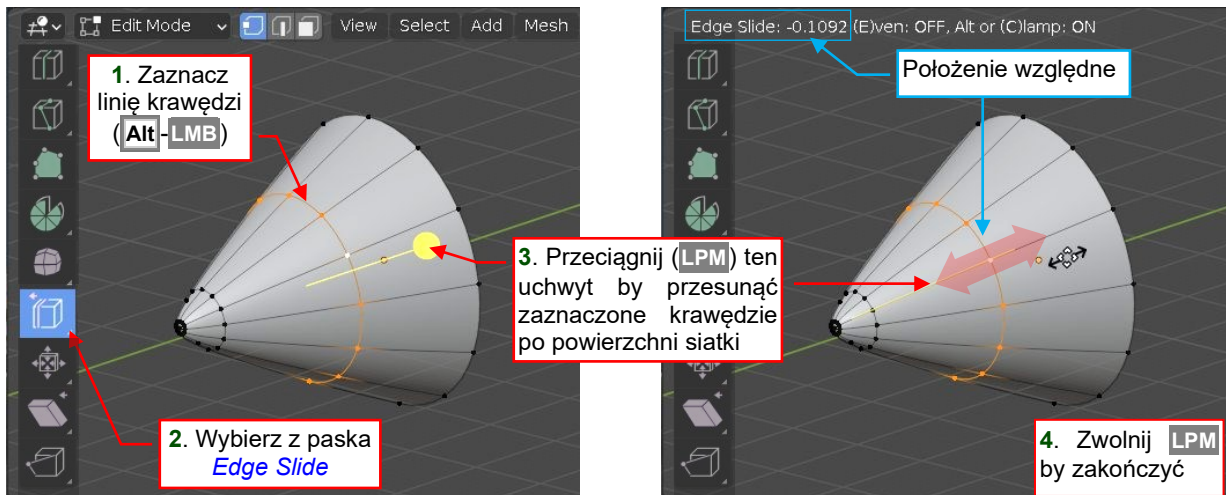
Wariant z menu polecenia *Loop Cut and Slide* udostępnia dodatkową możliwość: możesz stworzyć naraz wiele linii krawędzi. Wystarczy obrócić **KM** przed kliknięciem myszki (Rysunek 12.8.4):



Rysunek 12.8.4 Tworzenie wielu linii krawędzi naraz

12.9 Przesuwanie linii wierzchołków (*Edge Slide*)

Operacja polega na przesunięciu po ścianach siatki jednej z jej linii wierzchołków (*edge loop*) w nowe położenie. Zaznacz linię wierzchołków, który ma być przesunięta. Te wierzchołki muszą być połączone krawędziami, więc zaznaczaj używaj **Alt** - **PPM**. Następnie wywołaj z menu polecenie *Mesh → Edges → Edge Slide* (nie ma bezpośredniego skrótu – por. niżej) lub użyj narzędzia *Edge Slide* z paska (Rysunek 12.9.1).



Rysunek 12.9.1 Użycie narzędzia *Edge Slide*

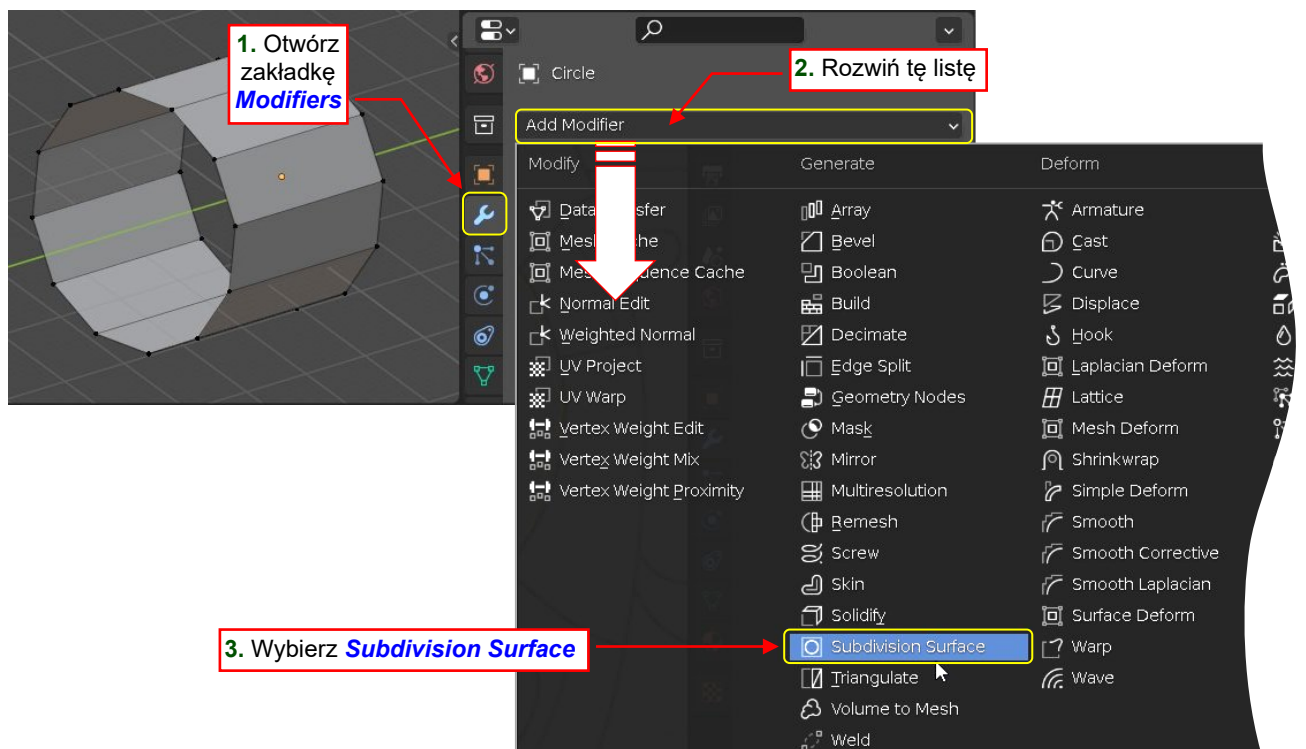
To narzędzie z paska rysuje żółty „drażek” zakończony okrągłym uchwytem. „Złap i przeciągnij” ten uchwyt myszką. Dopóki trzymasz wciśnięty **LPM**, przesunięcie myszki przesuwają zaznaczoną linię krawędzi. Blender wyświetla jej względną pozycję w nagłówku aktywnego okna 3D. Gdy *Edge Slide* = 0.0, przesuwana krawędź znajduje się w oryginalnym położeniu. Gdy zbliżymy ją do linii z prawej (Rysunek 12.9.1), kształt będzie zmniejszał, aż w końcu stanie się identyczny z lewym rzędem (*Edge Slide* = -1.0). Gdy zbliżymy zaznaczoną linię do linii z lewej, kształt będzie proporcjonalnie się zmniejszał, aż stanie się taki sam jak lewa krawędź (*Edge Slide* = +1.0). Zwolnij **LPM** by zakończyć tę operację.

Możesz także wywołać drugi wariant tego polecenia używając skrótu **Ctrl-E**, który otwiera menu *Edges* w pobliżu kursora myszki (jako tzw. *popup menu*). Następnie możesz wybrać polecenie *Edge Slide* za pomocą wewnętrznego skrótu tego menu: **G**¹. W tym wariantcie nie musisz „łapać” żadnego uchwyty ani trzymać wciśnięty **LPM**. Blender przesuwa tu zaznaczone krawędzie za każdym przesunięciem myszki. Aby zakończyć tę operację, kliknij **LMB**. Możesz ją zawsze przerwać naciskając **Esc**.

¹ Czyli sekwencja klawiszy do wywołania tej wersji *Edge Slide* to **Ctrl-E, G**. To dość kłopotliwy skrót dla tak podstawowego polecenia!

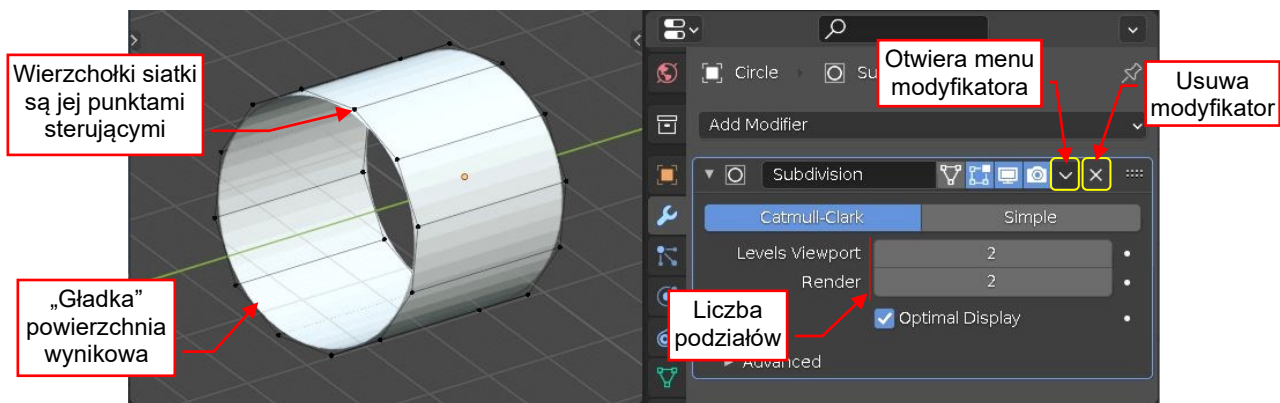
12.10 Wygładzanie siatki (*Subdivision Surface*)

W oknie *Properties* przejdź do zakładki *Modifiers* i rozwiń tam listę *Add Modifier*. Spośród dostępnych "modyfikatorów" siatki wybierz *Subdivision Surface* (Rysunek 12.10.1):



Rysunek 12.10.1 Dodanie modyfikatora wygładzenia siatki (*Subdivision Surface*)

Dodanie modyfikatora wygładziło powierzchnię – wszystkie narożniki uległy zaokrągleniu. W rezultacie podziału oryginalnych 12 ścian jest ich teraz 192. To tak zwana "powierzchnia podziałowa". Wierzchołki oryginalnej siatki pełnią rolę tzw. punktów sterujących (*control points*). Możesz zmienić kształt powłoki, zmieniając ich położenie. Jednocześnie w zestawie *Modifiers* pojawiła się panel z parametrami tego modyfikatora (Rysunek 12.10.2):




Rysunek 12.10.2 Modyfikator *Subdivision Surface*

Proponuję ustalać liczbę podziałów powierzchni (*Levels*) na **1**, **2**, w wyjątkowych przypadkach 3. To zapewni odpowiedni kompromis pomiędzy liczbą ścian a wizualną „gładkością” wynikowej powierzchni. Zwróć uwagę, że możesz w każdej chwili zmienić liczbę podziałów powierzchni. To może mieć znaczenie, gdy dla potrzeb gry chcesz mieć model o jak najmniejszej liczbie ścian. Dzięki *Subdivision Surfaces* możesz używać tego samego modelu raz w roli „dokładnego” (więcej ścian), a innym razem – „uproszczonego” (mniej ścian).



Więcej szczegółów o powierzchniach podziałowych znajdziesz w sekcji 16.2, str. 632.

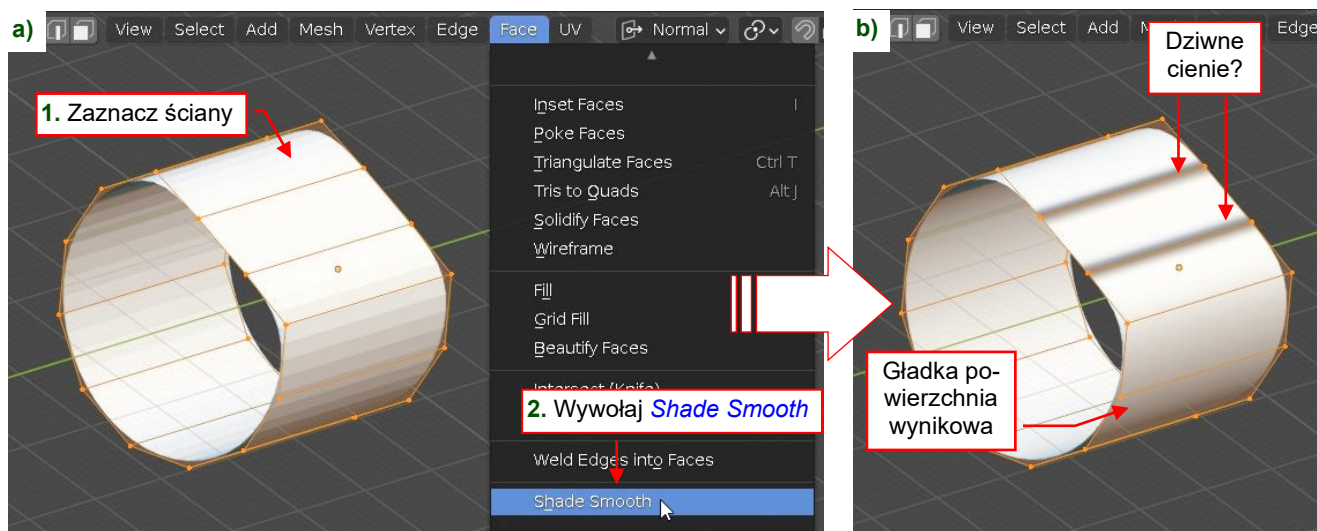
Rezultaty modyfikatorów obiektów, jak *Subdivision Surface*, są „dynamiczne” (odwracalne). Wystarczy, że usuniesz taki modyfikator, klikając w mały przycisk  w lewym, górnym narożniku jego paneli (Rysunek 12.10.2). Wówczas wygładzona powierzchnia zniknie, i pozostaniesz z powrotem z podstawową siatką.

Możesz także „utrwalić” podział siatki, wybierając polecenie *Apply* z menu modyfikatora (dostępne pod strzałką, którą pokazuje Rysunek 12.10.2). Spowoduje to usunięcie modyfikatora i trwałe przyjęcie przez siatkę kształtu powierzchni podziałowej.



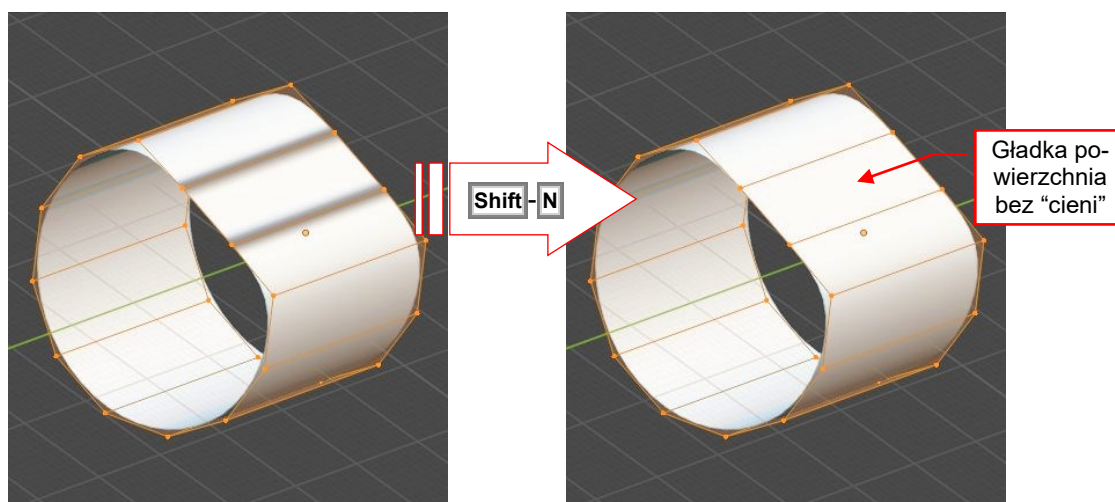
Przed wywołaniem polecenia *Apply* dla modyfikatora, przełącz się do *Object Mode* (**Tab**).

Początkowo cienie na wygładzonej siatce zdradzają przebieg krawędzi elementarnych ścian (Rysunek 12.10.1). Aby temu zaradzić, zmienimy model cieniowania. Zaznacz wszystkie wierzchołki siatki (naciskając **A**). Następnie wywołaj polecenie *Face → Shade Smooth* (Rysunek 12.10.3a):



Rysunek 12.10.3 Zmiana modelu cieniowania na "gładki"

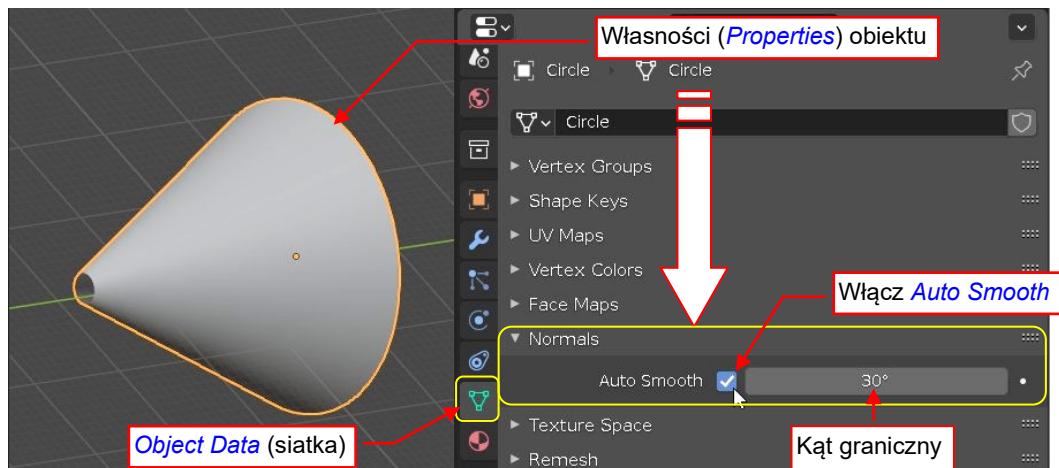
Czasami zobaczysz na powierzchni ciemne cienie, biegnące wzdłuż oryginalnych krawędzi. To rezultat niewłaściwego skierowania wektorów normalnych w niektórych wierzchołkach siatki! Na szczęście łatwo jest to skorygować. Naciśnij **Shift-N** (*Mesh → Normals → Recalculate Outside*). Rysunek 12.10.4 przedstawia rezultat:



Rysunek 12.10.4 Uporządkowanie kierunku normalnych

I tym razem rezultat (Rysunek 12.10.4) jest już tym, o co nam chodziło – gładką powierzchnią, bez załamania i cieni w miejscu podziału ścian.

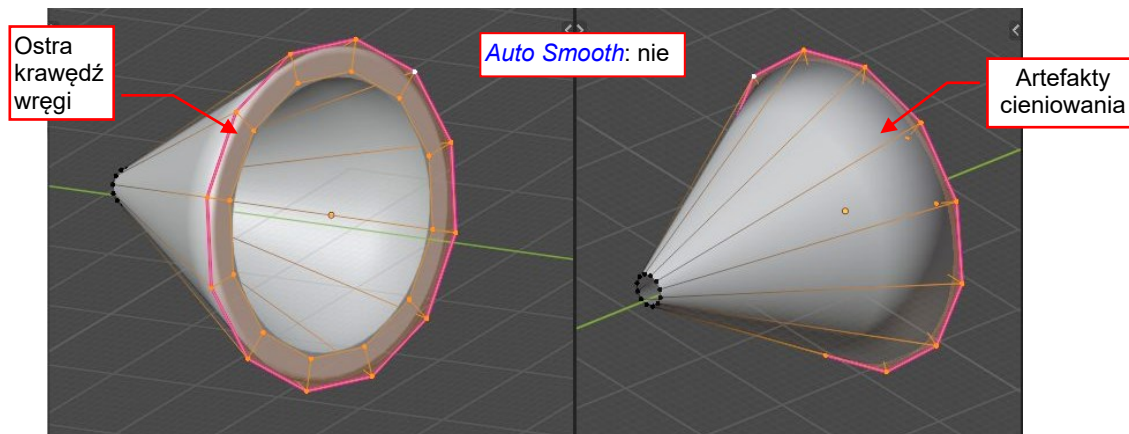
Po przełączeniu trybu cieniowania ścian na **Shade Smooth**, wykonaj dodatkowy krok w oknie **Properties**, zakładce **Object Data**. Znajdź tam panel **Normals** i włącz w niej opcję **Auto Smooth** (Rysunek 12.10.5):



Rysunek 12.10.5 Włączenie w siatce opcji **Auto Smooth**

To opcja “inteligentnego cieniowania”. Gdy jest włączone **Shade Smooth**, cieniuje jako „płaskie” (ostre) krawędzie łączące ściany pod kątem większym od progu podanego w panelu **Normals**.

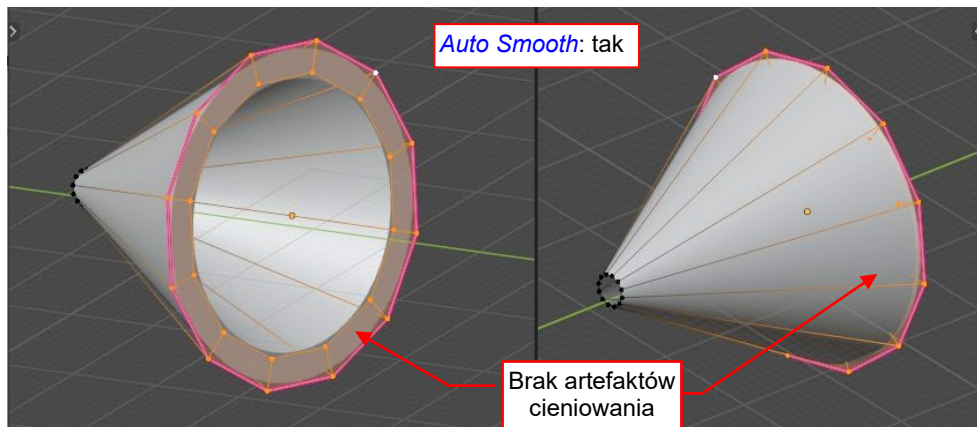
Jak to działa? Załóżmy, że wyłączasz opcję **Auto Smooth** i dodajesz do podstawy stożka pokazywanego przez Rysunek 12.10.5 dodatkową wręgę (Rysunek 12.10.6) :



Rysunek 12.10.6 Ostre krawędzie (**Auto Smooth** wyłączone)

W tym przypadku Blender stara się cieniować ostrą zewnętrzną krawędź tej wręgi jako „gładką”. To tworzy widoczne artefakty, wyglądające jak dziwne cienie.

Te artefakty znikają, gdy włączysz opcję **Auto Smooth** (Rysunek 12.10.7):

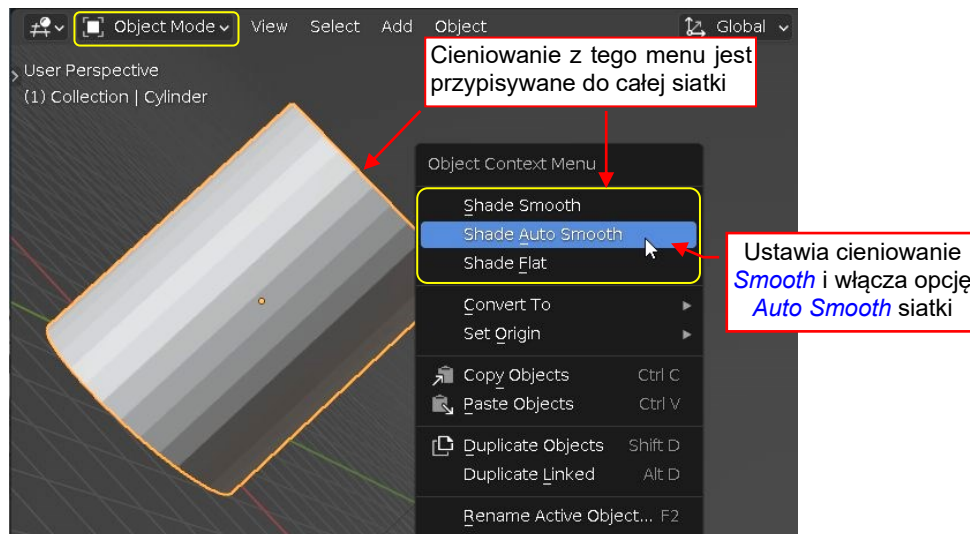


Rysunek 12.10.7 Ostre krawędzie (**Auto Smooth** włączone)



Możesz się z powrotem przełączyć z cieniowania “gładkiego” na “płaskie” poleceniem **Face → Shade Flat**. W tym trybie wszystkie krawędzie są „ostre” (por. Rysunek 12.10.1 lub Rysunek 12.10.2).

W **Object Mode** tryby cieniowania siatki są dostępne w menu kontekstowym (**PPM**):



Rysunek 12.10.8 Tryby cieniowania siatki w menu kontekstowym obiektu

W tym trybie polecenia **Shade *** są stosowane do całej siatki obiektu. Zwróć uwagę na trzecie polecenie: **Shade Auto Smooth**. Ta komenda ustawia cieniowanie **Smooth** dla wszystkich ścian siatki i włącza jej opcję **Normals:Auto Smooth**. Z okna parametrów tego polecenia (**F9**) możesz nawet ustawić kąt graniczny.

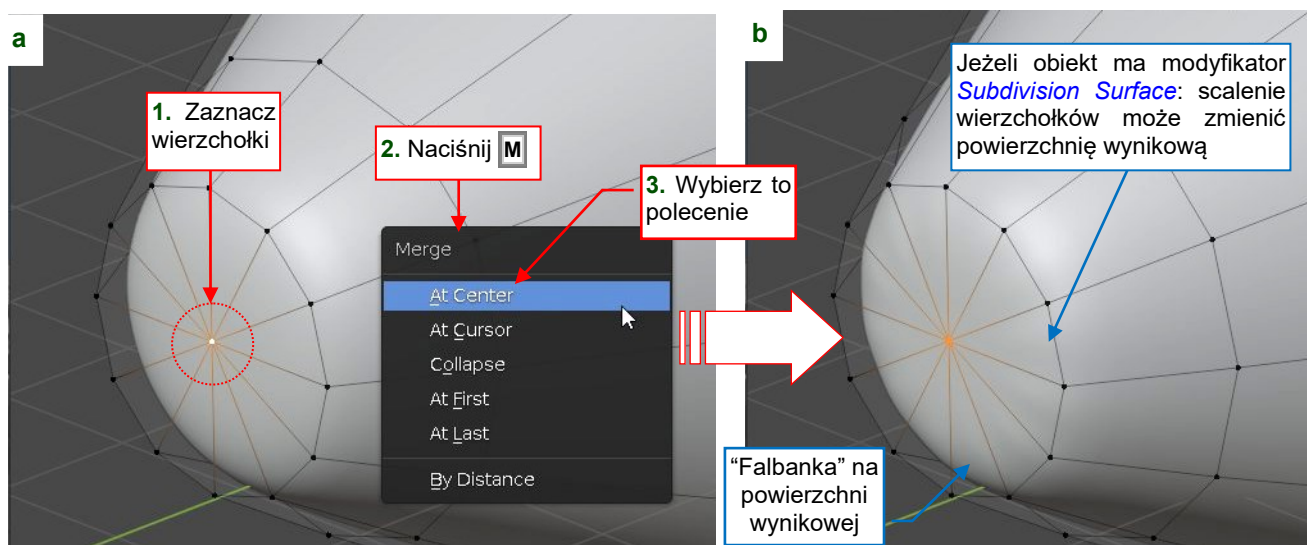
Na koniec wskazówka związana z cieniowaniem:



Różne obszary tej samej siatki mogą używać różnych metod cieniowania (jedne mogą być “gładkie”, inne – “płaskie”). Aby uzyskać ten efekt, zaznacz tylko część ścian siatki przed wywołaniem polecenia **Shade Smooth** lub **Shade Flat**.

12.11 Scalanie wierzchołków (*Merge*)

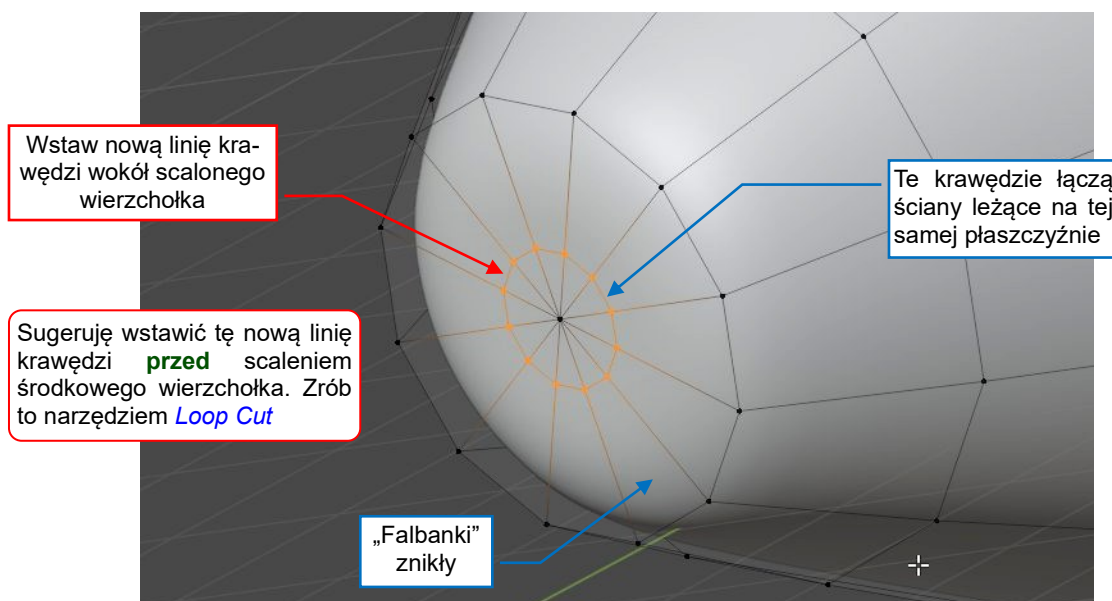
Zaznacz wierzchołki, które powinny zostać scalone w jeden. Mogą się na siebie nakładać, więc zaznacz je narzędziem *Box* lub *Circle*, z włączoną opcją *X-Ray* (por. str. 48). Następnie naciśnij **M** (otwiera menu *Mesh → Merge*). Wybierz z niego polecenie *At Center* (Rysunek 12.11.1a):



Rysunek 12.11.1 Scalanie wierzchołków

Wizualnie podstawowa siatka pozostaje bez zmian (tylko znikła biała kropka aktywnego wierzchołka). Jeżeli jednak ten obiekt używa modyfikatora *Subdivision Surface*, po połączeniu zobaczysz małą, płaską „falbankę” w środku każdej trójkątnej ściany (Rysunek 12.11.1b). Przed scaleniem, te ściany topologicznie były czworokątami. Taka wypukłość pojawia się na powierzchniach podziałowych wygenerowanych z połączenia ściany trójkątnej z czworokątną). Wypukłość tych „falbanek” zależy od kąta połączenia tych ścian. Znika całkowicie dla kąta wynoszącego 180° (tzn., gdy połączone ściany leżą na tej samej płaszczyźnie).

Aby uniknąć tego efektu, stwórz wokół scalonego wierzchołka nową linię krawędzi. Teraz kąt pomiędzy trójkątnymi ścianami w centrum i przylegającymi do nich ścianami czworokątnymi będzie 180° (Rysunek 12.11.2):



Rysunek 12.11.2 Usuwanie „falbanek” powierzchni podziałowej

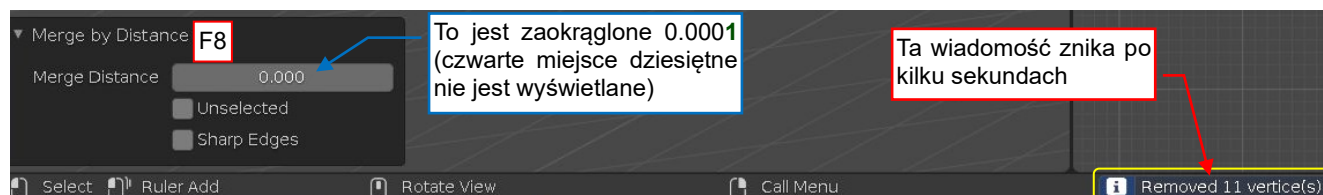


Scalanie wierzchołków często tworzy ściany trójkątne. Najlepiej, aby były jakiejś płaskiej powierzchni.

Alternatywnie możesz wybrać inne polecenie scalania, które przydaje się od czasu do czasu do „oczyszczenia” siatki z zapomnianych, nakładających się na siebie wierzchołków. Zrób tak:

1. Zaznacz wszystkie wierzchołki siatki ([Select→All](#) lub **A**).
2. Wywołaj polecenie [Mesh→Merge→By Distance](#).

Zazwyczaj nie potrzebujesz zmieniać domyślnej odległości „granicznej” (= 0.0001). Po wykonaniu tej funkcji, Blender informuje o liczbie scalonych wierzchołków w pasku stanu (Rysunek 12.11.3):



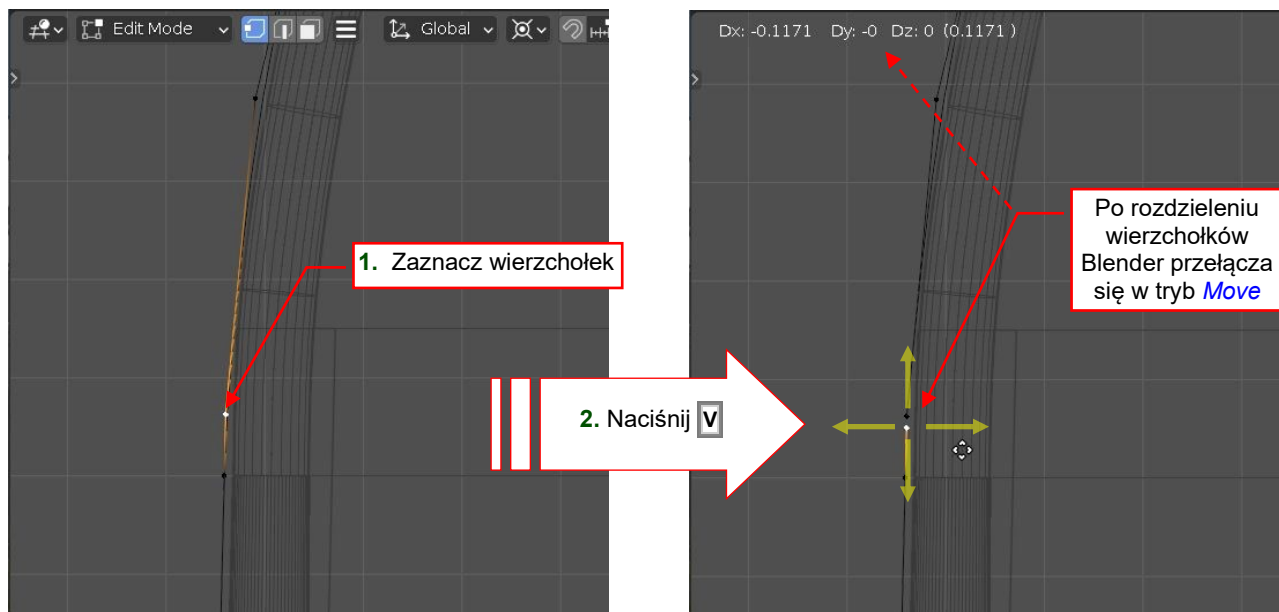
Rysunek 12.11.3 Parametry i komunikat polecenia [Merge by Distance](#)



Komunikaty w pasku stanu znikają po kilku sekundach. Jednak nadal możesz je znaleźć w dzienniku poleceń sesji wyświetlanym w oknie [Info](#) (patrz w liście rozwijalnej typów edytora, kolumnie [Scripting](#)).

12.12 Rozdzielenie wierzchołków (*Rip*)

Zaznacz wierzchołek i wywołaj polecenie *Vertex → Rip Vertices* (skrót: **V**):



Rysunek 12.12.1 Rozdzielenie wierzchołka siatki

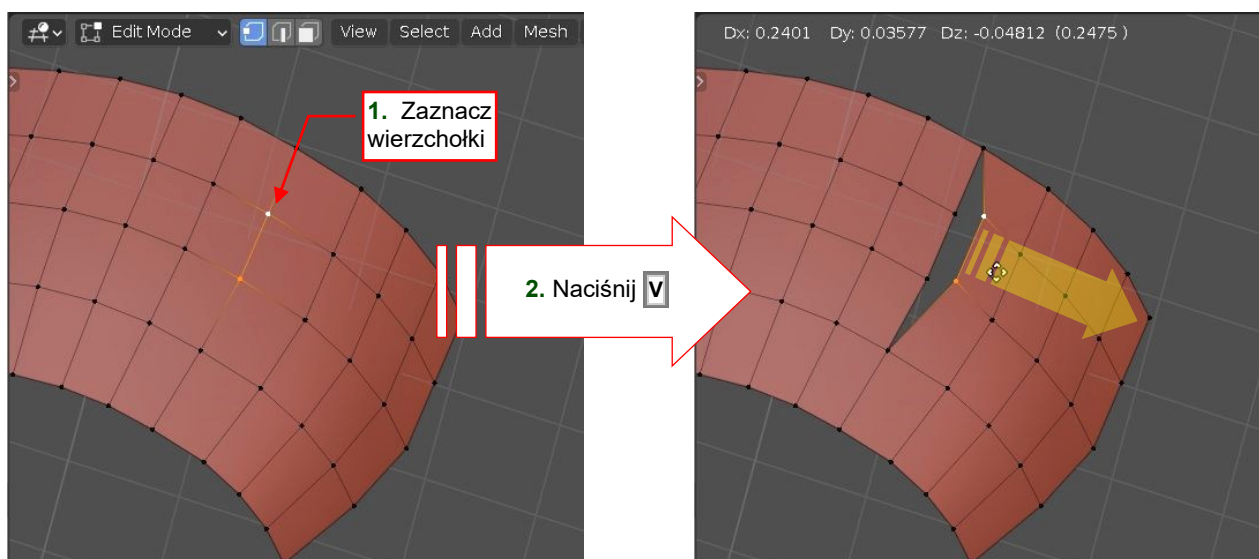
Blender tworzy kopie zaznaczonych wierzchołków i rozłącza w tym miejscu krawędzie siatki. Początkowo nowo utworzone wierzchołki znajdują się w oryginalnym położeniu. Blender automatycznie przełącza się w tryb *Move* (por. str. 503), więc możesz je zaraz rozsunać. Możesz tu także używać takich samych skrótów. Na przykład, klawisz **Z** ogranicza przesunięcie do osi **Z**, a trzymanie wciśniętego klawisza **Ctrl** włącza tryb „skoku” (*Snap*).



Jeżeli chcesz pozostawić te zdublowane wierzchołki w oryginalnym położeniu – naciśnij **Esc** zaraz po wywołaniu polecenia *Vertex → Rip Vertices*.

Sugeruję jednak zawsze odsunąć je choć trochę, aby uniknąć trudności z późniejszym zaznaczaniem tych wierzchołków.

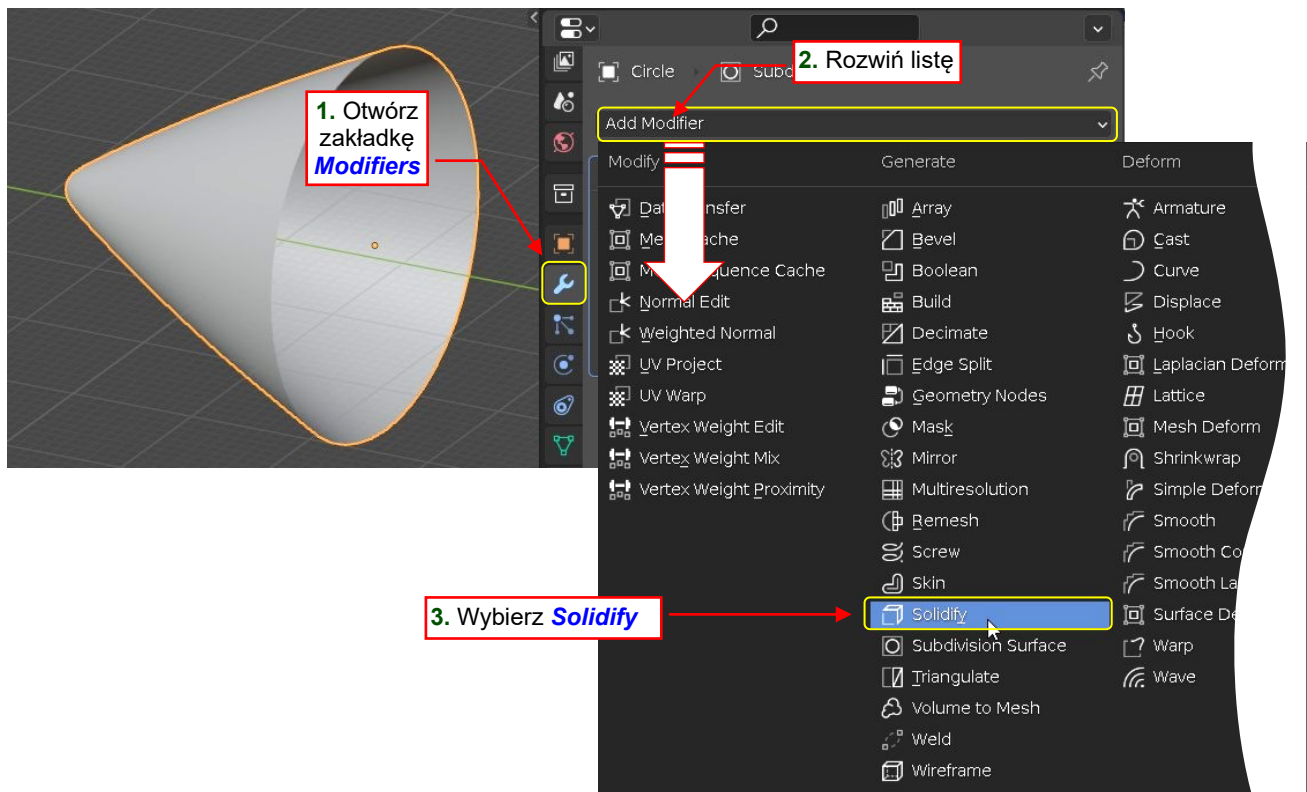
Gdy użyjesz polecenia *Rip* dla wierzchołków łączących ściany, to rozdzieli te ściany wzdłuż ich wspólnej krawędzi (Rysunek 12.12.2):



Rysunek 12.12.2 Rozdzielenie krawędzi siatki

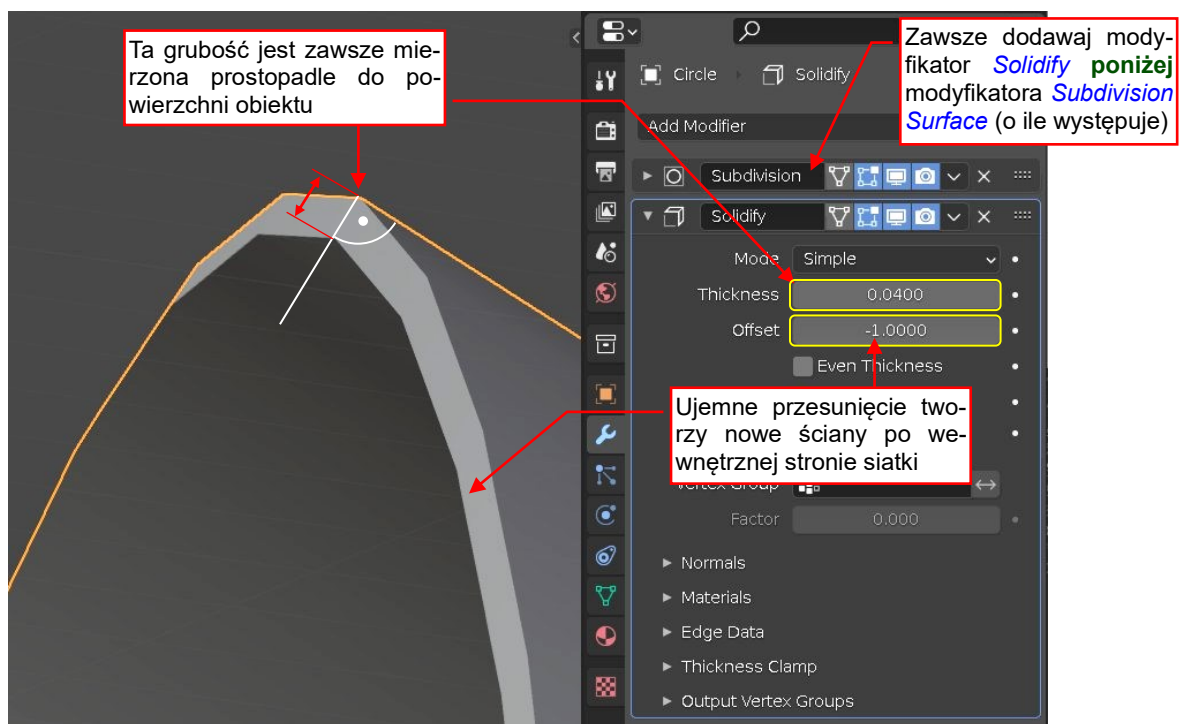
12.13 Pogrubienie (**Solidify**)

W oknie **Properties** przejdź do zakładki **Modifiers** i rozwiń tam listę **Add Modifier**. Spośród dostępnych "modyfikatorów" siatki wybierz **Solidify** (Rysunek 12.13.1):



Rysunek 12.13.1 Dodanie modyfikatora **Solidify**

To tworzy kopię powierzchni obiektu, której ściany są przesunięte wzdłuż lokalnych wektorów normalnych o zadeklarowaną grubość (**Thickness** – Rysunek 12.13.2). Blender tworzy także ich obramowanie:



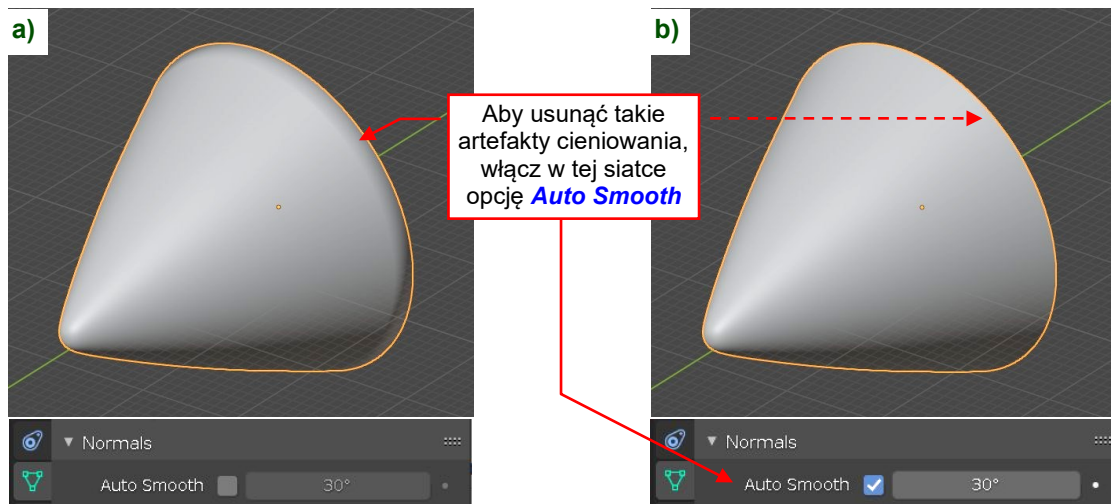
Rysunek 12.13.2 Sterowanie szerokością pogrubienia

Wartość **Offset** steruje względnym położeniem wygenerowanej powierzchni.



Gdy **Offset** = 0, zewnętrzne ściany są odsunięte o $0.5 \cdot \text{Thickness}$ ponad oryginalną powłokę obiektu, a wewnętrzne ściany są $0.5 \cdot \text{Thickness}$ poniżej. **Offset** = -1 oznacza, że zewnętrzne ściany leżą na oryginalnej powłoce, a wewnętrzne są $1.0 \cdot \text{Thickness}$ poniżej. Oczywiście, możesz tu używać różnych wartości **Offset** z zakresu [-1.0 .. 1.0].

Jeżeli po dodaniu modyfikatora **Solidify** zauważysz dziwne cienie wzdłuż zewnętrznych krawędzi powierzchni (Rysunek 12.13.3a). W takim przypadku, sprawdź w oknie **Properties**, zakładce **Object Data**, opcję **Auto Smooth** (w panelu **Normals**):



Rysunek 12.13.3 Wpływ opcji **Auto Smooth**

Powinna być zawsze włączona, jak pokazuje to Rysunek 12.13.3b).



Ten modyfikator ma wiele innych opcji. Pełen opis znajdziesz w sekcji [“Modeling: Modifiers: Solidify Modifier” podręcznika online Blendera](#).

12.14 Prostowanie linii wierzchołków

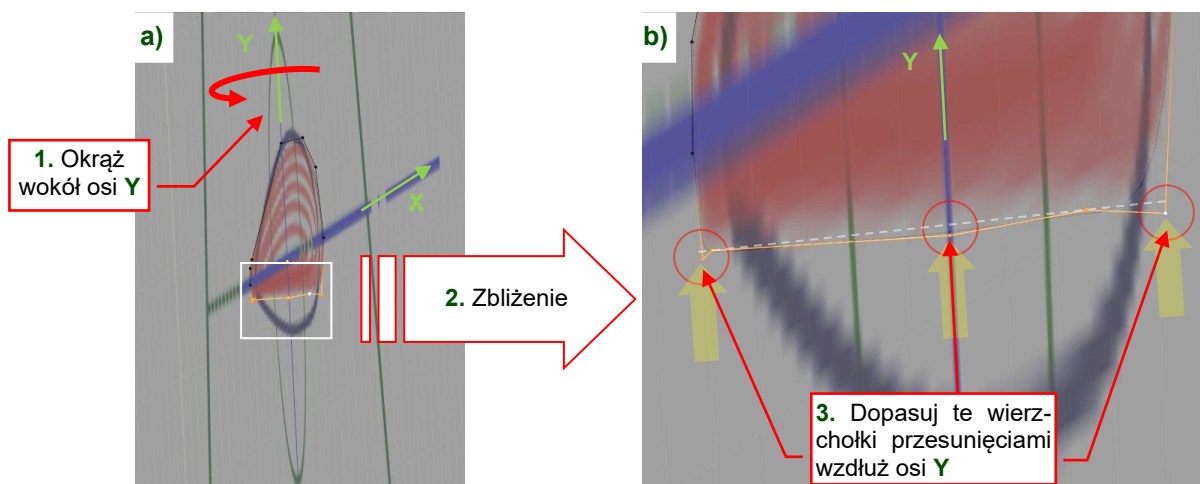
Uzyskanie prostej, poziomej lub pionowej linii krawędzi jest proste: wystarczy zmniejszyć do 0 skalę jej wierzchołków wzdłuż prostopadłej osi (por. str. 506)¹. Uzyskaną poziomą lub pionową linię można potem obrócić, aby uzyskać ukośny ciąg wierzchołków. Oczywiście, istnieją jeszcze inne metody na osiągnięcie podobnego rezultatu. Jednak w tej sekcji chcę pokazać dwie metody, które stosuję w praktyce.

Powiedzmy, że odtwarzamy kontur profilu płasko-wypukłego za pomocą pojedynczej linii wierzchołków wygładzonej modyfikatorem *Subdivision Surface*. Kontur na rysunku referencyjnym jest obrócony, więc jego płaski dolny obrys jest ukośny. Mamy przybliżyć ten kształt linią złożoną z kilku odcinków (Rysunek 12.14.1). Po przesunięciu i kilku poprawkach w rzucie z boku, udało mi się ustawić krawędzie siatki w coś, co przypomina linię prostą. Jednak, gdy się jej przyglądam uważniej, wciąż widzę niewielkie odchylenia:



Rysunek 12.14.1 Sformułowanie problemu: prosta krawędź na dolnym obrusie profilu

W takim przypadku najprostszym sposobem na zwiększenie dokładności jest zmienić projekcję okna 3D. „Okrąż” kontur wokół osi **Y** tego widoku z boku, aby widzieć ten profil pod ostrym kątem (Rysunek 12.14.2a). Zbliź się do modyfikowanego obszaru siatki (Rysunek 12.14.2b):



Rysunek 12.14.2 Dopasowanie do konturu widzianego pod kątem ostrym

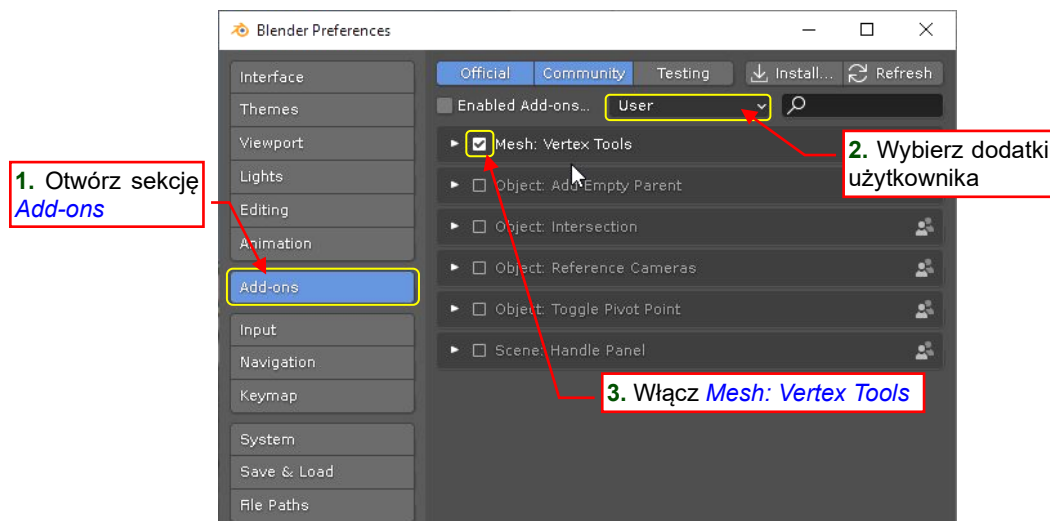
Teraz możesz lepiej widzieć wszystkie drobne odchylenia od konturu narysowanego na planach. Skoryguj je przesuwając poszczególne wierzchołki wzdłuż osi **Y** (**G**, **Y**).



Ta prosta metoda jest wystarczająco dokładna w większości przypadków. Można ją także stosować do dopasowywania do **konturów zakrzywionych**. W ich przypadku ogranicz przesunięcia wierzchołków do płaszczyzny rysunku referencyjnego (na ilustracji powyżej byłby to skrót **G**, **Shift-Z**).

¹ Mam na myśli następujące kroki: 1. Zaznacz wierzchołki które mają utworzyć linię prostą. 2. Przełącz tryb *Transformation Pivot* na *Bounding Box Center*. 3. Zmniejsz do 0 skalę wzdłuż prostopadłej osi (globalnej lub lokalnej)

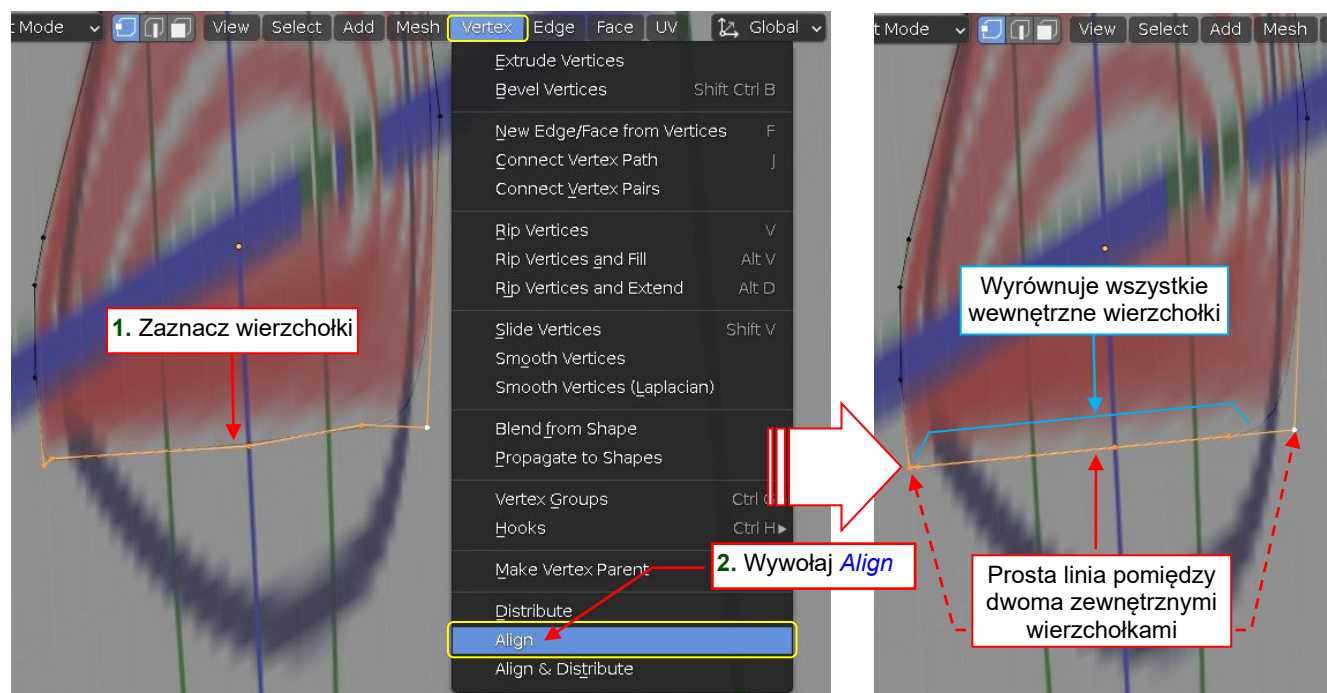
Jeśli chcesz uzyskać „matematycznie prostą” linię krawędzi, możesz to szybko zrobić za pomocą wtyczki [Vertex Tools](#). To jeden z dodatków umieszczonych w archiwum [source.zip](#), towarzyszącemu tej książce (por. str. 19). Jeżeli skonfigurowałeś Blendera i pliki skryptów wg sekcji 10.6 (str. 435), wystarczy tylko aktywować tę wtyczkę w sekcji [Add-ons](#) okna [Edit → Preferences](#) (Rysunek 12.14.3):



Rysunek 12.14.3 Włączenie wtyczki [Vertex Tools](#)

Jeżeli nie skopiowałeś tych plików konfiguracji Blendera, musisz najpierw zainstalować ten dodatek. Zrób to tak, jak opisano w sekcji 10.10 (str. 443), instalując plik: `source\Blender cfg\scripts\addons\mesh_vertex_tools.py`. Po aktywowaniu, [Vertex Tools](#) dodaje trzy nowe polecenia u dołu menu [Vertex](#).

Aby wyprostować linię krawędzi, zaznacz jej wierzchołki i wywołaj polecenie [Vertex → Align](#) (Rysunek 12.14.4):



Rysunek 12.14.4 Prostowanie linii wierzchołków poleceniem [Vertex → Align](#)

W odpowiedzi, wtyczka wyrównuje położenia wewnętrznych wierzchołków zaznaczonej linii krawędzi, tak że leżą one na linii prostej łączącej dwa najdalsze zaznaczone wierzchołki.

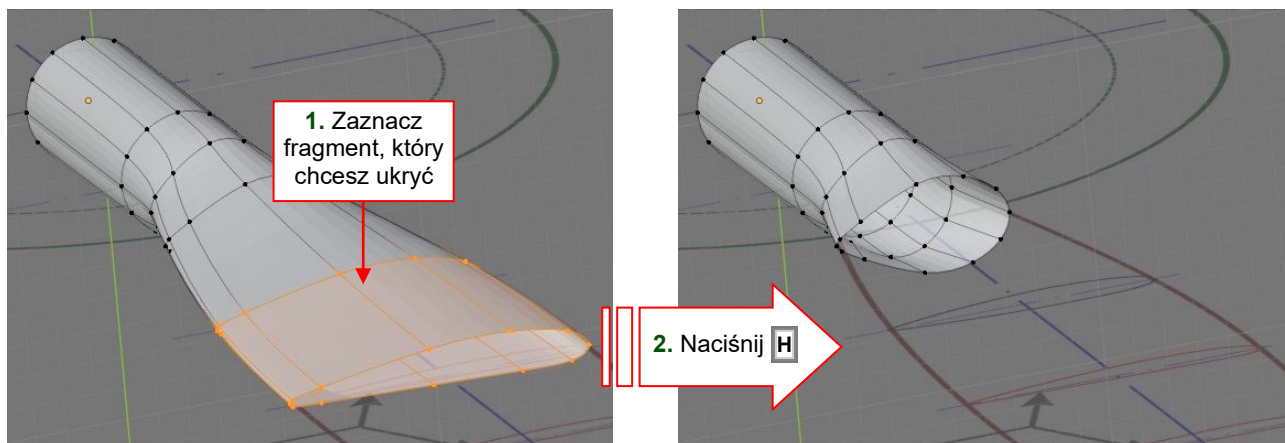


Aby uniknąć ewentualnych „skutków ubocznych” tego wyrównywania, sugeruję wywoływać to polecenie dla wstępnie wyrównanych linii wierzchołków, tak jak na ilustracji powyżej.

12.15 Tymczasowe ukrywanie elementów siatki (**Hide Selected**)

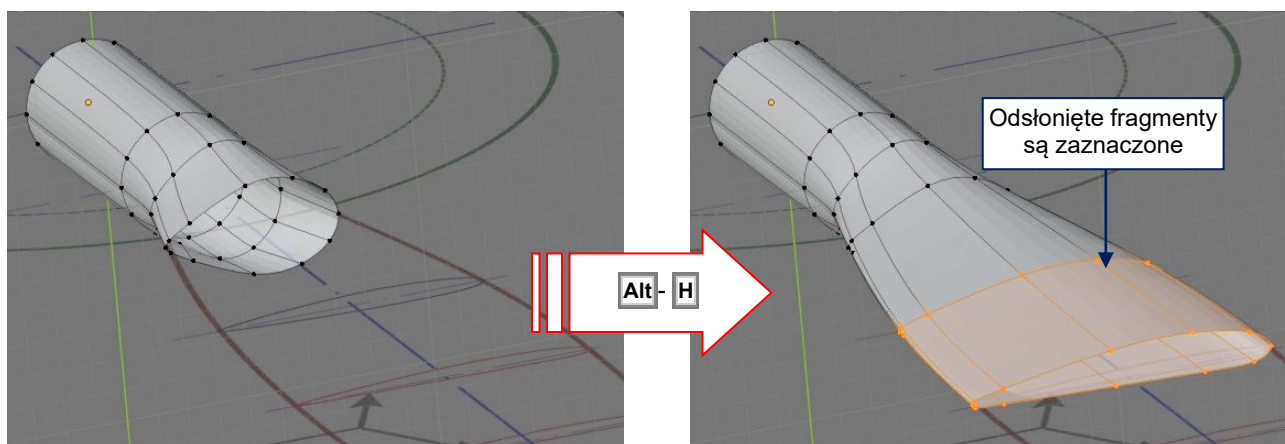
Czasami przydaje się tymczasowo ukryć część siatki. Możesz to zrobić za pomocą poleceń z submenu **Mesh→Show/Hide**.

Aby ukryć część siatki: zaznacz ją, a potem naciśnij **H** (**Mesh→Show/Hide→Hide Selected**):



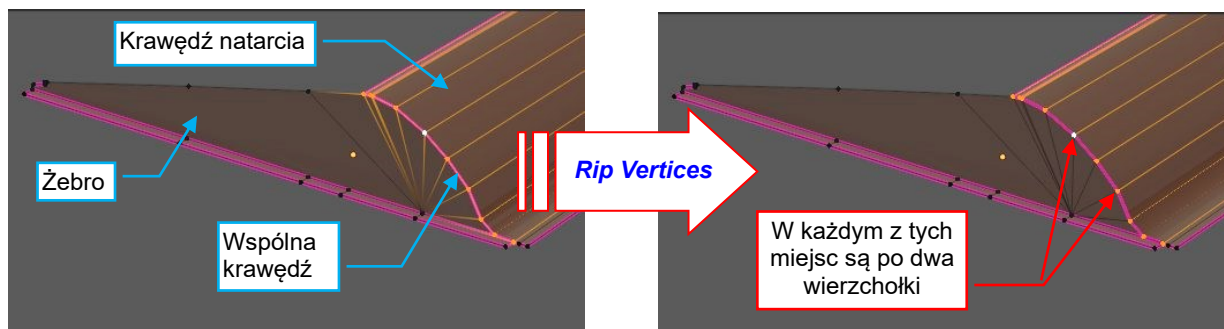
Rysunek 12.15.1 Tymczasowe ukrywanie części siatki

Naciśnięcie **Alt-H** (**Show/Hide→Reveal Hidden**) przywraca widoczność wszystkim ukrytym elementom:



Rysunek 12.15.2 Odsłanianie ukrytych części siatki

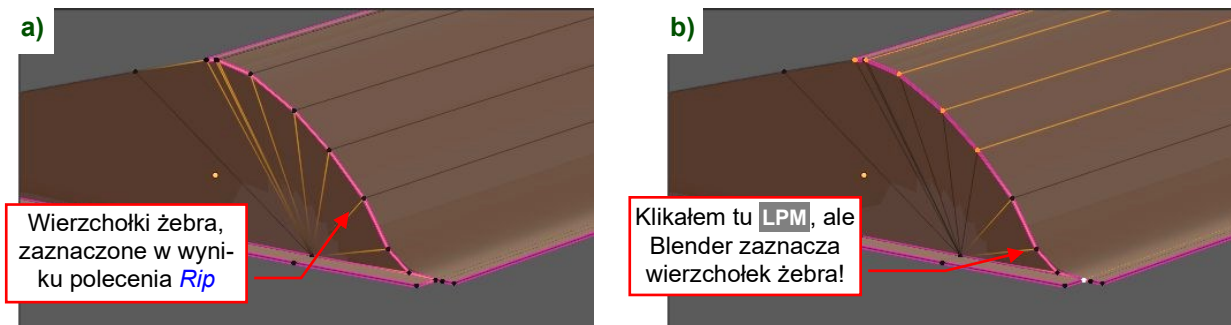
Ukrywanie przydaje się szczególnie przy pracy z rezultatem podziału siatki (**Rip** – por. str. 520). W przypadku poniżej rozdzieliłem wierzchołki zaznaczonej krawędzi i pozostawiłem je w tym samym miejscu. Teraz chciałbym zmodyfikować ściany żebra, pozostawiając pozostałe fragmenty siatki bez zmian (Rysunek 12.15.3):



Rysunek 12.15.3 Rozdzielanie (topologiczne) krawędzi siatki

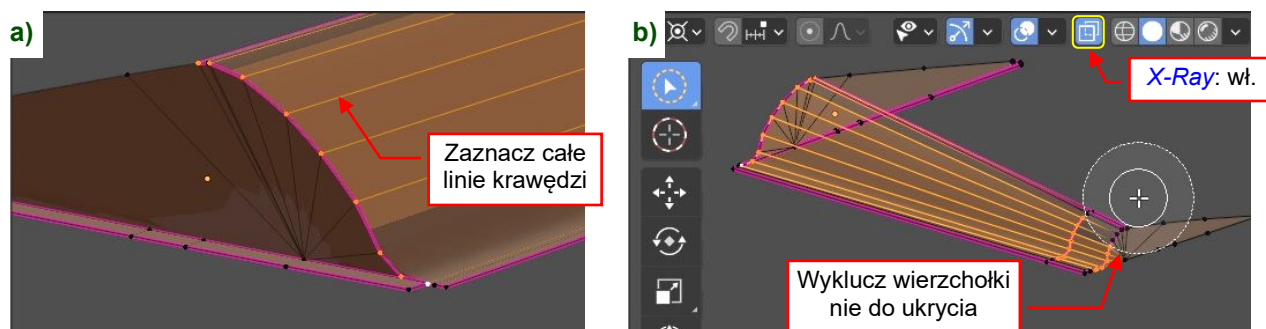
Jeżeli masz szczęście, po poleceniu **Rip** Blender podświetli wierzchołki ścian, które zamierzasz zostawić bez zmian (jak w ilustracji powyżej). Wszystko co należy zrobić to nacisnąć **H**, by ukryć ten fragment siatki.

Gorzej, gdy w rezultacie polecenia **Rip** Blender zaznaczy drugą z wydzielonych linii wierzchołków (Rysunek 12.15.4a). W tym przypadku będziesz miał problemy z zaznaczeniem poprzez kliknięcie punktów należących do ścian krawędzi spływu, bo przypadkiem możesz zaznaczyć znajdujące się w tym samym miejscu wierzchołki żebra (Rysunek 12.15.4b):



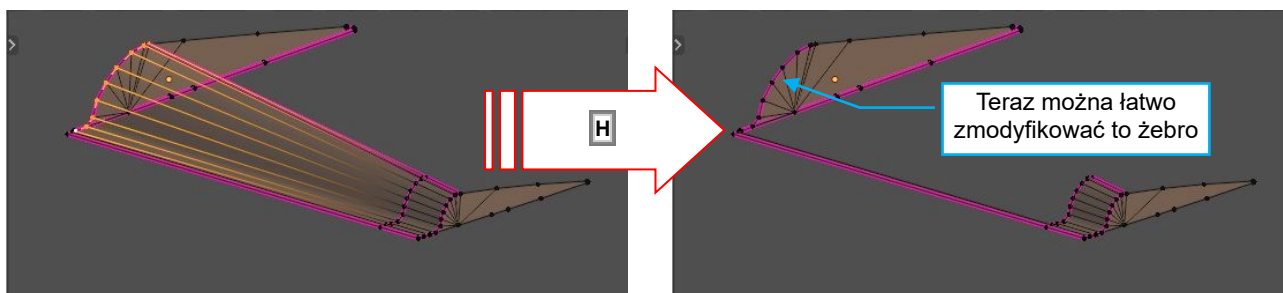
Rysunek 12.15.4 Problemy z zaznaczeniem nakładających się wierzchołków

W tym przypadku zaznacz lepiej wszystkie ściany krawędzi natarcia (**Alt-Shift-LPM** – por. Rysunek 12.15.5a), a potem wyklucz z tego zaznaczenia (np. używając narzędzia **Circle Select**) wierzchołki, których nie chcesz ukryć (Rysunek 12.15.5b):



Rysunek 12.15.5 Alternatywna metoda zaznaczenia jednej z dwóch nakładających się linii wierzchołków

Teraz możesz ukryć zaznaczoną linię wierzchołków ścian krawędzi natarcia (Rysunek 12.15.6):

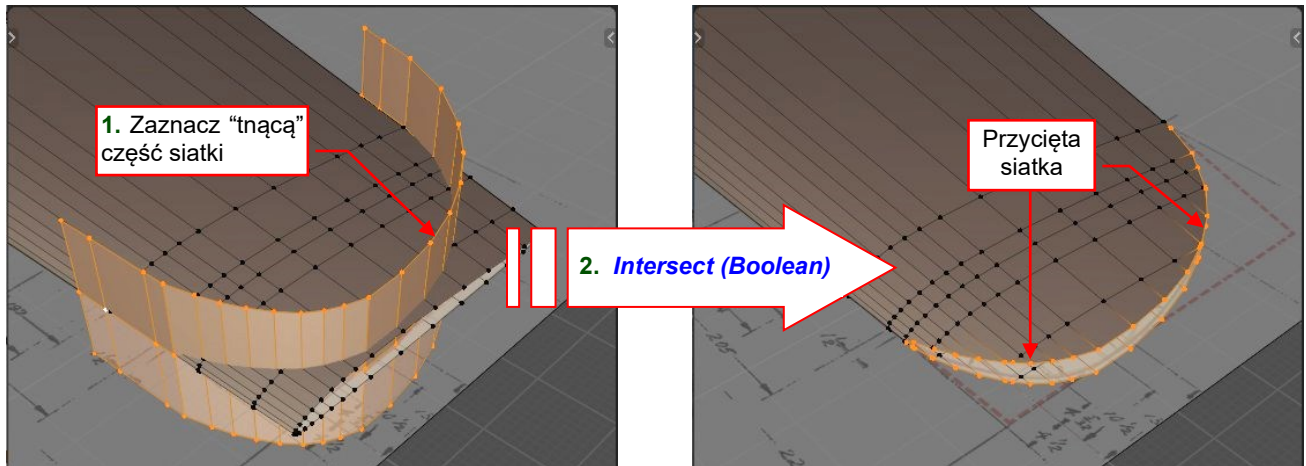


Rysunek 12.15.6 Alternatywna metoda zaznaczenia jednej z dwóch nakładających się linii wierzchołków

12.16 Przycinanie powierzchni

W trybie edycji dostępne są dla siatek trzy operacje Boole'a: część wspólna (przecięcie), suma i różnica. Blender wykonuje je pomiędzy zaznaczonymi i niezaznaczonymi częściami siatki. W przypadku przecięcia i sumy nie ma znaczenia, którą część siatki zaznaczyłeś, a którą nie. Ma to znaczenie w przypadku różnicy, którą omówimy w tej sekcji. Różnica (*Difference*) jest domyślną opcją polecenia.

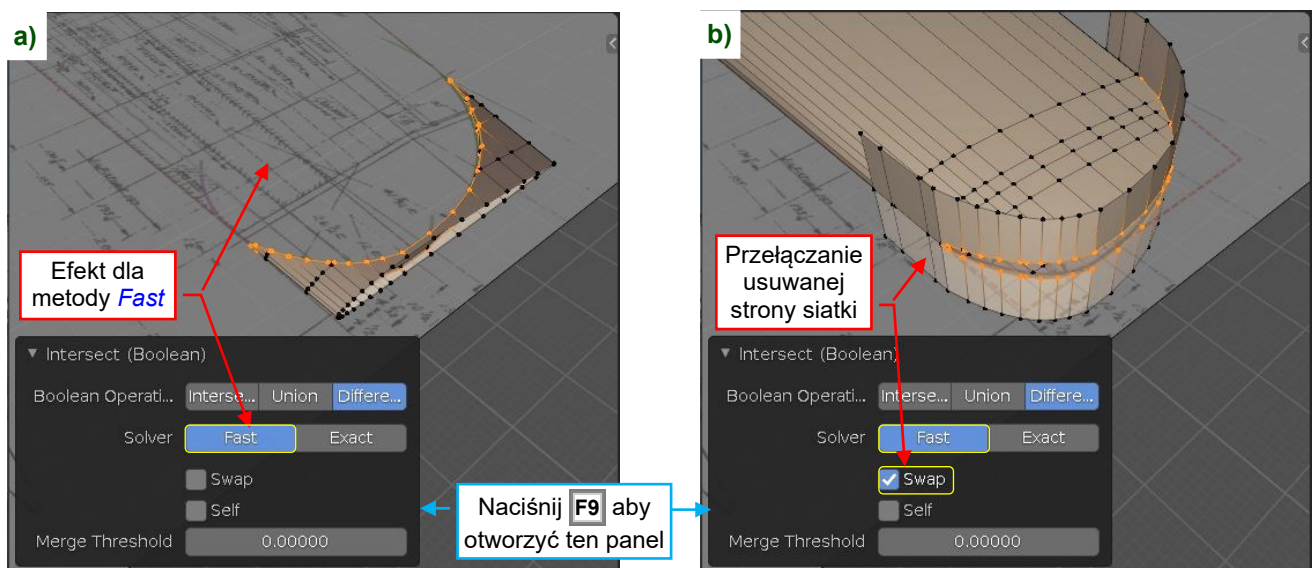
Zaznacz część siatki, którą zamierzasz użyć jako „narzędzia tnącego”, a następnie wywołaj polecenie **Face → Intersect (Boolean)** (Rysunek 12.16.1):



Rysunek 12.16.1 Odcinanie części siatki (*Boolean: Difference*)

Blender znajduje przecięcia pomiędzy zaznaczonymi i niezaznaczonymi ścianami, a następnie usuwa ściany z wnętrza uzyskanej krawędzi przecięcia.

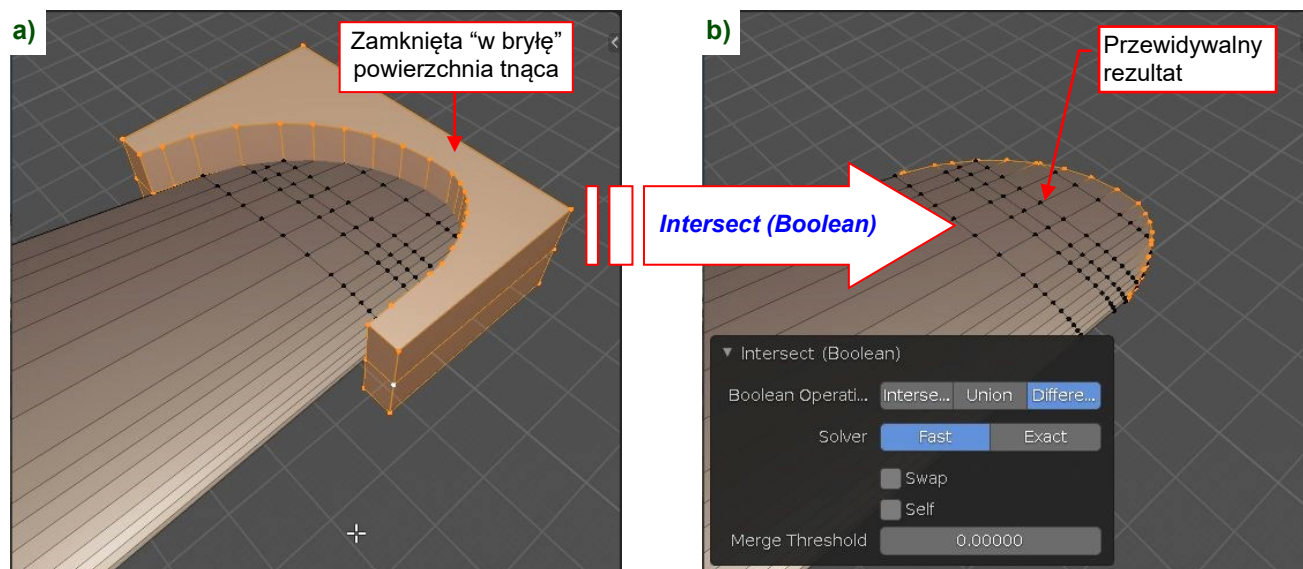
Jedną z kluczowych kwestii w tej operacji jest obszar, który jest interpretowane jako „wnętrze”. Blender stara się je znaleźć wykorzystując zwrot wektorów normalnych do zaznaczonych ścian. Jednak w przypadku powierzchni otwartych, takich jak na ilustracji powyżej, to może prowadzić do zaskakujących rezultatów (Rysunek 12.16.2):



Rysunek 12.16.2 Opcje polecenia i ich rezultaty

Zaraz po wywołaniu tego polecenia otwórz panel z jego parametrami (**F9**). Rysunek 12.16.1 wykorzystuje domyślny algorytm (*Solver*): *Exact*. Gdy jednak przełączysz go na *Fast*, ujrzysz inną część tego obiektu (Rysunek 12.16.2a). Jest tu także dostępny przełącznik *Swap*, który przełącza orientację usuwanej części siatki. Na nie-szczęście, nawet gdy go włączysz, rezultat pozostawia wiele do życzenia (Rysunek 12.16.2b).

Jeżeli napotkałeś podobne problemy do tych, pokazywanych przez Rysunek 12.16.2, to możesz ich uniknąć zamykając tnące powierzchnie w „bryłę”. Rysunek 12.16.3a) pokazuje zamkniętą w ten sposób powierzchnię z poprzedniej ilustracji. Zmieniłem ją w „bryłę” poprzez wytłoczenie brzegów i zamknięcie góry i dołu 2 n-gonami:



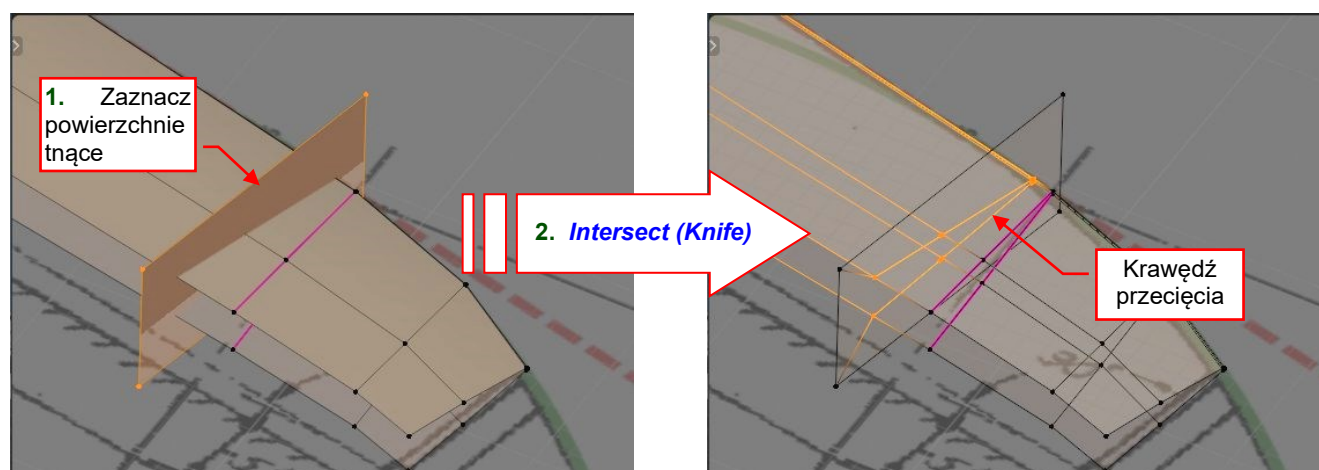
Rysunek 12.16.3 Wykorzystanie do odcinania bryły (powłoki zamkniętej)

Wykorzystując poprawne narzędzie w kształcie bryły uzyskasz przewidywalny rezultat (Rysunek 12.16.3b). Zwróć uwagę, że parametry tego cięcia są takie same jak pokazywane przez Rysunek 12.16.2a).



Jeżeli chcesz wykluczyć część siatki z operacji Boole’a – ukryj ją (por. str. 525) przed wywołaniem polecenia **Intersect (Boolean)**.

Istnieje także drugie polecenie cięcia: **Face → Intersect (Knife)**. Tworzy ono w siatce krawędź przecięcia pomiędzy ścianami zaznaczonymi i niezaznaczonymi. W odróżnieniu od **Intersect (Boolean)** nie usuwa żadnych ścian:

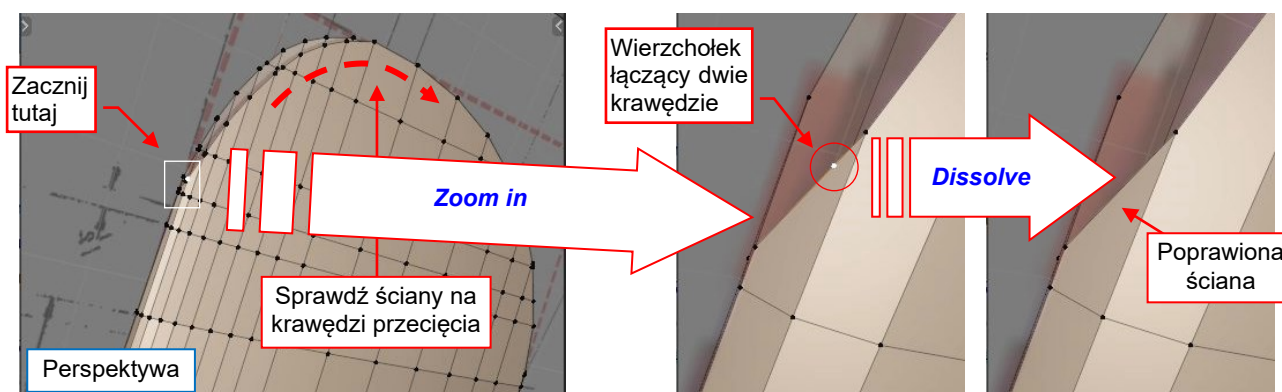


Rysunek 12.16.4 Tworzenie nowej linii wierzchołków poleceniem **Intersect (Knife)**

* * *

Polecenia przecinania są przydatne, lecz zazwyczaj tworzą dodatkowe wierzchołki, przekształcając wiele wynikowych ścian w n-gony. Zazwyczaj trzeba potem „czyścić” siatkę z takich pozostałości „powierzchni tnących”. Pokazuję ten proces na następnych dwóch stronach, na przykładzie końcówki skrzydła (Rysunek 12.16.3b).

Zaraz po operacji **Intersect** wywołaj **Select→Select All by Trait→Loose Geometry**, aby upewnić się, że nie ma w siatce „zagubionych” wierzchołków lub krawędzi. Następnie możesz zacząć „czyszczenie” (Rysunek 12.16.5):



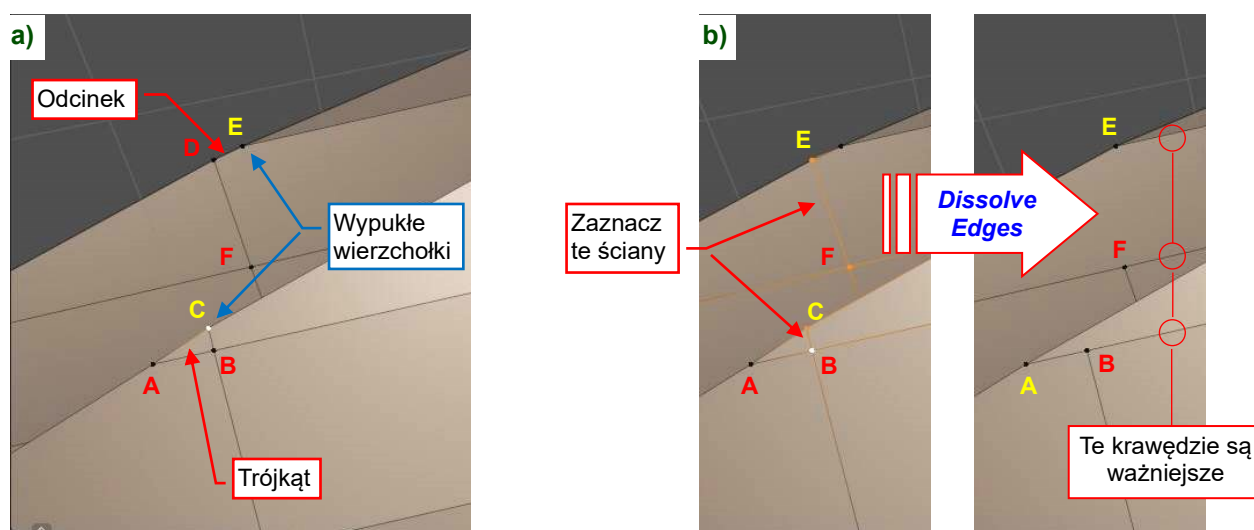
Rysunek 12.16.5 Usuwanie niepotrzebnych wierzchołków ze ścian wokół krawędzi przecięcia

Sprawdź wynikowe ściany, zaczynając od krawędzi natarcia. Zwiększ zbliżenie i poszukaj wierzchołków, które łączą tylko dwie krawędzie. Usuń je poprzez „rozpuszczenie” (**X**, **Dissolve Vertices** – por. str. 543). Sprawdź w ten sposób każdą ścianę wzdłuż krawędzi przecięcia.



Sprawdzaj te ściany w projekcji perspektywicznej – ponieważ w widoku ortograficznym Blender czasami pokazuje wierzchołki, które powinny być zakryte przez inne elementy siatki.

Czasami możesz napotkać małe ściany trójkątne, jak **ABC** pokazywana przez Rysunek 12.16.6a) lub odcinki jak **DE** na tej samej ilustracji. Zwróć uwagę, że wszystkie te wierzchołki łączą trzy lub więcej krawędzi:

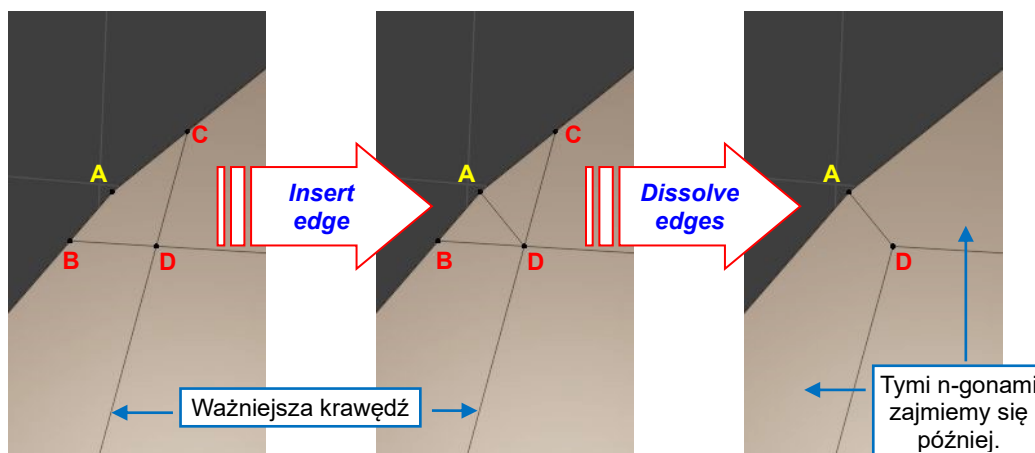


Rysunek 12.16.6 Usuwanie innych niepotrzebnych wierzchołków

W przypadku pokazanym przez Rysunek 12.16.6a), **C** i **E** są wierzchołkami wypukłymi¹ (dlatego zaznaczyłem je na żółto). W typowym przypadku przesunąłbym **A** i **B** do **C**, **D** do **E**, i tam bym je scalił (por. str. 518). Jednak w przypadku końcówki skrzydła bardziej zależy mi na zachowaniu kierunku trzech krawędzi oznaczonych przez Rysunek 12.16.6ab). Dlatego zdecydowałem się usunąć (**Dissolve**) krawędzie **FE** i **BC**. Wiem, że w ten sposób tracę dokładny punkt krawędzi przecięcia **C** (teraz **A** stanie się wypukłym wierzchołkiem). Powstała różnica w wynikowym kształcie wydaje się być w tym przypadku akceptowalna. **B** i **F** należą teraz do n-gonów, ale zamierzam poprawić je później, podczas innej operacji.

¹ Dwie z trzech krawędzi, które łączą, przecinają się pod kątem ostrym

Podobnie, w przypadku pokazanym przez Rysunek 12.16.7, powinienem scalić w **A** wierzchołki **B**, **C**, **D**. Jednak chciałem także zachować oryginalny kierunek krawędzi zawierającej odcinek **CD**. Ostatecznie wybrałem rozwiązanie częściowe: wstawiłem nową krawędź **AD** (**J** – por. str. 546), a potem usunąłem krawędzie **BD** i **CD**:

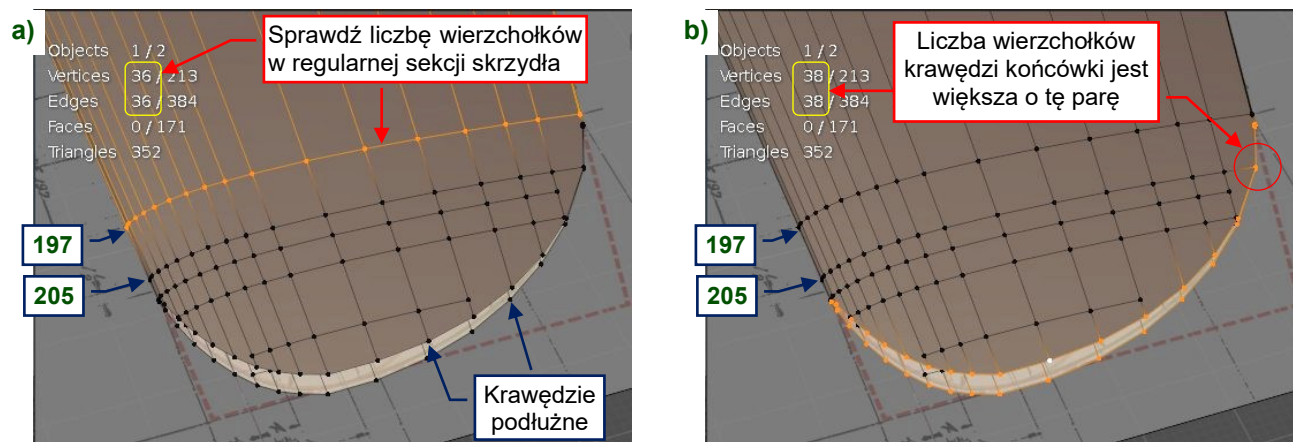


Rysunek 12.16.7 Usuwanie niepotrzebnych ścian (czworokątnych)



Moim celem jest uzyskanie wzdłuż całego konturu końcówki wierzchołków łączących krawędzie w „T”.

Gdy zakończysz to „czyszczenie”, włącz **Scene Statistics** (w panelu **Viewport Overlay** – por. str. 53). Zaznacz jedną z sekcji skrzydła (**Alt-LPM**), która nie była przycięta (np. sekcję **197**) i odczytaj liczbę jej wierzchołków. W przypadku pokazywanym przez Rysunek 12.16.8a) jest ich 36:



Rysunek 12.16.8 Sprawdzanie krawędzi przecięcia po „oczyszczeniu”

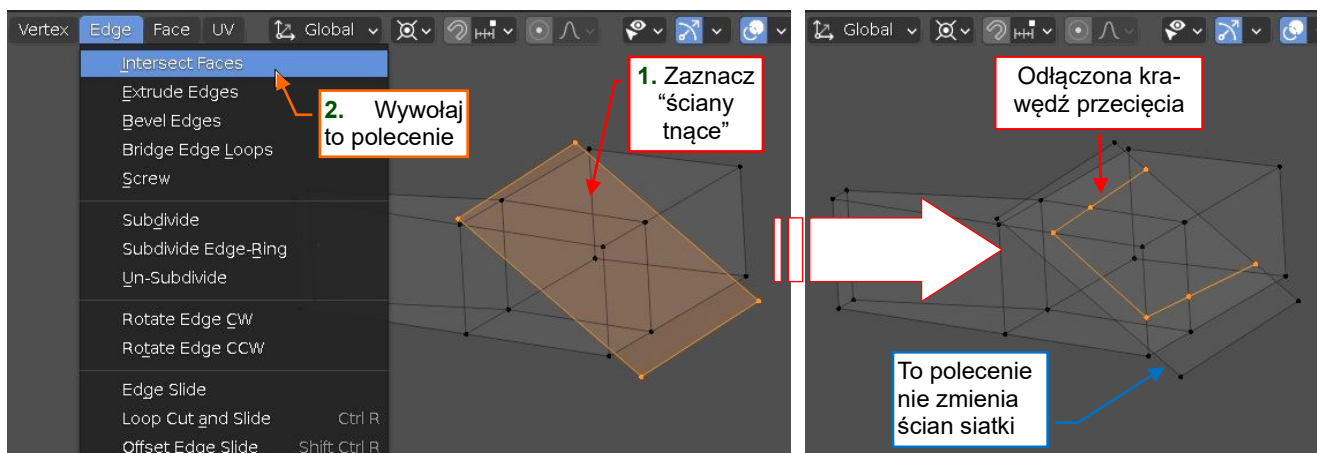
Teraz zaznacz (**Alt-LPM**) całą krawędź przecięcia i sprawdź jej liczbę wierzchołków. Powinna zawierać o 2 więcej, ponieważ oprócz wszystkich podłużnych krawędzi przecina także krawędź spływu sekcji **205** (Rysunek 12.16.8b)¹.



Jeżeli nie możesz zaznaczyć całego brzegu końcówki jednym kliknięciem **Alt-LPM**, to znaczy, że nadal zawiera jakiś nadmiarowy wierzchołek. Znajdź go, usuń i potem sprawdź znowu.

¹ W rezultacie „czyszczenia” tej siatki, inne krawędzie „żeber” nie „dotykają” krawędzi przecięcia biegnącej wzdłuż brzegu tej końcówki.: umieściliśmy tam kilka n-gonów. To tymczasowe. Zrobimy z nimi porządek w trakcie retopologii tej siatki (por. str. 248).

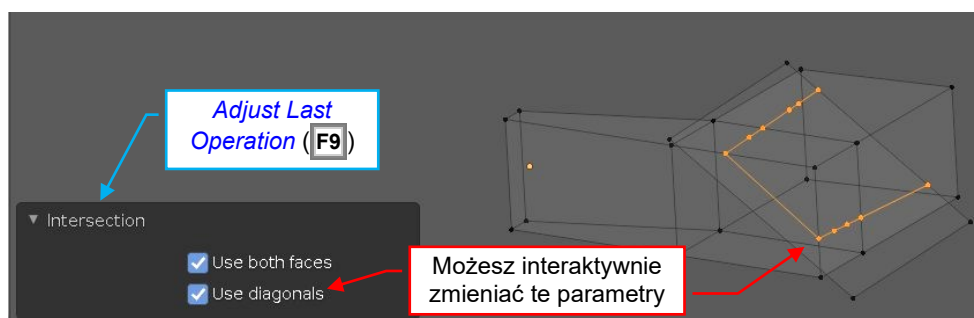
Jeżeli znużyło cię już „polowanie” na nadmiarowe wierzchołki generowane przez standardowe polecenia przecinania, możesz użyć wtyczki *Intersect* (por. str. 482). Analogiczna operacja jest także dostępna w *Edit Mode* jako polecenie *Edge → Intersect Faces*. Tak jak w przypadku obydwu poleceń standardowych, ta operacja wyznacza krawędź przecięcia pomiędzy zaznaczonymi i niezaznaczonymi ścianami siatki (Rysunek 12.16.9):



Rysunek 12.16.9 Wykorzystanie polecenia *Intersect Faces*

Jednak ten dodatek wykorzystuje inną metodę wyznaczania przecięcia. Wynikowa linia krawędzi nie jest połączona z pozostałymi ścianami siatki i nie zawiera żadnych dodatkowych wierzchołków. Nawet zdarzają się sytuacje odwrotne: w pewnych przypadkach potrafi pominąć któryś z nich. Użyty algorytm jest zbliżony do metody *Fast* z poleceń *Intersect (Boolean)* i *Intersect (Knife)*. Czasami łatwiej jest ręcznie zbudować nowe ściany wokół takiej odłączonej krawędzi stworzonej przez *Intersect Faces* niż „czyścić” z nadmiarowych wierzchołków rezultaty standardowych poleceń Blendera.

W odróżnieniu od wariantu dla *Object Mode*, opcje *Intersect Faces* są dostępne w panelu *Adjust Last Operation (F9)* (**F9**). Możesz je tu zmienić w sposób interaktywny, obserwując rezultat na ekranie:



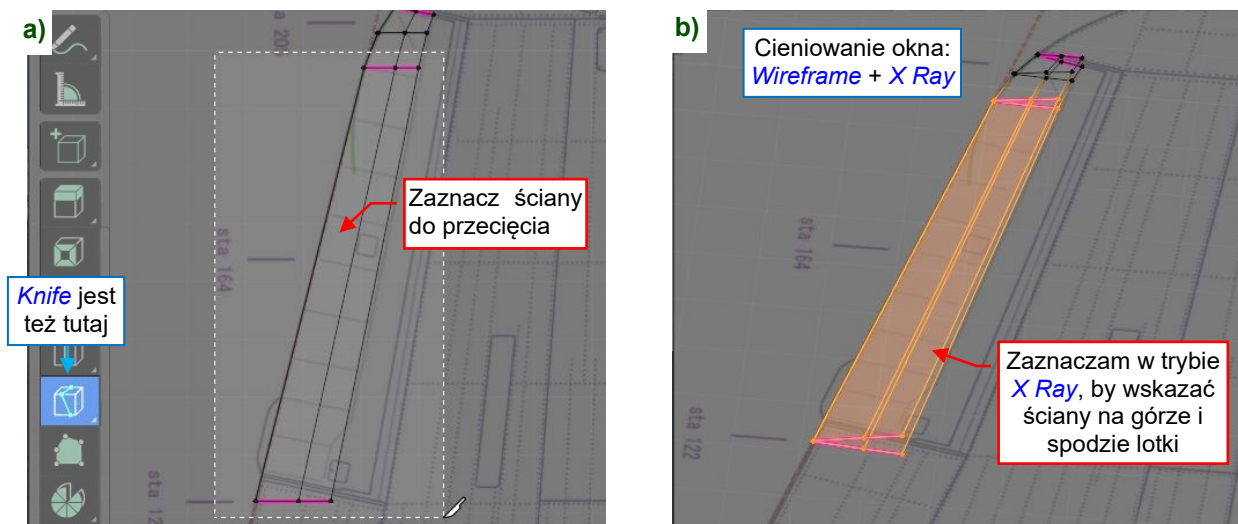
Rysunek 12.16.10 Opcje polecenia *Intersect Faces*

Opisy tych opcji znajdziesz na str. 483 – 484.

12.17 Nacinanie krawędzi na siatce (*Knife*)

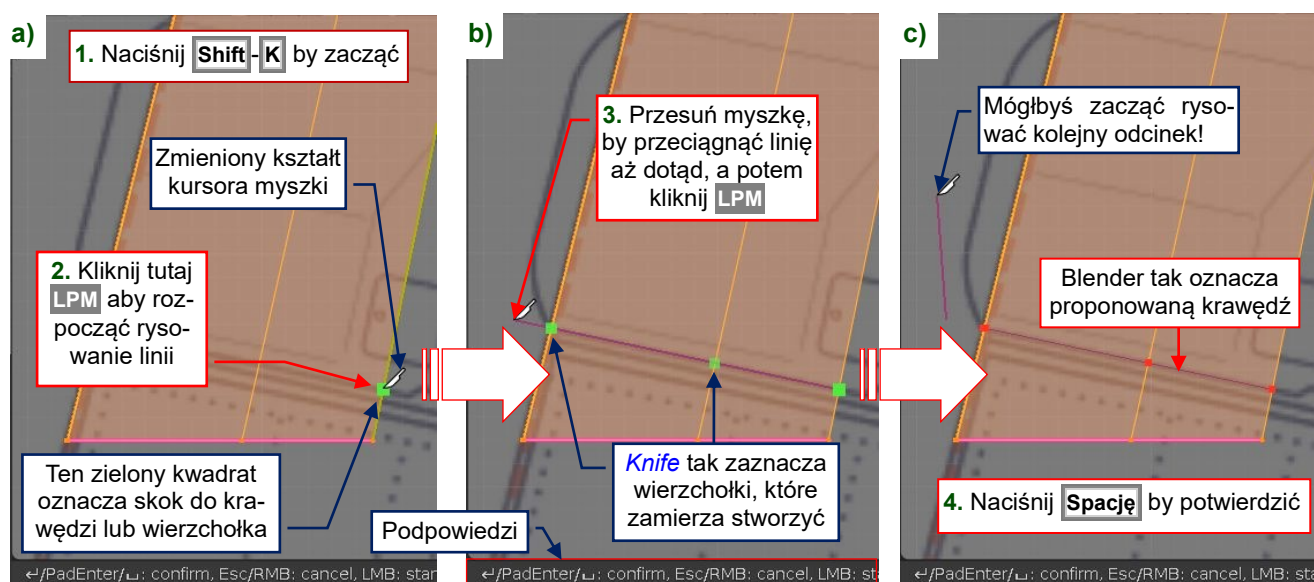
Polecenie *Knife* „przecina” ściany siatki nową krawędzią. Jest dostępne w pasku narzędzi (Rysunek 12.17.1a) i poprzez skrót klawiaturowy. Aby uniknąć omyłkowego stworzenia dodatkowych krawędzi, sugeruję korzystać z wariantu dostępnego poprzez skrót, w sposób przedstawiony poniżej.

Zaznacz na siatce ściany, które mają zostać przecięte (Rysunek 12.17.1a). Poniżej zaznaczyłem obszarem (B) ściany po obydwu stronach krawędzi spływu skrzydła (Rysunek 12.17.1b):



Rysunek 12.17.1 Zaznaczenie ścian do przecięcia

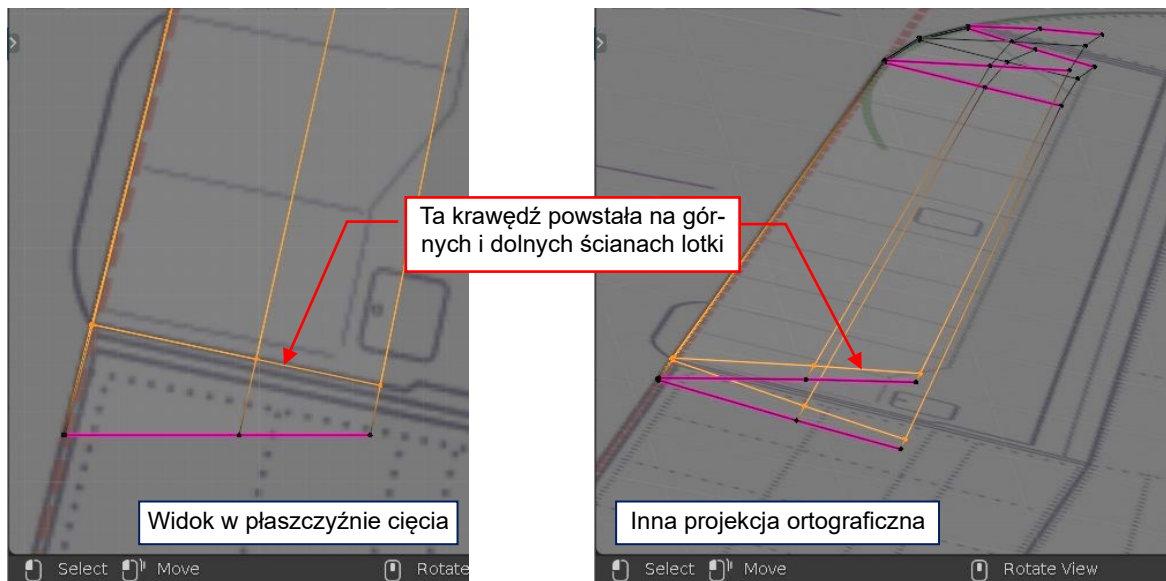
Ustaw projekcję w oknie 3D pionowo ponad zamierzoną powierzchnię cięcia (To narzędzie „tnie” siatkę prostopadle do aktualnej płaszczyzny widoku). Naciśnij **Shift-K** (*Knife, selected faces only*). Zwróć uwagę, że kursor myszy zmienił się teraz w mały „skalpel”. Kliknij **LPM** w miejsce ekranu, w którym ma się znaleźć pierwszy punkt krawędzi tnącej (Rysunek 12.17.2a). Od tej chwili za kursor myszy zaczęła teraz podążać linia, pokazująca przebieg ostatni segmentu linii cięcia (to mogłaby być linia łamana):



Rysunek 12.17.2 Cięcie siatki za pomocą narzędzia *Knife*

Kliknij **LPM** w drugi punkt – w ten sposób zakończysz rysowanie pierwszego segmentu (Rysunek 12.17.2b). Blender automatycznie ciągnie od ostatnio narysowanego punktu do kursora myszy kolejną linię (Rysunek 12.17.2c). Aby zakończyć i wykonać cięcie – naciśnij **Enter** lub **Spację**. To spowoduje dodanie proponowanych krawędzi do siatki. (Aby zrezygnować z polecenia, w każdym momencie możesz nacisnąć **Esc** lub **PPM**).

Rezultat operacji przedstawia Rysunek 12.17.3. Obejrzyj tę siatkę z różnych stron, a zobaczysz, że nowa krawędź biegnie tak na górnej, jak i na dolnej powierzchni łotki (Rysunek 12.17.3b):



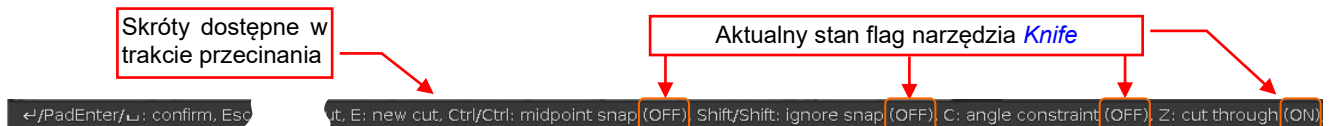
Rysunek 12.17.3 Rezultat dwustronnego cięcia – w rzucie z góry i w przestrzeni

Linia tnąca **Knife** może być także wielobokiem. W trybie **cut trough** (opisany powyżej, wywoływany skrótem **Shift-K**), gdy w aktualnej projekcji jedna ściana zasłania drugą, **Knife** przecina (tworzy nową krawędź) na obydwu. Jeżeli użyjesz narzędzia **Knife** z paska lub wywołasz je skrótem **K**, **Knife** przetnie tylko widoczne ściany (trym **cut trough** będzie wyłączony).



Za pomocą **Knife** można przypadkowo stworzyć ściany o liczbie boków większej niż 4. W grafice komputerowej określa się je jako n-gony. Takie ściany są bardzo przydatne w trakcie formowania siatki. Potem jednak staraj się je zastąpić zespołami kwadratów i trójkątów (por. str. 550).

Zwróć uwagę na informację, wyświetlaną w nagłówku okna w trakcie polecenia **Knife**. Program wyświetla tam bieżące wartości wewnętrznych flag i klawisze, którymi możesz je przełączyć (Rysunek 12.17.4):



Rysunek 12.17.4 Skróty klawiatury i bieżący stan narzędzia **Knife**, wyświetlane w pasku stanu

Flagi te odpowiadają następującym trybom działania noża:

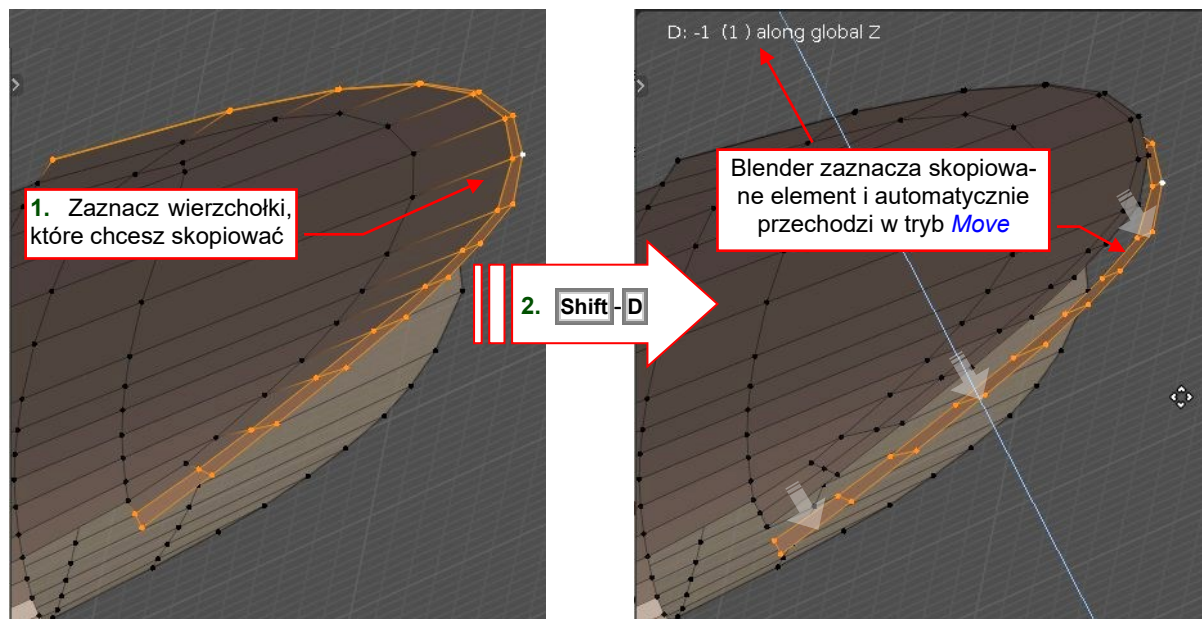
- **midpoint snap**: skok do środków przecinanych krawędzi;
- **ignore snap**: wyłączenie wszelkich skoków do punktów charakterystycznych (trochę pokrętnie, bo stan **OFF** oznacza, że skok jest aktywny);
- **angle constrain**: prowadź linię cięcia pod „równymi” kątami: 0°, 30°, 45°, 60°, 90°... Te kąty są ustalone względem osi **X** aktualnej projekcji (tzn. względem widoku w aktywnym oknie 3D);
- **cut through**: przecinanie wszystkich zaznaczonych ścian – także gdy są zasłonięte przez inne.



Gdy zależy Ci na cięciu dokładnie wzdłuż linii poziomej lub pionowej, użyj trybu **angle constrain** (**C**).

12.18 Kopiowanie fragmentu siatki (*Duplicate*)

Zaznacz wierzchołki, które chcesz skopiować i wywołaj polecenie **Mesh → Duplicate** (skrót: **Shift → D**):



Rysunek 12.18.1 Odsunięcie powielonych wierzchołków

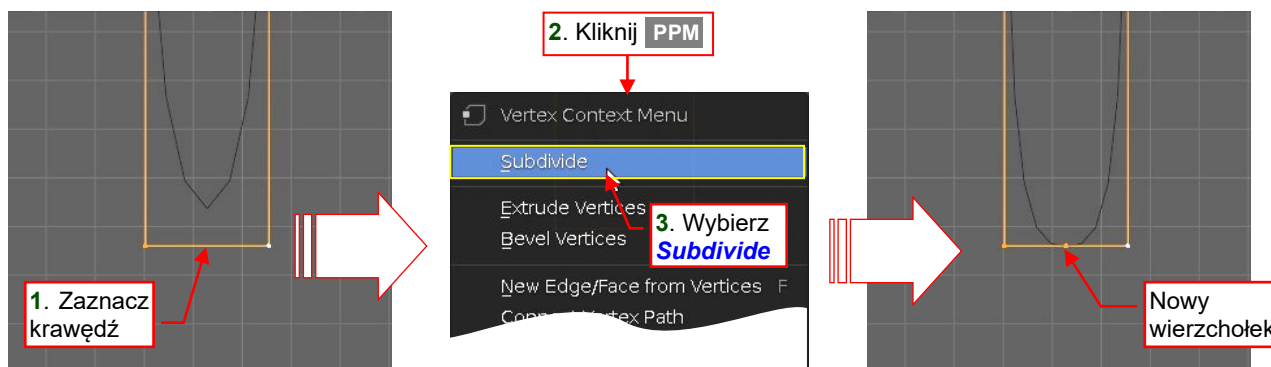
Blender stworzy kopię zaznaczonego fragmentu siatki. W chwili początkowej, ta nowa część siatki znajduje w tym samym miejscu co oryginał. Jest też zaznaczona (Rysunek 12.18.1). Blender automatycznie przełącza się w tryb *Move* (tak jak w poleceniu *Extrude* – por. str. 503), dzięki czemu możesz od razu odsunąć nowy fragment od oryginału. Możesz tu użyć tych samych skrótów. Na przykład, naciśnij klawisz **Z**, aby przesunąć je wzdłuż osi **Z**, i trzymaj wciśnięty klawisz **Ctrl**, jeżeli mają zostać przesunięte na jakąś równą odległość.



Jeżeli chcesz pozostawić skopiowany fragment siatki w oryginalnym położeniu – zaraz po wywołaniu polecenia **Mesh → Duplicate** naciśnij **Esc**.

12.19 Podział krawędzi (*Subdivide*)

Zaznacz krawędź/krawędzie, które chcesz podzielić. Kliknij **PPM** by otworzyć menu kontekstowe. Wybierz stamtąd polecenie *Subdivide* (Rysunek 12.19.1):



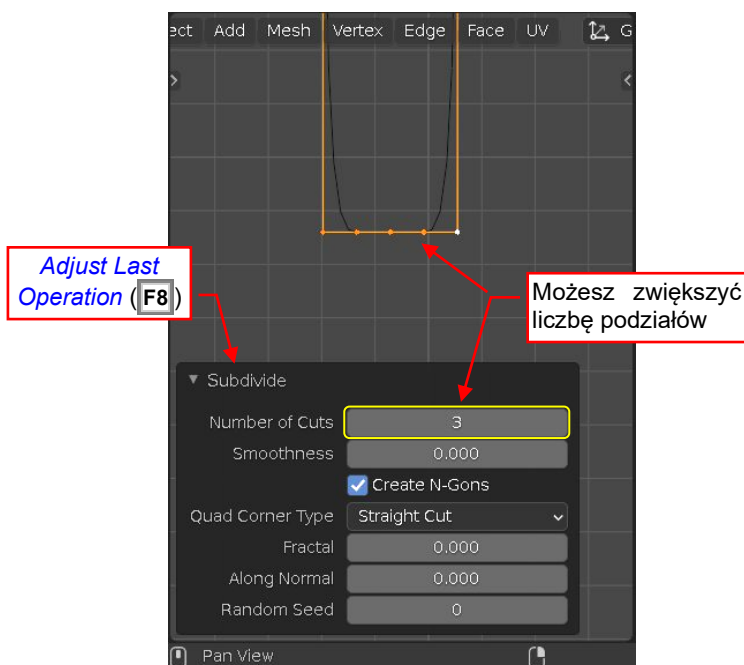
Rysunek 12.19.1 Korzystanie z polecenia *Subdivide*

W środku zaznaczonej krawędzi pojawi się nowy wierzchołek.

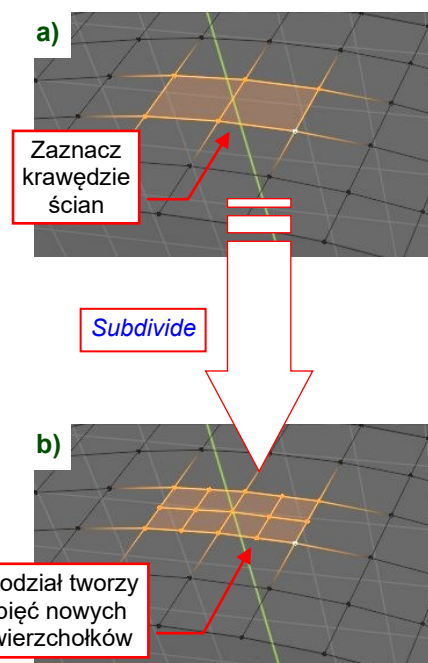


To samo polecenie możesz znaleźć w menu rozwijalnym *Edit Mode* okna 3D: *Edge* → *Subdivide*. Ta funkcja nie ma żadnego skrótu klawiaturowego. Jednak jeżeli stwierdzisz, że często ją wywołujesz, możesz stworzyć swój własny skrót (por. str. 432).

Zaraz po wywołaniu tego polecenia możesz zmienić jego parametry w panelu *Adjust Last Operation* (**F8**), dostępnym w dolnym lewym narożniku aktywnego okna 3D (Rysunek 12.19.2). W szczególności, możesz tu zmienić liczbę nowo dodanych wierzchołków (liczbę podziałów):



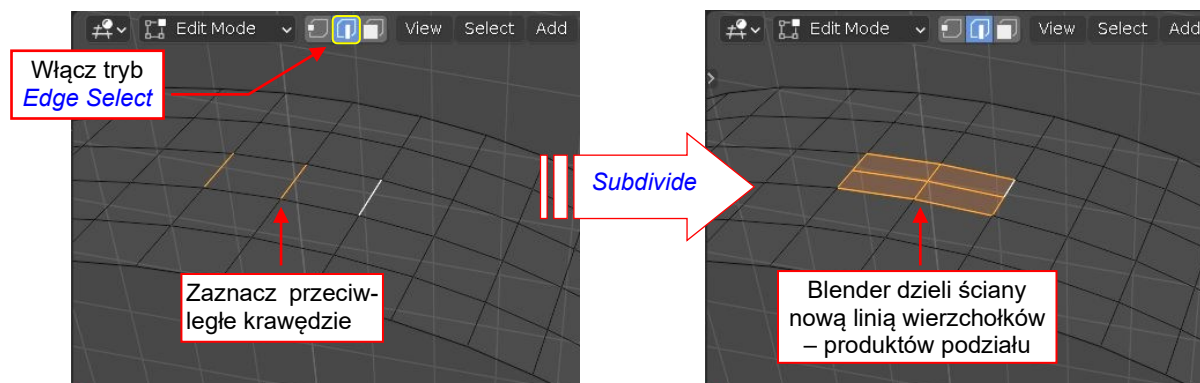
Rysunek 12.19.2 Wielokrotny podział krawędzi



Rysunek 12.19.3 Podział krawędzi ścian

Rysunek 12.19.3 pokazuje efekty działania *Subdivide* na krawędzi ścian. Rezultat podziału pojedynczej krawędzi ściany wygląda tak, jak pokazuje Rysunek 12.19.1. Jeżeli jednak zaznaczysz wszystkie jej cztery wierzchołki (Rysunek 12.19.3a), *Subdivide* dzieli taką ścianę na cztery części (Rysunek 12.19.3b). Zwróć uwagę, że to polecenie może stworzyć nawet więcej mniejszych ścian, gdy zwiększysz wartość *Number of Cuts* w panelu z jego parametrami.

Ale co zrobić, jeżeli chcesz podzielić ścianę na pół (na dwie nowe ściany) ? W trybie *Vertex Select* (por. str. 502) to niemożliwe, ponieważ gdy zaznaczasz czwarty wierzchołek ściany, Blender zaznacza jej wszystkie cztery krawędzie. Aby podzielić ścianę na pół, przełącz się w tryb *Edge select* (Rysunek 12.19.4):



Rysunek 12.19.4 Podział przeciwległych krawędzi ściany

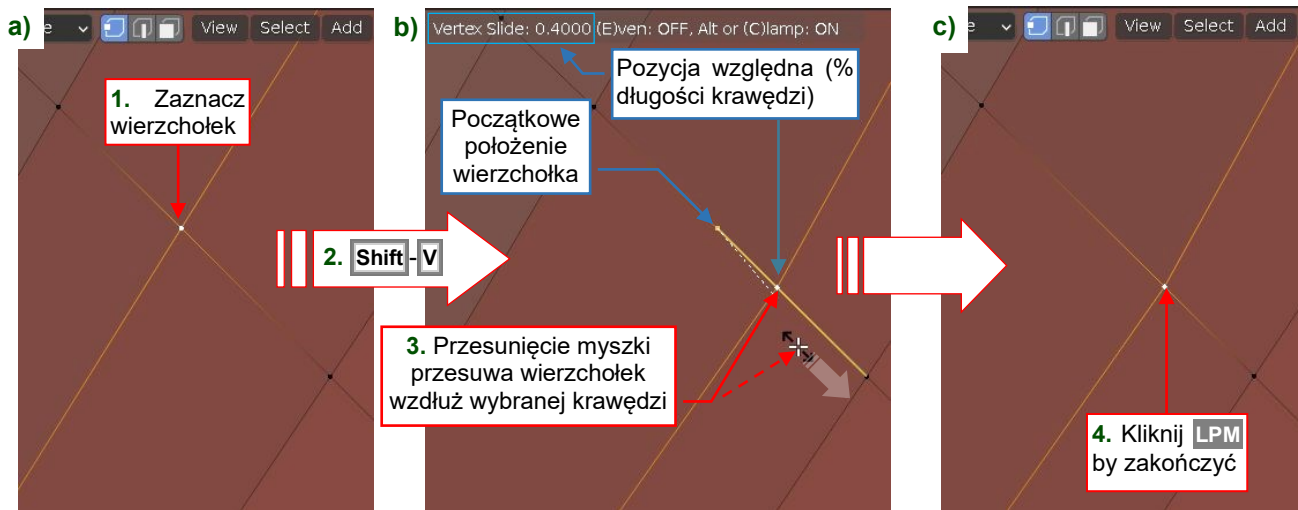
W tym trybie możesz zaznaczyć dwie przeciwległe krawędzie ściany. Gdy teraz wywołasz polecenie *Subdivide*, Blender podzieli tę ścianę na pół.



Rysunek 12.19.2 pokazuje, że to polecenie ma jeszcze dużo innych opcji. Ich opis znajdziesz w sekcji [“Modeling: Meshes: Editing: Edge Tools: Subdivide” podręcznika Blendera online](#).

12.20 Przesuwanie wierzchołków po krawędziach (*Vertex Slide*)

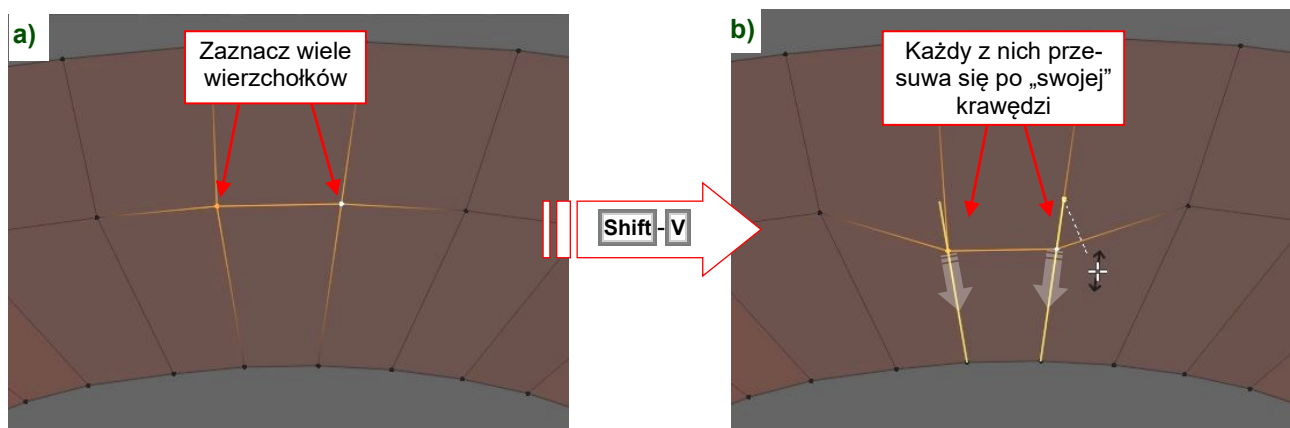
Aby przesunąć pojedynczy wierzchołek wzdłuż jednej z krawędzi, które łączy, zaznacz go (Rysunek 12.20.1a) i naciśnij **Shift-V** (*Vertex → Slide Vertices*):



Rysunek 12.20.1 Przesuwanie wierzchołka po krawędzi

Po wywołaniu tego polecenia Blender zaczyna przesuwać wierzchołek podążając za ruchem kursora myszki. Ten ruch odbywa się po krawędzi, do której jest zbliżony kursor. (Podczas operacji jest zaznaczona grubsza linia – Rysunek 12.20.1b). W nagłówku okna jest wyświetlane jego względne położenie od pozycji początkowej (*Vertex Slide* = 0.0) do końcowej (przy przeciwnym wierzchołku *Vertex Slide* = 1.0). Gdy przesuniesz wierzchołek w nowe miejsce, zakończ operację kliknięciem **LPM** (Rysunek 12.20.1c). Możesz także w każdej chwili z niej zrezygnować, naciskając **Esc**.

Możesz także zaznaczyć wiele wierzchołków i wywołać polecenie *Slide Vertices*. Blender będzie przesuwał wszystkie naraz – ale każdy będzie się poruszał po „swojej” krawędzi (Rysunek 12.20.2):

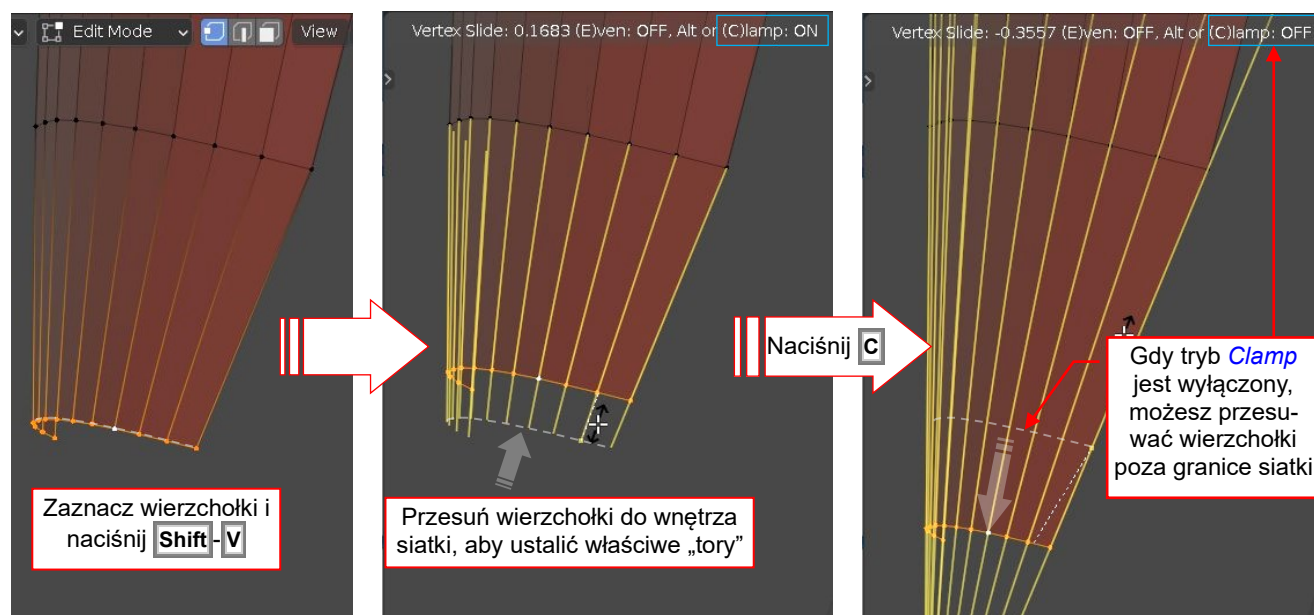


Rysunek 12.20.2 Przesuwanie kilku wierzchołków jednocześnie



Jeżeli zaznaczysz wszystkie wierzchołki linii krawędzi, *Slide Vertices* przypomina polecenie *Edge Slide* (por. str. 513). Jednak *Slide Vertices* jest bardziej czuły na różnice pomiędzy indywidualnymi krawędziami. W siatkach o skomplikowanej topologii może to prowadzić do zadziwiających rezultatów.

Aby uniknąć niespodziewanych przełączeń krawędzi w trakcie operacji, możesz wyłączyć tryb **Clamp** naciskając klawisz **C**. Zrób to po rozpoczęciu przesuwania, gdy wszystkie zaznaczone wierzchołki wydają się być „na właściwych torach” (Rysunek 12.20.3b):



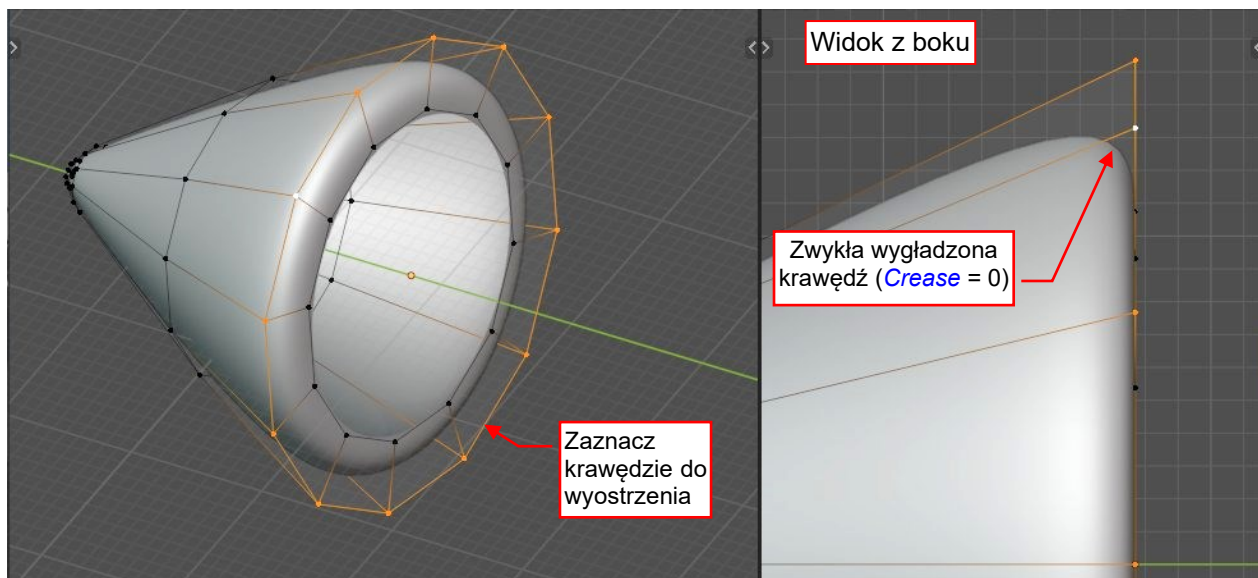
Rysunek 12.20.3 Przesuwanie wierzchołków wzdłuż ekstrapolacji krawędzi służących im za „tory” ruchu

Rysunek 12.20.3c) pokazuje dodatkową możliwość przy wyłączonym trybie **Clamp**. Taki „nieograniczony” wariant polecenia **Slide Vertices** pozwala na przesuwanie wierzchołków poza granice siatki, wzdłuż ekstrapolacji krawędzi służących im za „tory”. Porównaj początkowe krawędzie siatki pokazywane przez Rysunek 12.20.3a) i Rysunek 12.20.3c).

12.21 Zmiana ostrości krawędzi (*Edge Crease*)

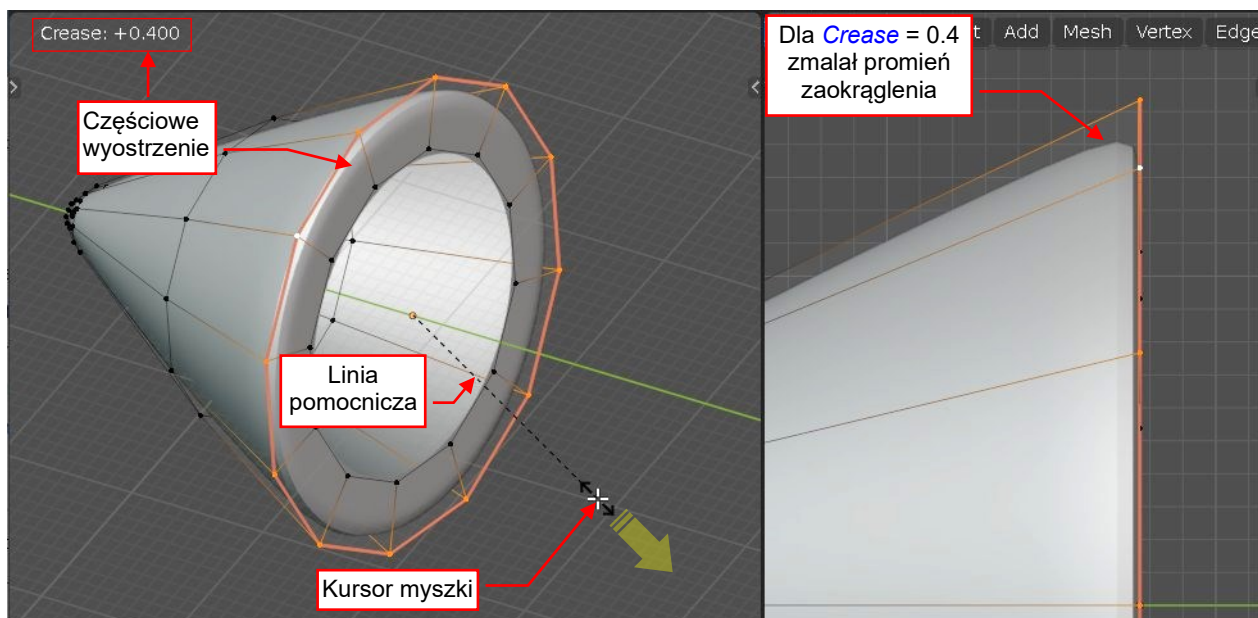
Blender pozwala na zmianę ostrości wybranych krawędzi "wygładzonej" siatki. Możesz ten efekt płynnie stopniować. Sprowadza się to do tego, że każda krawędź ma dodatkowy parametr – *Crease* – który może przyjmować wartości od 0.0 (zupełnie gładka) do 1.0 (zupełnie ostra). Zmianę ostrości pokażę na przykładzie zwiększenia ostrości krawędzi podstawy stożka. (Analogicznie możesz wygładzić ostrą krawędź).

Zaznacz krawędzie do wyostwienia, a potem naciśnij **Shift-E** (*Edges→Edge Crease*) (Rysunek 12.21.1):



Rysunek 12.21.1 Stan początkowy: krawędź "naturalnie zaokrąglona"

Spowoduje to pojawienie się pomocniczej, przerywanej linii, biegnącej od środka zaznaczonych wierzchołków do aktualnej pozycji kursora myszy (Rysunek 12.21.2):



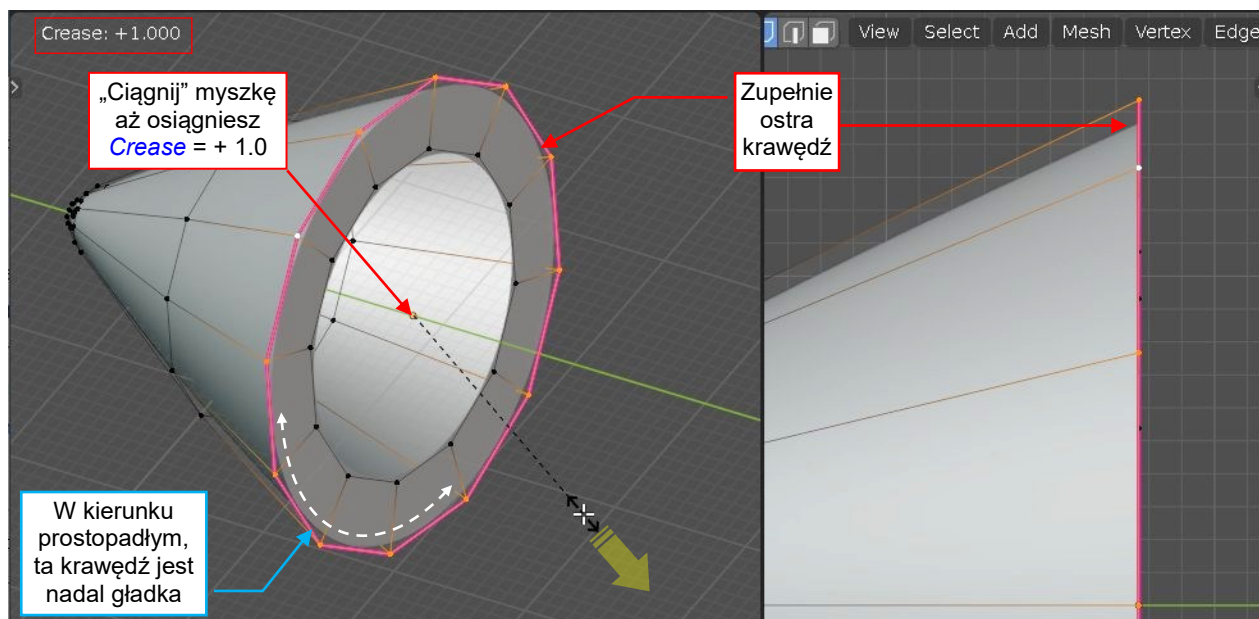
Rysunek 12.21.2 Wyostwienie krawędzi

Od tej chwili położenie kursora określa poziom wyostwienia (*Crease*). Jego wartość jest pokazywana na bieżąco w nagłówku aktywnego okna (Rysunek 12.21.2). Do dyspozycji masz zakres wartości od *Crease* = 0 (naturalna, gładka powierzchnia), do *Crease* = 1.0 (ostra krawędź). Rysunek 12.21.2 pokazuje, na ile wyostrzyła się krawędź przy *Crease* = 0.4.



Zmieniając ostrość krawędzi naciśnij klawisz **Ctrl**, aby zmieniać **Crease** o stałe kroki (+/- 0.1).

Gdy zwiększysz ostrość (**Crease**) do poziomu = 1.0, uzyskasz absolutnie ostrą krawędź (Rysunek 12.21.3):

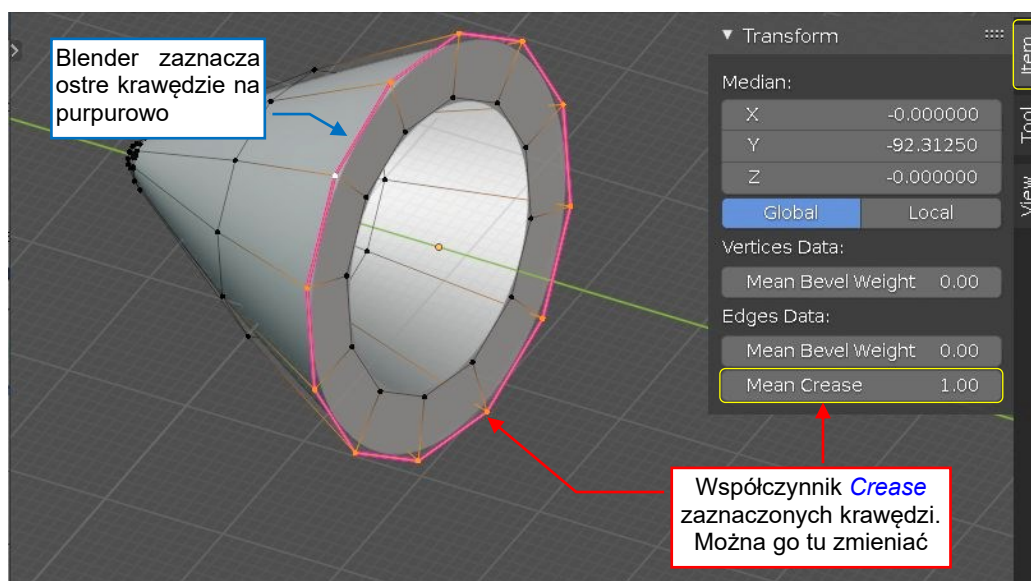


Rysunek 12.21.3 Krawędź ostra (**Crease** = 1.0)

Zwróć uwagę, że krawędź jest ostra tylko w jednym kierunku. W kierunku poprzecznym nadal jest gładka, dzięki czemu zachowała kształt okręgu. (Gdybyś chciał uzyskać kształt ośmiokąta – powinieneś wyostrzyć także krawędzie "południków" tego stożka) .

Zmianę ostrości krawędzi zatwierdzamy kliknięciem **LPM**. Jeżeli chcesz zrezygnować z operacji – naciśnij **Esc**.

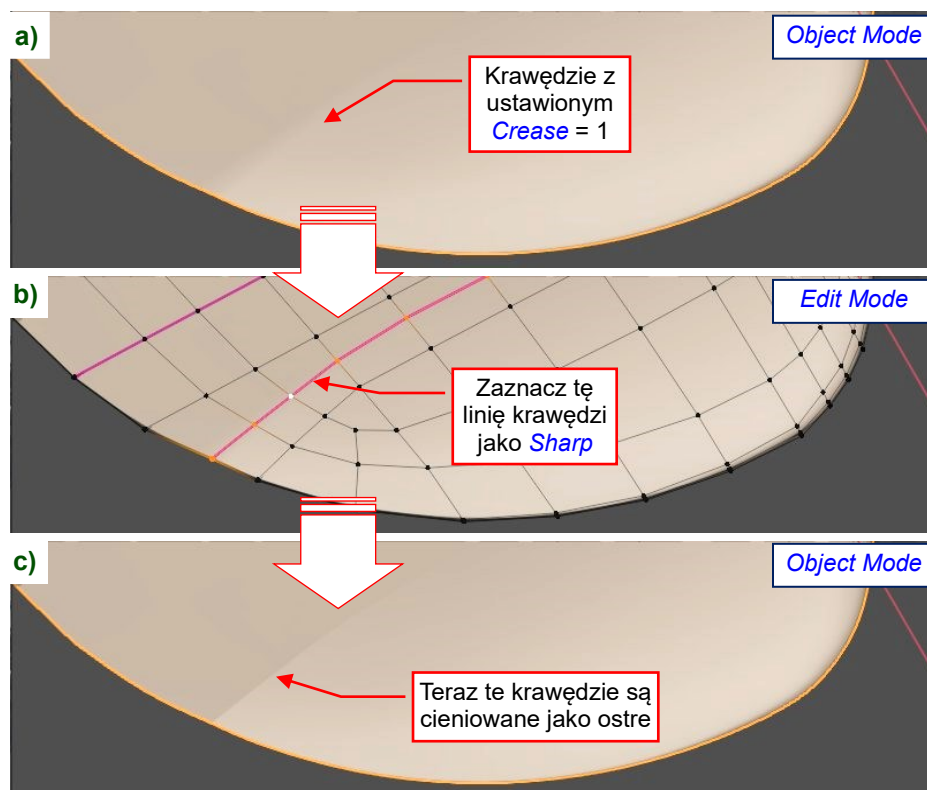
Możesz także sprawdzić lub zmienić współczynnik **Crease** krawędzi w przyborniku (**N**), w zakładce **Item**, sekcji **Edges Data** (Rysunek 12.21.4):



Rysunek 12.21.4 Alternatywna metoda sterowania współczynnikiem **Crease** wybranych krawędzi

W polu **Mean Crease** możesz sprawdzić **średnią** wartość tego współczynnika dla zaznaczonych krawędzi. Można ją także tutaj zmienić. W przypadku z ilustracji powyżej, jeżeli wpiszesz „0” w to pole, to powierzchnia podziałowa na krawędziach powróci do naturalnego, gładkiego kształtu (taki, jaki pokazuje Rysunek 12.21.1).

Dla wynikowej powierzchni podziałowej używamy gładkiego cieniowania (opcji *Shade Smooth* – por. str. 516). W tym trybie ustawiona we właściwościach siatki opcja *Auto Smooth* wystarcza, aby wyświetlać jako ostre większość krawędzi z *Crease* = 1. Jednak czasami możesz ustawić *Crease* = 1 dla linii krawędzi, która łączy sąsiednie ściany pod niewielkim kątem, bliskim 0° (czyli poniżej „progu czułości” funkcji *Auto Smooth*). W takim przypadku będziesz w tym miejscu widział tylko słaby cień (Rysunek 12.21.5a):



Rysunek 12.21.5 Wykorzystanie flagi cieniowania *Sharp* w trybie *Shade Smooth*

Jeżeli chcesz widzieć tę krawędź jako ostrą, zaznacz ją w *Edit Mode* (Rysunek 12.21.5b) i wywołaj polecenie *Edge → Mark Sharp*. Gdy przełączysz się w *Object Mode*, zobaczysz ostre cienie wokół tej krawędzi (Rysunek 12.21.5c).



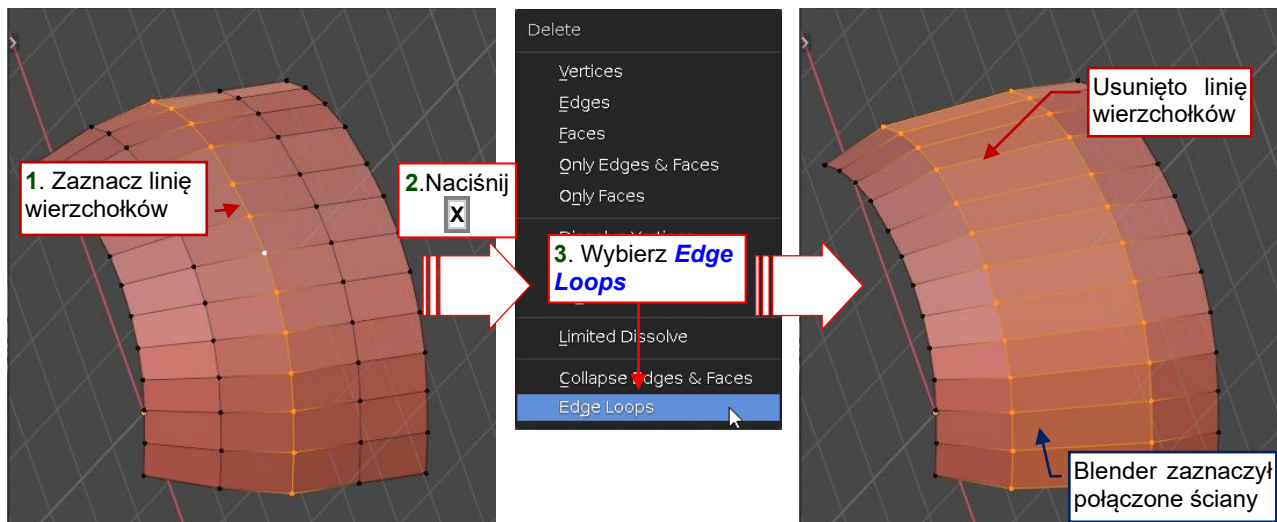
Aby powrócić do gładkiego cieniowania, użyj polecenia *Edge → Clear Sharp*.

W odróżnieniu od współczynnika *Crease*, *Sharp* jest tzw. „flagą” i może być tylko ustawiane na „tak/nie”. Nie zmienia geometrii wynikowej powierzchni. Jej działanie polega na zmianie kierunku wektorów normalnych (por. str. 568) wzdłuż oznaczonej ściany.

12.22 Usuwanie linii wierzchołków

Usuwanie linii wierzchołków zachowuje ciągłość ścian siatki. Jest to operacja odwrotna do wstawienia nowej linii wierzchołków poleceniem *Loop Cut* (str. 511).

Zaznacz linię wierzchołków, którą zamierzasz usunąć (najlepiej – użyj **PPM** i klawisza **Alt**, aby na pewno zaznaczyć całą linię). Następnie naciśnij **X** (lub *Mesh → Delete...*) i z menu *Delete*, które się pojawi, wybierz opcję *Edge Loops* (Rysunek 12.22.1):

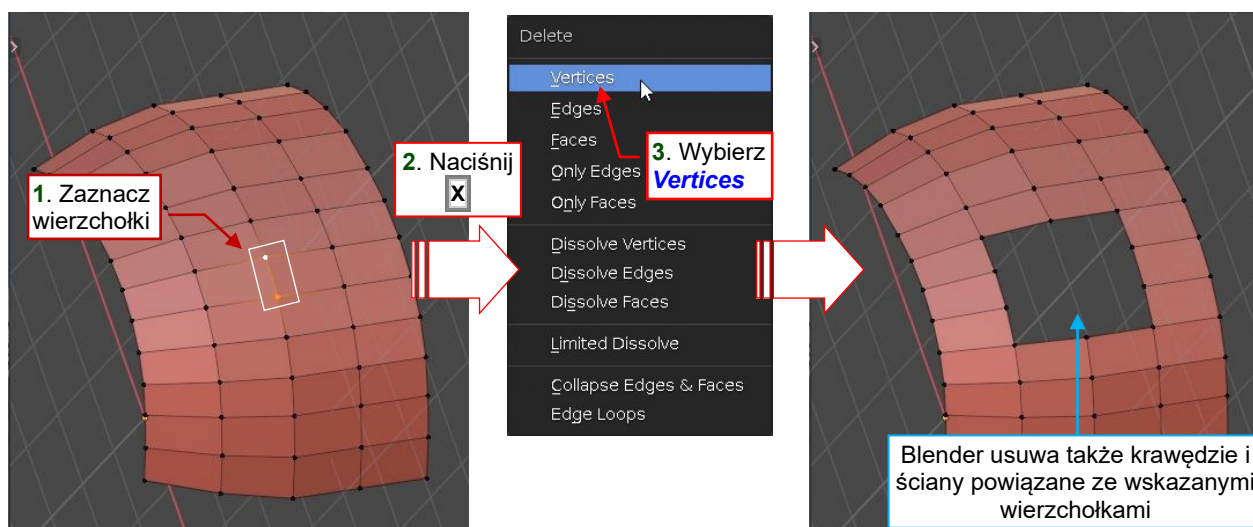


Rysunek 12.22.1 Usuwanie linii wierzchołków

W efekcie rząd wierzchołków, który chcieliśmy usunąć, znikł z siatki. Ciągłość powierzchni została jednak zachowana – sąsiadujące wzdłuż usuwanej krawędzi ściany uległy scaleniu.

12.23 Usuwanie wierzchołków

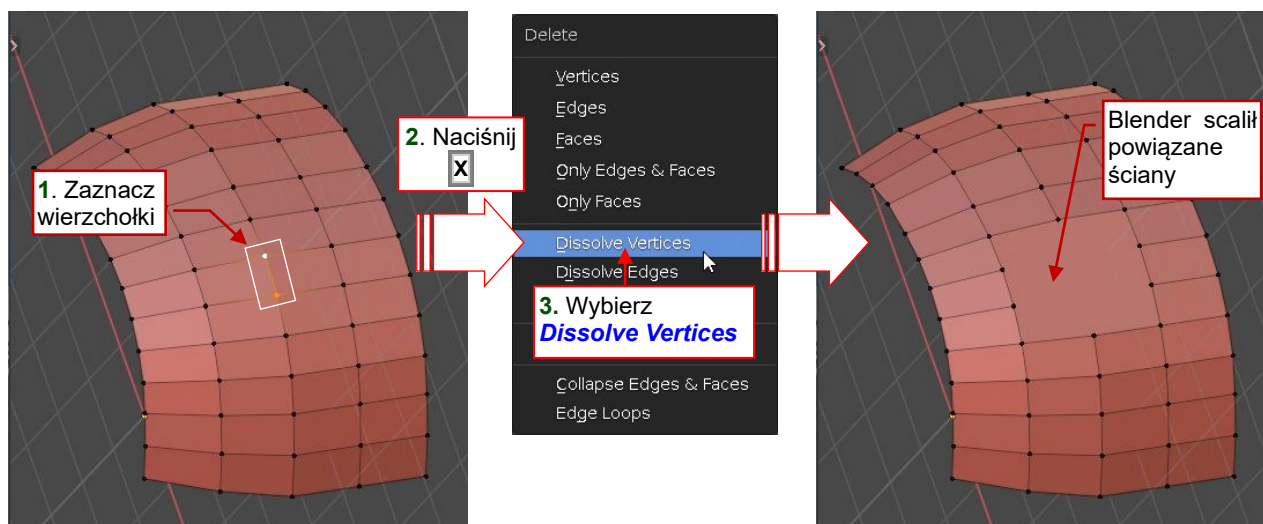
Zaznacz wierzchołki, które chcesz usunąć, a następnie naciśnij **Delete** (lub **X**). Z menu **Delete** wybierz **Vertices** (Rysunek 12.23.1):



Rysunek 12.23.1 Usuwanie wierzchołków z siatki

W rezultacie usunięcia wierzchołka znikną także wszystkie powiązane krawędzie i ściany. Stąd zazwyczaj rezultatem takiej operacji jest "dziura" w siatce. Jednak rozpoczęcie tworzenia nowych ścian od takiego otworu może być najszybszą metodą na zmianę lokalnej topologii siatki.

Aby usunąć wierzchołek bez usuwania ścian, użyj polecenia **Dissolve Vertices** (Rysunek 12.23.2):



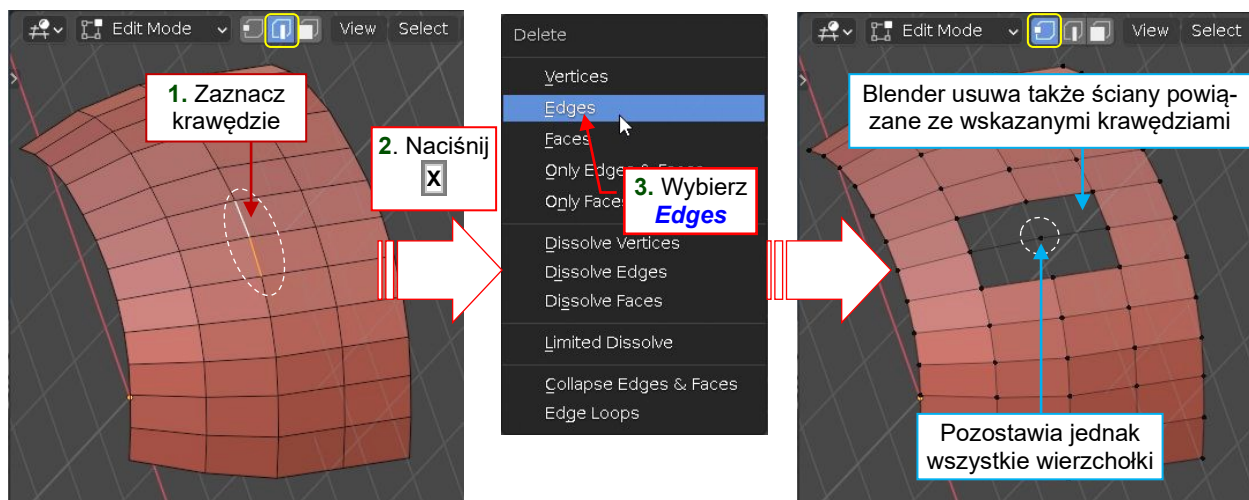
Rysunek 12.23.2 Usuwanie wierzchołków z siatki (bez usuwania ścian)



Usuując wierzchołek poleceniem **Dissolve** tworzysz zazwyczaj jakiś n-gon. Pamiętaj, aby po zakończeniu modelowania wyeliminować wszystkie takie ściany (więcej na ten temat – patrz str. 550).

12.24 Usuwanie krawędzi

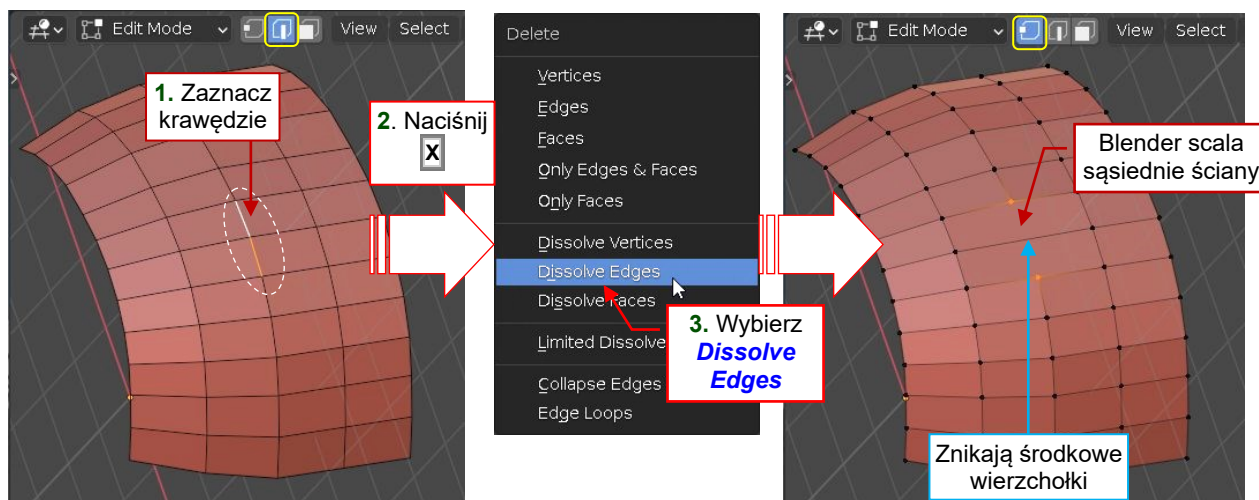
Zaznacz krawędzie, które chcesz usunąć (wygodniej to zrobić w trybie wyboru krawędzi – por. str. 502). Następnie naciśnij **Delete** (lub **X**). Z menu *Delete* wybierz opcję **Edges** (Rysunek 12.24.1):



Rysunek 12.24.1 Usuwanie wierzchołków z siatki (wraz ze ścianami)

Jak widać powyżej, gdy usuniesz krawędź, Blender usunie także ściany, które łączyła, ale zachowa wierzchołki.

Aby usunąć krawędź bez usuwania ścian, użyj polecenia *Dissolve Edges* (Rysunek 12.24.2):



Rysunek 12.24.2 Usuwanie krawędzi z siatki (bez usuwania ścian)



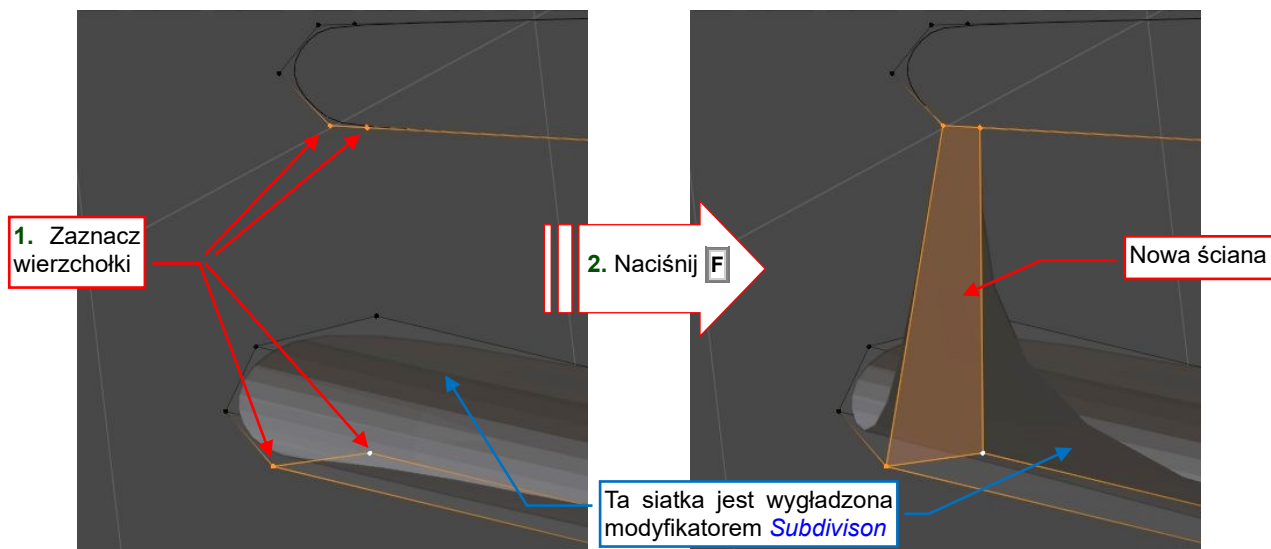
Usuając krawędź poleceniem *Dissolve* tworzysz zazwyczaj jakiś n-gon. Pamiętaj, aby po zakończeniu modelowania wyeliminować wszystkie takie ściany (więcej na ten temat – patrz str. 550).



Gdy nie możesz „rozpuścić” krawędzi pomiędzy dwoma trójkątami (czasami tak się zdarza), zaznacz ich wszystkie cztery wierzchołki i wywołaj polecenie *Face → Tris to Quads* (**Alt-J**).

12.25 Tworzenie nowej ściany

Zaznacz wierzchołki (lub krawędzie), na których chcesz "rozpiąć" nową ścianę. Następnie naciśnij **F** (**Vertex**→**New Edge/Face**). Polecenie tworzy ścianę łączącą zaznaczone elementy (Rysunek 12.25.1):



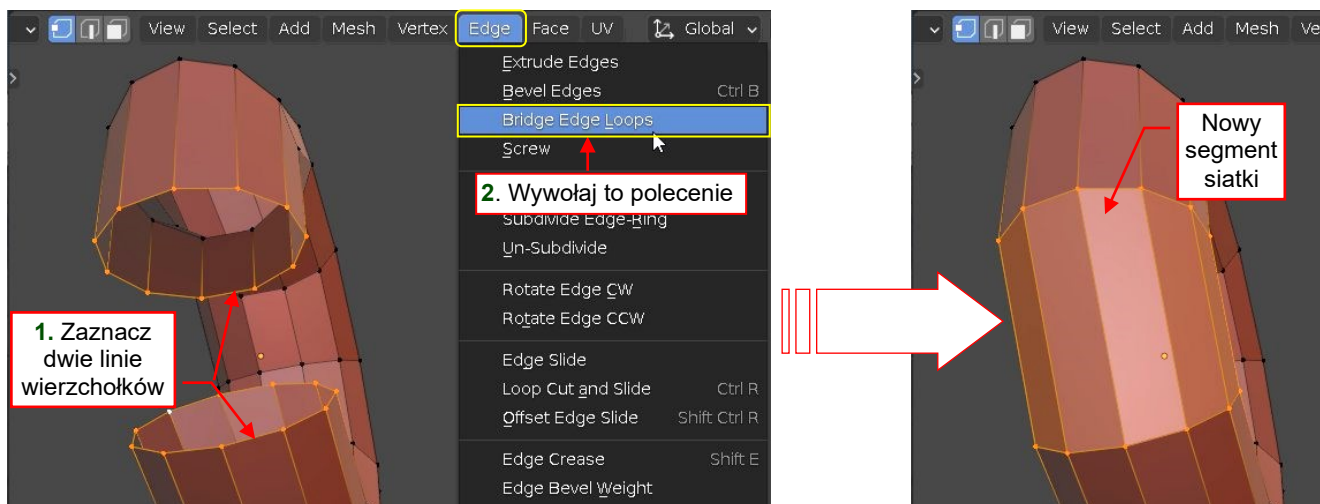
Rysunek 12.25.1 Dodanie trójkątnej ściany do siatki



W przypadku ścian tworzonych "ręcznie", jak na ilustracji powyżej, można łatwo odwrócić ich orientację. To może spowodować problem w siatkach wygładzonych za pomocą modyfikatora **Subdivision Surface** lub podczas renderowania. Więcej informacji na ten temat – patrz str. 568.

Ściany liczące więcej niż 4 boki są nazywane n-gonami. Wewnętrznie Blender dzieli je na tymczasowe trójkąty. N-gony mogą bardzo uprościć siatkę. Jeżeli jednak używasz modyfikatora **Subdivision Surface**, mogą powodować pewne problemy ze kształtem wynikowej powierzchni podziałowej. Na koniec modelowania zawsze staraj się zastąpić n-gony kombinacją czworoboków. Jeżeli czworoboczne ściany nie są możliwe, użyj trójkątów. Szczegóły takiego „czyszczenia” topologii siatki znajdziesz na str. 550.

By stworzyć cały ciąg ścian pomiędzy dwoma zaznaczonymi rzędami wierzchołków, użyj polecenia **Edge**→**Bridge Edge Loops** (Rysunek 12.25.2):



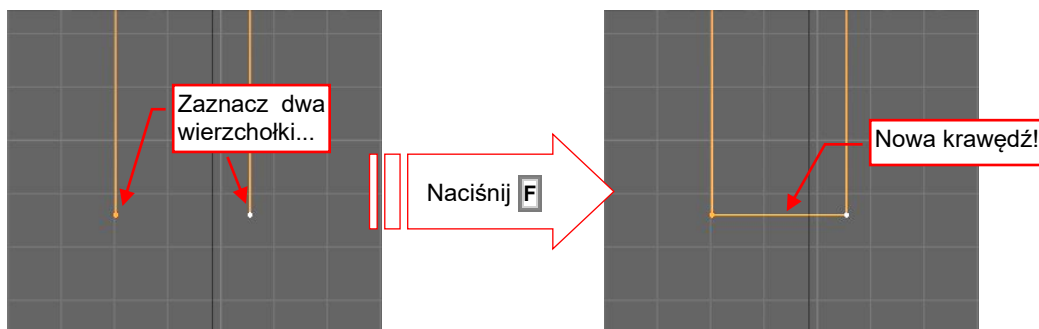
Rysunek 12.25.2 Łączenie dwóch krawędzi poleceniem **Bridge Edge Loops**



Liczba wierzchołków w zaznaczonych liniach musi być identyczna. Inaczej rezultat będzie zaburzony.

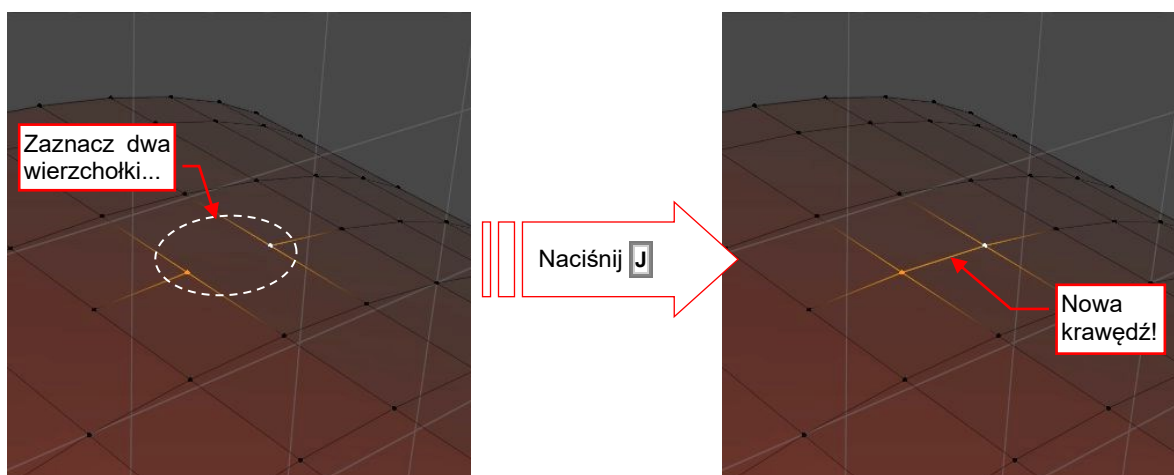
12.26 Tworzenie nowej krawędzi

Aby stworzyć nową krawędź na pomiędzy wierzchołkami nie należącymi do tej samej ściany: zaznacz dwa wierzchołki, a następnie naciśnij **F** (**Vertex → New Edge/Face** – Rysunek 12.26.1):



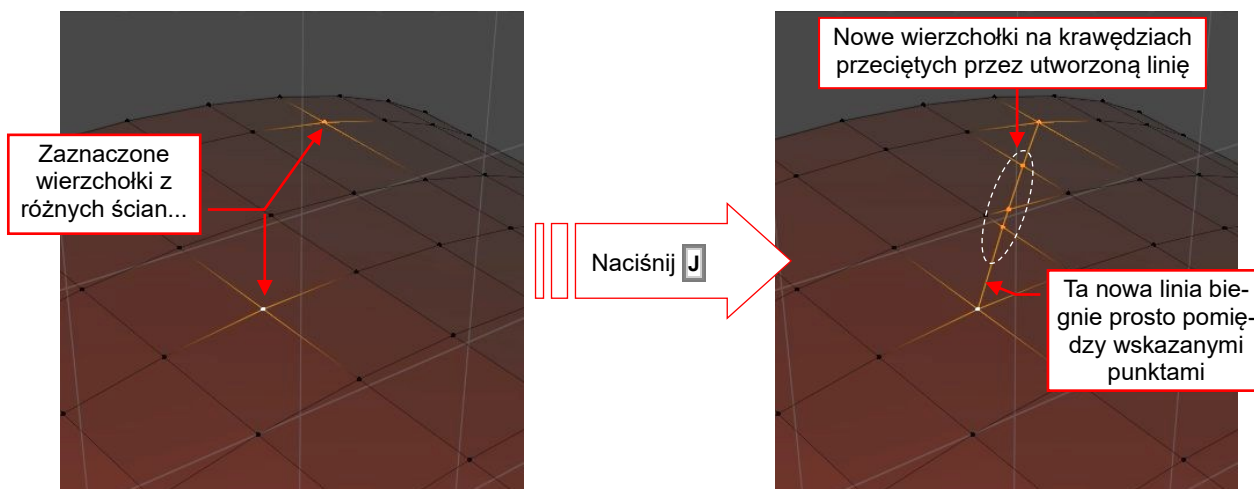
Rysunek 12.26.1 Dodanie do siatki nowej krawędzi (bez ściany)

Aby stworzyć nową krawędź na pomiędzy wierzchołkami ścian: zaznacz dwa wierzchołki, a następnie naciśnij **J** (**Vertex → Connect Vertex Path** – Rysunek 12.26.2):



Rysunek 12.26.2 Dodanie do siatki nowej krawędzi poprzez podział istniejącej ściany

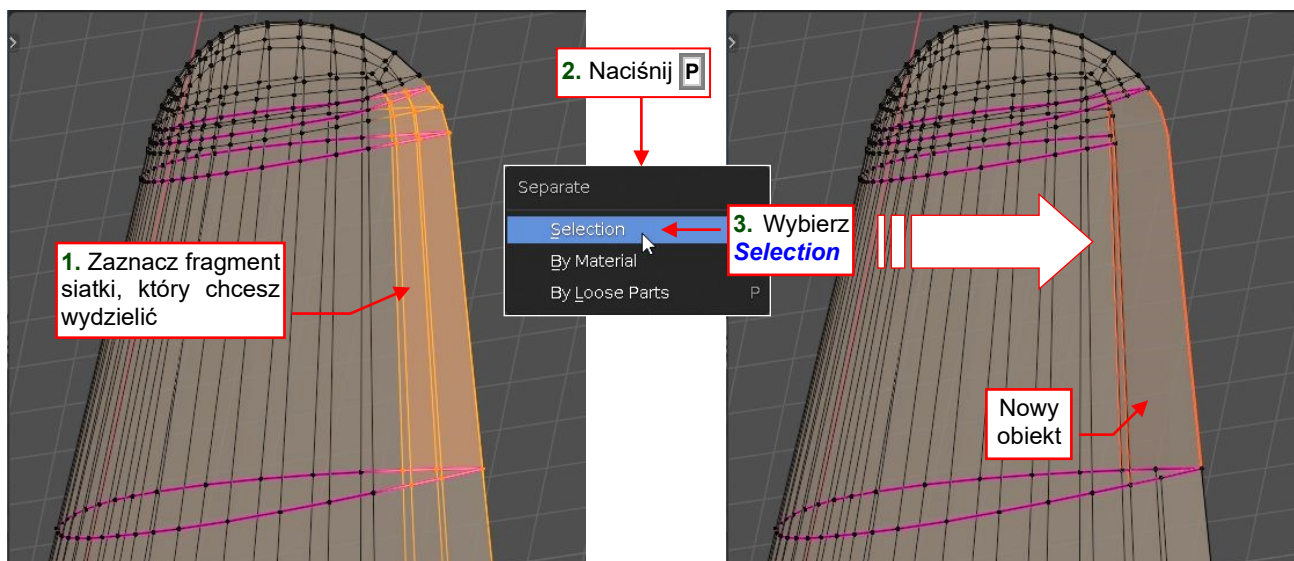
To samo polecenie może być użyte do połączenia dwóch wierzchołków z różnych ścian (Rysunek 12.26.3):



Rysunek 12.26.3 Dodanie do siatki nowej krawędzi łączącej dwa odległe wierzchołki

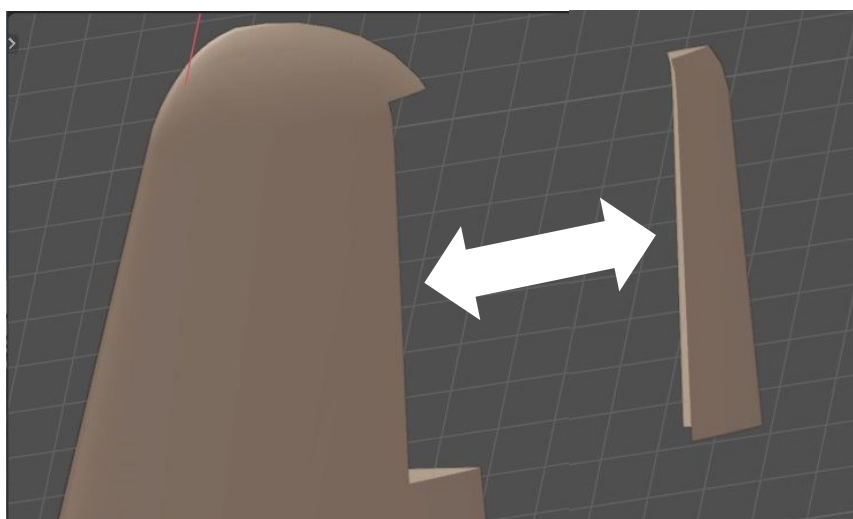
12.27 Wydzielenie fragmentu siatki w nowy obiekt (*Separate*)

Zaznacz fragment siatki, który chcesz przekształcić w nowy obiekt. Następnie naciśnij **P** (*Mesh → Separate*). Z menu opcji, które się pojawiło, wybierz *Selection* (Rysunek 12.27.1):



Rysunek 12.27.1 Wydzielenie zaznaczenia (lotki) w nową siatkę

W rezultacie zaznaczone ściany znikają z oryginalnej siatki i stają się siatką nowego obiektu (Rysunek 12.27.2). Nie są usuwane jednak tak samo, jak gdybyśmy wybrali polecenie *Delete* (str. 543). W tym przypadku krawędzie zaznaczonego obszaru pozostaną na swoim miejscu.



Rysunek 12.27.2 Siatka po wydzieleniu lotki

Nowy obiekt otrzymał taką samą nazwę jak ten, z którego powstał, zakończoną jednak dodatkową końcówką typu ".001". Na przykład lotka, wydzielona w ten sposób z płyta **B.100.Wing**, otrzymuje początkową nazwę **B.100.Wing.001**. Oczywiście, zmień ją zaraz na prawidłową (str. 477).



Operacją odwrotną do wydzielenia siatki jest scalenie siatek obiektów (*Join Objects*, str. 485).

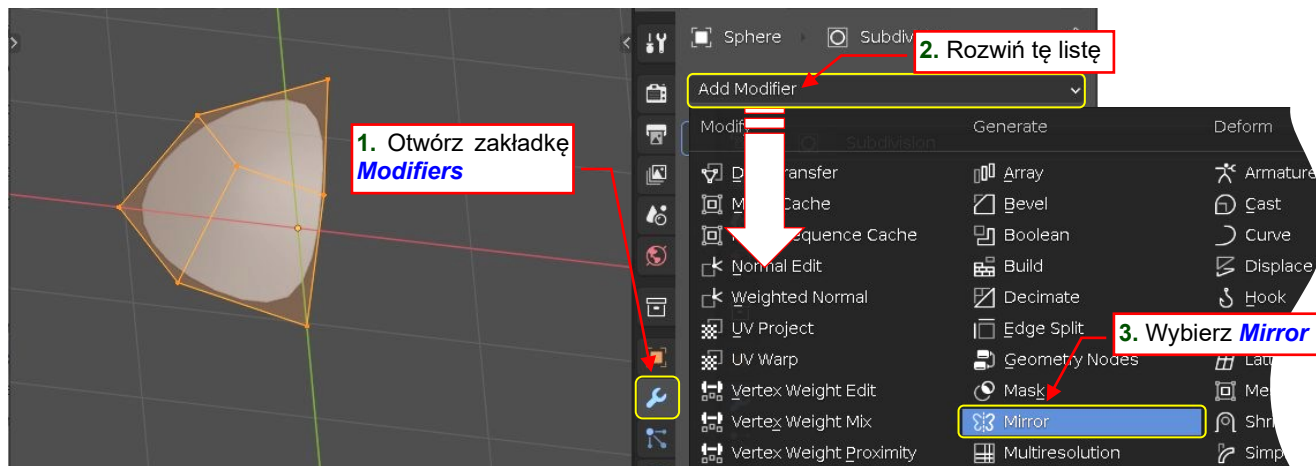


Aby skopiować fragment siatki w nowy obiekt bez usuwania, przed wywołaniem polecenia *Separate* skopiuj (*Duplicate*) zaznaczone ściany (por. str. 534).

12.28 Lustrzane odbicie siatki (**Mirror**)

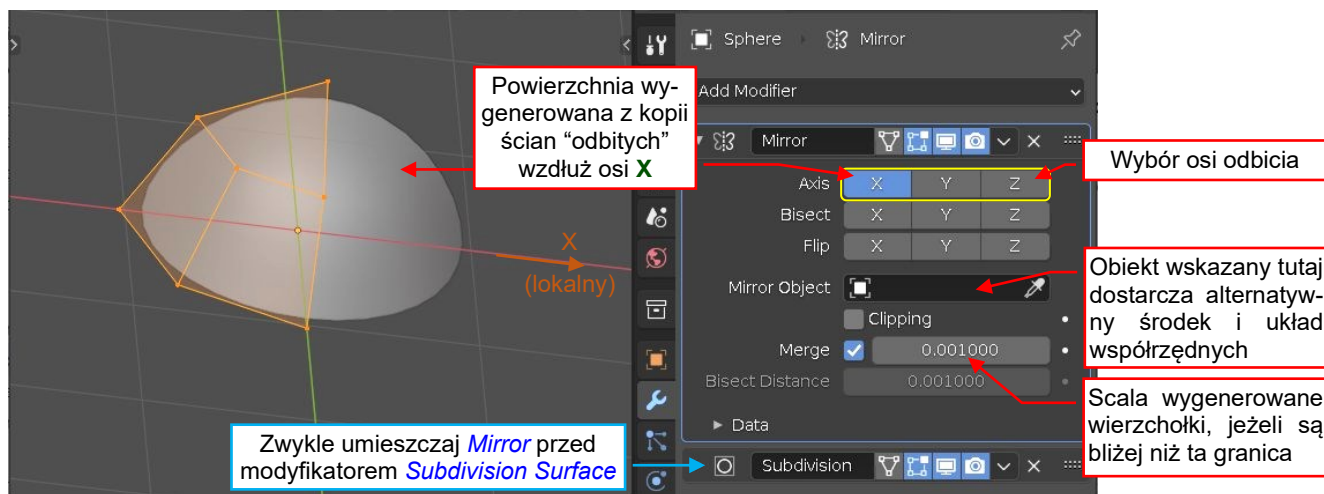
Obiekty symetryczne można tworzyć modelując tylko jedną z ich połówek. Drugą połowę można dynamicznie wygenerować za pomocą modyfikatora **Mirror**.

Zaznacz modyfikowany obiekt. W oknie **Properties** przejdź do zakładki **Modifiers** i rozwiń tam listę **Add Modifier**. Spośród dostępnych modyfikatorów siatki wybierz **Mirror** (Rysunek 12.28.1):



Rysunek 12.28.1 Dodawanie modyfikatora **Mirror** do obiektu

Ten modyfikator tworzy lustrzaną kopię siatki obiektu (Rysunek 12.28.2):



Rysunek 12.28.2 Domyślny rezultat modyfikatora **Mirror**

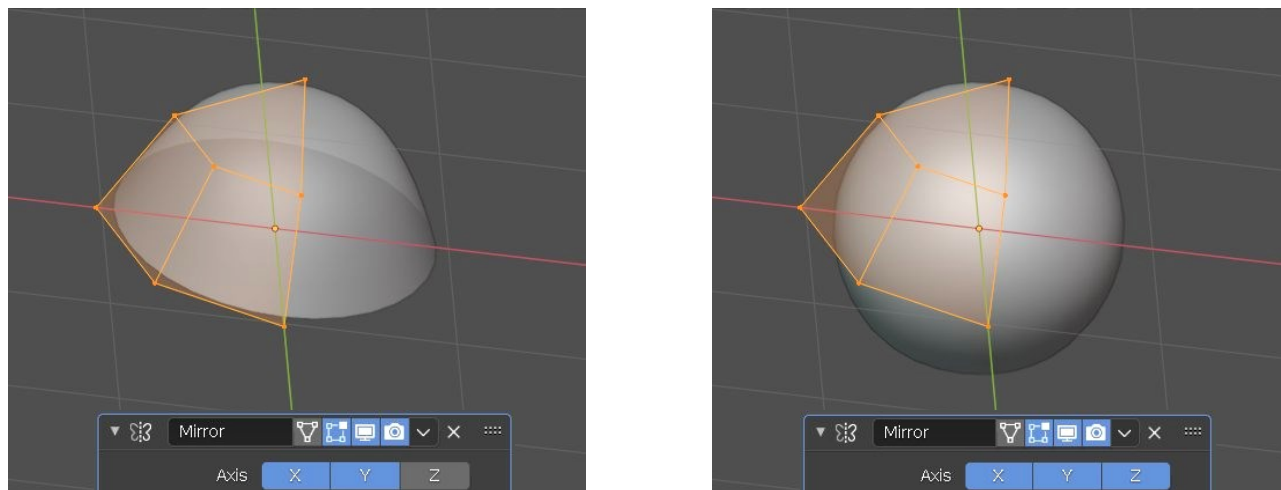
Domyślnie, **Mirror** wykorzystuje jako środek symetrii środek (**origin**) modyfikowanego obiektu, a osie symetrii są osiami jego lokalnego układu współrzędnych. Stąd sprawdź przed użyciem modyfikatora, czy ten środek jest we właściwym miejscu (por. str. 487). Odbicie lustrzane oznacza skopiowanie siatki połączone ze skalowaniem o współczynnik -1 wzdłuż lokalnych osi **X**, **Y**, **Z** obiektu. Możesz wybrać jedną lub więcej z tych osi wykorzystując przełączniki **X**, **Y**, **Z** (Rysunek 12.28.2).

Możesz także użyć innego obiektu jako „dostawcy” środka i osi symetrii. Wskaż go w polu **Mirror Object**. Daje to możliwość tworzenia lustrzanych odbić względem dowolnego środka i osi.

Gdy używasz razem modyfikatorów **Mirror** i **Subdivision Surface**, na liście modyfikatorów obiektu umieszczaj **Mirror** powyżej **Subdivision** (jeżeli to możliwe). W tym przypadku możesz także włączyć opcję **Merge**. Ta opcja powoduje scalanie oryginalnego wierzchołka i jego kopii, jeżeli są bliżej niż odległość graniczna w polu z prawej.

Opcja **Clipping** (Rysunek 12.28.2) uniemożliwia podczas edycji siatki przekroczenie przez wierzchołki płaszczyzny symetrii. „Zamraża” te wierzchołki na tej płaszczyźnie. Może się przydać podczas wprowadzania zmian w takiej siatce z lustrzanym odbiciem.

Do odbicia lustrzanego można wybierać dowolną kombinację osi **X**, **Y** i **Z**. Poniżej pokazuję efekty jednoczesnego zaznaczenia dwóch lub wszystkich trzech osi symetrii (Rysunek 12.28.3):



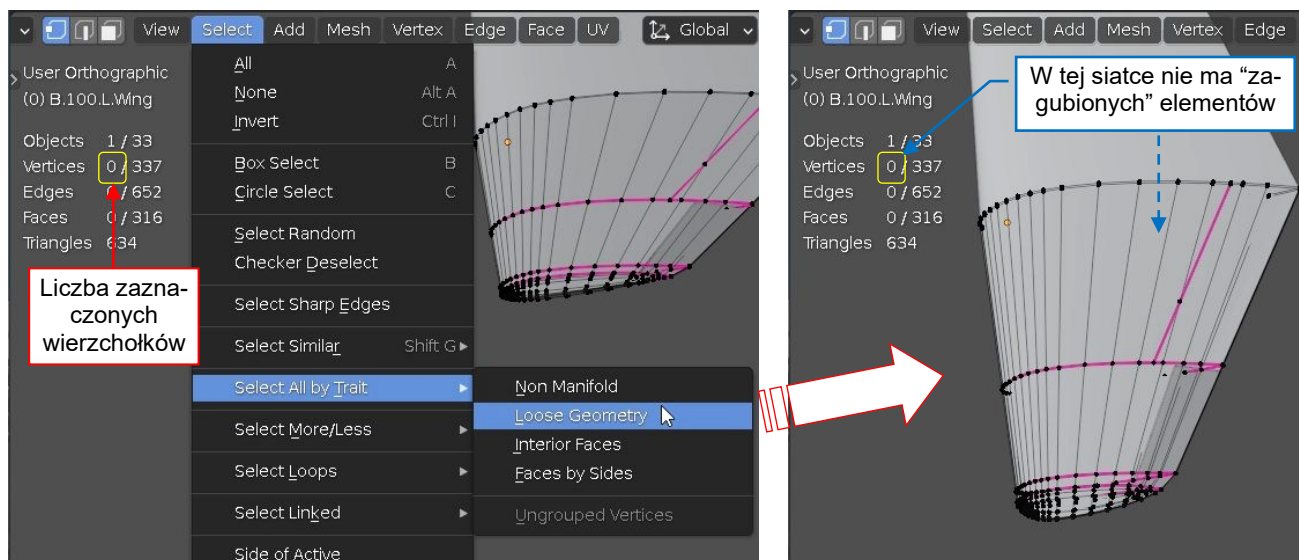
Rysunek 12.28.3 Generowanie symetrycznych kopii wzdłuż dwóch lub trzech osi

Trzyosiowa symetria może być przydatna np. przy modelowaniu opon kół podwozia.

12.29 Weryfikacja topologii siatki

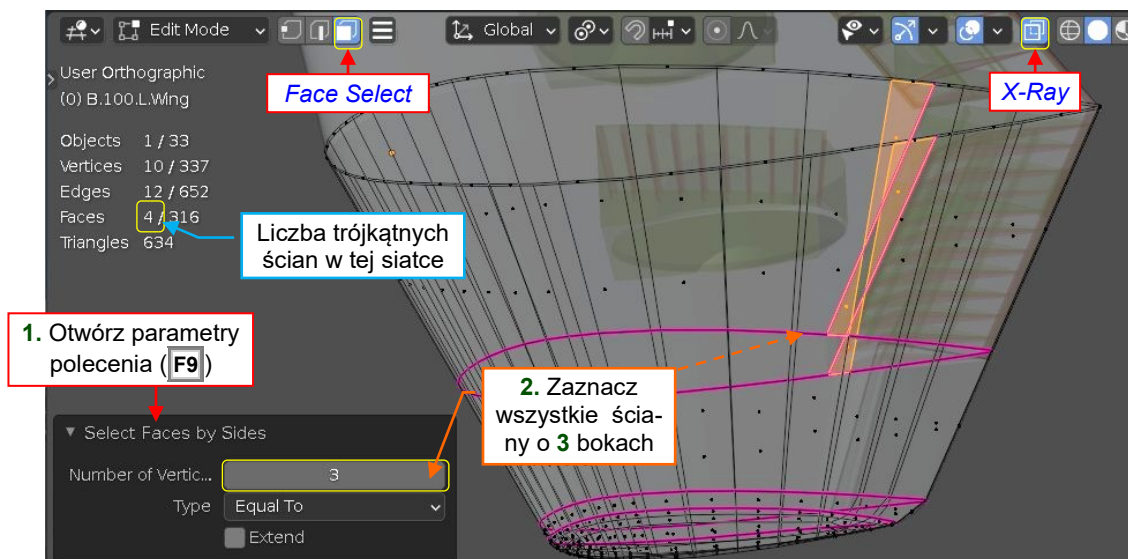
Pierwszy test jest oczywisty: poszukaj oderwanych, zapomnianych wierzchołków lub krawędzi. Potem poszukaj nietypowych ścian. Podczas pracy można nawet przypadkiem stworzyć ściany o więcej niż 4 bokach. Określa się je jako n-gony (*n-gons*). Te n-gony przydają się w modelowaniu. Gdy jednak potem wygładzasz siatkę modyfikatorem *Subdivision Surface*, to ściany, które nie są czworokątami, mogą tworzyć „zmarszczki” na powierzchni wynikowej (por. str. 518). Dla takich „wygładzonych” obiektów, n-gony i trójkąty można pozostawiać tylko na płaskich obszarach. Dlatego także warto sprawdzić, czy nie wystąpiły w ukończonej siatce:

1. Wyłącz wszelkie zaznaczenia siatki (**Alt-A**). Włącz statystykę sceny (por. str. 53).
2. Wywołaj polecenie *Select→Select All by Trait→Loose Geometry*. Potem sprawdź w statystykach sceny, czy nadal jest zaznaczone 0 wierzchołków (Rysunek 12.29.1). Jeżeli tak – to w siatce nie ma żadnych zapomnianych elementów. Jeżeli nie – naciśnij **X** (*Remove*), aby je usunąć.



Rysunek 12.29.1 Znajdowanie „zapomnianych” wierzchołków i krawędzi

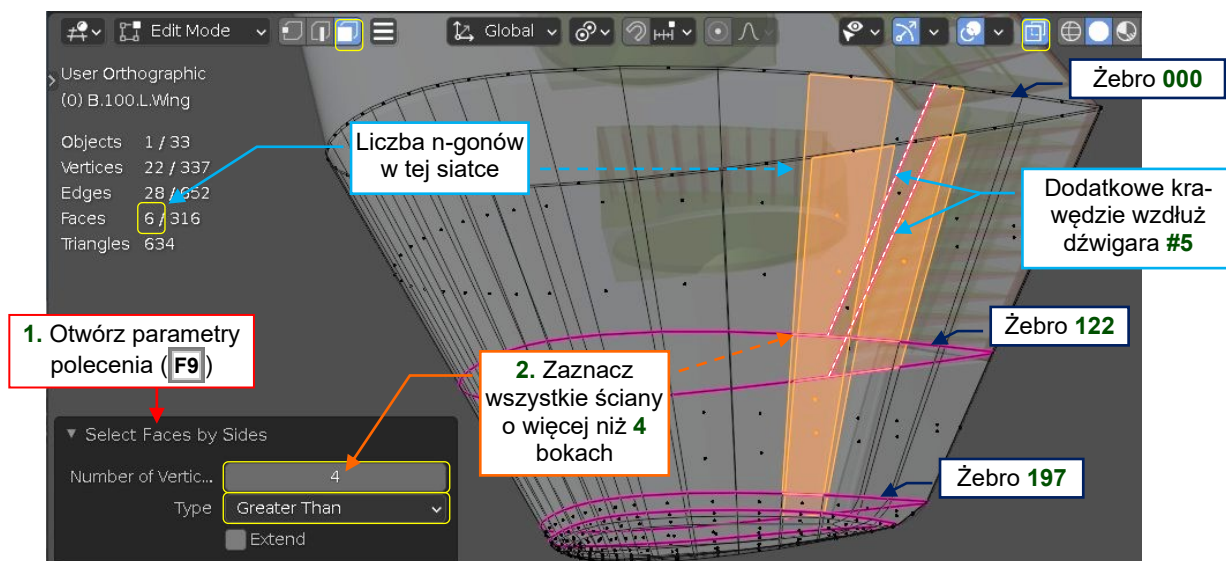
3. Poszukaj w siatce ścian trójkątnych: przełącz się w tryb *Face Select*, włącz cieniowanie *X-Ray*, następnie wywołaj *Select→Select All by Trait→Faces by Sides*. Zaraz po tym poleceniu naciśnij **F9** i zmień jego parametry, ustalając *Number of Vertices* na **3** (Rysunek 12.29.2):



Rysunek 12.29.2 Znajdowanie ścian trójkątnych

Jeżeli wszystkie trójkąty są w „bezpiecznych” miejscach siatki – można je tam zostawić.

4. Poszukaj w siatce n-gonów tym samym poleceniem **Select→Select All by Trait→Faces by Sides**. Po naciśnięciu **F9**, ustaw **Number of Vertices** na **4** i przełącz **Type** na funkcję **Greater Than** (Rysunek 12.29.3):

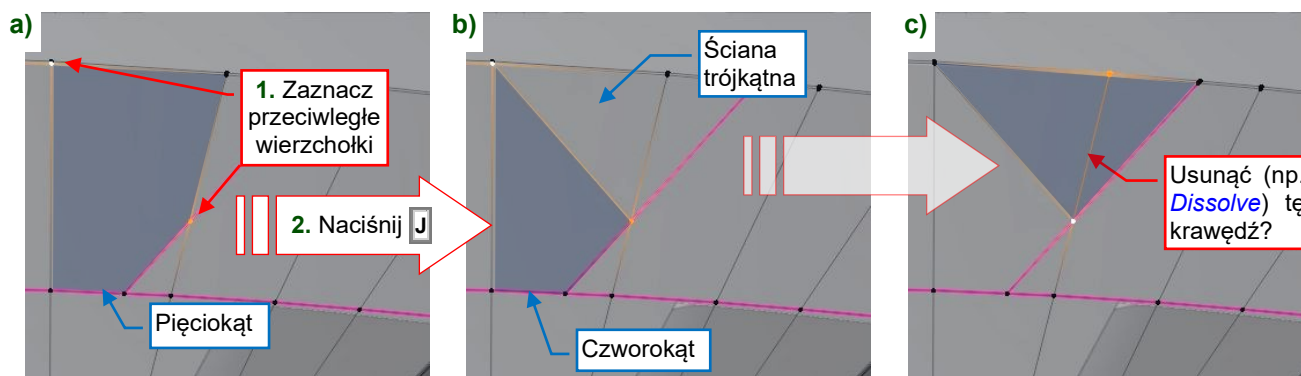


Rysunek 12.29.3 Znajdowanie n-gonów

W tej siatce skrzydła są cztery n-gony pomiędzy żebrowymi **000** i **122**. Podobnie jak trójkąty, te ściany powstały, gdy tworzyliśmy dodatkową krawędź wzdłuż dźwigara **#5** (por. str. 189). Jednak nie uświadomiłem sobie wówczas, że ich efektem będzie jeszcze jedna para n-gonów pomiędzy żebrowymi **122** i **197** (Rysunek 12.29.3).

Tym niemniej, żaden z tych n-gonów nie tworzy widocznych „zmarszczek” na wynikowej powierzchni podziałowej, więc zdecydowałem się je pozostawić bez zmian.

Gdybyś chciał podzielić je na czworokąty: połącz (**J**) dwa przeciwległe wierzchołki, na przykład te pokazywane przez Rysunek 12.29.4a) i b):

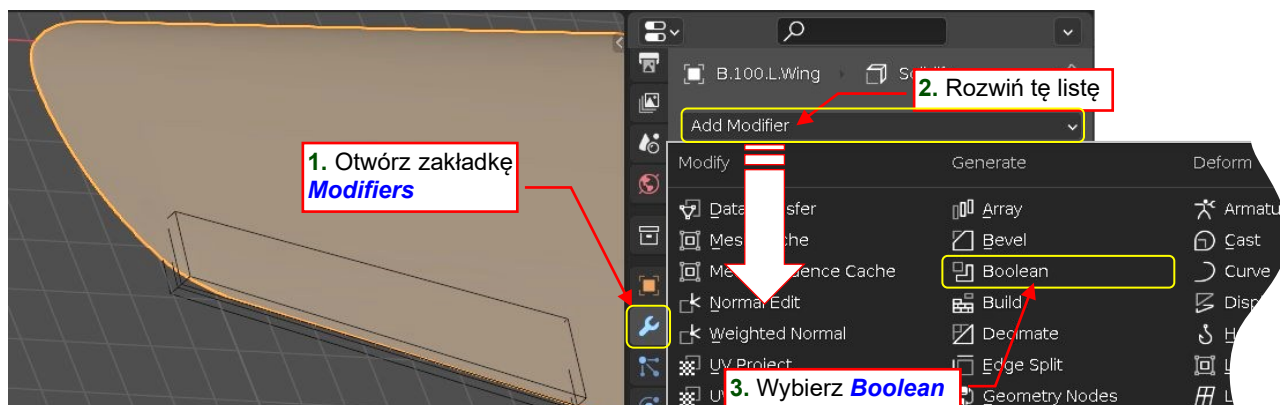


Rysunek 12.29.4 Podział pięciokąta na czworokąt i trójkąt

W rezultacie, podzieliłeś pięciokąt pokazany przez Rysunek 12.29.4a) na czworokąt i trójkąt (Rysunek 12.29.4b). Ewentualnie możesz jeszcze wykonać kolejny krok i połączyć dwa sąsiednie trójkąty (Rysunek 12.29.4c) w czworokąt. Jednak w przypadku przedstawionym na tej ilustracji sugerowałbym pozostawić te dwa trójkąty bez zmian: w przeciwnym razie możesz zepsuć profil kształt żebra **000**.

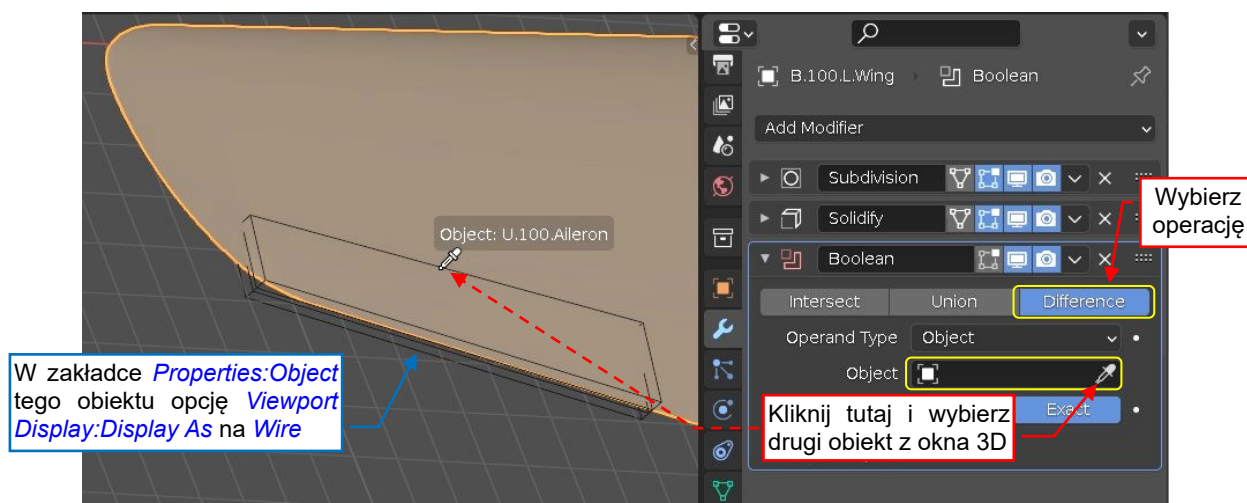
12.30 Operacje na bryłach (**Boolean**)

W oknie **Properties** przejdź do zakładki **Modifiers** i rozwiń tam listę **Add Modifier**. Spośród dostępnych "modyfikatorów" siatki wybierz **Boolean** (Rysunek 12.30.1):



Rysunek 12.30.1 Dodanie modyfikatora **Boolean**

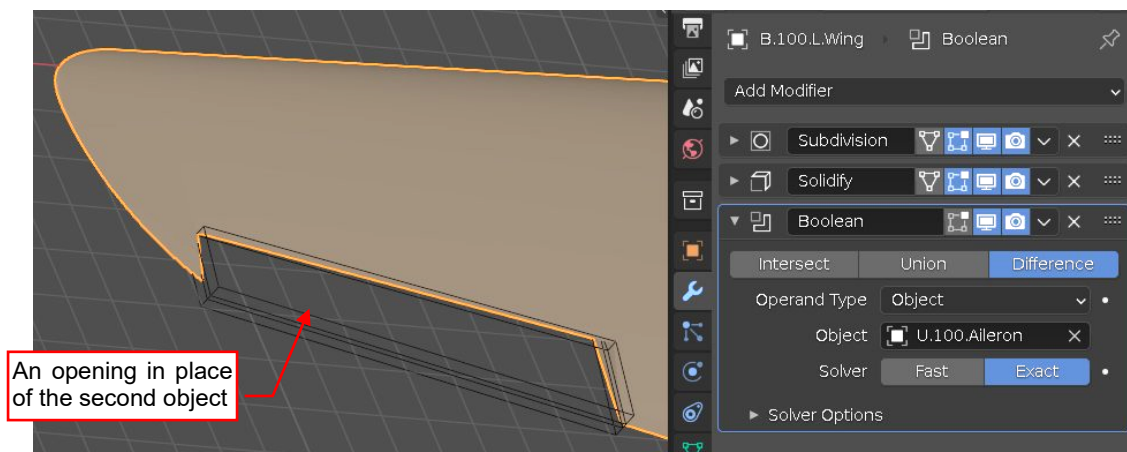
Blender dodaje ten modyfikator na końcu listy modyfikatorów aktywnego obiektu. Początkowo jest nieaktywny: musisz wskazać drugą bryłę, która ma być użyta w jednej z trzech możliwych operacji (Rysunek 12.30.2):



Rysunek 12.30.2 Wybór drugiego obiektu

W polu **Object** możesz wpisać nazwę drugiej bryły. Jednak sugeruję użyć umieszczonego z prawej przycisku z „pipetką” (Rysunek 12.30.2) do wybrania drugiego obiektu bezpośrednio z okna 3D.

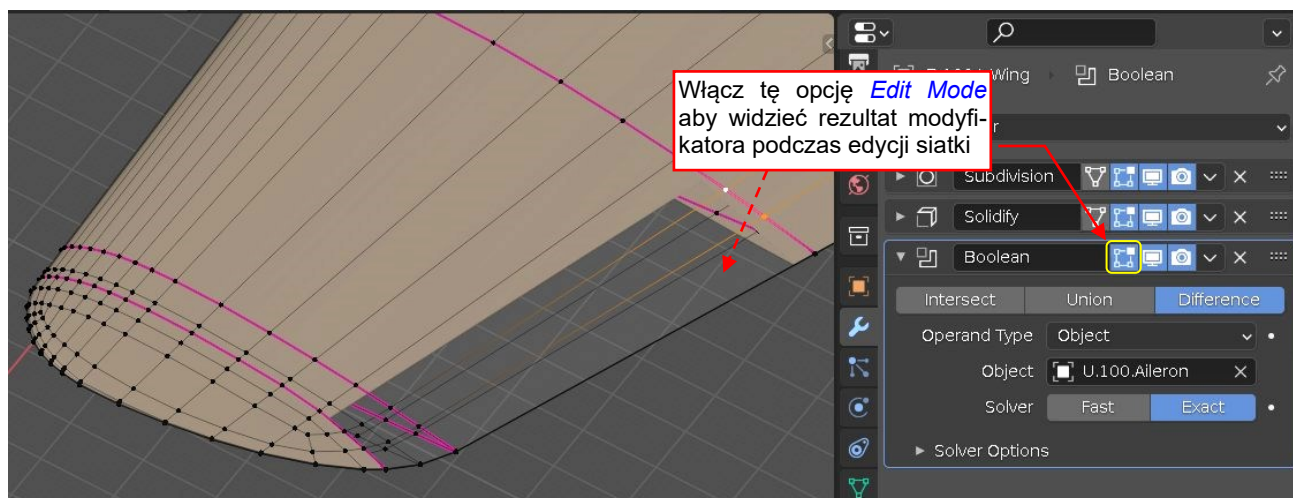
Rysunek 12.30.3 pokazuje rezultat modyfikatora o ustawieniach pokazanych przez Rysunek 12.30.2:



Rysunek 12.30.3 Rezultat modyfikatora **Boolean (Difference)**

Zazwyczaj, „bryłami tnącymi” wybieranymi dla modyfikatorów **Boolean** są obiekty pomocnicze, stworzone wyłącznie do tego celu. Możesz je ukryć, gdy modyfikator zacznie działać.

Gdy w panelu modyfikatora **Boolean** włączysz opcję **Edit Mode**, będziesz widział jego rezultat także podczas edycji siatki (Rysunek 12.30.3):



Rysunek 12.30.4 Edycja siatki zmodyfikowanej modyfikatorem **Boolean**

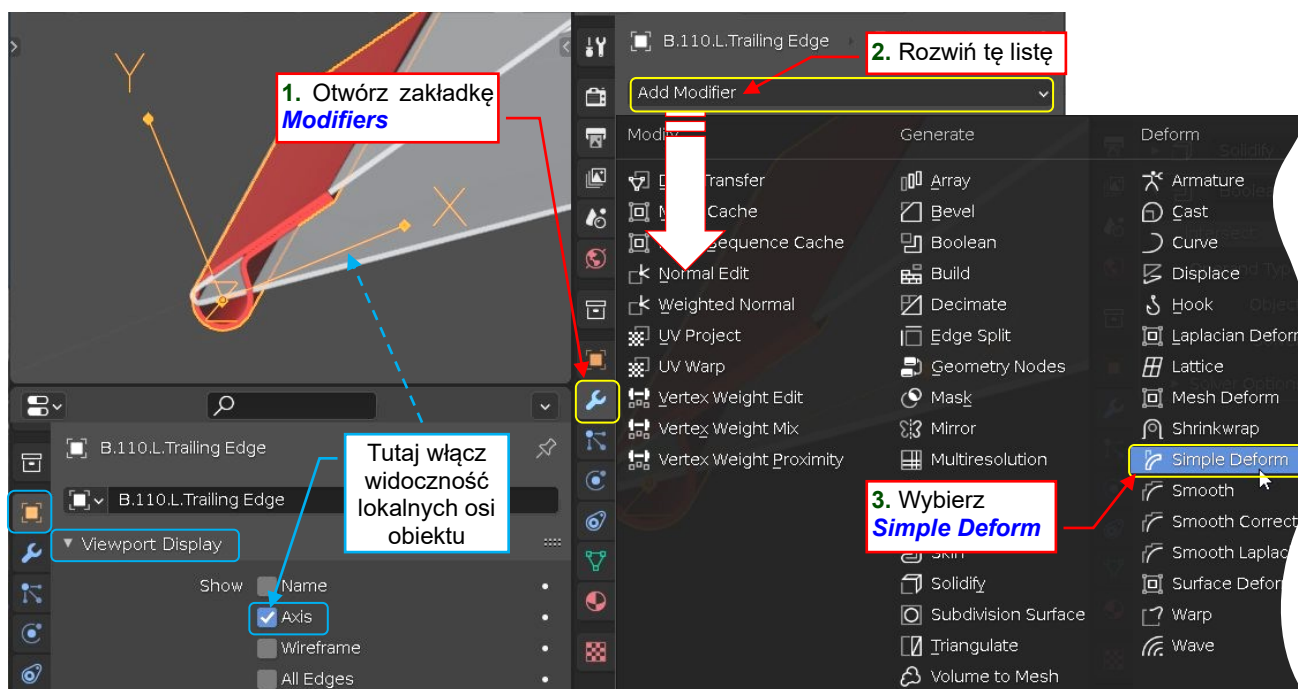
W odróżnieniu od efektu polecenia **Boolean (Knife)** (por. str. 527), rezultat modyfikatora **Boolean** jest dynamiczny: nie zmienia siatki modyfikowanego obiektu. Możesz łatwo przywrócić modyfikowany obiekt do stanu początkowego (jak pokazywany przez Rysunek 12.30.1) poprzez usunięcie modyfikatora z listy. Modyfikatory **Boolean** pozwalają na prostsze topologie siatek modelu.

Poniżej kilka końcowych wskazówek, dotyczących tego modyfikatora:

- Nadal możesz modyfikować kształty obydwu obiektów wykorzystywanych przez ten modyfikator, uzyskując szynko inne wycięcia. To jest duża pomoc w modelowaniu historycznych samolotów: możesz łatwo zmienić kontur wycięcia na lotkę poprzez modyfikację kształtu obiektu tnącego. Robiąc to, będziesz widział (w czasie rzeczywistym!) jak się zmienia kształt wycięcia.
- Modyfikator **Boolean** umieszczony po modyfikatorze **Subdivision Surface** przecina ściany gładkiej powierzchni wynikowej. Dzięki temu, nie zmienia jej kształtu poza krawędzią przecięcia.
- Gdy modyfikowany obiekt jest kształtem otwartym, przed zastosowaniem modyfikatora **Boolean** nadaj mu jakąś „grubość” modyfikatorem **Solidify** (por. str. 521). W przeciwnym razie możesz uzyskać zaskakujące wyniki, jak te opisane na str. 527.

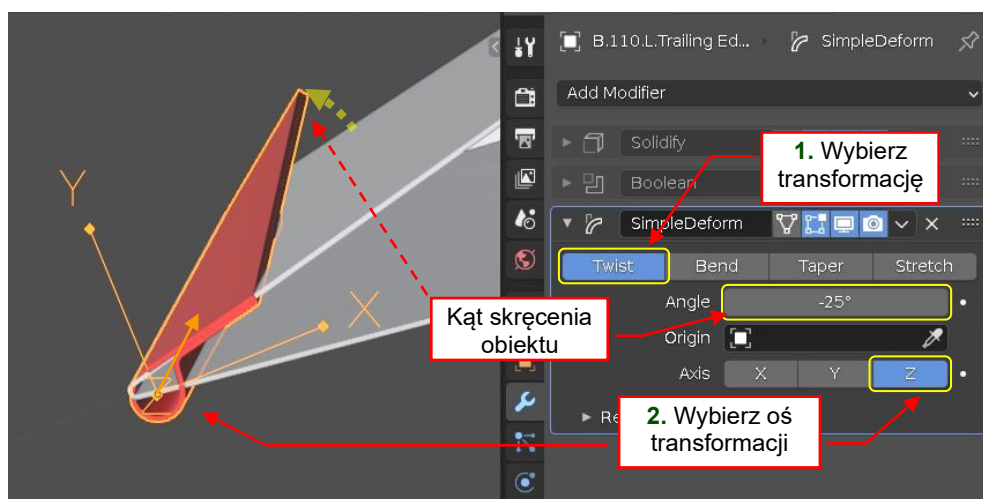
12.31 Proste deformacje (*Simple Deform*)

Zaznacz obiekt, który chcesz zdeformować. Warto także wyświetlić jego lokalne osie. Możesz to zrobić w zakładce *Properties: Object*, panelu *Viewport Display* (Rysunek 12.31.1). Potem przejdź do zakładki *Modifiers* i rozwiń tam listę *Add Modifier*. Spośród dostępnych modyfikatorów siatki wybierz *Simple Deform*:



Rysunek 12.31.1 Dodawanie modyfikatora *Simple Deform* do obiektu

W pierwszej chwili rezultat tego modyfikatora może wyglądać dziwnie. Nie przejmuj się tym, tylko wybierz w jego panelu zamierzoną deformację i jej oś (Rysunek 12.31.2):



Rysunek 12.31.2 Skręcanie obiektu za pomocą modyfikatora *Simple Deform*

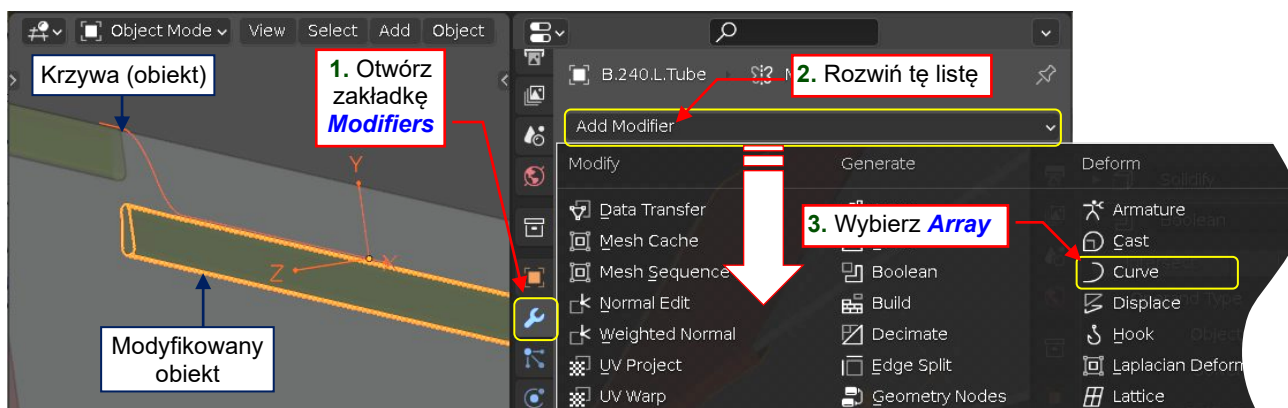
W przypadku powyżej wybrałem deformację *Twist*. Polega ona na skróceniu obiektu wzdłuż wybranej (lokalnej!) osi *Axis* o podany kąt *Angle*. Domyślnie, środkiem tej transformacji jest środek deformowanego obiektu, ale możesz także wskazać środek innego obiektu (wybierając go do pola *Origin*).



Więcej szczegółów o tym modyfikatorze i jego deformacjach znajdziesz w [sekcji "Modeling: Modifiers: Simple Deform Modifier" podręcznika Blendera online](#).

12.32 Wyginanie wzdłuż krzywej (Curve)

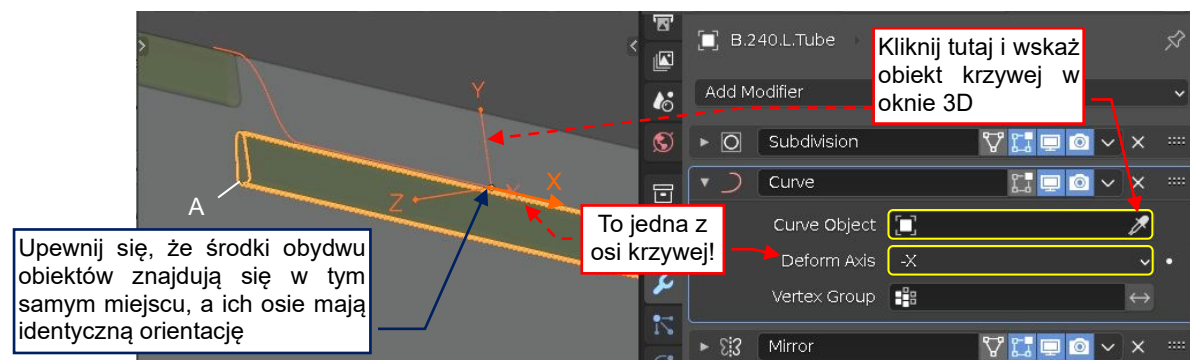
Przygotuj krzywą (str. 490). Zaznacz modyfikowany obiekt. W oknie *Properties* przejdź do zakładki *Modifiers* i rozwiń tam listę *Add Modifier*. Spośród dostępnych modyfikatorów siatki wybierz *Curve* (Rysunek 12.32.1):



Rysunek 12.32.1 Dodawanie modyfikatora *Curve* do obiektu

Blender dodaje ten modyfikator na koniec listy modyfikatorów obiektu. Przesuń ją potem we właściwe miejsce.

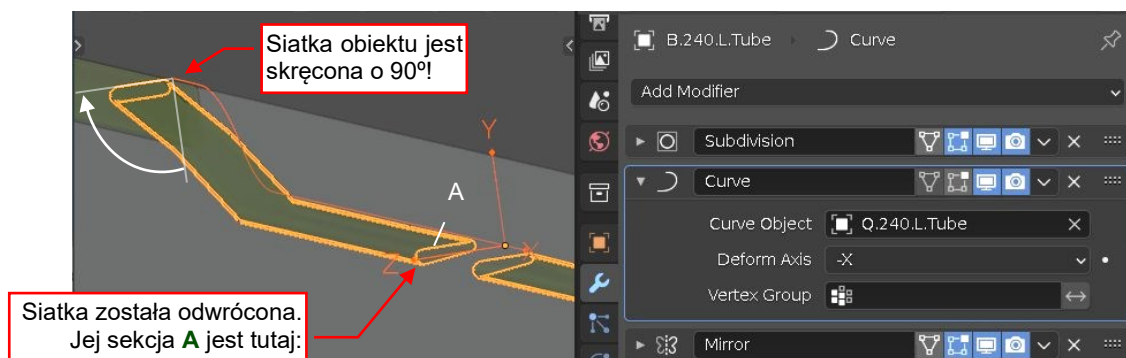
Początkowo modyfikator *Curve* jest nieaktywny: trzeba przypisać mu krzywą (*Curve Object* - Rysunek 12.32.2):



Rysunek 12.32.2 Przypisanie *Curve Object*

W polu *Curve Object* możesz wpisać nazwę obiektu krzywej. Sugeruję jednak kliknąć w umieszczoną z prawej „pipetę” (Rysunek 12.32.2) aby bezpośrednio wskazać ten obiekt w oknie 3D. Dla krzywych, sugeruję włączyć ich opcję *Viewport Display:Show Axis* (por. str. 564). Widząc te osie, można łatwo wybrać odpowiednią *Deform Axis* dla tego modyfikatora. Łatwiej także wskazać krzywą kliknięciem w jedną z jej osi.

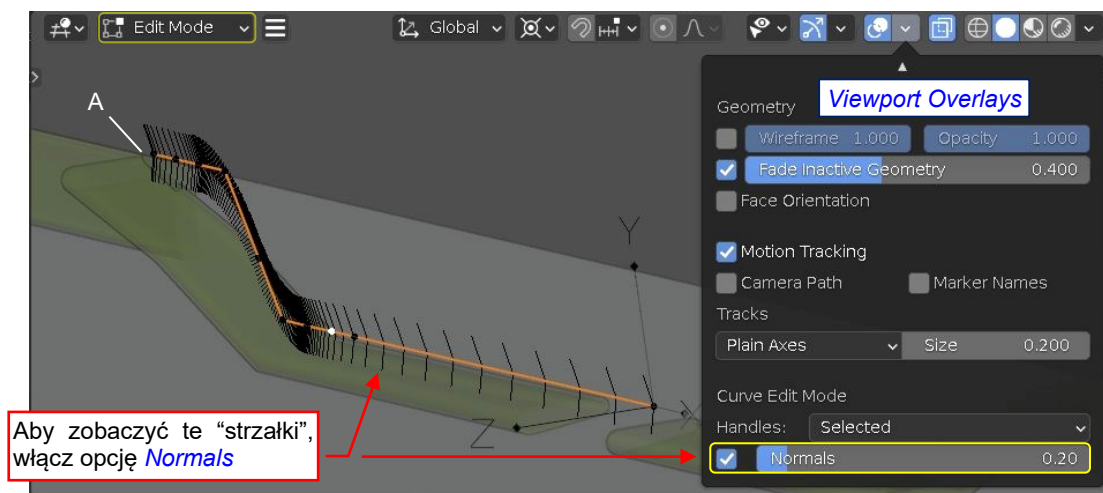
Rysunek 12.32.3 pokazuje wstępny rezultat i ustawienia modyfikatora *Curve*:



Rysunek 12.32.3 Początkowy rezultat modyfikatora *Curve*

Gdy porównasz Rysunek 12.32.3 i Rysunek 12.32.2, zauważysz, że ta krzywa nie tylko wygina, ale też skręca i obraca deformowany profil. To typowe kłopoty z tym modyfikatorem. Aby wyeliminować te niepożądane deformacje, musimy wprowadzić do tej krzywej dwie proste korekty. Pokazuję je na następnej stronie.

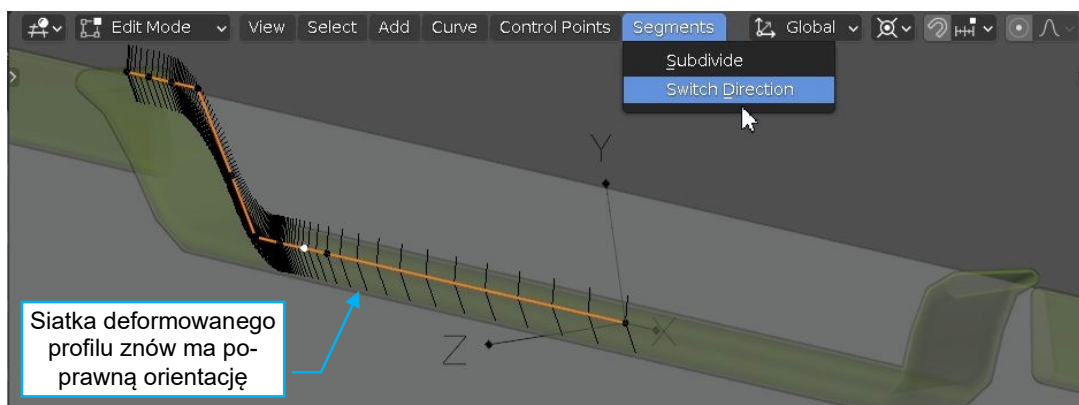
Zaznacz krzywą i przełącz się w *Edit Mode*. Włącz opcję *Viewport Overlays:Normals* (znajdziesz ją u dołu tego panelu – por. Rysunek 12.32.4):



Rysunek 12.32.4 Wizualizacja kierunku i skrzywienia krzywej

„Normalne” krzywej są uproszczonymi strzałkami. Ich kierunek pokazuje kierunek krzywej. Teraz widać, że ta krzywa zaczyna się przy końcu niezdeformowanej części profilu (punkt **A**). Płaszczyzna tych strzałek pokazuje aktualne skrzywienie.

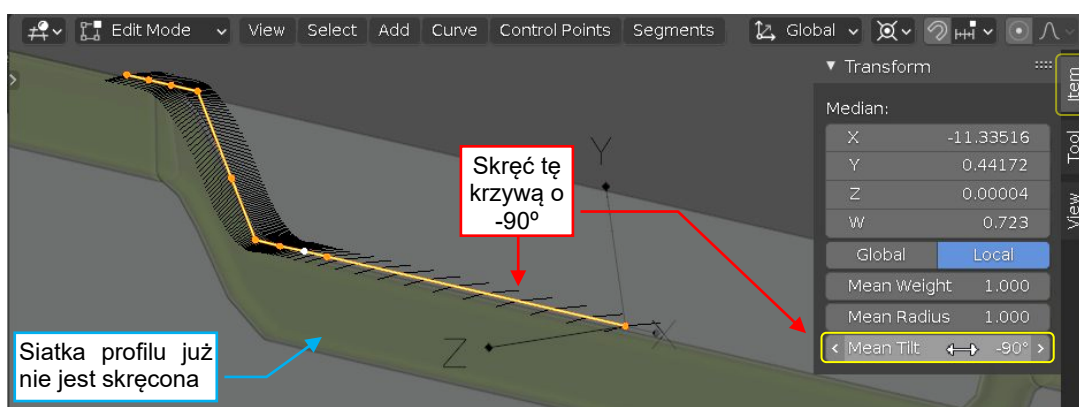
Odwróćmy kierunek tej krzywej: wywołaj polecenie **Segments → Switch Direction** (Rysunek 12.32.5):



Rysunek 12.32.5 Odwrócenie kierunku krzywej

W tle możesz zauważyć, że zdeformowana siatka nie jest już odwrócona.

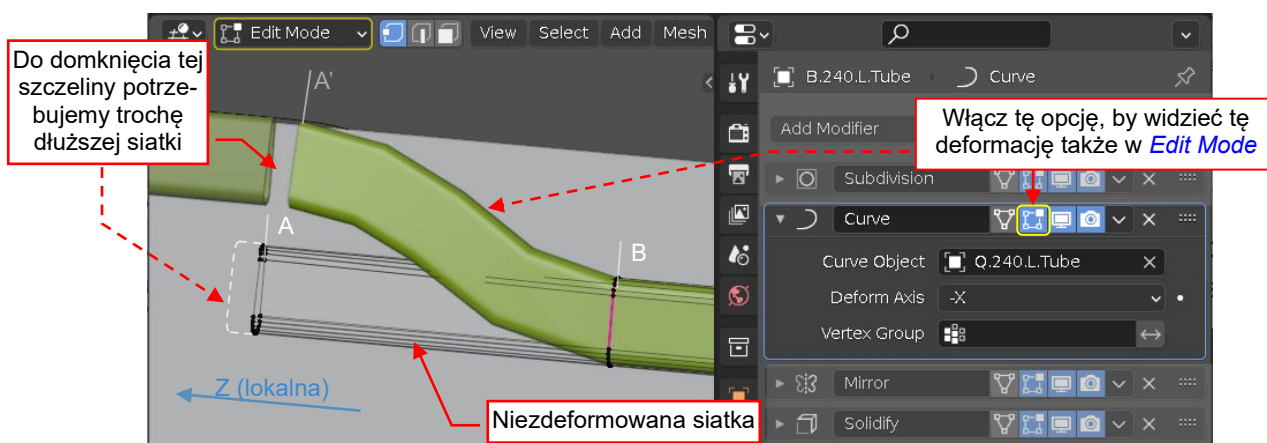
Kolejna modyfikacja: zaznacz wszystkie węzły (**A**) i w zakładce **Item** przybornika zmniejsz **Mean Tilt** o **90°**:



Rysunek 12.32.6 Zmiana kąta skrzywienia węzłów krzywej

Teraz przekroje wygiętej wzdłuż krzywej siatki wróciły na swoje właściwe miejsca.

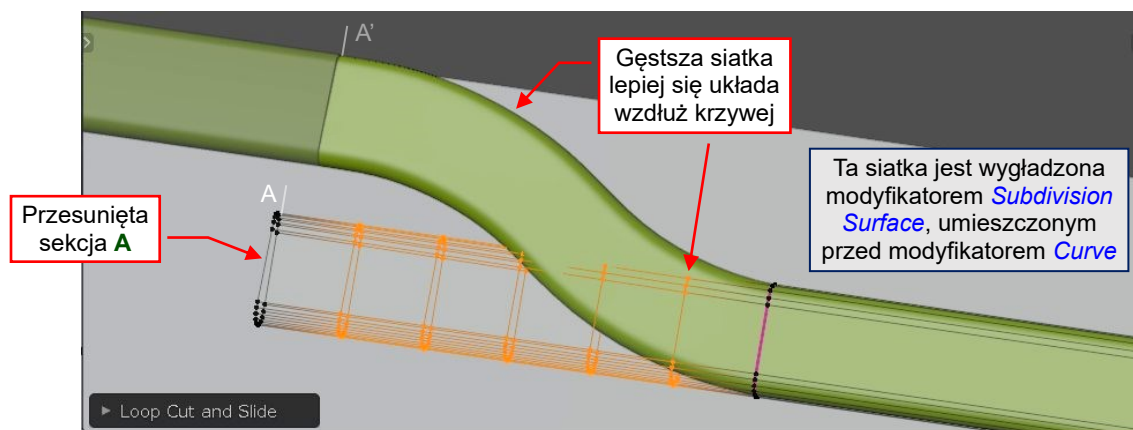
Gdy krzywa została poprawiona, wróćmy do deformowanej siatki. Włącz w tym obiekcie, w modyfikatorze **Curve**, opcję **Edit Mode**, by widzieć jego efekt także podczas edycji (Rysunek 12.32.7):



Rysunek 12.32.7 Ocena rezultatu działania modyfikatora (w *Edit Mode*)

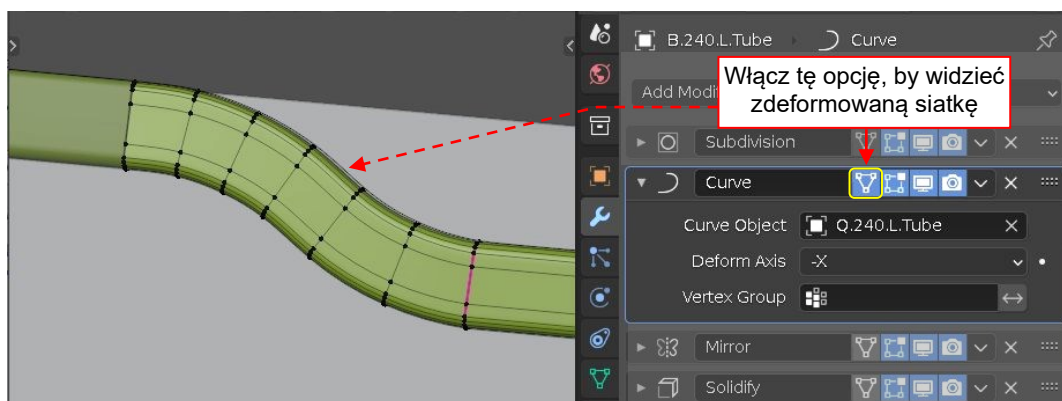
Zdeformowana siatka z rysunku powyżej wymaga jeszcze kilku poprawek:

1. Przesuń sekcję **A** wzdłuż lokalnej osi **Z**, by wyeliminować odstęp pokazywany przez Rysunek 12.32.7.
2. Wstaw (*Loop Cut*) 5 nowych linii krawędzi pomiędzy sekcjami A i B, by lepiej dopasować tę siatkę do gładkiego konturu krzywej (Rysunek 12.32.8):



Rysunek 12.32.8 Poprawki, wprowadzane do zdeformowanej siatki

Zwróć uwagę, że ten modyfikator także ma opcję *On Cage* (znaną nam z *Subdivision Surface*). Gdy ją włączysz, zobaczysz wierzchołki siatki w wersji zdeformowanej (Rysunek 12.32.9):



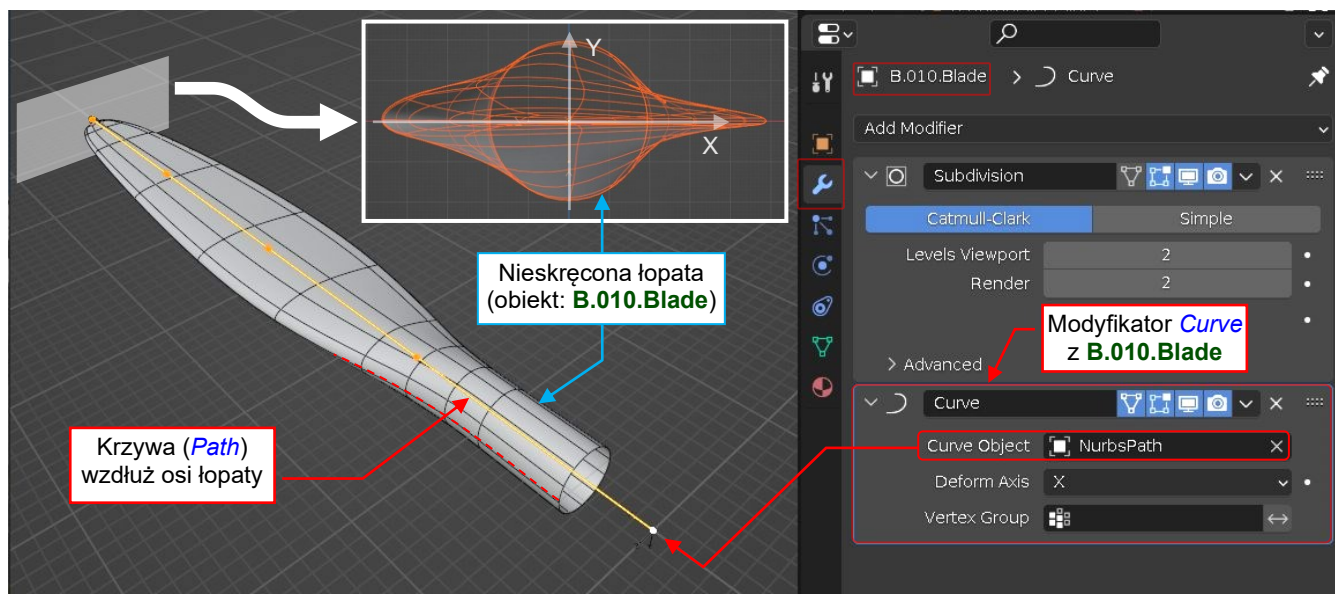
Rysunek 12.32.9 Zdeformowana siatka w *Edit Mode* (*On Cage*: wł.)

Gdy jednak spróbujesz przesunąć te wierzchołki, przekonasz się, że pracujesz z ich niezdeformowanymi współrzędnymi (tymi, pokazywanymi przez Rysunek 12.32.7 i Rysunek 12.32.8).

12.33 Skręcanie wzdłuż krzywej (*Curve*)

Modyfikator *Curve* pozwala nie tylko wykrzywiać, ale i skręcać siatkę. W porównaniu z modyfikatorem *Simple Deform (Twist)* zapewnia lepszą kontrolę nad rozkładem kątów skręcenia wzdłuż jej osi. Taka precyzja jest potrzebna na przykład podczas modelowania łopaty śmigła.

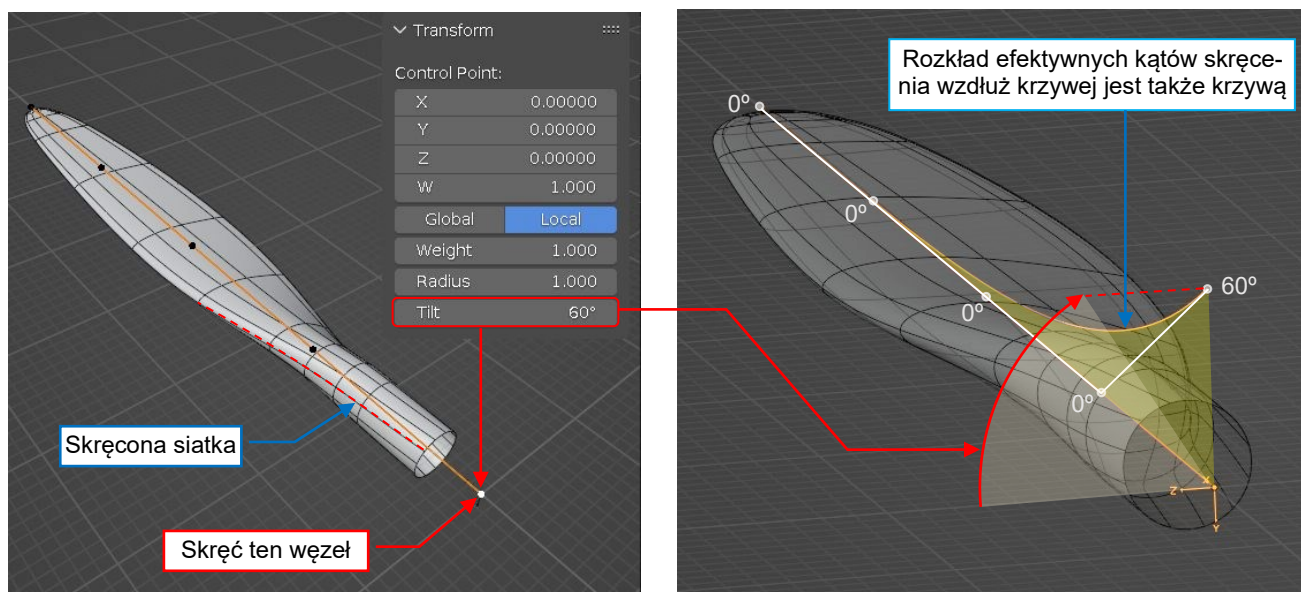
Zamiast skręcenia „na stałe”, jakie zastosowaliśmy w sekcji 4.4, przypisz do „płaskiego” wariantu tej łopaty (rezultatu sekcji 4.3) modyfikator *Curve*, skojarzony z prostą krzywą (Rysunek 12.33.1):



Rysunek 12.33.1 Płaska łopata śmigła, skojarzona z prostą krzywą

Zrób to tak, jak podano w poprzedniej sekcji (str. 555). Użyj krzywej, która tworzy linię prostą i biegnie wzdłuż osi łopaty śmigła. Początkowo, taki nowy modyfikator nie zmienia dotychczasowej powierzchni wynikowej.

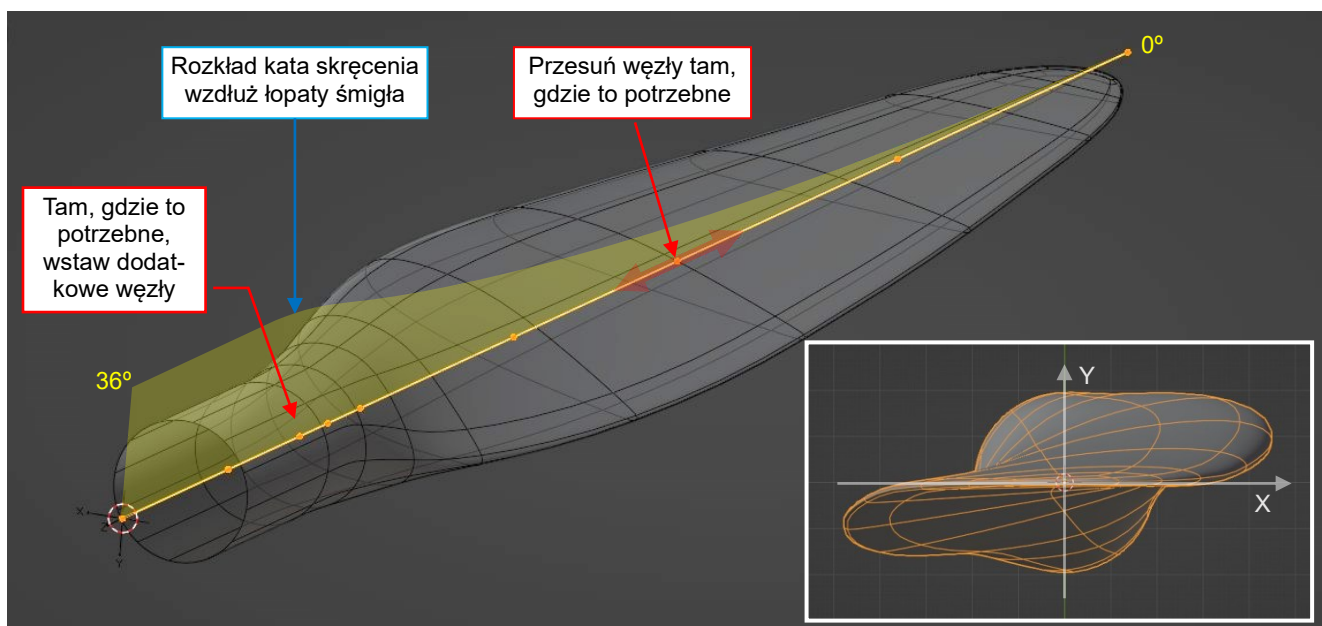
Jednak, gdy zmienisz wartość *Tilt* na jednym z końców krzywej, spowoduje to skręcenie odpowiedniej części siatki (Rysunek 12.33.2):



Rysunek 12.33.2 Skręcanie krzywej

Zwróć uwagę, że rozłożenie tego skręcenia jest nieliniowe (w istocie, to krzywa B-sklejana – *B-spline*)

Teraz możesz skrócić dalsze punkty kontrolne tej krzywej (zmieniając ich wartość [Tilt](#)). Możesz je także przesunąć wzdłuż osi łopaty, dopóki nie znajdą się w optymalnym położeniu (Rysunek 12.33.3):



Rysunek 12.33.3 Skręcona łopata śmigła



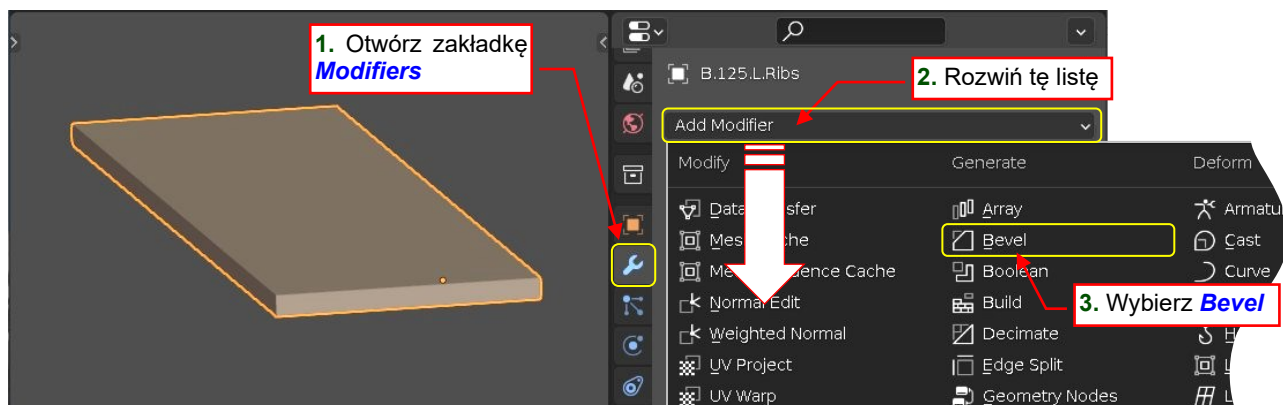
Precyzyjne modelowanie skręconej na stałe siatki łopaty śmigła (na przykład: modyfikowanie konturów jego krawędzi natarcia lub spływu) może być bardzo trudne. O wiele łatwiej jest zachować tę siatkę w “płaskiej” postaci, a obiekt łopaty skrócić dynamicznie, za pomocą modyfikatora [Curve](#).



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić plik Blendera ukończony w tej sekcji: [model\p40\history\P40B-23.40.blend](#).

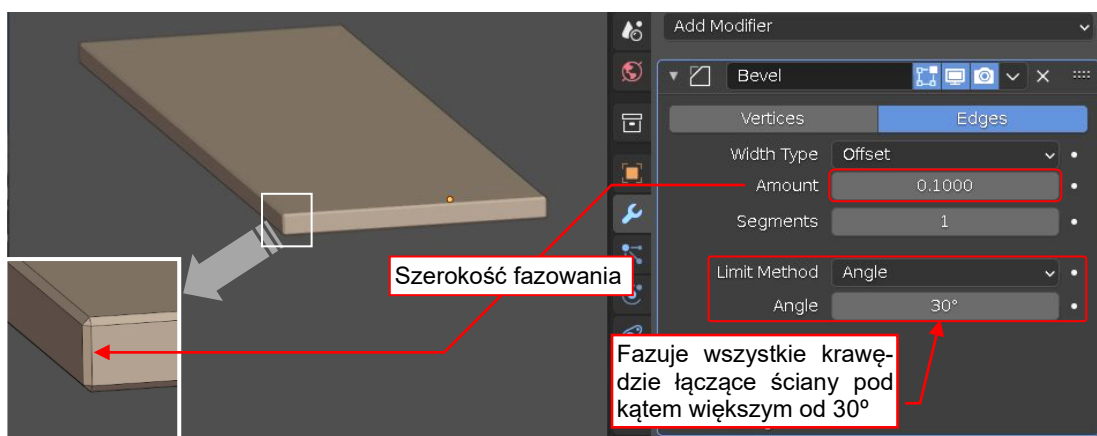
12.34 Fazowanie i zaokrąglanie krawędzi (*Bevel*)

W oknie *Properties* przejdź do zakładki *Modifiers* i rozwiń tam listę *Add Modifier*. Spośród dostępnych modyfikatorów siatki wybierz *Bevel* (Rysunek 12.34.1):



Rysunek 12.34.1 Dodawanie modyfikatora *Bevel* do obiektu

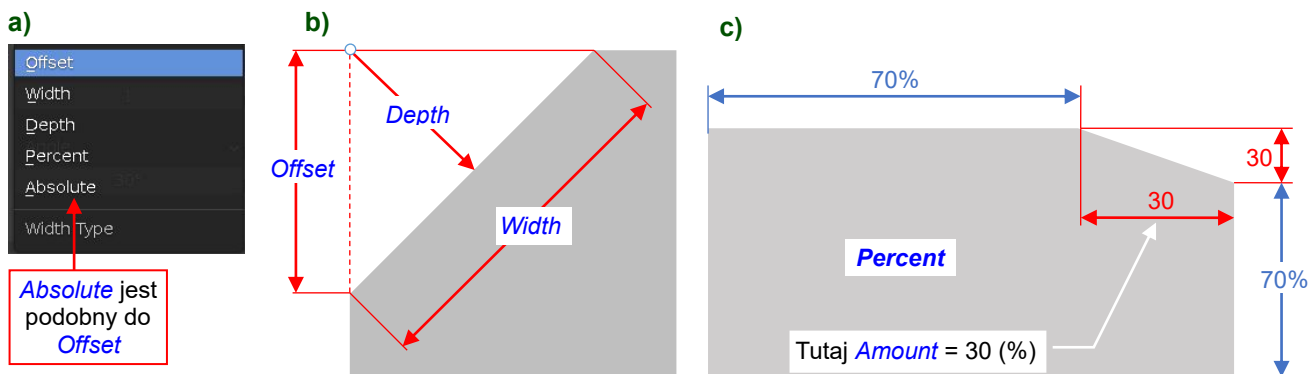
Domyślnie, ten modyfikator fazuje wszystkie krawędzie, które łączą ściany pod kątem większym niż 30°. Szerokość fazowania (*Amount*) jest domyślnie niewielka i wynosi 0.1 (Rysunek 12.34.2):



Rysunek 12.34.2 Początkowy efekt modyfikatora *Bevel*

Oczywiście, możesz zmienić ten graniczny kąt (*Angle*) oraz szerokość fazki (*Amount*).

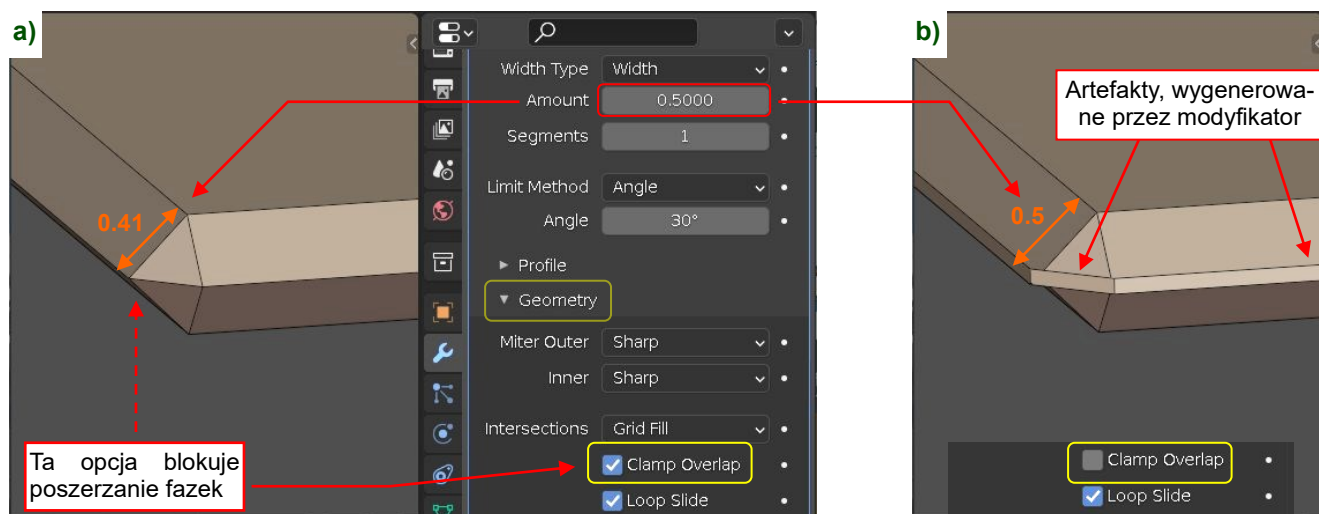
Width Type to metoda „przyłożenia” wartości *Amount*. Rysunek 12.34.3 wyjaśnia dostępne opcje:



Rysunek 12.34.3 Różne metody określania szerokości fazki

Pierwsze trzy pozycje listy (*Depth*, *Width*, *Offset*) reprezentują alternatywne metody określania szerokości fazki „wyciętej” pod kątem 45°. Rysunek 12.34.3b wyjaśnia ich znaczenie. W ostatniej metodzie – *Percent* – szerokość fazki zależy od rozmiarów przyległych ścian (Rysunek 12.34.3c). Dla metody *Percent* wpisz w pole *Amount* wartości od 0 do 100 (%). Dla pozostałych metod *Amount* to długość, wyrażona w jedn. Blendera.

Czasami, gdy zwiększysz **Amount** nic się nie zmienia. Przyczyna jest opcja **Clamp Overlap**, ukryta na panelu tego modyfikatora w sekcji **Geometry** (Rysunek 12.34.4a):



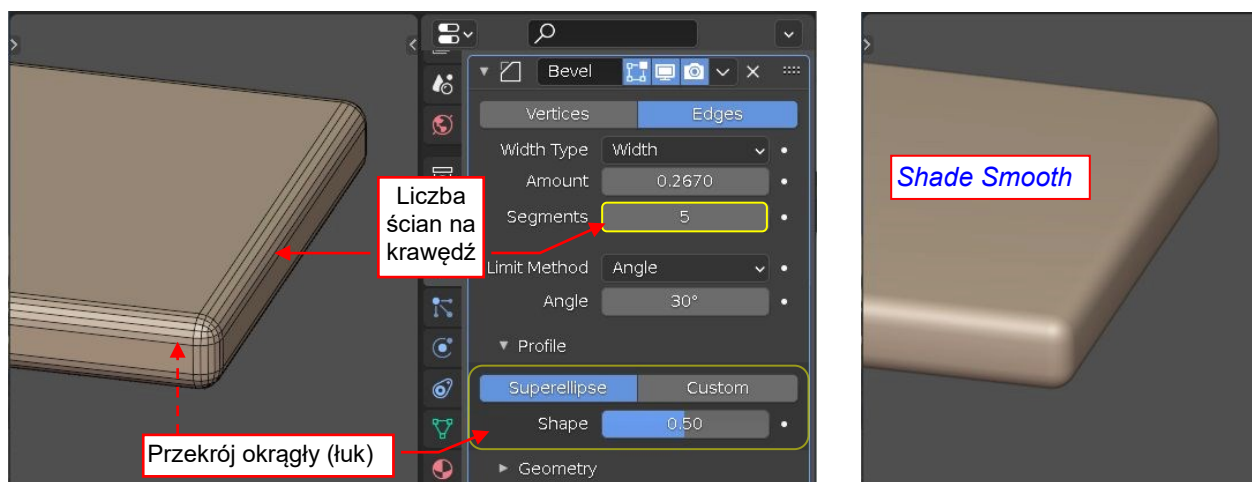
Rysunek 12.34.4 **Clamp Overlap** zapobiega nakładaniu się fazek

Gdy **Clamp Overlap** jest włączone, Blender sprawdza, czy gdzieś w tej siatce fazy się nie nakładają. Gdy tylko wykryje taką kolizję – blokuje ich szerokość (por. Rysunek 12.34.4a). Oczywiście, możesz wyłączyć tę opcję, ale wówczas na modelu pojawiają artefakty jak te, pokazywane przez Rysunek 12.34.4b).



Gdy widzisz, że **Clamp Overlap** zablokował zwiększanie szerokości fazy – sprawdź geometrię siatki! Musi się w niej znajdować jakaś zapomniana krawędź lub ściana, która to powoduje.

Gdy w modyfikatorze **Bevel** zwiększysz liczbę **Segments**, uzyskasz zamiast fazowania efekt zaokrąglania krawędzi (Rysunek 12.34.5):



Rysunek 12.34.5 Zaokrąglanie krawędzi

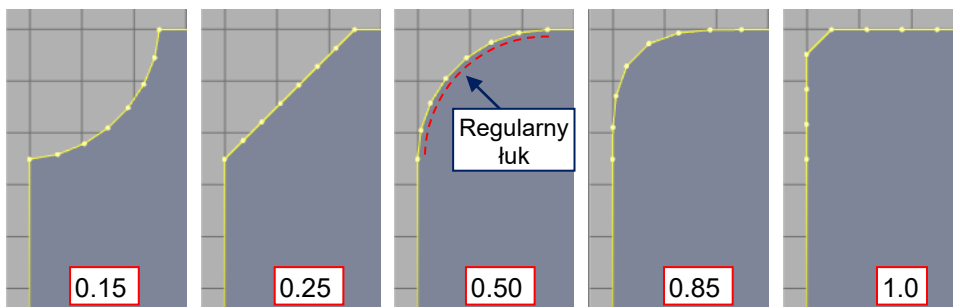
Oczywiście, dobrym pomysłem jest przełączyć cieniowanie takiej siatki na **Shading Smooth** (str. 515). Domyślne opcje w sekcji profile (**Superellipse**: **Shape** = 0.5) tworzą regularne krawędzie o okrągłym przekroju.

Gdy przełączysz Profile na **Custom**, możesz zdefiniować swój własny przekrój z krzywych Beziera. W praktyce nigdy nie używałem tej opcji. Przypuszczam, że może tworzyć interesujące rezultaty.



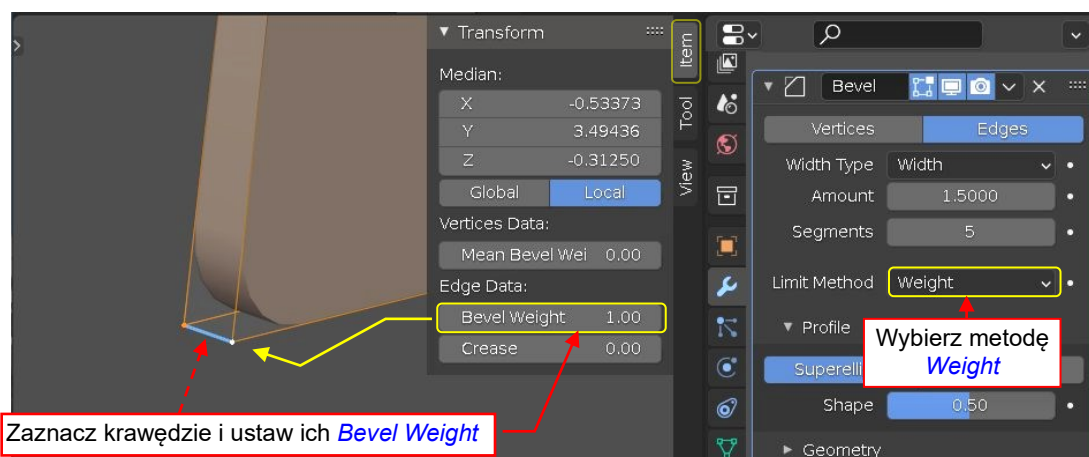
Jak dotąd, zawsze używam domyślnego profilu zaokrągleń (takich, jakie pokazuje Rysunek 12.34.5).

Jednak nawet sam współczynnik **Superellipse:Shape** pozwala uzyskać różne przekroje (Rysunek 12.34.6):



Rysunek 12.34.6 Sterowanie kształtem zaokrąglenia za pomocą współczynnika **Shape**

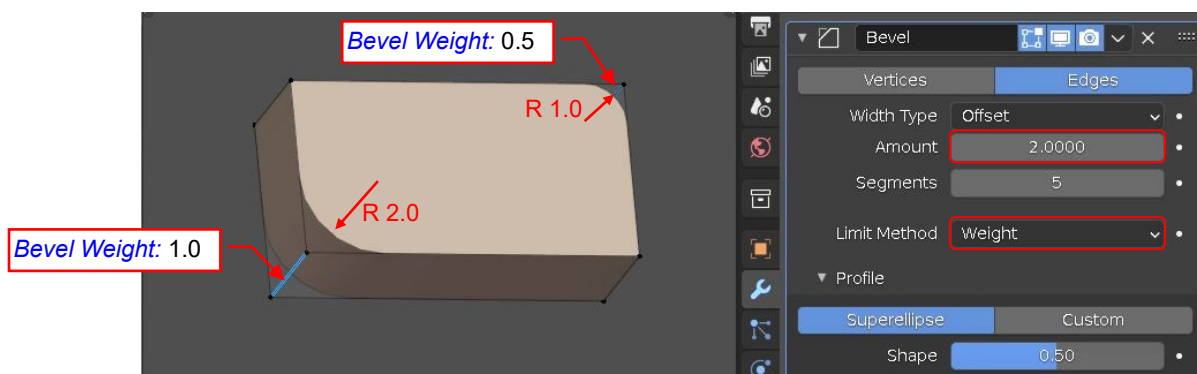
Zamiast metod „automatycznych”, możesz ręcznie wskazać krawędzie siatki, które mają być fazowane/zaokrąglone. W tym celu ustaw **Limit Method** na **Weight** i zaznacz krawędzie, które chcesz zmodyfikować. Potem, w przyborniku, ustaw ich współczynnik **Item:Bevel Weight** na 1.0 (Rysunek 12.34.7):



Rysunek 12.34.7 Ręczna selekcja krawędzi do zaokrąglenia (użycie współczynnika **Bevel Weight**)

Bevel Weight może przyjmować wartości od 0 (bez fazy) do 1 (pełna szerokość fazy). Zwróć uwagę, że Blender podświetla krawędzie z niezerową wagą fazy na niebiesko. Intensywność tej barwy odpowiada wadze krawędzie. Szerokość fazy / promień zaokrąglenia są proporcjonalne do wartości tych wag.

Rysunek 12.34.8 pokazuje przypadek dwóch krawędzi zaokrąglonych przez pojedynczy modyfikator **Bevel**:



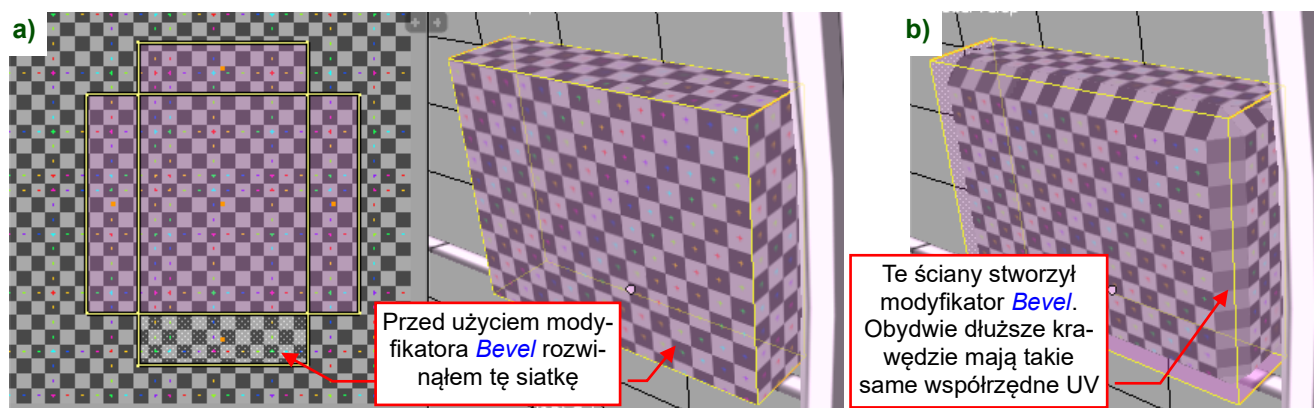
Rysunek 12.34.8 Zaokrąglenia dla dwóch różnych **Bevel Weight**

Waga fazowania dla dolnej krawędzi jest 1.0, więc promień jej zaokrąglenia to 2.0 (pełen **Bevel:Amount**). Dla wagi = 0.5, przypisanej górnej krawędzi, promień zaokrąglenia jest 1.0 ($0.5 * \text{Amount}$).



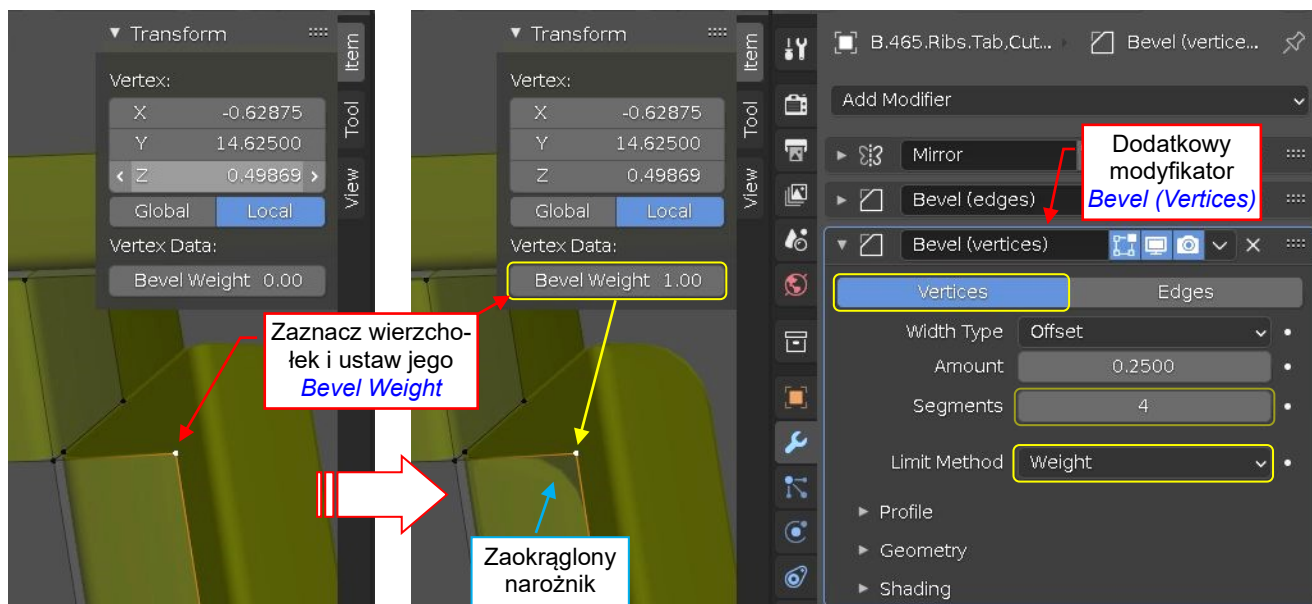
Dla każdej krawędzi Blender przechowuje jedną wartość **Bevel Weight**. Stąd, o ile jednemu obiektowi możesz przypisać wielu modyfikatorów **Bevel**, to tylko jeden z nich może mieć **Limit Method = Weight**.

Zastosowanie modyfikatora *Bevel* pozwala także zachować prostą topologię siatki, co np. ułatwia późniejsze rozwinięcia *UV* (Rysunek 12.34.9):



Rysunek 12.34.9 Wpływ modyfikatora *Bevel* na mapowanie *UV*

Dotąd fazowaliśmy krawędzie, ale czasami przydatne jest także fazowanie pojedynczych narożników. W tym celu przełącz modyfikator *Bevel* w tryb *Vertices*. W praktyce, zawsze zaokrąglam tylko kilka narożników siatki, więc wybieram tu zawsze *Limit Method: Weight* (Rysunek 12.34.10):



Rysunek 12.34.10 Zaokrąglanie pojedynczych narożników (tryb *Vertices*)

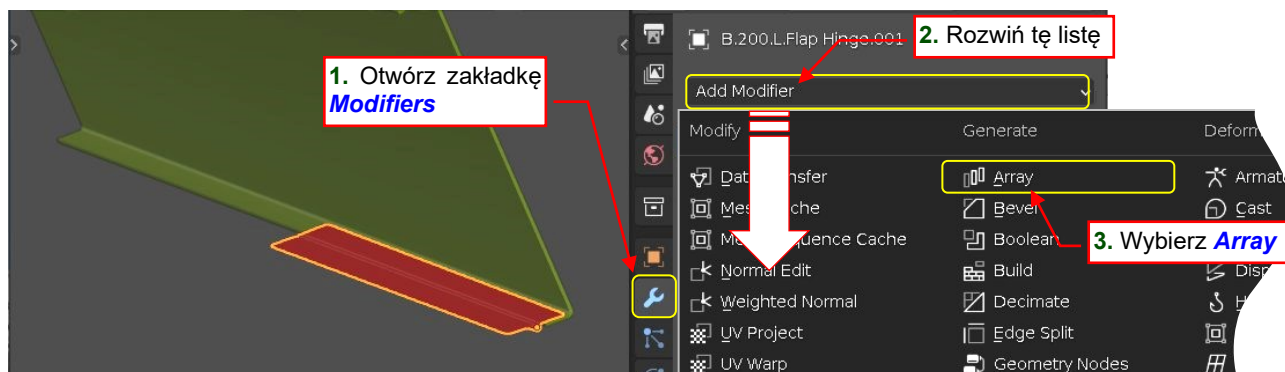
Zwróć uwagę, że na ilustracji powyżej używam alternatywnych wag *Bevel Weight wierzchołków*, podczas gdy Rysunek 12.34.7 pokazywał modyfikację *Bevel Weight krawędzi*. To zupełnie dwie różne, niezależne wartości. Blender przechowuje pierwszą z nich w bloku danych wierzchołka, podczas gdy druga znajduje się w bloku danych krawędzi.



Ten modyfikator ma jeszcze wiele innych opcji. Kompletny opis znajdziesz w [podręczniku online Blendera, rozdziale "Modeling: Modifiers: Bevel Modifier"](#).

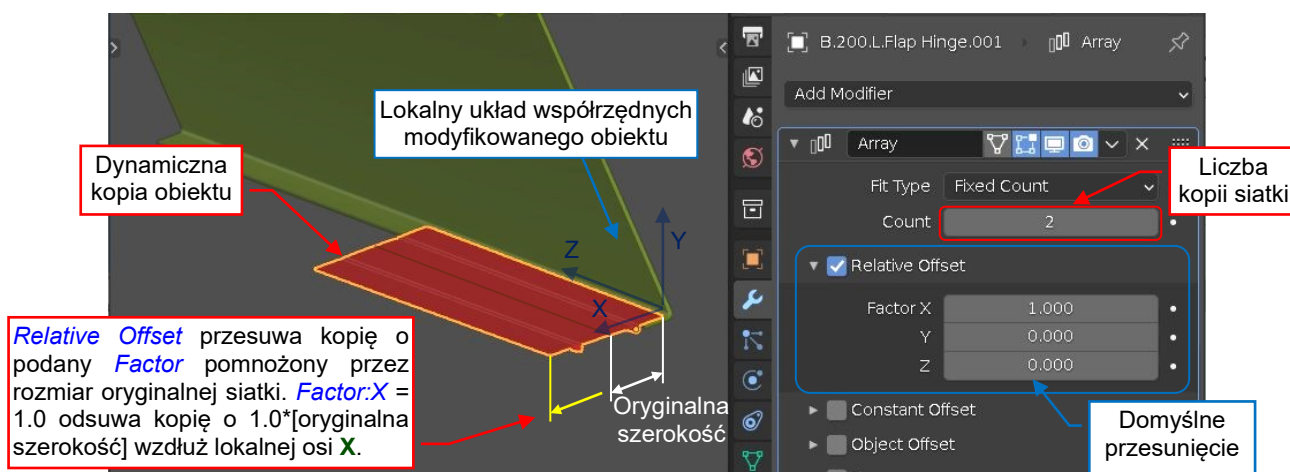
12.35 Powielenie siatki (**Array**)

Zaznacz modyfikowany obiekt. W oknie **Properties** przejdź do zakładki **Modifiers** i rozwiń tam listę **Add Modifier**. Spośród dostępnych modyfikatorów siatki wybierz **Array** (Rysunek 12.35.1):



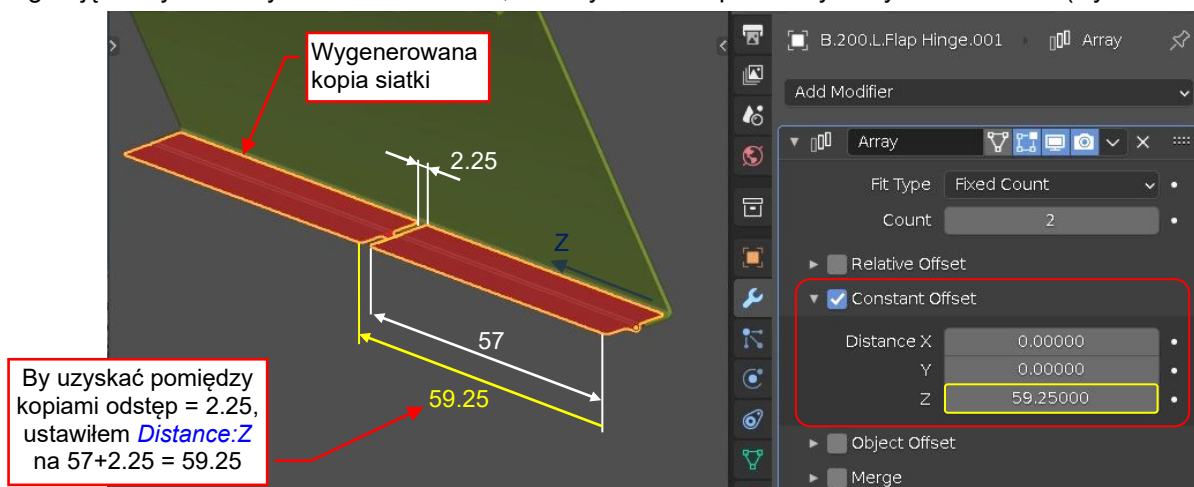
Rysunek 12.35.1 Dodawanie modyfikatora **Array** do obiektu

Blender dodaje ten modyfikator na koniec listy modyfikatorów obiektu. Początkowo, **Array** umieszcza wygenerowaną kopię siatki obiektu obok oryginału (Rysunek 12.35.2):



Rysunek 12.35.2 Początkowe ustawienia modyfikatora **Array** (**Relative Offset**)

Sugeruję korzystać z trybu **Constant Offset**, w którym można podać wymiary zamiast skali (Rysunek 12.35.3):



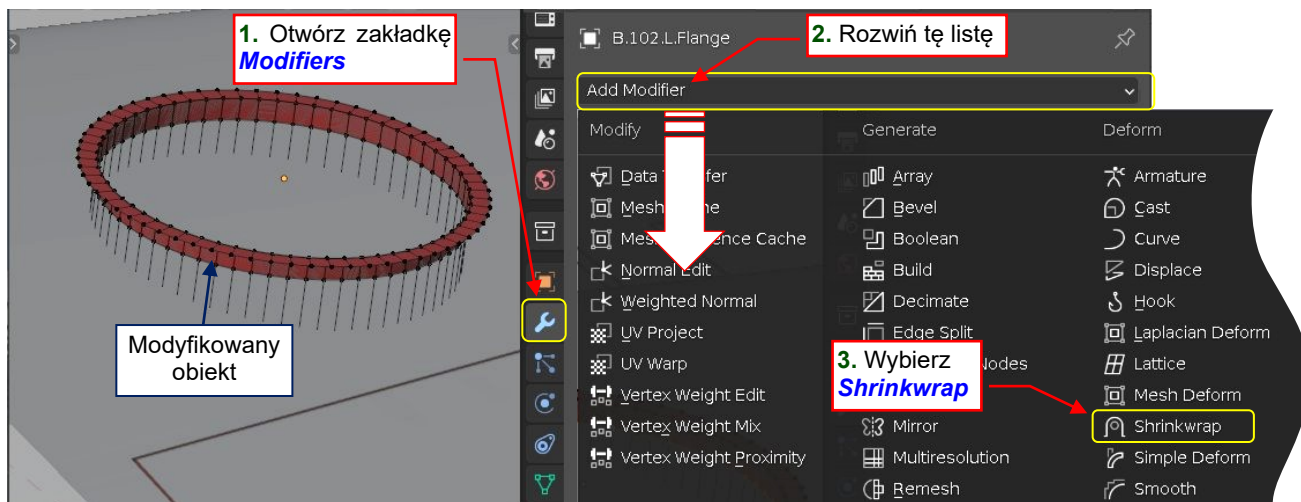
Rysunek 12.35.3 Ustawienia w trybie **Constant Offset**

Na przykład, jeżeli chcę powielić tę siatkę wzdłuż lokalnej osi **Z**, zachowując ściśle określony odstęp pomiędzy tymi kopiami, włączam tryb **Constant Offset** i ustawiam **Distance:Z** na [długość obiektu]+[szerokość odstępu].

12.36 Rzutowanie na powierzchnię (*Shrinkwrap*)

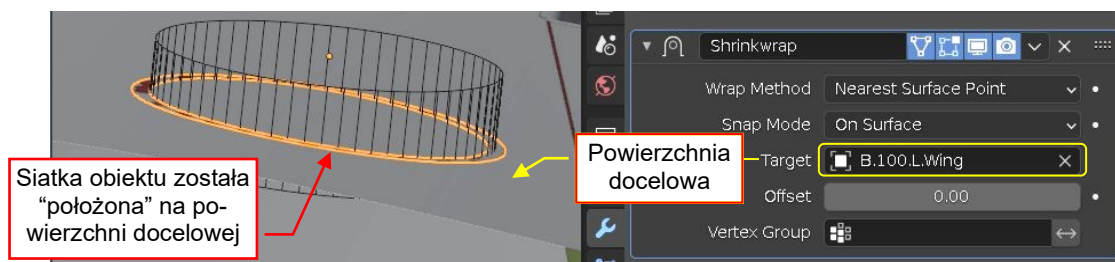
Modyfikator *Shrinkwrap* umieszcza wierzchołki siatki na powierzchni wskazanego obiektu

Zaznacz modyfikowany obiekt. W oknie *Properties* przejdź do zakładki *Modifiers* i rozwiń tam listę *Add Modifier*. Spośród dostępnych modyfikatorów siatki wybierz *Shrinkwrap* (Rysunek 12.35.1):



Rysunek 12.36.1 Dodawanie modyfikatora *Shrinkwrap* do obiektu

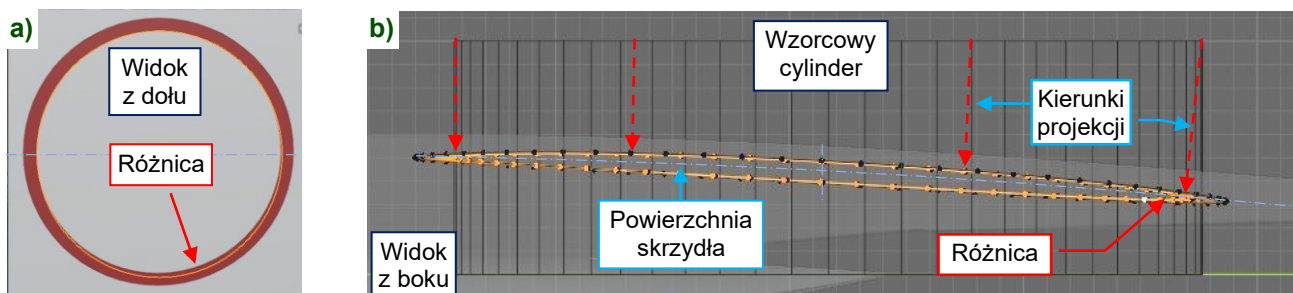
Początkowo ten modyfikator jest nieaktywny: musisz wskazać obiekt docelowy (*Target*). W przypadku poniżej (Rysunek 12.36.2) jest to **B.100.L.Wing**. Wierzchołki modyfikowanej siatki są rzutowane na jego powierzchnię:



Rysunek 12.36.2 Rezultat modyfikatora

Jak pokazuje to Rysunek 12.36.2, pierścień opadł na skrzydło „jak naleśnik”. W tym przypadku *Shrinkwrap* kompletnie spłaszczył jego pionowy kołnierz (por. stan wyjściowy – Rysunek 12.35.1).

Na ilustracji powyżej możesz także dostrzec linie pomocniczego cylindra. Używam go tutaj jako odniesienia. Przed deformacją (Rysunek 12.35.1) kołnierz pierścienia pasował do jego ścian bocznych. Po rzutowaniu na powierzchnię skrzydła pojawiły się odkształcenia, widoczne w rzucie z dołu (Rysunek 12.36.3a):

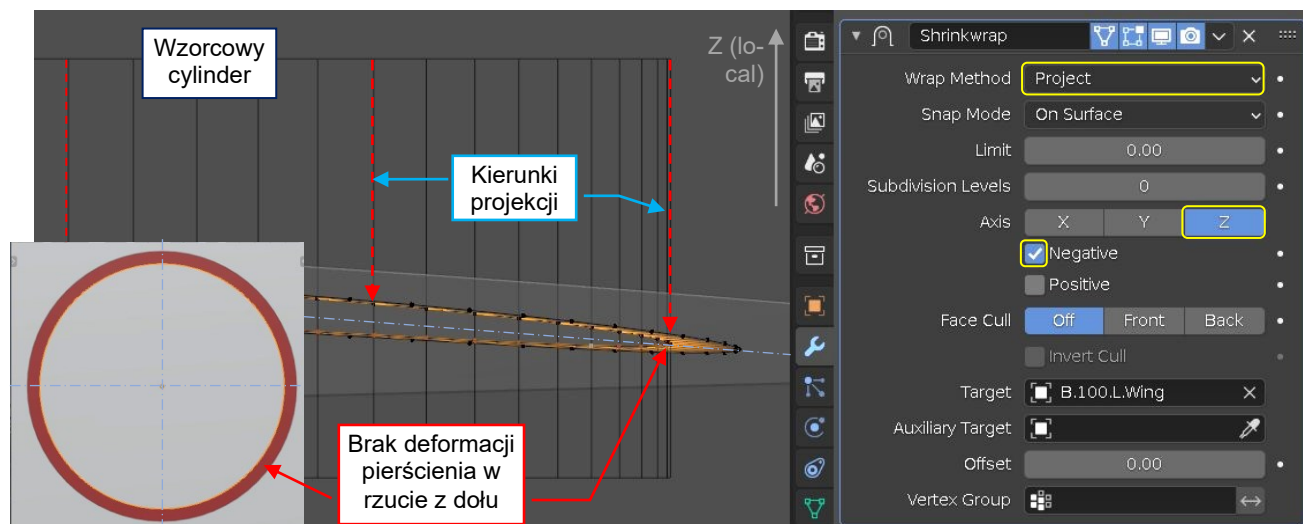


Rysunek 12.36.3 Wyniki rzutowania na powierzchnię skrzydła metodą *Nearest Surface Point*

Widać na nim różnicę pomiędzy cylindrem i tylną częścią zmodyfikowanego pierścienia. Jest to wynik domyślnej metody projekcji modyfikatora *Shrinkwrap*: **Nearest Surface Point**. To rzutowanie wzdłuż normlań do powierzchni docelowej (Rysunek 12.36.3b). Powierzchnia skrzydła jest wygięta w dół, więc oryginalny pierścień jest „ciągnięty do przodu”, szczególnie na obszarach o większym nachyleniu (bliżej krawędzi spływu).

Aby zachować oryginalny kształt pierścienia w widoku z dołu, użyj innej metody rzutowania: **Project**. Gdy wybierzesz tę opcję, Blender wyświetli w panelu modyfikatora dodatkowe kontrolki (Rysunek 12.36.4). Przełącznik **Axis** określa kierunek rzutowania.

W przypadku poniżej wybrałem lokalną oś **Z**. Zwróć uwagę, że zaznaczyłem także opcję **Negative**, która oznacza, że wierzchołki będą rzutowane w lokalnym kierunku **-Z**:



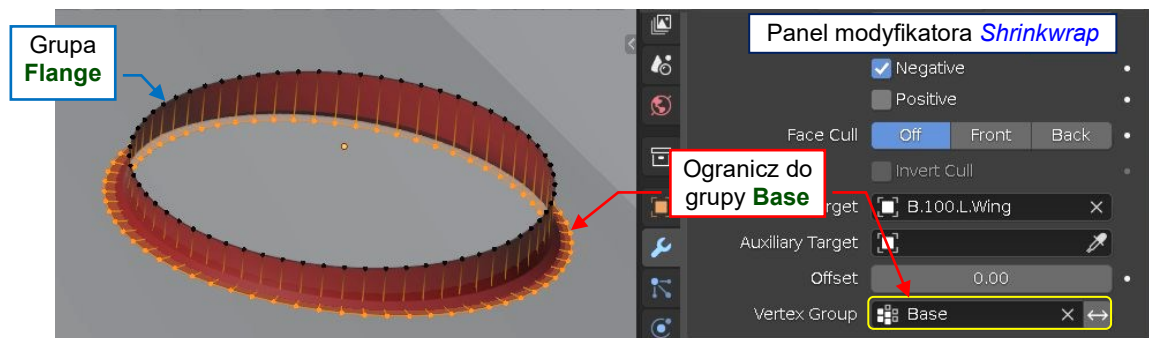
Rysunek 12.36.4 Użycie metody **Project** (wzdłuż lokalnej osi **Z**)

Co z kołnierzem pierścienia? Aby „odzyskać” te pionowe ściany, zdefiniujmy w tej siatce dwie grupy wierzchołków (por. str. 458): **Base** i **Flange**, tak jak pokazuje to Rysunek 12.36.5:



Rysunek 12.36.5 Grupy wierzchołków, których użyjemy w tym modyfikatorze

Ogranicz efekt **Shrinkwrap** do grupy **Base**, wybierając tę nazwę w polu **Vertex Group** panelu tego modyfikatora (Rysunek 12.36.6):

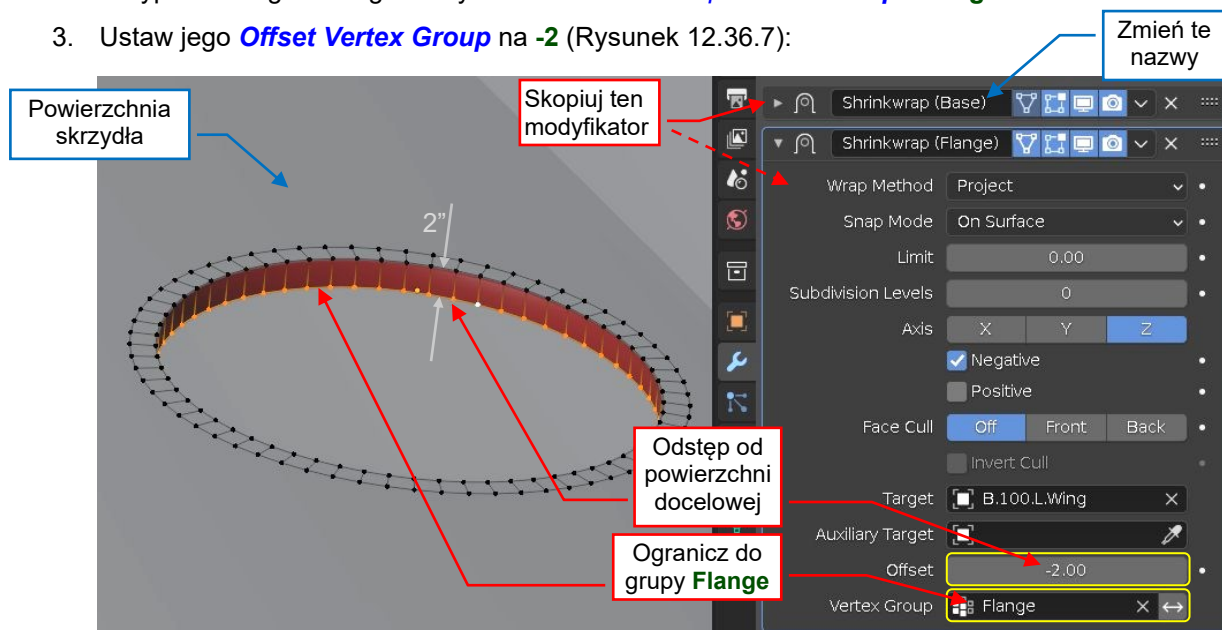


Rysunek 12.36.6 Ograniczanie zakresu modyfikacji do grupy wierzchołków

Po tej zmianie, obydwie linie wierzchołków grupy **Base** leżą na powierzchni skrzydła, podczas gdy pozostałe wierzchołki pozostają w swoim oryginalnym położeniu.

Teraz wykonaj następujące kroki:

1. Skopiuj modyfikator *Shrinkwrap*. Możesz to zrobić skrótem **Shift-D** w panelu modyfikatora, lub wybierając polecenie *Duplicate* z jego menu kontekstowego – por. str. 572).
2. Przypisz do tego nowego modyfikatora *Vertex Group* **Vertex Group: Flange**.
3. Ustaw jego **Offset Vertex Group** na **-2** (Rysunek 12.36.7):



Rysunek 12.36.7 Złożenie dwóch (ograniczonych) modyfikatorów *Shrinkwrap*

Dla łatwiejszej identyfikacji, możesz zmienić nazwy tym dwóm modyfikatorom.



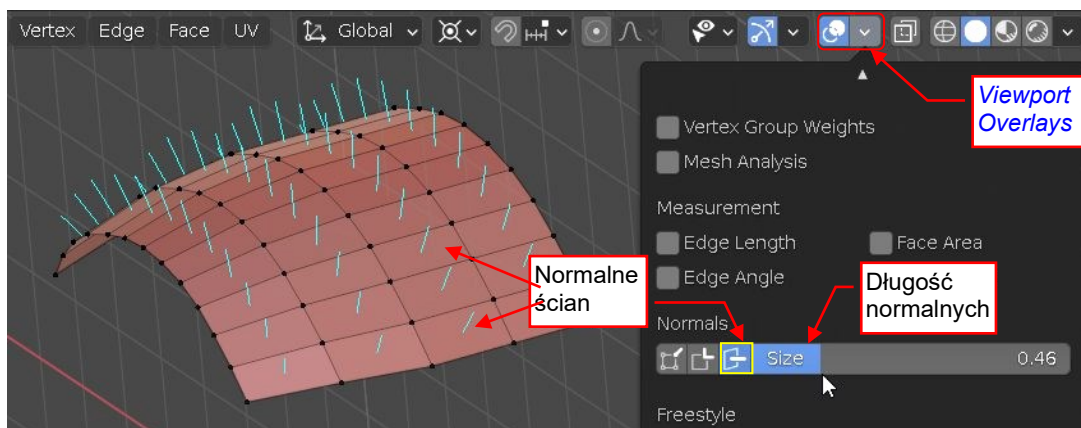
Modyfikator *Shrinkwrap* rzutuje wierzchołki na wynikową powierzchnię (czyli powierzchnię uzyskaną w wyniku działania wszystkich ewentualnych modyfikatorów obiektu docelowego).

W powierzchni skrzydła pokazywanej przez Rysunek 12.36.5, Rysunek 12.36.6 i Rysunek 12.36.7 wyciąłem otwór w powierzchni docelowej. Użyłem do tego wzorcowego cylindra i modyfikatora *Boolean*. Przez ten otwór w lepiej widać deformowany pierścień i kołnierz. Jednak przed uruchomieniem operacji *Boolean* minimalnie zmniejszyłem promień tego „tnącego” cylindra. Gdybym tego nie zrobił, niektóre z wierzchołków rzutowanych przez modyfikator *Shrinkwrap* nie trafiłyby w powierzchnię docelową i „utonąły” w tej dziurze. W rezultacie, losowe fragmenty siatki pozostałyby na swoich oryginalnych miejscach, tworząc jakąś chaotyczny efekt.

12.37 Sterowanie zwrotem wektorów normalnych (*Normal*)

W Blenderze każda ściana ma stronę „wewnętrzną” i „zewnętrzną”. Prostopadły do ściany „wektor normalny” wskazuje stronę zewnętrzną.

Aby zobaczyć wektory normalne ścian siatki, włącz odpowiednią opcję w panelu rozwijalnym **Viewport Overlays** (Rysunek 12.37.1):



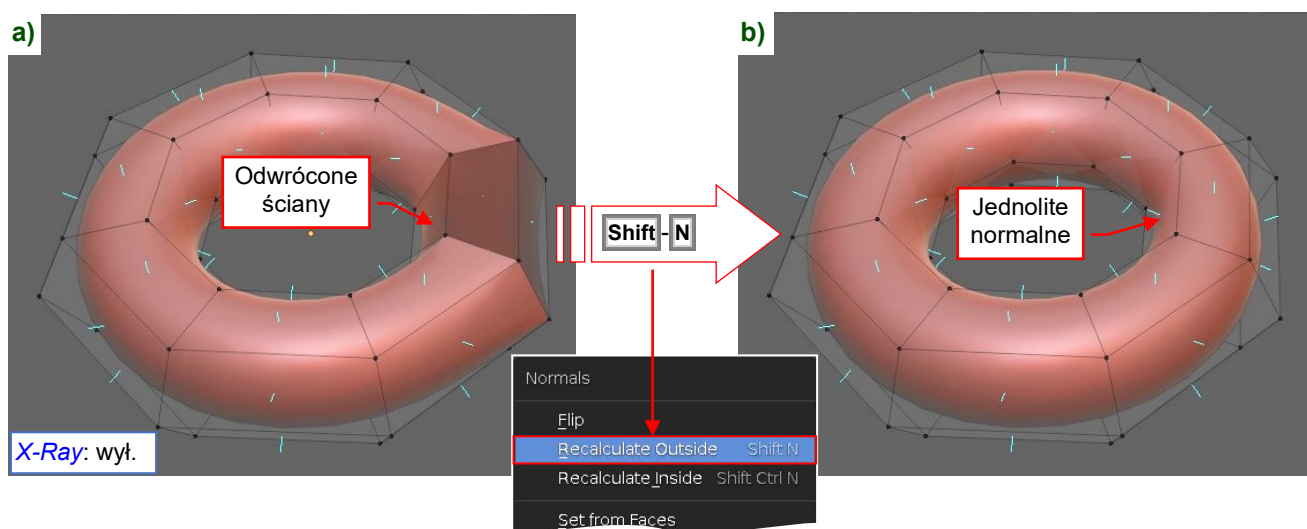
Rysunek 12.37.1 Włączenie wyświetlania kierunków normalnych do ścian siatki

W jego sekcji **Normals** włącz wizualizację normalnych ścian siatki, jak na ilustracji powyżej. Zazwyczaj będziesz musiał je nieco wydłużyć lub skrócić, korzystając z kontrolki **Normals:Size**.



Ciągłość zwrotu normalnych jest bardzo ważna. Ewentualne zakłócenie („odwrócona ściana”) tworzy ostrą krawędź na powierzchni wygładzonej modyfikatorem **Subdivision Surface**, lub dziwne, nienaturalne odbłaski i cienie podczas renderowania.

Rysunek 12.37.2a) pokazuje problem geometryczny: ostrą krawędź na wygładzonej powierzchni. Powstała w wyniku odwrócenia kierunku normalnych ścian jednego z segmentów torusa:



Rysunek 12.37.2 Ujednolicanie wektorów normalnych

Te odwrócone ściany są ciemniejsze (w cieniowaniu **Solid:MatCap**), a ich wektory normalne wyglądają jak niebieskie kropki, gdyż są skierowane do środka torusa. Szybka korekta dla tego i podobnych problemów to:

1. zaznacz wszystkie wierzchołki siatki (**A**, **Select→All**)
2. naciśnij **Shift-N** (**Mesh→Normals→Recalculate Outside**)

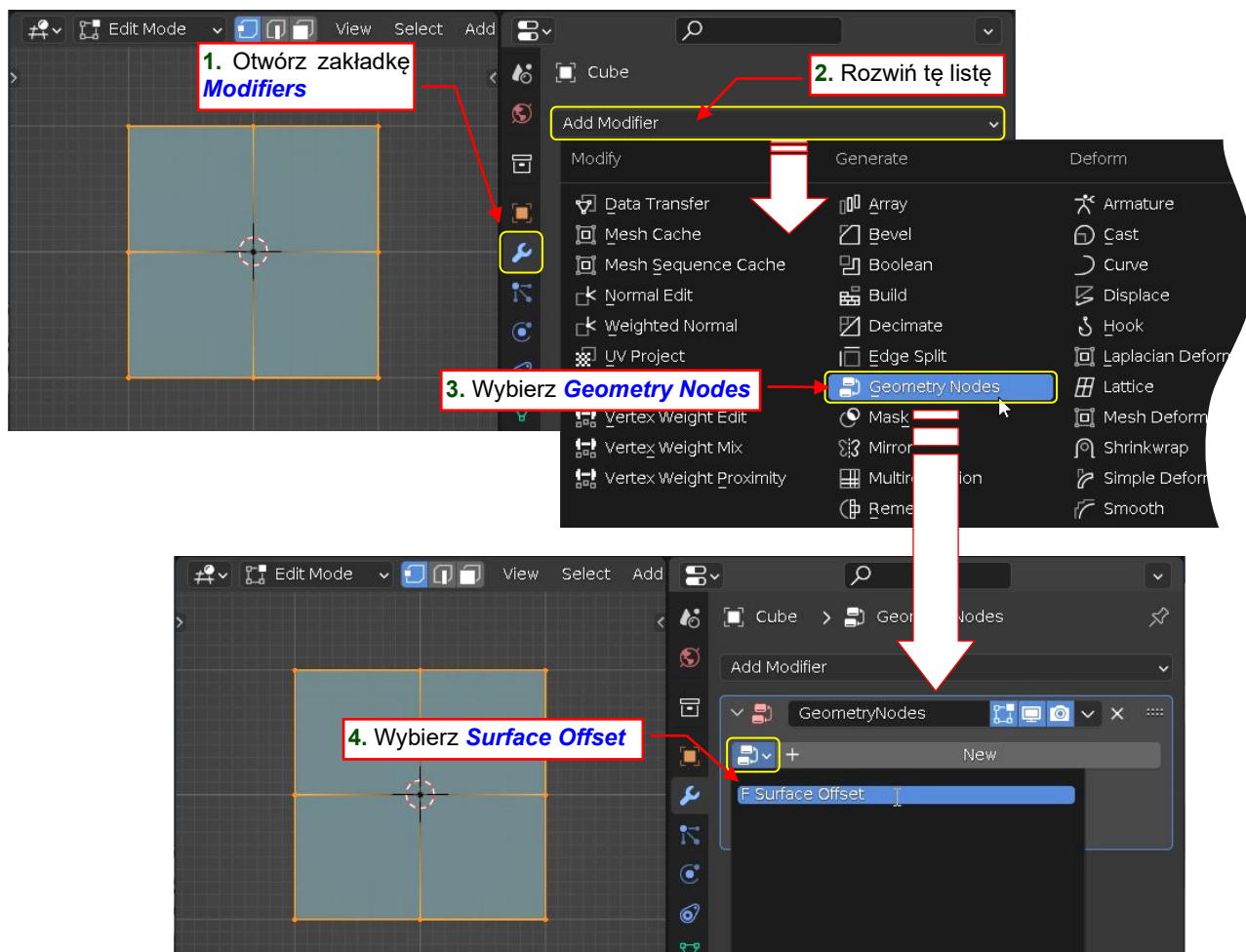
Rysunek 12.37.2b) pokazuje rezultat.



Polecenie *Recalculate Outside* może nie być skuteczne dla bardzo skomplikowanych siatek. W takich przypadkach zaznacz tylko odwrócone ściany i przestaw je poleceniem *Normals → Flip*.

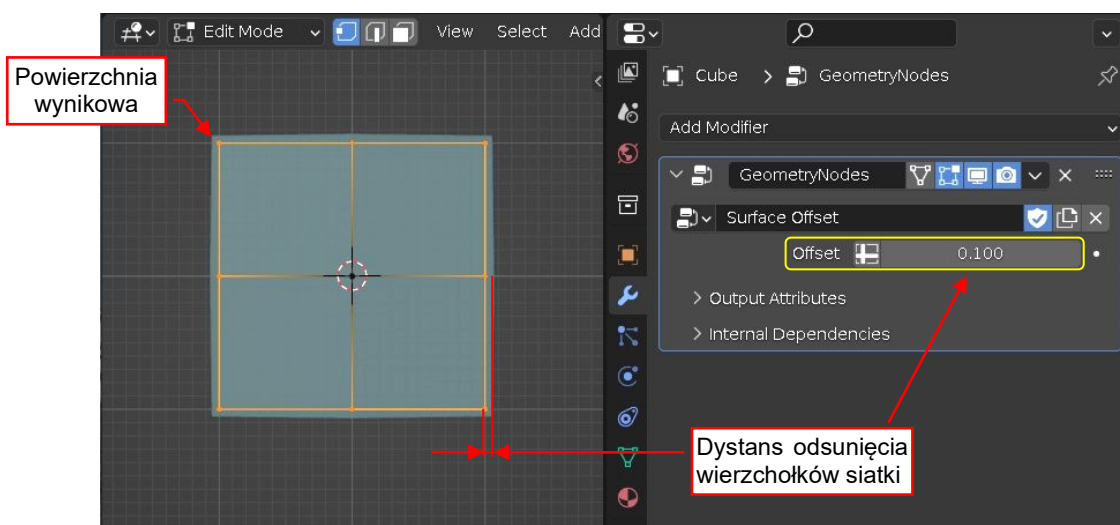
12.38 Odsunięcie powierzchni (**Surface Offset**)

W oknie **Properties** przejdź do zakładki **Modifiers** i rozwiń tam listę **Add Modifier**. Spośród dostępnych modyfikatorów siatki wybierz **Geometry Nodes**, a z listy w panelu modyfikatora – **Surface Offset** (Rysunek 12.38.1):



Rysunek 12.38.1 Dodawanie do obiektu modyfikatora **Surface Offset**

To odsuwa wierzchołki siatki wzdłuż ich normalnych na odległość wpisaną w **Offset** (Rysunek 12.38.2):



Rysunek 12.38.2 Zmodyfikowana powierzchnia obiektu

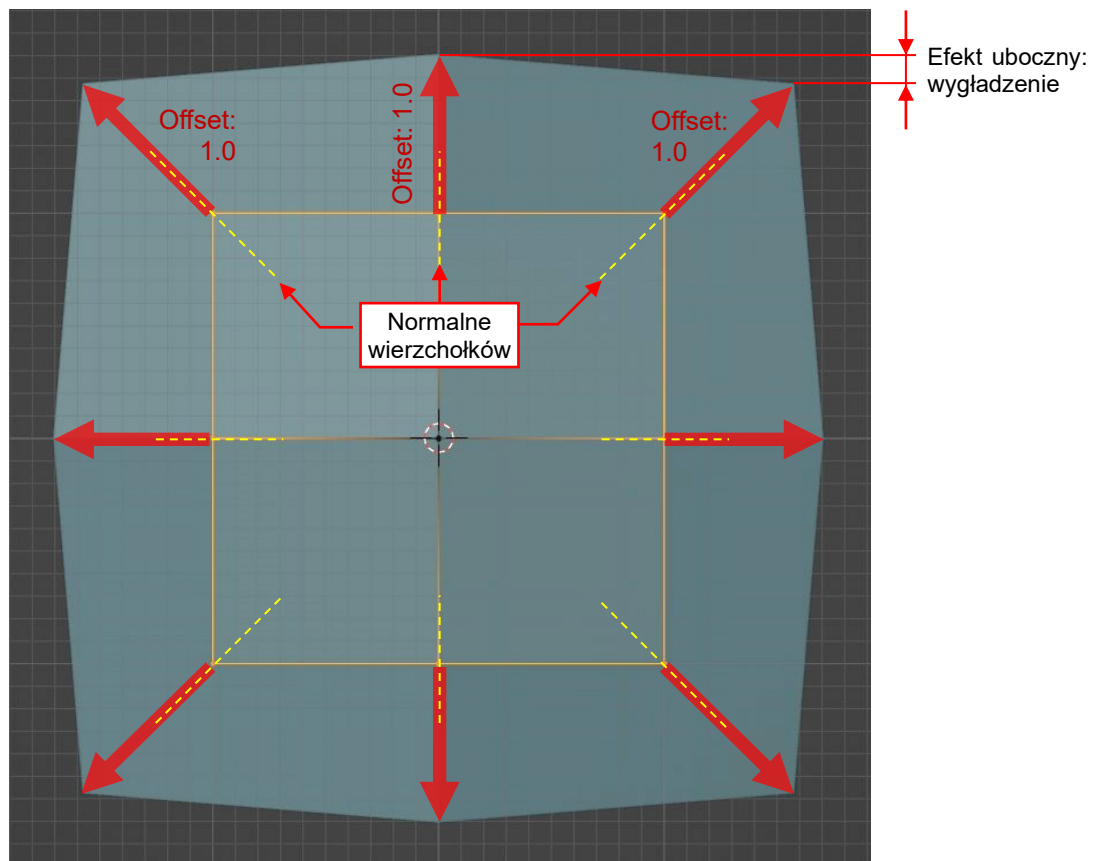
Wartość **Offset** jest wyrażona w jednostkach Blendera. Może być ujemna lub dodatnia, powodując powiększenie lub pomniejszenie modyfikowanego obiektu.



Za pomocą **Geometry Nodes** możesz w Blenderze tworzyć swoje własne modyfikatory. Nie będziemy jednak ich omawiać w tym poradniku (to zbyt rozległy temat).

Surface Offset jest prostym zestawem węzłów geometrii, który przesuwa wierzchołki siatki na podaną odległość wzdłuż ich wektorów normalnych. Stworzyłem go, ponieważ nie mogłem takiej funkcji znaleźć wśród standardowych modyfikatorów Blendera. Dodałem ten zestaw węzłów do domyślnego pliku **startup.blend**, który towarzyszy tej książce (por. str. 435), więc możesz wybrać go tak, jak pokazuje Rysunek 12.38.1.

Ponieważ **Surface Offset** używa normalnych do wierzchołków, najlepiej działa na prostych, sześciennych „pudełkach” lub gładkich, zakrzywionych powierzchniach. Rysunek 12.38.3 pokazuje dodatkową deformację, która pojawia się na ostrych krawędziach nieco bardziej skomplikowanych siatek:



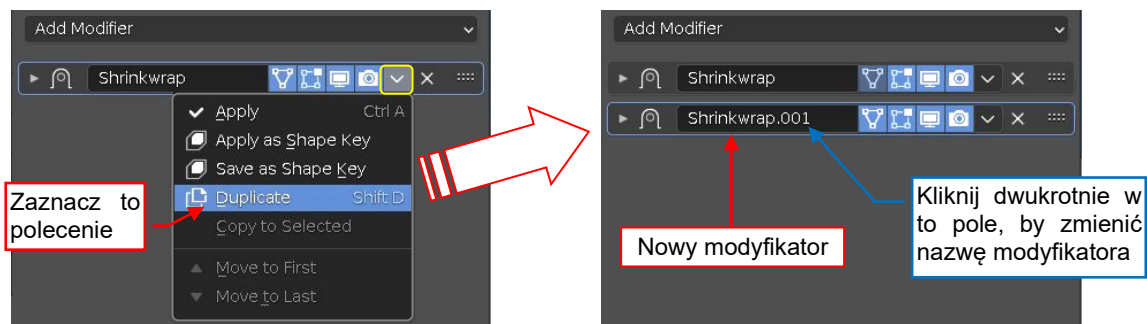
Rysunek 12.38.3 Zmodyfikowana powierzchnia obiektu

Takie niezamierzone „wygładzenie” jest bardziej widoczne dla dużych (bezwzględnych) wartości **Offset**. Nie poprawiałem go dotąd, ponieważ w praktyce używam tego modyfikatora z relatywnie małymi wartościami odsunięcia, tylko dla siatek o kształcie „pudełek” lub o zaokrąglonych krawędziach.

12.39 Modyfikatory obiektu – zarządzanie

Pewne operacje są takie same we wszystkich modyfikatorach. Opiszę je pokrótce w tej sekcji. Pominąłem tu tworzenie nowego modyfikatora, ponieważ opisałem ten krok wielokrotnie, w innych miejscach tego rozdziału.

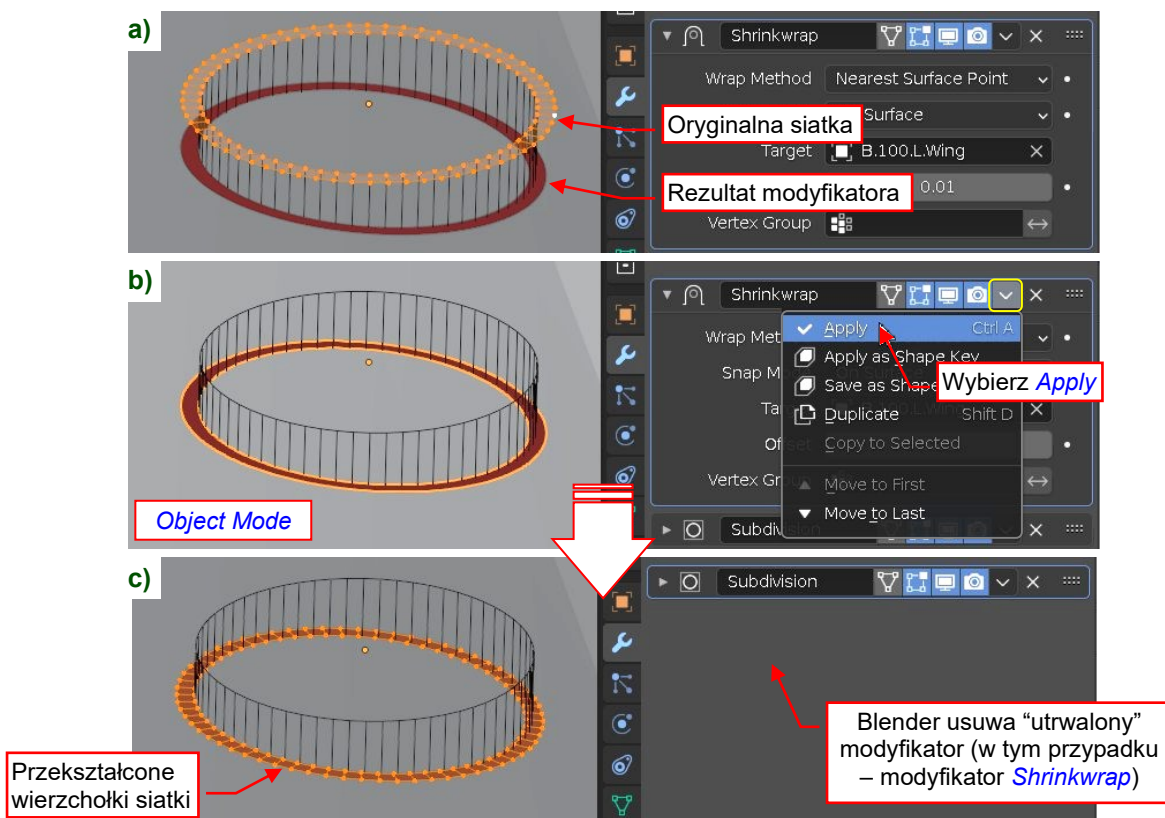
Jednak jest jeszcze druga metoda dodawania modyfikatorów: powielenie. Otwórz menu kontekstowe w panelu modyfikatora, który chcesz powielić i wybierz z niego polecenie **Duplicate** (Rysunek 12.39.1):



Rysunek 12.39.1 Powielenie modyfikatora

W odpowiedzi, Blender doda do listy modyfikatorów obiektu kopię wskazanego modyfikatora. Możesz zmienić jego nazwę (to zwiększy czytelność tej listy). Nazwy modyfikatorów muszą być unikalne w obiekcie, więc mogą się powtarzać w różnych obiektach. Użycie identycznych nazw modyfikatorów, które pełnią tę samą rolę w różnych obiektach, poprawia „czytelność” struktury modelu.

Inną typową operacją jest utrwalanie. Polega na przekształceniu dynamicznego rezultatu generowanego przez modyfikator w trwałą („statyczną”) deformację siatki. Rysunek 12.39.2a) przedstawia to na przykładzie modyfikatora **Shrinkwrap**. Można to zrobić tylko w **Object Mode**. Zaznacz obiekt, znajdź panel modyfikatora w zakładce **Modifiers** i z jego menu kontekstowego wybierz polecenie **Apply** (Rysunek 12.39.2b). Rysunek 12.39.2c) pokazuje jego rezultaty (w **Edit Mode**):



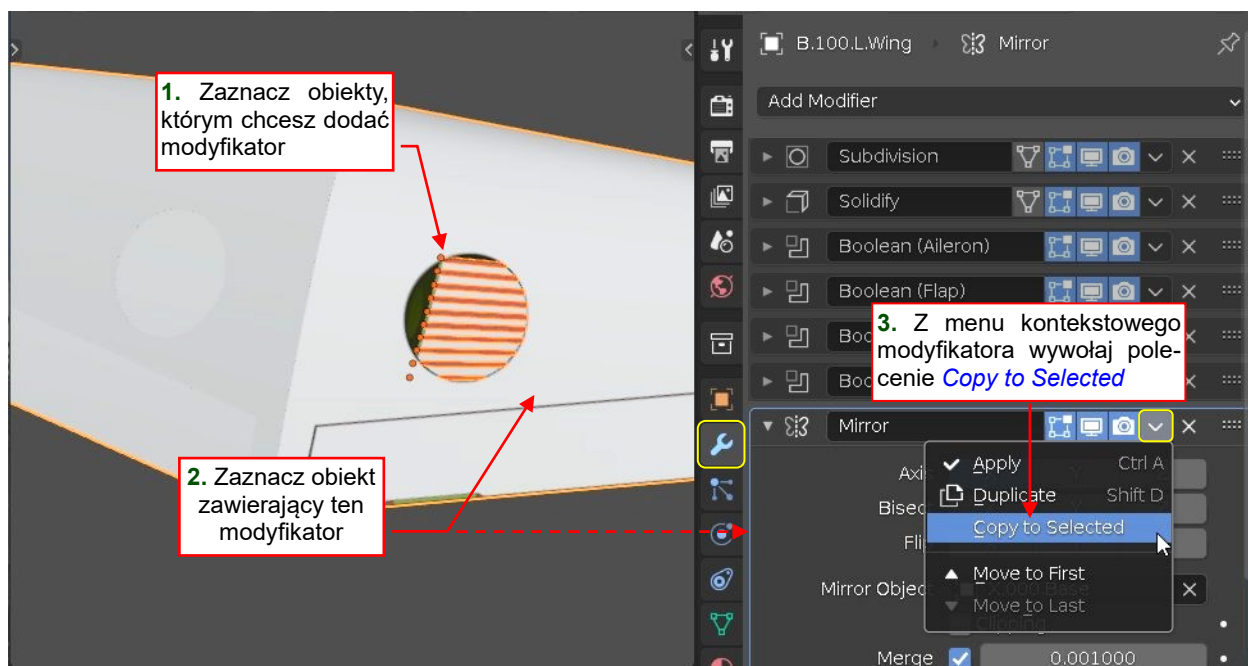
Rysunek 12.39.2 „Utrwalenie” efektu modyfikatora (trwałe przekształcenie siatki)



Zawsze utrwalaj pierwszy z listy modyfikatorów. W przeciwnym razie rezultat może być zaskoczeniem.

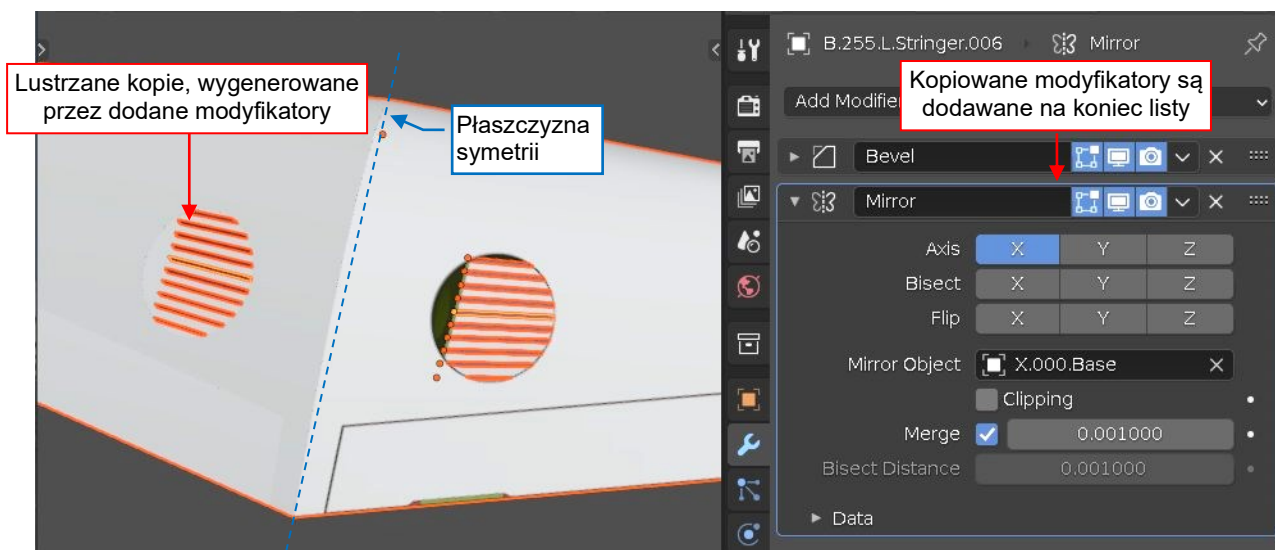
Możesz także kopiować modyfikatory pomiędzy obiektami. Ta funkcja jest szczególnie użyteczna, gdy chcesz dodać ten sam modyfikator do wielu obiektów. Jest dostępna tylko w **Object Mode** (Rysunek 12.39.3):

1. Zaznacz obiekty, którym chcesz dodać modyfikator.
2. Zaznacz obiekt, który zawiera kopiowany modyfikator (ma się stać obiektem aktywnym).
3. W oknie **Properties** obiektu aktywnego otwórz zakładkę **Modifiers**. Rozwiń menu kontekstowe kopiowanego modyfikatora, i wybierz polecenie **Copy to Selected**:



Rysunek 12.39.3 Kopiowanie modyfikatora z aktywnego obiektu do pozostałych zaznaczonych obiektów

Rysunek 12.39.4 przedstawia rezultat tych skopiowanych modyfikatorów:



Rysunek 12.39.4 Rezultat kopiowania modyfikatorów

Skopiowane w ten sposób modyfikatory są zawsze dołączane na koniec listy modyfikatorów zaznaczonych obiektów.

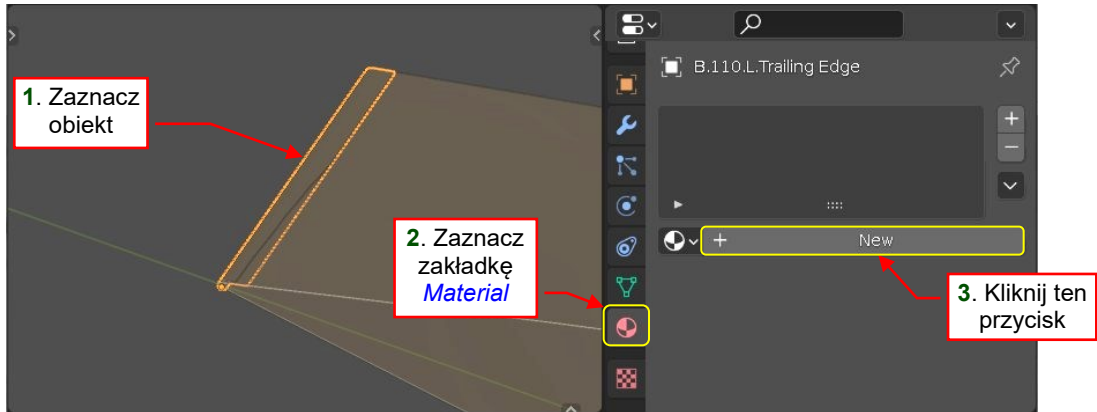
Rozdział 13. Blender – pozostałe

Tu umieściłem wszystkie polecenia Blendera, które nie pasują do pozostałych rozdziałów.

13.1 Zdefiniowanie nowego materiału

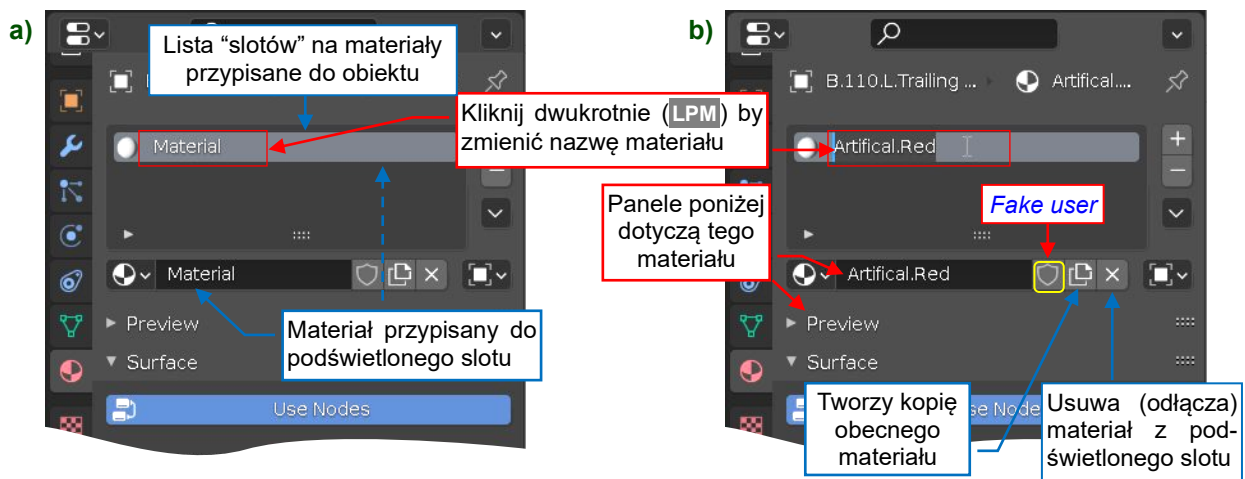
Pokażę tu tworzenie prostego materiału, który będziemy używać wyłącznie do wyróżniania obiektów podczas edycji w oknie 3D. Nazwiemy go **Artificial.Red**.

Zaznacz obiekt, któremu chcesz przypisać nową barwę. W oknie *Properties* wybierz zakładkę **Material** i naciśnij przycisk **New** (Rysunek 13.1.1):



Rysunek 13.1.1 Obiekt bez przypisanego materiału

W rezultacie Blender stworzy nowy materiał (o domyślnej nazwie **Material**) i przypisze go do aktywnego obiektu. W zakładce **Material** zarożło się od paneli (Rysunek 13.1.2a):



Rysunek 13.1.2 Nowy materiał i jego podstawowe kontrolki

Lista u góry tej zakładki wyświetla tzw. „sloty materiałów”, zdefiniowane dla tego obiektu. Obiekt może mieć wiele slotów, każdy z nich powiązany z innym materiałem¹.

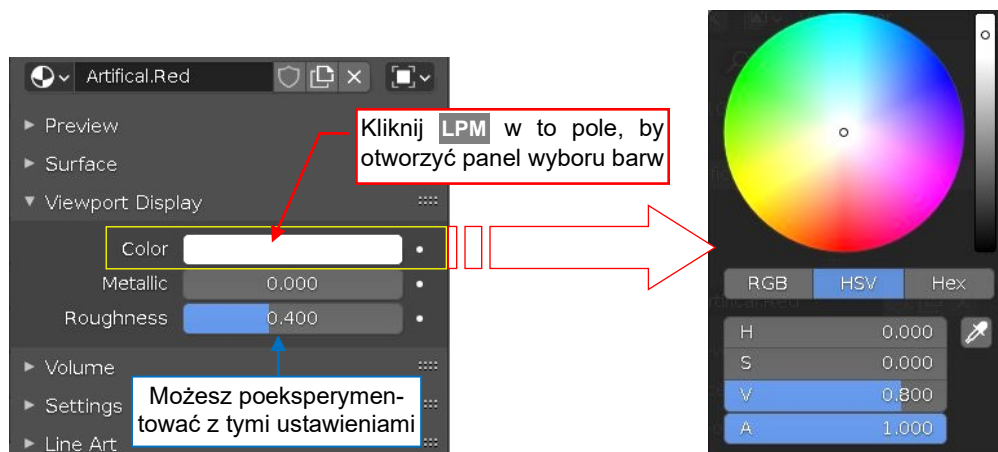
Zwróć uwagę na typowy zestaw kontrolek bloku danych (por. str. 627) poniżej tej listy (Rysunek 13.1.2a). Wyświetla materiał z podświetlonego na liście slotu. Jeżeli odłączysz ten materiał – slot stanie się pusty. Możesz także użyć środkowego klawisza tej kontrolki do stworzenia kopii tego materiału (Rysunek 13.1.2b). Taka nowo utworzona kopia będzie początkowo przypisana („używana”) tylko przez ten obiekt.

W tym najprostszym przypadku stworzyliśmy pierwszy slot i przypisaliśmy go do nowego materiału o nazwie **Material**. Najlepiej od razu zmienimy mu nazwę – w tym przypadku na **Artificial.Red** (Rysunek 13.1.2b).

Dla takiego pomocniczego materiału sugeruję włączyć opcję **Fake user**, pokazywaną przez Rysunek 13.1.2b). W ten sposób unikniesz przypadkowego usunięcia tej definicji z pliku, gdy nie będzie użyta w żadnym obiekcie.

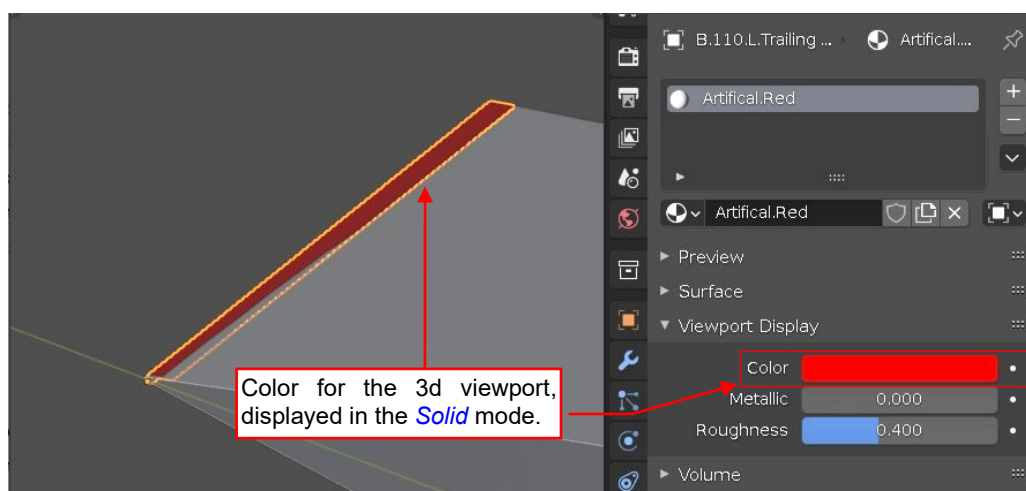
¹ Do każdego z tych slotów możesz przypisać różne fragmenty siatki. Więcej na temat wykorzystania wielu materiałów w pojedynczym obiekcie znajdziesz w Tomie III.

Tego „technicznego” materiału nie będziemy używać na finalnych renderach, więc pomińmy, póki co, jego najważniejszy panel **Surface**. Kolor obiektu w trybie cieniowania **Solid** jest ustawiony w panelu **Viewport Display** (Rysunek 13.1.3a). Kliknij w jego pole **Color** aby otworzyć panel wyboru barwy (Rysunek 13.1.3b):



Rysunek 13.1.3 Zmiana barwy materiału

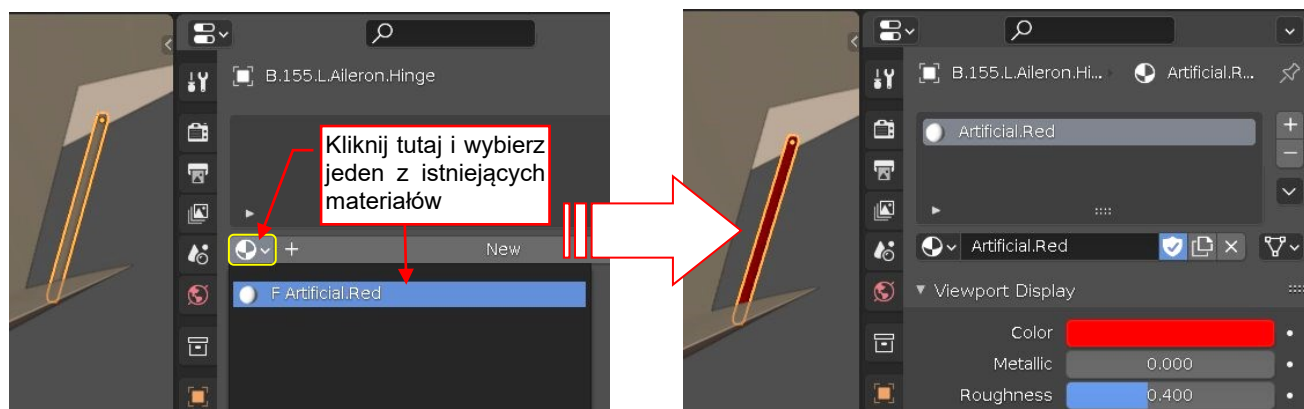
Wybierz w niej kolor czerwony (Rysunek 13.1.4):



Rysunek 13.1.4 Zmiana barwy materiału w oknie 3D

Raz utworzony materiał można przypisać wielu obiektom/siatkom. Możesz także przypisać materiał wielu obiektom naraz.

Pojedynczy materiał jest zazwyczaj przypisany do wielu obiektów. Aby przypisać jeden z istniejących materiałów do obiektu: zaznacz ten obiekt, a potem wybierz ten materiał z listy rozwijalnej (Rysunek 13.1.5):



Rysunek 13.1.5 Ustawianie koloru obiektu w oknie 3D

Dodatki

Czytając wcześniejsze rozdziały, zapewne przekonałeś już się, że uwielbiam umieszczać u dołu strony przypisy z dodatkowymi informacjami. Ta część książki to właściwie wybór takich "uwag na marginesie", które w trakcie pisania urosły do rozmiaru całej sekcji 😊.

Jak w każdym dodatku, są to informacje, z których nie musisz korzystać, aby stworzyć e-model samolotu. Czasami jednak mogą się przydać, by coś wyjaśnić lub ułatwić. Mam nadzieję, że znajdziesz tu rozwinięcie wielu zagadnień, które świadomie skracałem w głównym tekście książki.

Rozdział 14. Wykorzystanie zdjęć jak obrazów wzorcowych

Ten rozdział opisuje, jak można użyć zdjęcia o wysokiej rozdzielczości w charakterze dokładnych obrazów wzorcowych. Do tej metody potrzebujesz wstępnego modelu 3D swojego samolotu. Możesz go przygotować w oparciu o plany i wszystkie inne klasyczne techniki modelarskie.

Twój model musi zawierać jakieś elementy o rozmiarach i proporcjach potwierdzonych przez wymiary z oryginalnych rysunków producenta. Będziesz dopasowywać te „potwierdzone” kształty do ich odpowiedników na zdjęciu, znajdując w ten sposób projekcję jego kamery. Rozpiętość skrzydeł czy całkowita długość kadłuba nie są najlepszym wyborem do takich testów, szczególnie jeżeli te wymiary pochodzą z jakiejś wydrukowanej tabelki a nie z oryginalnej dokumentacji. (Źródła drukowane mogą wprowadzić w błąd, bo często powtarza się w nich pomyłki z wcześniejszych publikacji). Lepiej jest użyć innych wymiarów: na przykład, odległości przegrody silnika od osi steru, lub podobnych. Można je znaleźć np. na rysunkach ofertowych producenta.



Do wykonania czynności opisanych w tym rozdziale, potrzebujesz:

1. Wstępnej wersji swojego modelu, stworzonej np. w oparciu o plany modelarskie, i co najmniej kilku oryginalnych wymiarów (im więcej takich znanych wymiarów, tym lepiej).
2. Zdjęć o wysokiej rozdzielczości całego modelowanego obiektu (samolotu).

W tej książce, przeprowadzimy takie porównanie dla modelu P-40 ukończonego w sekcji 9.3. W tym przypadku możemy traktować jako „potwierdzone” kształty: stateczników (pionowego i poziomego), skrzydła, oraz ich odległości od przegrody silnika.

14.1 Wykorzystanie współczesnych zdjęć wykonanych teleobiektywem

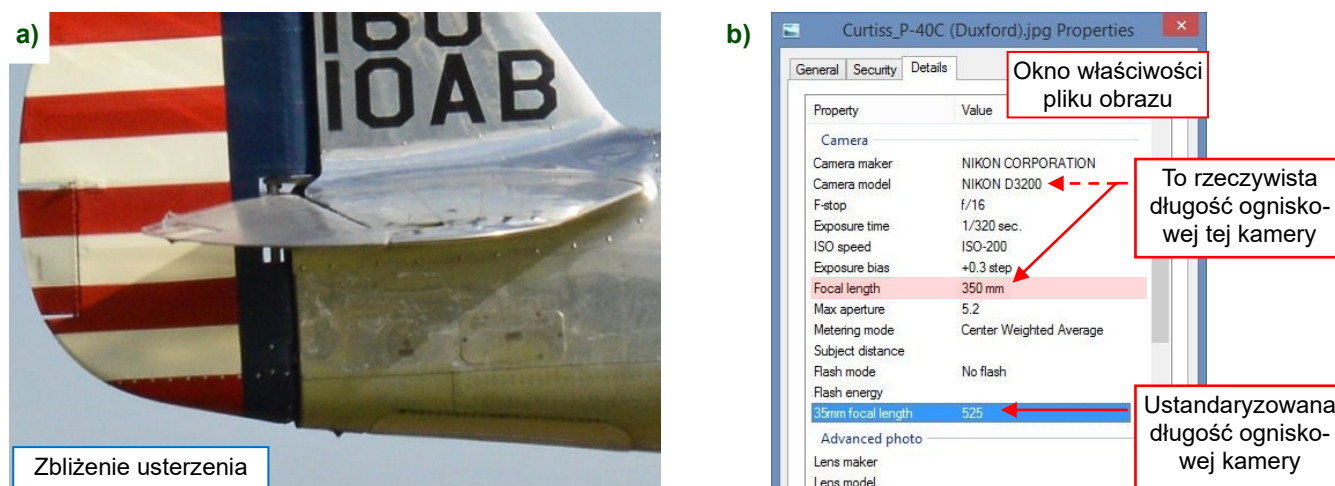
Jak znaleźć dobre zdjęcie wzorcowe? Jeżeli masz szczęście i istnieją jakieś odrestaurowane samoloty typu, który modelujesz, możesz przejrzeć ich fotografie. Najlepsze będą szczegółowe obrazy o wysokiej rozdzielczości, wykonane za pomocą teleobiektywu (chodzi o projekcję z jak najdłuższą ogniskową). Zazwyczaj będą to zdjęcia samolotów w locie. Tzw. deformacja beczkowata takich fotografii jest minimalna. W pierwszej sekcji tego rozdziału użyjemy takiego zdjęcia z pokazów lotniczych z Duxford (Rysunek 14.1.1):



Rysunek 14.1.1 Współczesne zdjęcie odrestaurowanego P-40C, wykonane kamerą z teleobiektywem

Tu jest [link do tej fotografii](#). Zacząłem od jej przycięcia, usuwając puste przestrzenie z niebem ponad i poniżej samolotu¹.

Szerokość tego obrazu to 3669px, a szczegóły są dobrze widoczne na powierzchni tego samolotu (Rysunek 14.1.2a). W przypadku współczesnych zdjęć, długość ogniskowej można odczytać z własności pliku:



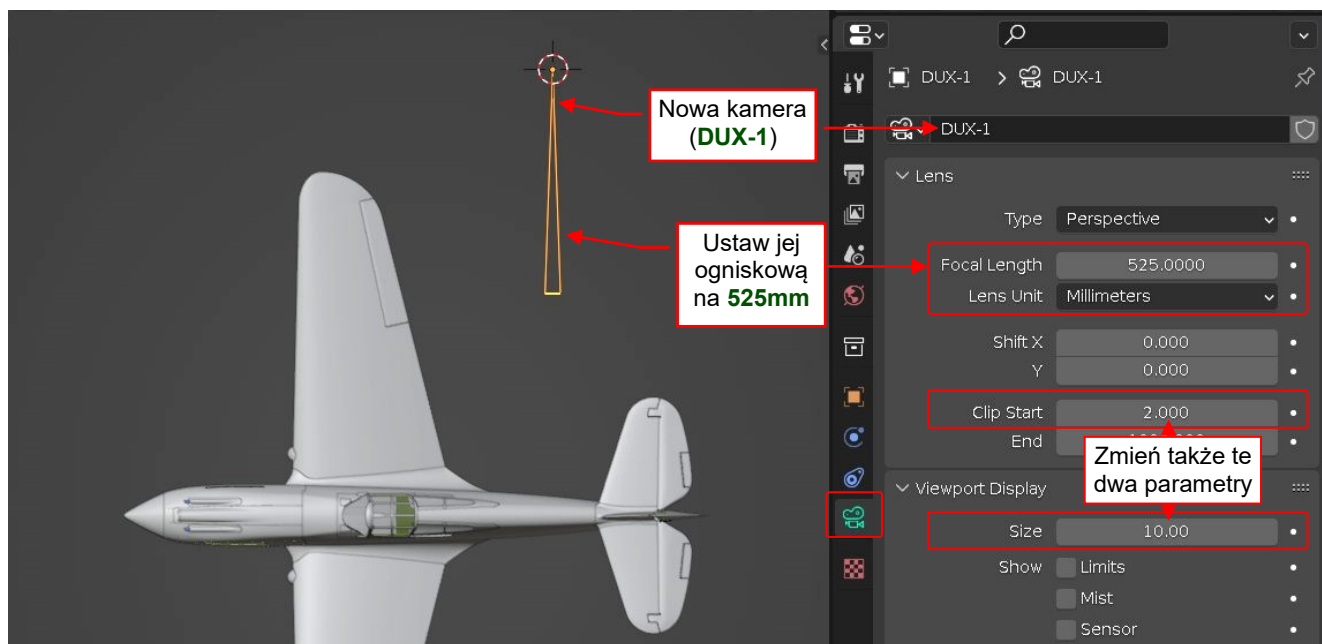
Rysunek 14.1.2 Szczegóły obrazu

Przyjrzyj się ostatniej wartości z sekcji **Camera**, opisaney jako **35mm focal length** (Rysunek 14.1.2b). To zdjęcie wykonano teleobiektywem o standardowej ogniskowej 525²mm. Użyjemy tej wartości w następnym kroku.

¹ To samo zdjęcie użyliśmy już w pierwszej części tego poradnika – por. Tom I, sekcja 5.1, Rysunek 5.1.10.

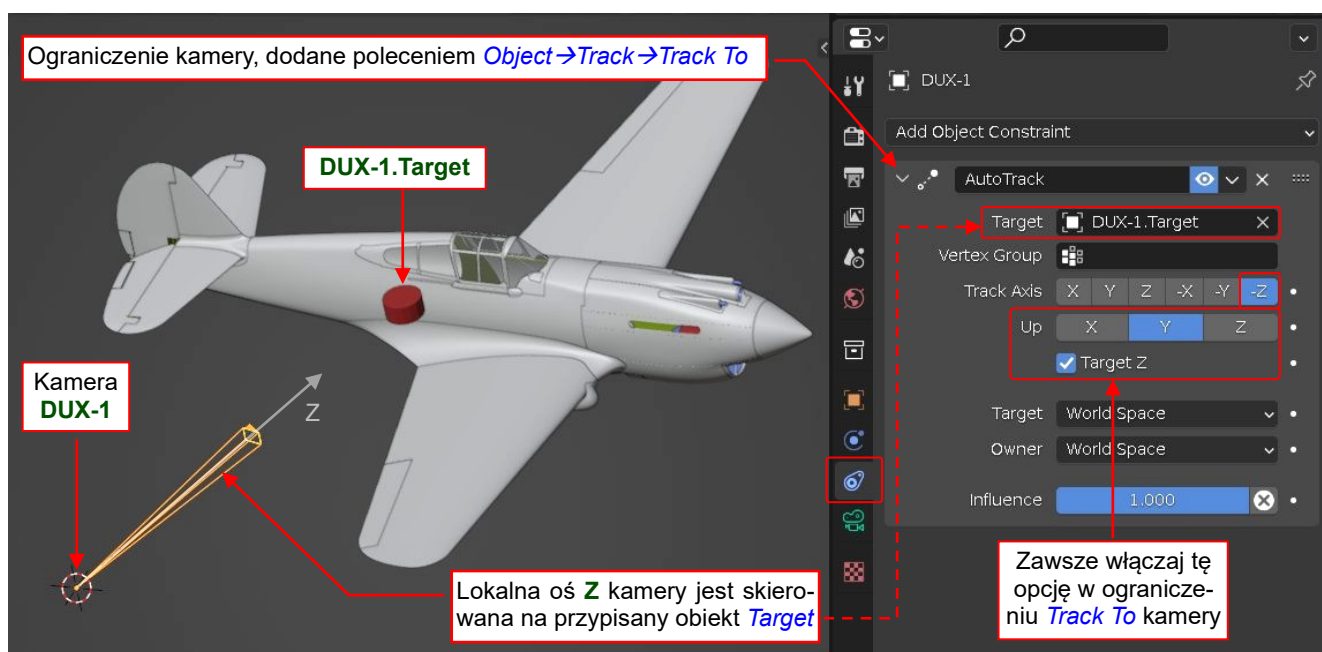
² „Długość ogniskowej 35mm” to równoważna długość ogniskowej dla standardowego „sensora” o szerokości 35mm – czyli klatki klasycznego aparatu, w którym każda klatka filmu miała rozmiar 35x24mm. Jeżeli w Twoim pliku ta wartość jest pusta, możesz użyć wartości **Focal length**, ale najpierw sprawdź rozmiar sensora w użytej kamerze (typ kamery znajdziesz w polu **Camera model**). Na przykład, w obrazie powyżej, można odczytać typ kamery: „NIKON D3200” i rzeczywistą długość ogniskowej (350mm). Potem poszukałem w Internecie hasła „NIKON D3200 sensor size” i zaraz otrzymałem wynik: 23.2x15.4mm. Korzystając z większego z tych dwóch wymiarów (23.2mm) mogłem obliczyć standardową długość ogniskowej $53\text{mm}/23.2\text{mm} \times 350\text{mm} = 528\text{mm}$. Ten wynik różni się nieznacznie od 525mm deklarowanej przez NIKON. Przypuszczam, że przyczyną tej różnicy są inne proporcje tego sensora i standardowej klatki filmu.

Zacznij od dodania do sceny Blendera nowej kamery poleceniem **Add→Camera** (por. str. 474). Nazwij ją **DUX-1** (to jest taka konwencja, którą sobie przyjąłem: od „Duxford”). Gdy ustalisz jej **Lens:Focal Length** na **525** i **Camera:Size** na **35** (Rysunek 14.1.3, por. także str. 475), jej kształt stanie się wydłużoną „piramidą”. Blender demonstruje w ten sposób aktualny kąt widzenia takiego „teleobiektywu”:



Rysunek 14.1.3 Ustawienie nowej kamery

Aby wygodnie sterować kierunkiem kamery, stwórz pomocniczy obiekt. Nazwij go **DUX-1.Target**. Mógłby być **Empty**, ale sugeruję użyć tu walca (**Add→Mesh→Cylinder**), jak pokazuje to Rysunek 14.1.4. Sądzę, że taka bryła będzie bardziej widoczna:



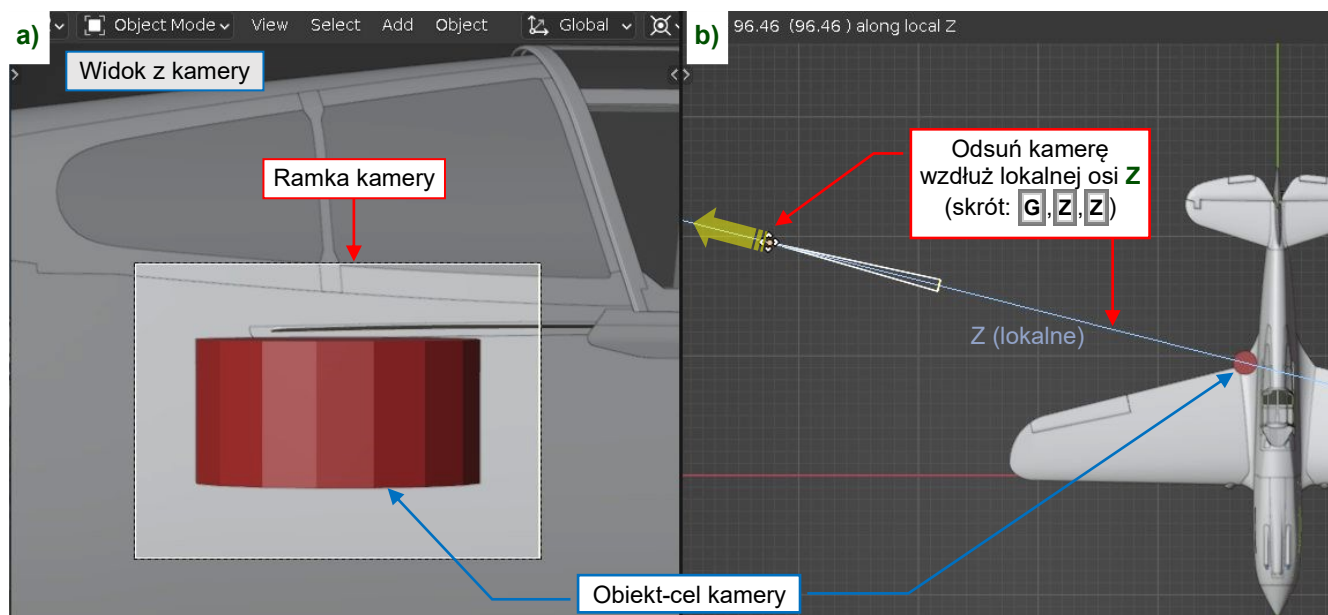
Rysunek 14.1.4 Wstawienie pomocniczego obiektu – „celu” kamery

Aby uczynić ją jeszcze bardziej widoczną, nadaj jej kolor czerwony (przypisując kontrastowy materiał **Artificial.Red**). Potem uczyni ten obiekt „celem” kamery **DUX-1** za pomocą ograniczenia **Track To** (str. 488).



Ustaw parametry ograniczenia **Track To** dokładnie tak, jak na ilustracji powyżej. W przeciwnym razie nie będziesz mógł dokończyć tego samouczka (ponieważ sterowanie kamerą będzie działać inaczej).

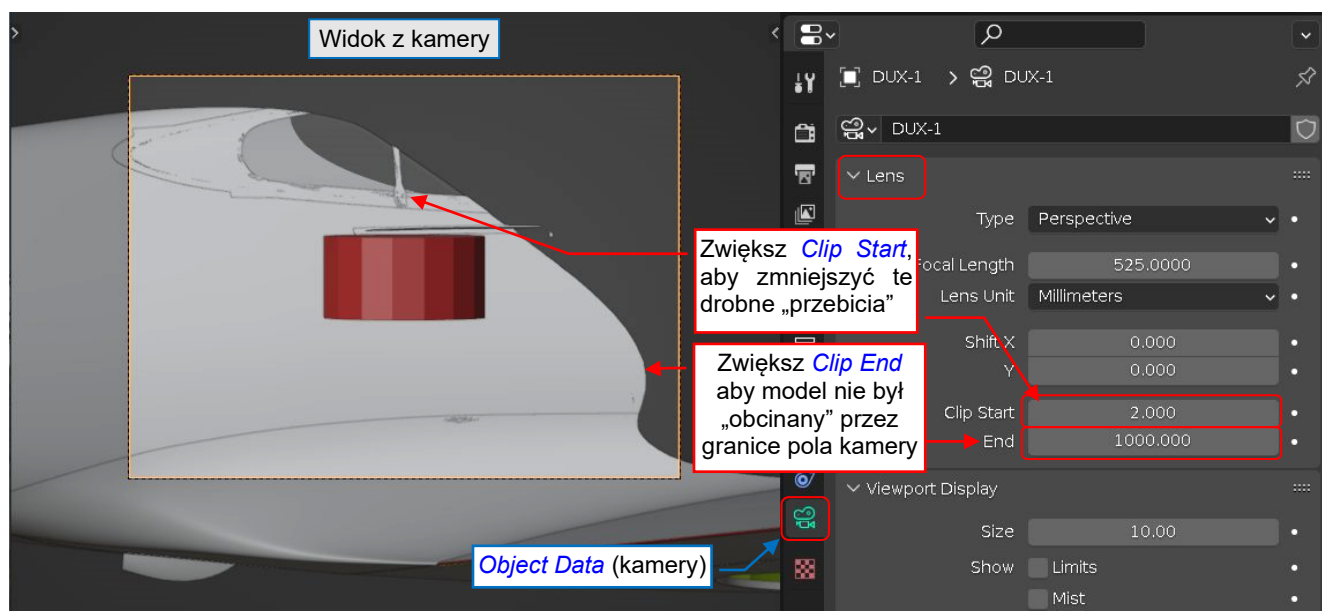
Uczyń **DUX-1** kamerą aktywną (**View→Cameras→Set Active Object as Camera**). Gdy to zrobisz, przełącz jedno z okien 3D na widok z kamery (skrót **0**, lub poleceniem **View→Viewpoint→Camera**). W rezultacie zobaczysz obrazek przypominający ten pokazywany przez Rysunek 14.1.5a):



Rysunek 14.1.5 Początkowy widok z kamery DUX-1

W środku ramki kamery widać jej obiekt-cel. Jednak, ta kamera ma wąskie pole widzenia i jest zbyt blisko samolotu, więc widzisz w niej tylko fragment boku kadłuba. Aby zobaczyć więcej, odsuń ją wzdłuż lokalnej osi Z od tego modelu (Rysunek 14.1.5b).

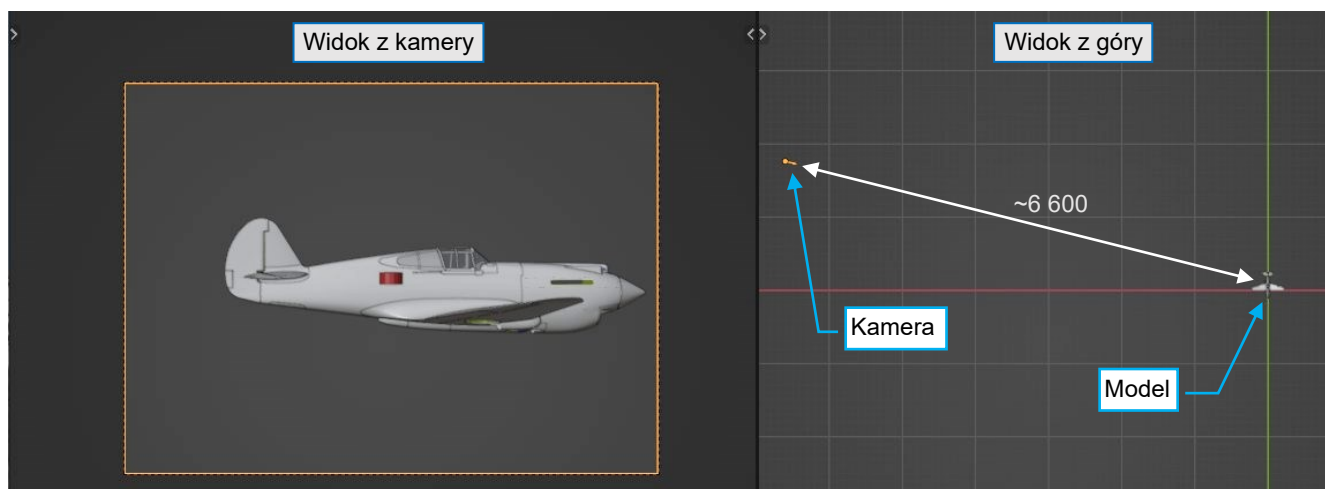
Gdy przesuwasz myszkę, kamera się odsuwa, a w jej ramce coraz więcej widać. Jednak w pewnym momencie model zacznie znikać za czymś, co wygląda jak niewidzialna ściana (Rysunek 14.1.6):



Rysunek 14.1.6 Model „wycięty” przez ograniczoną głębokość pola widzenia kamery

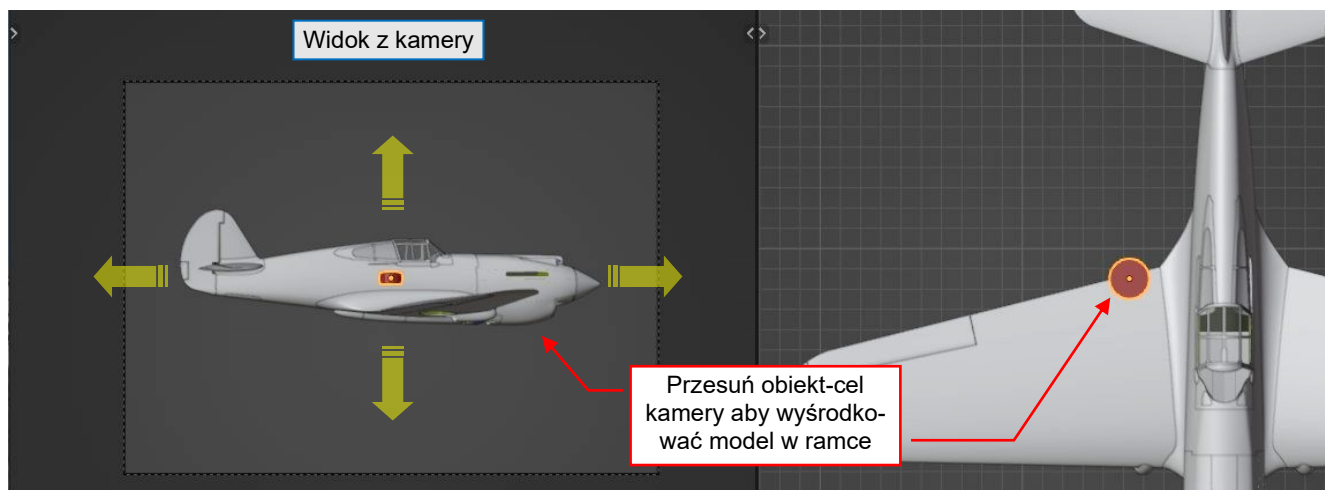
Aby skorygować ten efekt, zmień ustawienia **Camera:Lens** pokazane powyżej. Zwiększ parametr **Clip End** do większej wartości niż przewidywana odległość modelu od kamery. Aby być „po bezpiecznej stronie” sugeruję zwiększyć wartość **Clip End** do **10 000** jednostek. Jednocześnie, aby usunąć z tego widoku kilka małych „przebić” wewnętrznych ścian modelu, zwiększ parametr **Clip Start** – na przykład do **500**.

Po tej poprawce możesz znów wywołać polecenie **Move** i kontynuować odsuwanie kamery wzdłuż jej lokalnej osi **Z**, dopóki nie zobaczysz w ramce całego modelu (Rysunek 14.1.7):



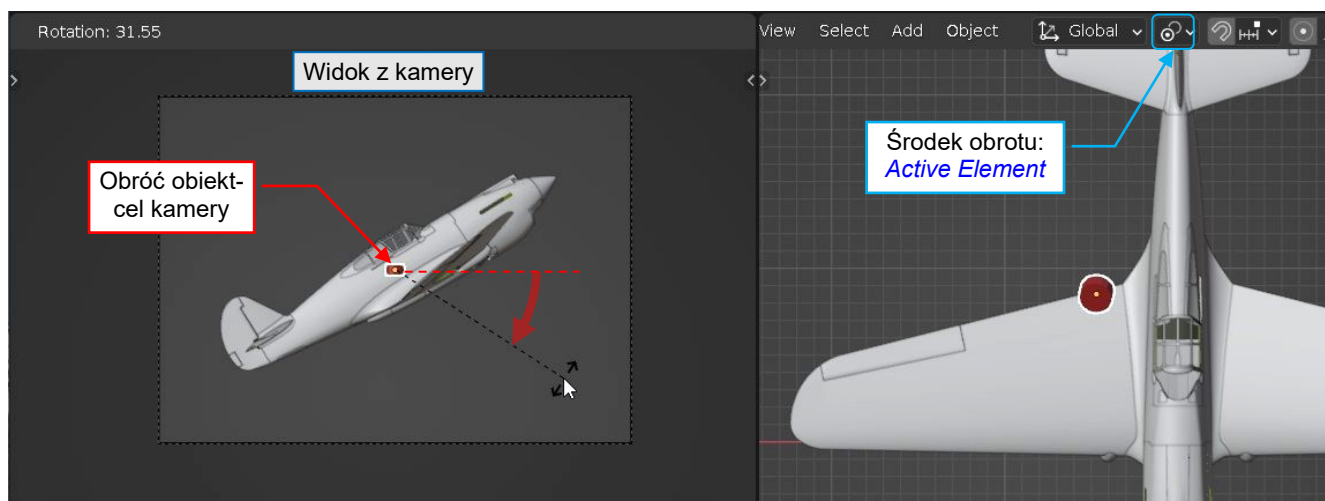
Rysunek 14.1.7 Widok po odsunięciu kamery

Aby wyśrodkować model w ramce, przesunij obiekt-cel kamery (Rysunek 14.1.8):



Rysunek 14.1.8 Wyśrodkowanie modelu w „obiektywie” kamery

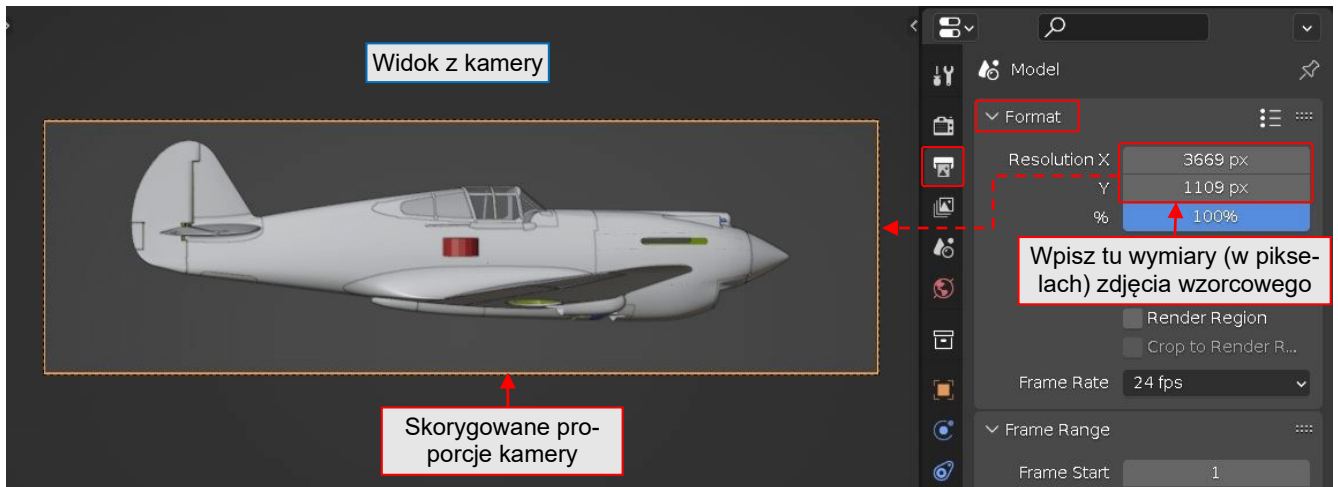
Jeżeli chcesz obrócić model w ramce, obróć obiekt-cel w widoku z kamery (Rysunek 14.1.9):



Rysunek 14.1.9 Obracanie modelu w ramce kamery

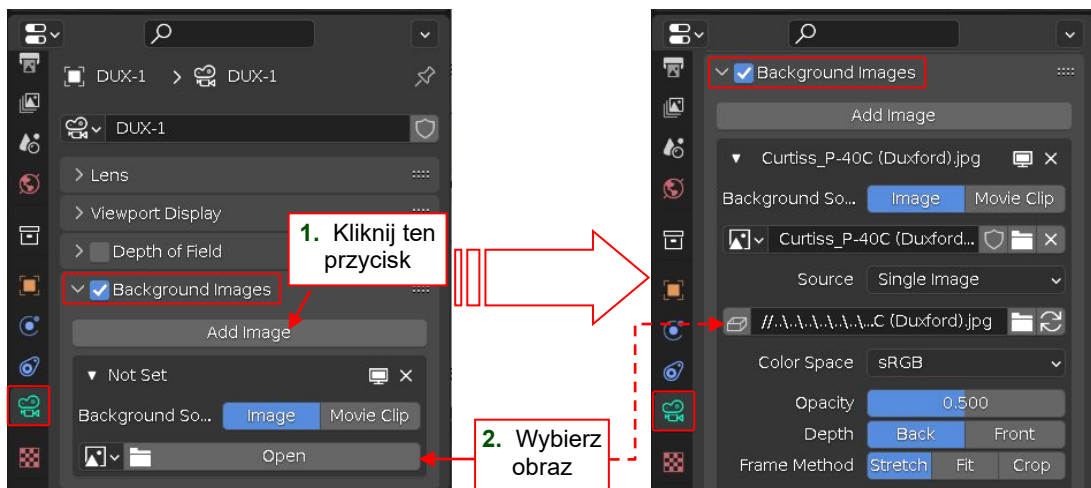
Zwróć uwagę, że cel kamery w ramce wydaje się nieruchomy. To dlatego, że kamera podąża za jego obrotem (dzięki włączonej opcji **Target Z** w parametrach ograniczenia **Track To** – por. Rysunek 14.1.4).

W następnym kroku dopasuj proporcje kamery do obrazu. Odczytaj jego wysokość i szerokość z zakładki **Details** we właściwościach pliku (Rysunek 14.1.2b). Potem w oknie **Properties** Blendera, zakładce **Output**, panelu **Format**, wpisz te wartości w pola **Resolution X** i **Y** (Rysunek 14.1.10):



Rysunek 14.1.10 Dopasowanie proporcji kamery

Zaznacz kamerę **DUX-1**, przypisz do niej ten obraz. Kliknij przycisk **Add Image**, potem kliknij przycisk **Open**. Wskaż plik z obrazem (Rysunek 14.1.11):



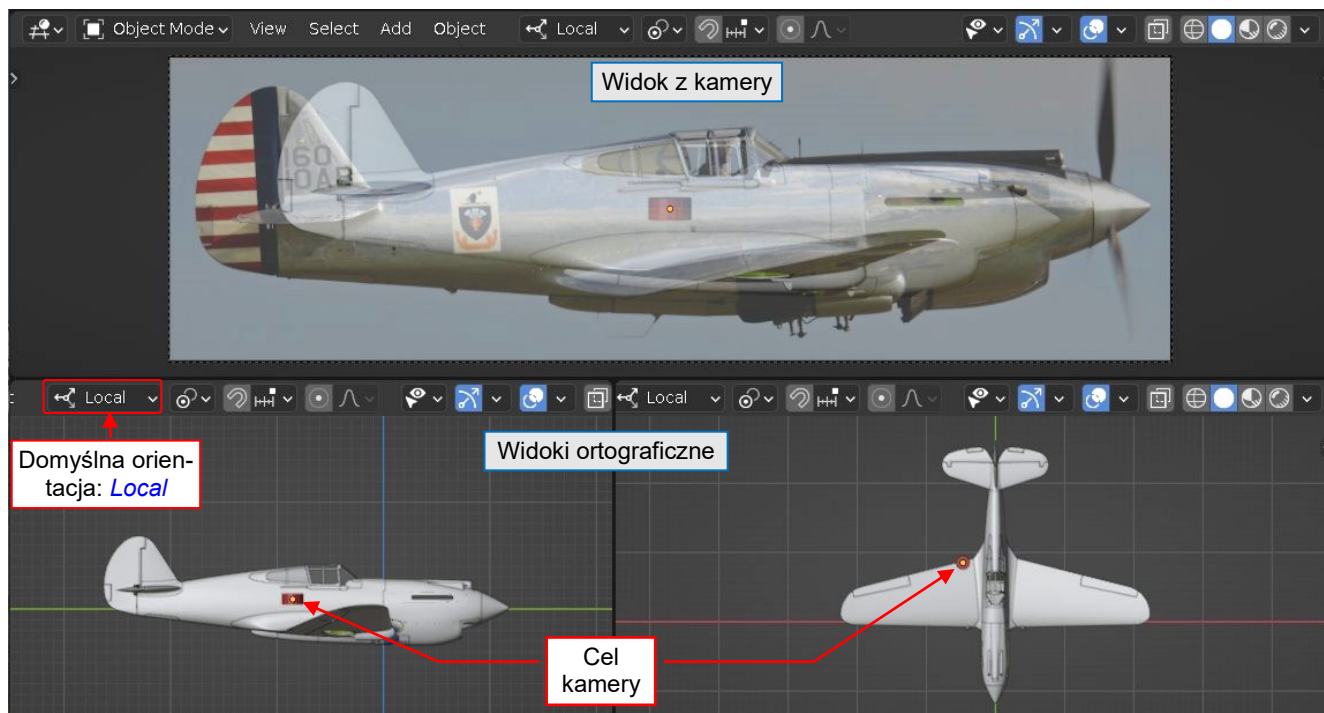
Rysunek 14.1.11 Przypisanie do kamery obrazu wzorcowego

Gdy obraz się pojawi, ustaw jego **Depth** na **Front** i zmniejsz wartość **Opacity**, by widzieć za nim model:



Rysunek 14.1.12 Poprawki w ustawieniach wyświetlania obrazu

Do dalszego dopasowywania kamery, ustaw 3 okna 3D na ekranie Blendera tak, jak pokazuje Rysunek 14.1.13:

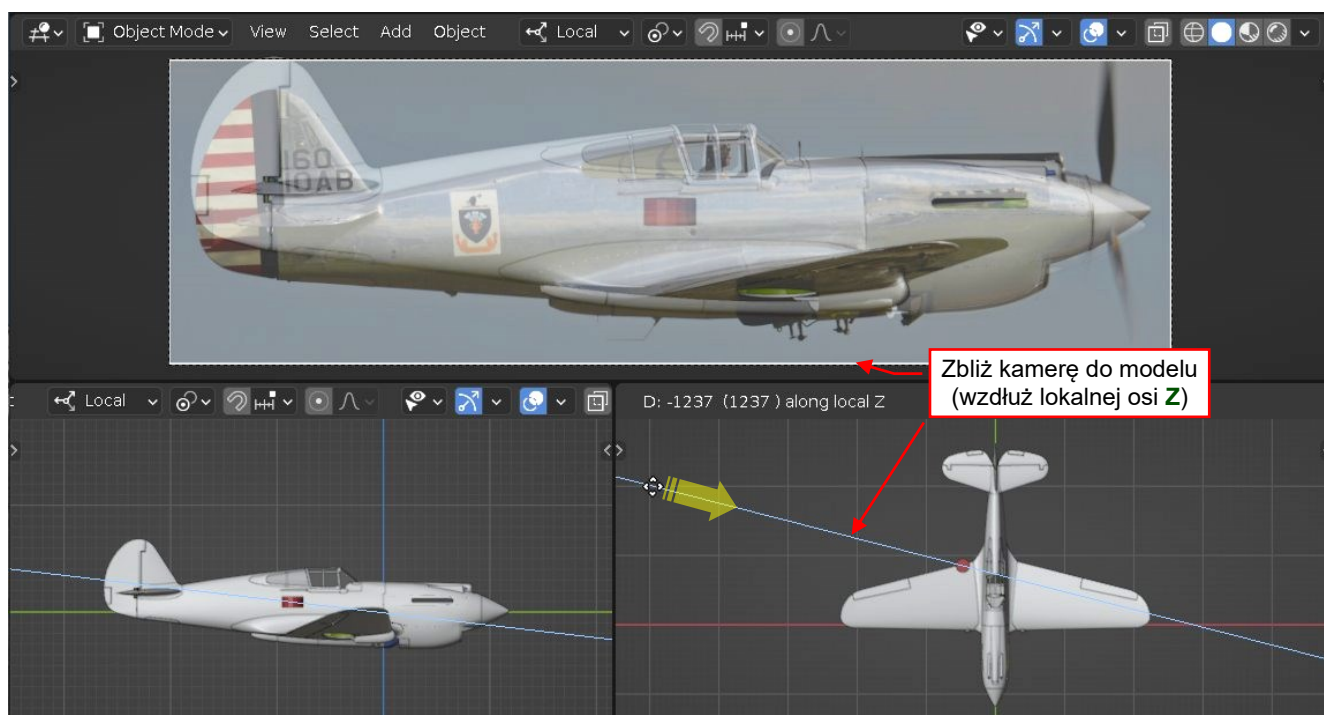


Rysunek 14.1.13 Sugerowany układ ekranu

Celem jest ustalenie projekcji, w której nasz model (lub, co najmniej, jego potwierdzone elementy) będzie pasował do zdjęcia. W górnym oknie widzisz rezultaty przesunięć kamery i/lub jej celu. Poniżej masz dwa okna z widokami z góry i z boku, w których wykonujesz wszystkie te transformacje (*Move*, *Rotate*). Zazwyczaj będziesz przesuwał obiekt-cel, ale czasami trzeba włączyć do tych przekształceń także kamerę.

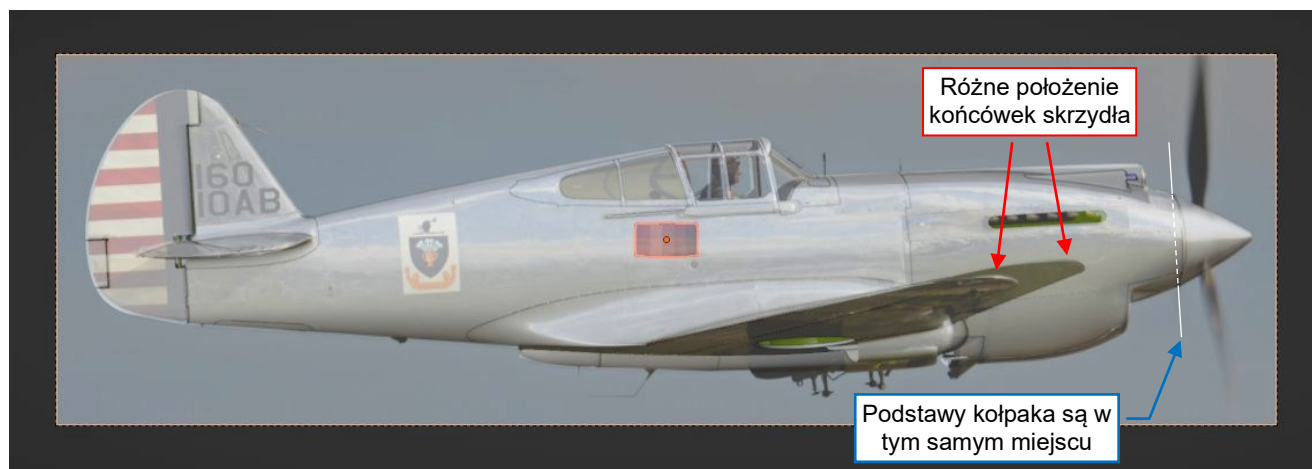
Ustaw domyślną orientację transformacji na *Local* (por. przełącznik w nagłówku okna 3D – Rysunek 14.1.13)

Na początek musisz zbliżyć kamerę do celu, bo na razie model wydaje się mniejszy od zdjęcia. Zaznacz aktywną kamerę (**DUX-1**) klikając jej ramkę w oknie kamery. Przesuwaj ją wzdłuż lokalnej osi **Z** (**G**, **Z**), aż pozorny rozmiar modelu będzie pasował do sylwetki samolotu na zdjęciu (Rysunek 14.1.14):



Rysunek 14.1.14 Dopasowanie względnego rozmiaru modelu do obrazu tła kamery

Jednak nadal trzeba przesunąć (por. Rysunek 14.1.8) i obrócić (por. Rysunek 14.1.9) ten model, dopasowując go do sylwetki na zdjęciu w kamerze. Po kilku „rundach” takich dopasowań (zmiana odległości kamery, przesuwanie i obracanie obiektu-celu w widoku z kamery), powinieneś osiągnąć rezultat przypominający ten pokazywany przez Rysunek 14.1.15:

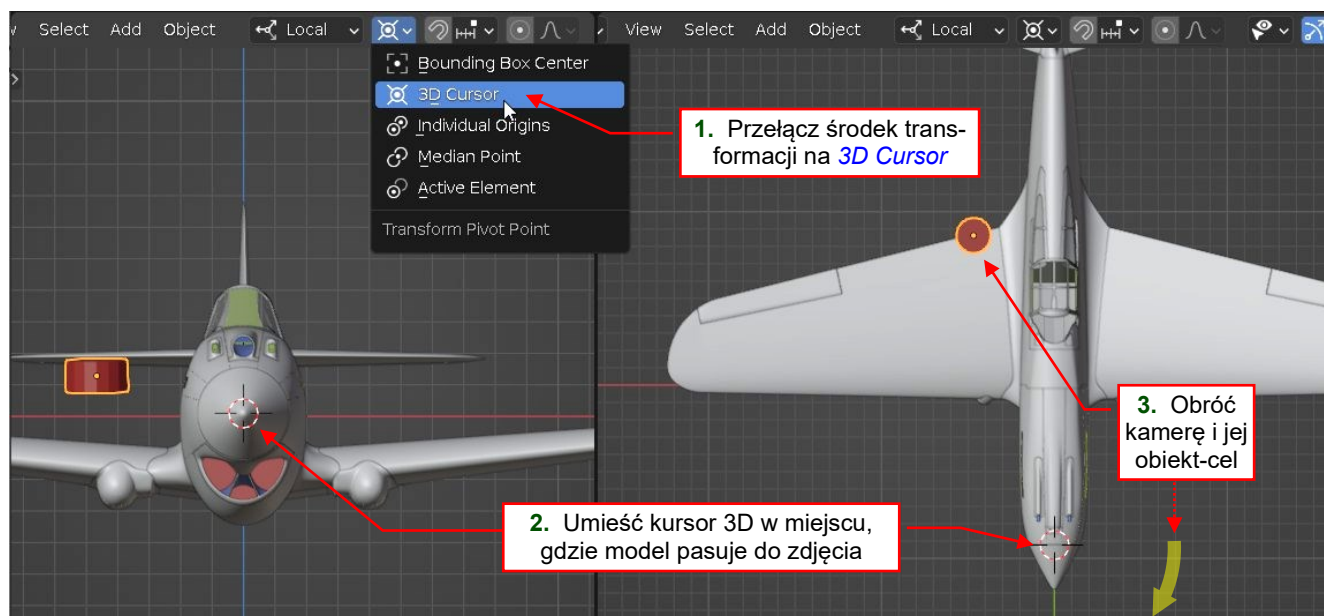


Rysunek 14.1.15 Wstępne dopasowanie

Teraz możesz ocenić różnice pomiędzy zdjęciem i orientacją modelu. Zrób to korzystając z potwierdzonych elementów modelu. W przypadku na ilustracji powyżej, różnica w położeniu końcówek skrzydła wskazuje, że powinniśmy obrócić kamerę wokół modelu.

Mógłbyś to zrobić, przesuwając kamerę w górę i do tyłu. To zmieniłoby jednak położenie modelu w ramce obiektywu. Bardziej efektywną metodą jest obrót kamery i jej celu wokół kursora 3D. Podczas takiej transformacji, punkt modelu, w którym umieścisz kursor, pozostanie w tym samym miejscu na mapowanym obrazie.

Przełącz *Transformation Pivot* na *3D Cursor* i umieść kursor 3D w miejscu, w którym zdjęcie i model są do siebie dopasowane. W opisywanym przykładzie jest to podstawa kołpaka śmigła (Rysunek 14.1.16):



Rysunek 14.1.16 Ustawianie obrotu wokół kursora 3D

Potem zaznacz kamerę i jej cel, i obróć (**R**) w widoku z góry obydwa obiekty wokół kursora 3D.



Aby osiągnąć większą dokładność, podczas transformacji trzymaj wciśnięty klawisz **Shift**, gdy przesuwasz myszkę.

Rysunek 14.1.17 pokazuje rezultat tego obrotu:



Rysunek 14.1.17 Widok z kamery po tym obrocie

Dopasowaliśmy krawędzie natarcia skrzydła, ale nowa różnica, która pojawiła się na ogonie, sygnalizuje, że musimy odsunąć kamerę. Moglibyśmy to zrobić w dwóch krokach, jak poprzednio (przesuwając kamerę, potem dopasowując pozycję celu). Jednak dla tak małej korekty, możesz to zrobić w jednej operacji: skalując kamerę i jej cel względem kursora 3D (Rysunek 14.1.18):



Rysunek 14.1.18 Dopasowywanie projekcji modelu



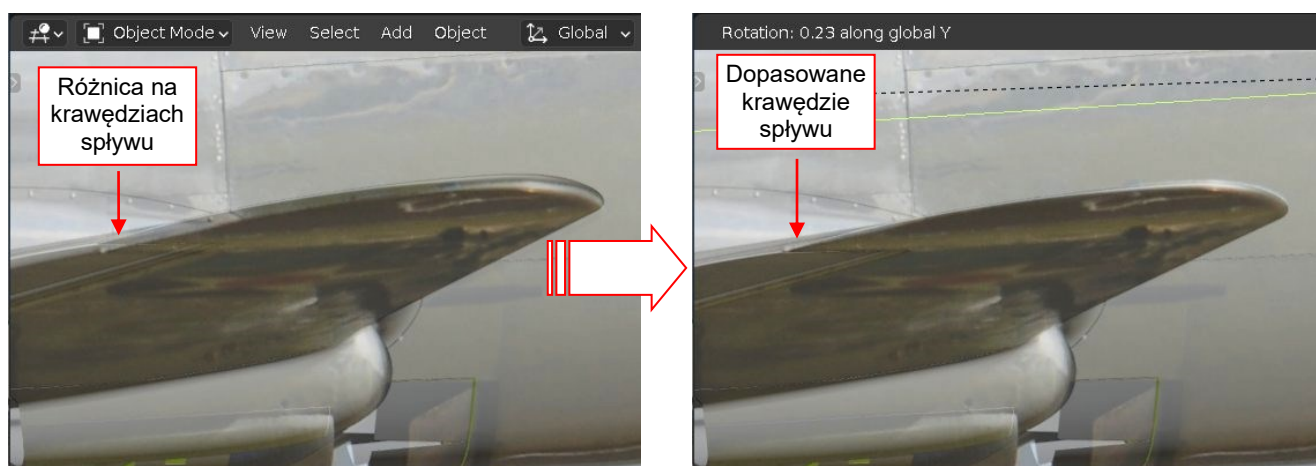
Na czas tych transformacji, przełącz domyślną orientację z *Local* na *Global* (por. Rysunek 14.1.13).

Teraz obróćmy kamerę i cel wokół globalnej osi **Y** (R, Y: Rysunek 14.1.19):



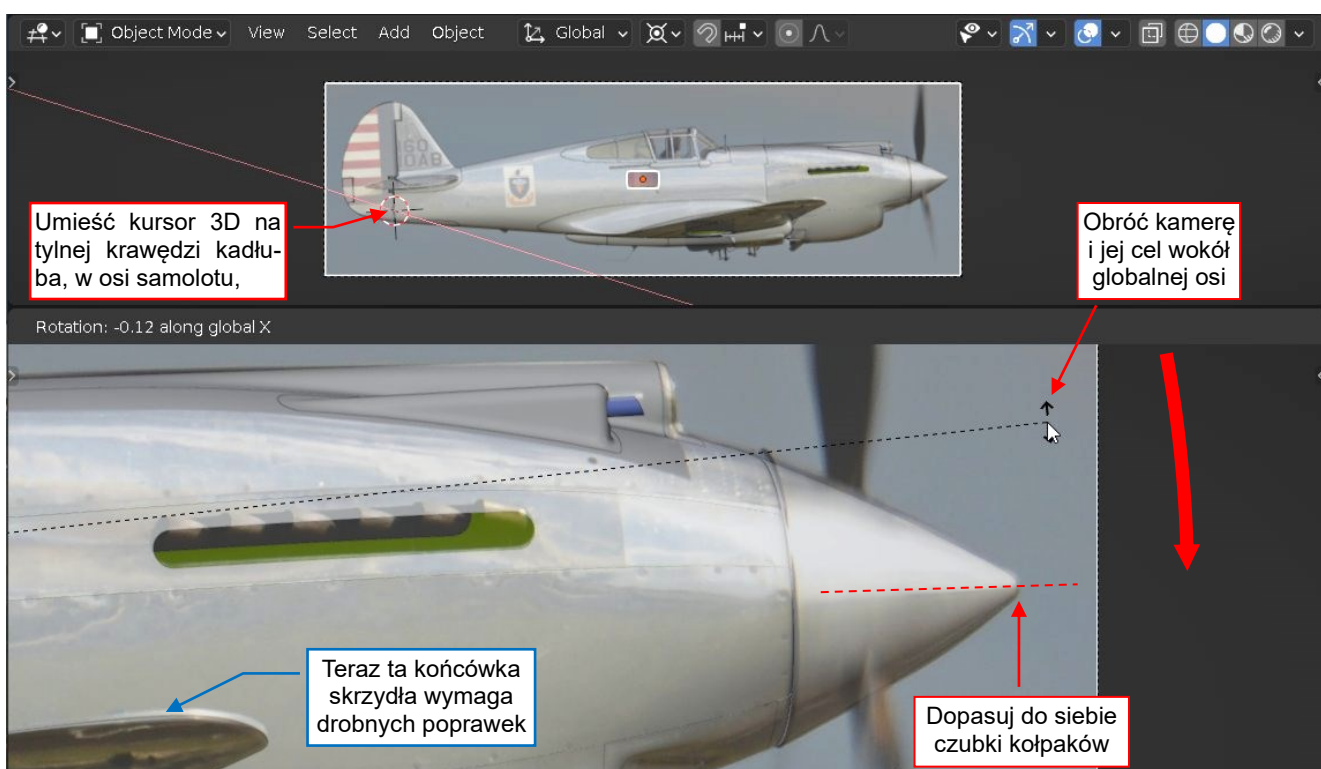
Rysunek 14.1.19 Korygowanie poziomu końcówki skrzydła

Zazwyczaj potrzeba kilku „rund” podobnych przybliżeń, aby ostatecznie dopasować skrzydło i stateczniki do wzorcowego zdjęcia. Użyj zbliżeń do dokładnego dopasowywania szczegółów modelu (Rysunek 14.1.20):



Rysunek 14.1.20 Dopasowanie krawędzi spływu końcówek skrzydła

Gdy dopasujesz skrzydło i usterzenie, możesz odkryć, że czubek kołpaka śmigła nie pasuje idealnie do zdjęcia. Aby zmniejszyć wpływ dalszych transformacji na dopasowane wcześniej obszary, umieść kursor 3D na ogonie samolotu. Przeniósłem go na tylną krawędź statecznika/kadłuba (Rysunek 14.1.21). Potem obróciłem kamerę i jej cel wokół globalnej osi **X**:



Rysunek 14.1.21 Dopasowywanie czubka kołpaka śmigła



Nie dopasowuj żadnej z powierzchni sterujących, bo na zdjęciach są zawsze choć trochę odchylone.

Dlatego w przypadku powyżej nie umieściłem kursora 3D na krawędzi spływu steru kierunku.

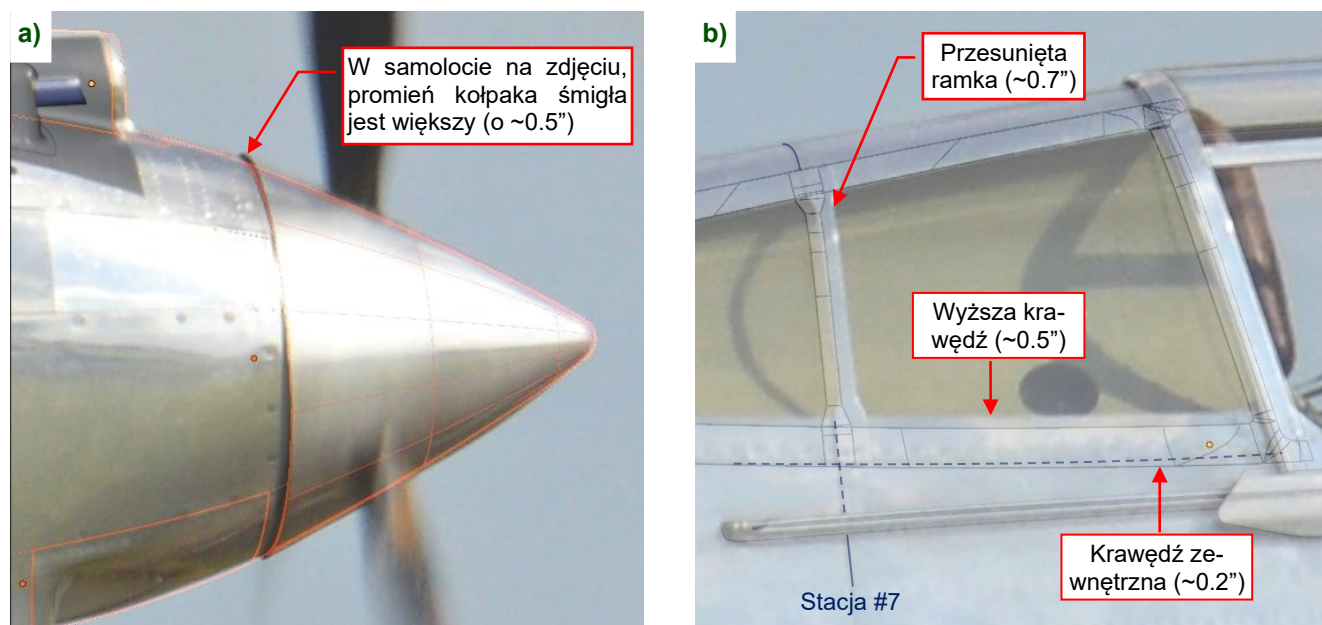
Zwróć uwagę, że w wyniku tej poprawki musisz ponownie dopasować do zdjęcia końcówki skrzydeł (jak pokazywał to Rysunek 14.1.20). To normalne, jeżeli tylko takie kolejne transformacje są coraz mniejsze. Dopasowanie projekcji do zdjęć wymaga wielu iteracji.

Samolot na zdjęciu jest w trakcie składania podwozia, więc nie dopasowuję do niego pokryw goleni. Po wielu próbach powinienem uzyskać zadowalające dopasowanie całego modelu (Rysunek 14.1.22):



Rysunek 14.1.22 Model dopasowany do zdjęcia

Gdy wszystkie „potwierdzone” elementy są dopasowane do zdjęcia, możesz przyrzeć się modelowi w oknie z projekcją z kamery, szukając ewentualnych odchył (Rysunek 14.1.23):



Rysunek 14.1.23 Niektóre z różnic pomiędzy modelem i wzorcowym zdjęciem

Rysunek 14.1.23a) pokazuje, że promień podstawy kołpaka w odrestaurowanym samolocie jest większy (o około 0.5") niż w naszym modelu. Znalazłem także pewne różnice w ramce oszklwienia kabiny (Rysunek 14.1.23b). Dostrzegłem także kilka innych odchył (np. w położeniu osi klap z osłony silnika).

Jednak zanim zaczniesz poprawiać swój model, zmapuj jeszcze kilka innych zdjęć tego samolotu i przeprowadź podobne porównania. Staraj się użyć zdjęć innego egzemplarza, bo niektóre części odrestaurowanych maszyn nie są oryginalne. Na przykład – podstawa kołpaka tego P-40C z Duxford (Rysunek 14.1.23a) wydaje się zbyt duża. Przypuszczam, że co najmniej jej tylna część była odtworzona w lokalnym warsztacie, z widocznym skutkiem. Porównując różne samoloty, łatwiej jest zauważyć takie szczegóły.

Oczywiście, skany o wysokiej rozdzielczości archiwalnych zdjęć samolotu są najlepszym źródłem. Niestety, dopasowanie do nich projekcji wiąże się z dodatkową trudnością, którą opiszę w następnej sekcji.



Nie byłem w stanie dopasować projekcji do niektórych współczesnych zdjęć, na przykład – [do tego](#). W ich właściwościach brak jest informacji o kamerze. Mogę tylko podejrzewać, że są to obrazy w jakiś sposób zmodyfikowane, np. ktoś je wydłużył lub skrócił (mam na myśli skalowanie).



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić zdjęcia zmapowane w tej sekcji: [model/p40/history/P40B-27.01.blend](#).

14.2 Wykorzystanie historycznych zdjęć

W poprzedniej sekcji dopasowaliśmy projekcję modelu P-40B do współczesnego zdjęcia odrestaurowanego samolotu. Wykorzystaliśmy kamerę Blendera do „pozowania” modelu, tak aby w ramce kamery wyglądał tak, jak samolot na fotografii. Jedną z kluczowych informacji, z której korzystaliśmy, była długość ogniskowej obiektywu, za pomocą którego wykonano to zdjęcie. Współczesne kamery zapisują tę informację, wraz z innymi parametrami, w pliku obrazu. Dzięki temu mogliśmy po prostu ustawić długość ogniskowej kamery Blendera na wartość odczytaną z właściwości zdjęcia (por. str. 579, 580). Potem, metodą prób i błędów, określiliśmy pozostałe niewiadome: położenie kamery i jej kierunek (orientację).

Jak jednak dopasować model do archiwalnego, „analogowego” zdjęcia? Na przykład, takiego jak przedstawione poniżej oryginalne [zdjęcie Curtiss Tomahawka IIA](#), z listopada 1940r (Rysunek 14.2.1)?



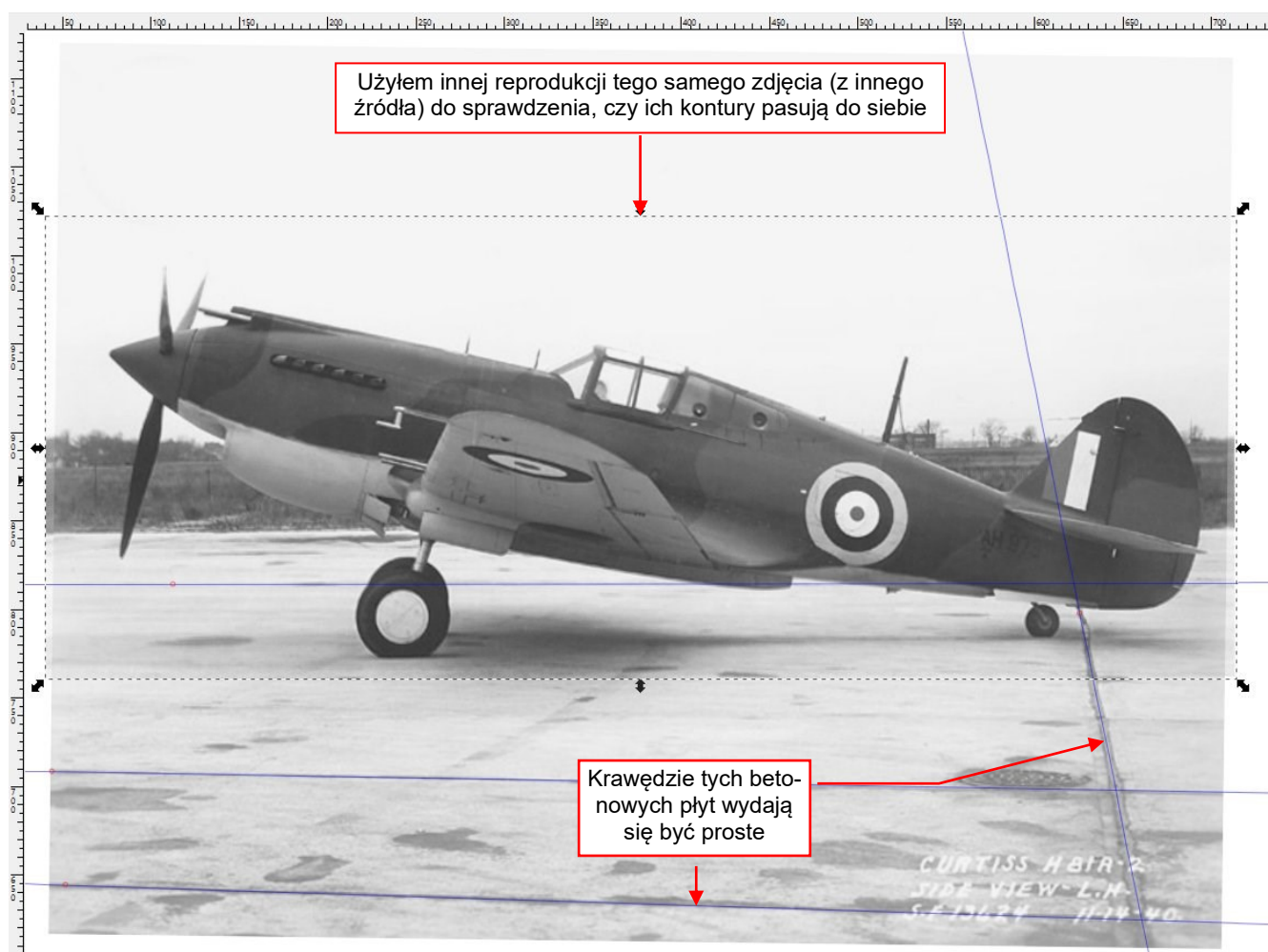
Rysunek 14.2.1 Archiwalne zdjęcie Tomahawka IIA (technicznie odpowiada P-40B)

W takim zdjęciu długość ogniskowej jest nieznana. Musimy ją odkryć/przybliżyć taką samą metodą „prób i błędów”, jak określaliśmy pozostałe współrzędne kamery. Gorzej, te stare obiektywy były bardziej podatne na różne optyczne deformacje, szczególnie zniekształcenie beczkowate (por. sekcja 16.3, str. 649). Dodatkowe deformacje mogły się także pojawić podczas procesu wywoływania zdjęcia i tworzenia odbitek.

Czasami możesz wykryć zniekształcenie beczkowate wykorzystując widoczne na zdjęciu elementy otoczenia samolotu. Na przykład, kilka lat temu użyłem krawędzi betonowych płyt lotniska jako ekwiwalentu „długich, prostych linii” pokazywanych przez Rysunek 16.3.3 (str. 650). Gdy znajdziesz na obrazie taki „indykator”, możesz spróbować skompensować jego deformację, np. za pomocą GIMP (por. str. 651-652)¹.

¹ W GIMP robię to filtrem [Lens Distortion](#). Oczywiście, podobne narzędzie istnieje w Photoshop, tyle, że nosi inną nazwę.

Podobne płyty betonowe widać na zdjęciu Curtiss pokazanej na poprzedniej stronie, więc załadowałem je do Inkscape i użyłem linii pomocniczych do sprawdzenia, czy ich krawędzie są wykrzywione (Rysunek 14.2.2):



Rysunek 14.2.2 Podstawowa weryfikacja zdjęcia wzorcowego

Jak widać na rysunku powyżej, krawędzie tych płyt układają się w linię prostą, więc prawdopodobnie zniekształcenie beczkowe tego obrazu jest pomijalne.

Dodatkowo, znalazłem przyciętą wersję tego zdjęcia w monografii „Curtiss Fighter Aircraft” Francisa Deana (opublikowanej w 2007r). Ilustracja w tej książce wydaje się mieć większą rozdzielczość od obrazu pokazywanego przez Rysunek 14.2.1. Zdecydowałem się użyć jej do sprawdzenia proporcji tego zdjęcia¹. Zeskanowałem tę ilustrację i umieściłem w Inkscape pod porównywanym zdjęciem. Potem szukałem jakiejś różnicy pomiędzy tymi dwoma obrazami. Na szczęście, nie znalazłem żadnej².

Dopasujmy projekcję naszego modelu 3D to tej fotografii. W tym celu użyjemy skanu obrazu zaznaczonego na ilustracji powyżej (Rysunek 14.2.2) linią kreskowaną, ze względu na jego wyższą rozdzielczość (4493x1744px). Tutaj jest [link do pobrania tego pliku](#).

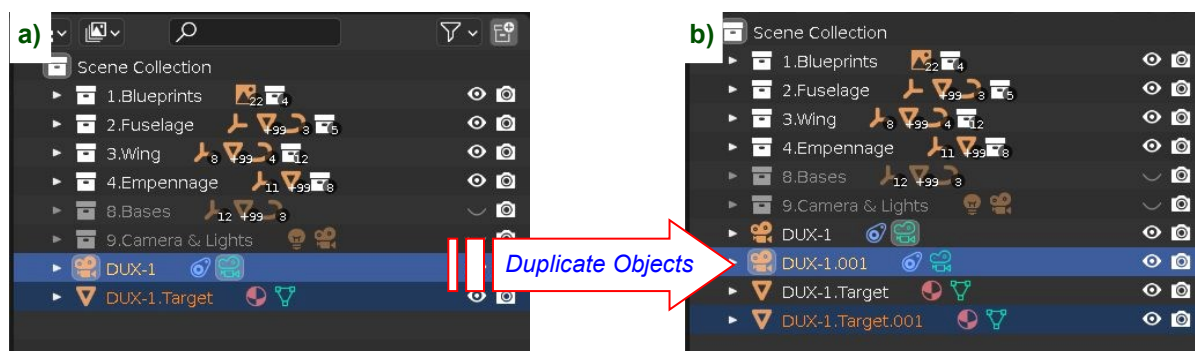


W tej sekcji kontynuujemy pracę nad plikiem Blendera stworzonym w sekcji poprzedniej (14.1):
model\p40\history\P40B-27.01.blend.

¹ Zawsze się obawiam, że podczas składu książki lub projektowania strony internetowej nieznaczenie zmieniono proporcje zdjęcia, by lepiej dopasować je do strony. Taka deformacja czyni je bezużytecznym do dopasowania projekcji modelu.

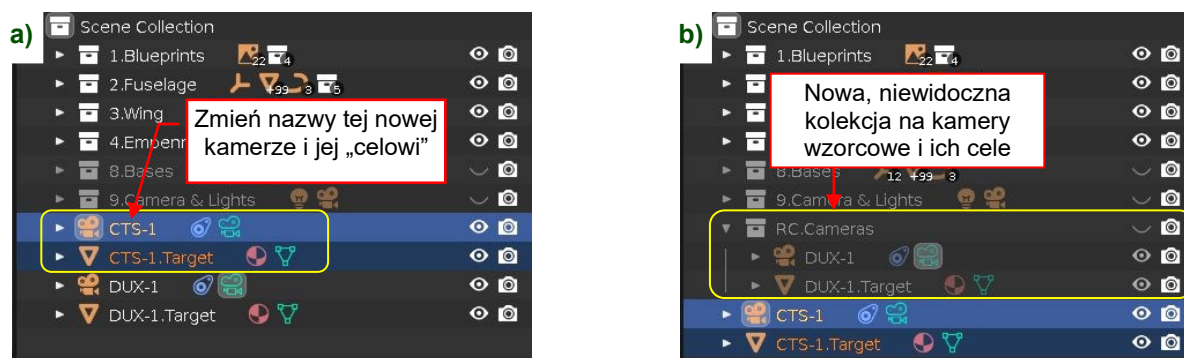
² Oczywiście, nadal istnieje wiele innych deformacji, które mogły się przytrafić temu analogowemu zdjęciu. Na przykład, mogło zostać zniekształcone podczas tworzenia odbitki z utrwalonego filmu.

Musimy dodać do tej sceny kolejną kamerę i jej obiekt-cel. Moglibyśmy je stworzyć tak, jak to robiliśmy w poprzedniej sekcji (por. Rysunek 14.1.3 - Rysunek 14.1.6). Jednak jest szybsza metoda: skopiuj (powiel) kamerę **DUX-1** i obiekt **DUX-1.Target**, stworzone w tamtej sekcji:



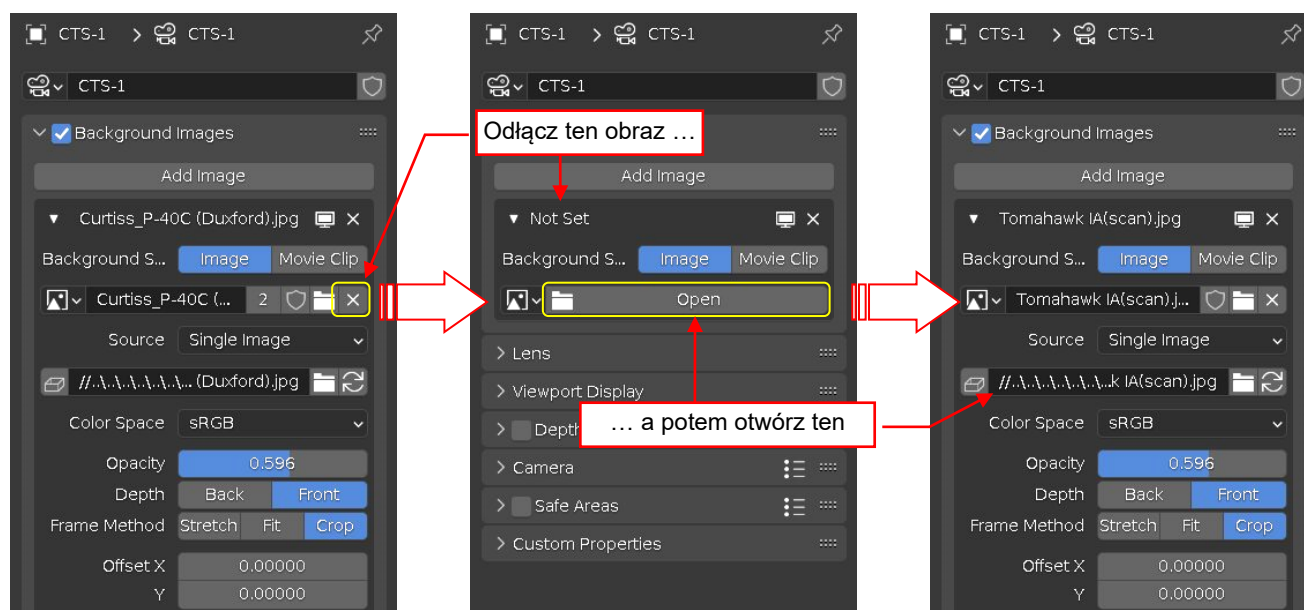
Rysunek 14.2.3 Tworzenie nowej kamery i jej celu poprzez skopiowanie istniejących obiektów

W oknie 3D zaznacz obiekty kamery i cel, i wywołaj polecenie **Object → Duplicate Objects** (**Shift-D**). To tworzy kopie obydwu obiektów, nazwanych tak, jak pokazuje to Rysunek 14.2.3. Teraz zmień nazwę nowej kamery na **CTS-1** (lub inną, wg własnej konwencji) a jej celu na **CTS-1.Target** (Rysunek 14.2.4):



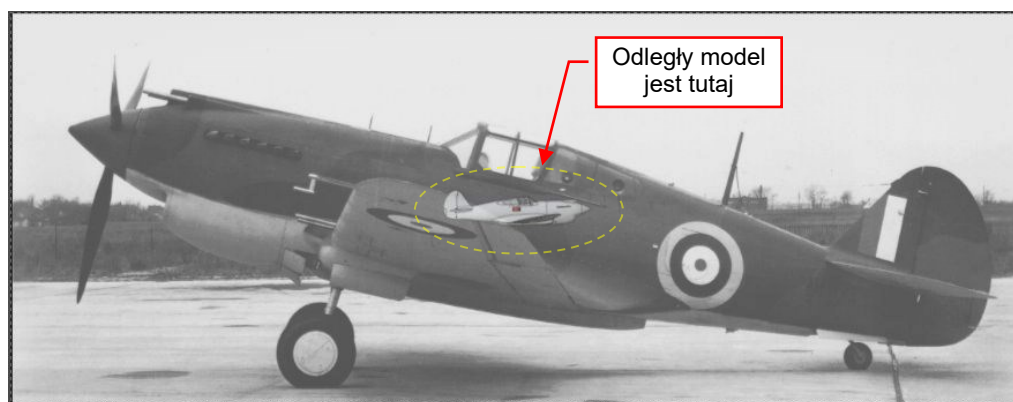
Rysunek 14.2.4 Dalsze zmiany w strukturze (logicznej) aktualnej sceny

Aby nie pomylić obiektów-celów, stwórz nową, niewidoczną kolekcję o nazwie **RC.Cameras** i przenieś do niej kamerę **DUX-1** i jej cel (Rysunek 14.2.4b). Potem zmień obraz tła w kamerze **CTS-1** (Rysunek 14.2.5), usuwając dotychczasową ścieżkę do pliku i wskazując w to miejsce nową:



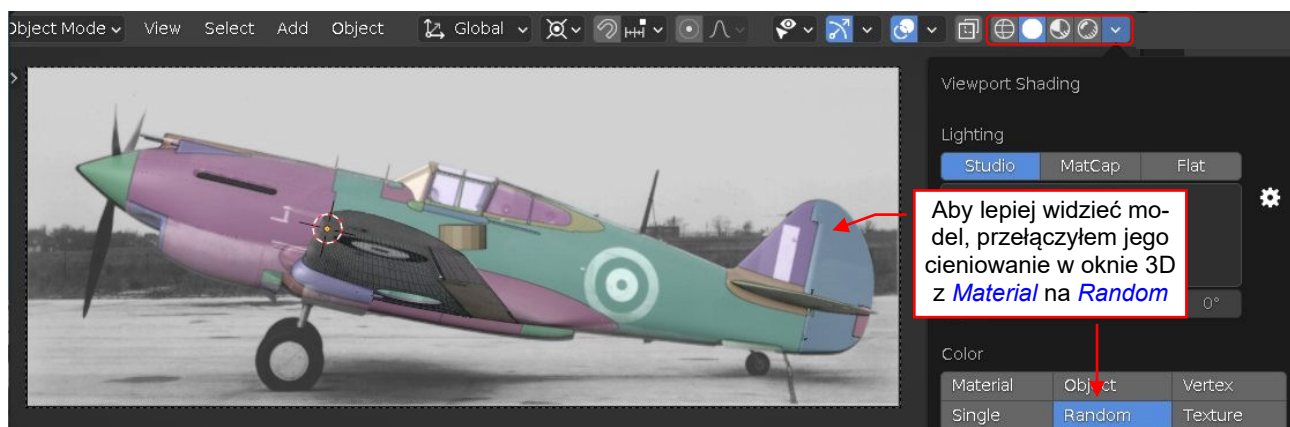
Rysunek 14.2.5 Zmiana obrazu tła kamery

Zmniejsz długość ogniskowej kamery **CTS-1** do **80mm**. (Wpisz tę wartość w **Lens:Focal Length** – por. Rysunek 14.1.3. W tym przypadku nie znamy dokładnej ogniskowej, to tylko wstępne przybliżenie). Zmień rozmiary obrazu kamery na **4493x1744px**. (Wpisz te nowe wymiary w panel **Output:Dimensions** – por. Rysunek 14.1.10). Na koniec ustaw **CTS-1** jako aktywną kamerę (**View→Camera→Set Active Object as Camera**). Rysunek 14.2.6 pokazuje, jak taka ramka i model wyglądają na początku:



Rysunek 14.2.6 Początkowa ramka kamery CTS-1

Model w tej ramce wygląda na bardzo mały z powodu zmniejszenia ogniskowej kamery z 525mm do 80mm. Teraz przesun i obróć kamerę i jej cel (tak, jak to robiliśmy na str. 582-588), aby dopasować projekcję modelu do zdjęcia (Rysunek 14.2.7)



Rysunek 14.2.7 Model i ramka kamery po wstępnych dopasowaniach

Tak jak w poprzedniej sekcji, dopasuj „potwierdzoną” odległość od przegrody silnika do tylnej krawędzi kadłuba oraz kształt końcówki skrzydła. Zauważ, że kontur kadłuba nie pasuje idealnie do zdjęcia (Rysunek 14.2.8):



Rysunek 14.2.8 Szczegóły dopasowania

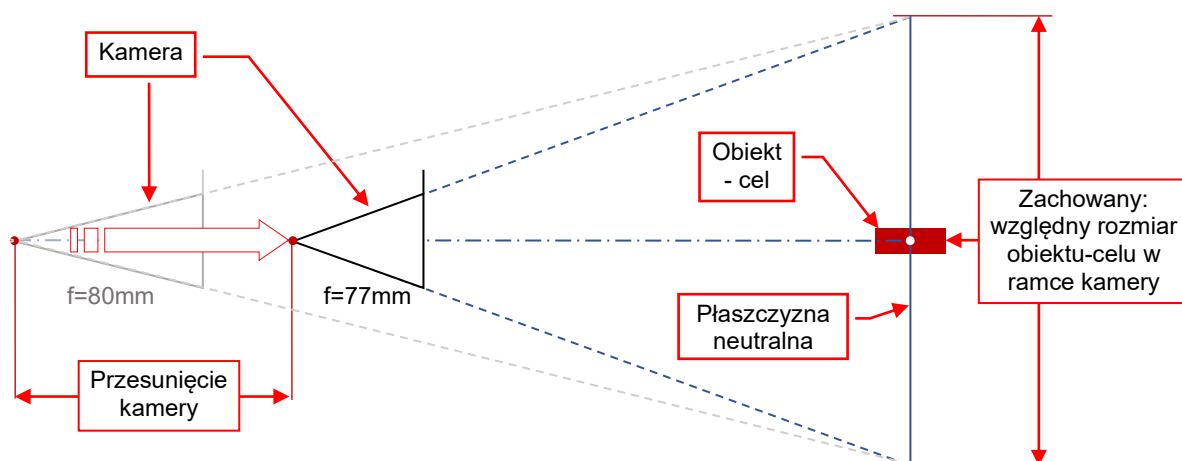
Takie różnice wskazują, że powinieneś zmienić siódmą niewiadomą tego równania: długość ogniskowej. Gdy to jednak zrobisz, zmniejszając wartość **Lens:Focal Length** choćby o kilka procent (powiedzmy, z 80mm do 77mm) – model w ramce kamery zrobi się mniejszy (Rysunek 14.2.9):



Rysunek 14.2.9 Typowy efekt zmniejszenia ogniskowej kamery

Teraz powinieneś skompensować ten efekt zbliżając kamerę (wzdłuż jej lokalnej osi **Z**) do modelu. Konieczność ciągłego kompensowania czyni te zmiany ogniskowej bardzo uciążliwymi.

Z myślą o tym problemie, stworzyłem specjalną wtyczkę Blendera. Działa na kamerach, które mają przypisany obraz tła i obiekt-cel (poprzez aktywne ograniczenie **Track To**) – czyli takich, jak nasza kamera. Gdy zmienisz jej ogniskową, wtyczka automatycznie kompensuje to zmianą odległości od celu kamery. Rysunek 14.2.10 przedstawia zasadę działania tego dodatku:

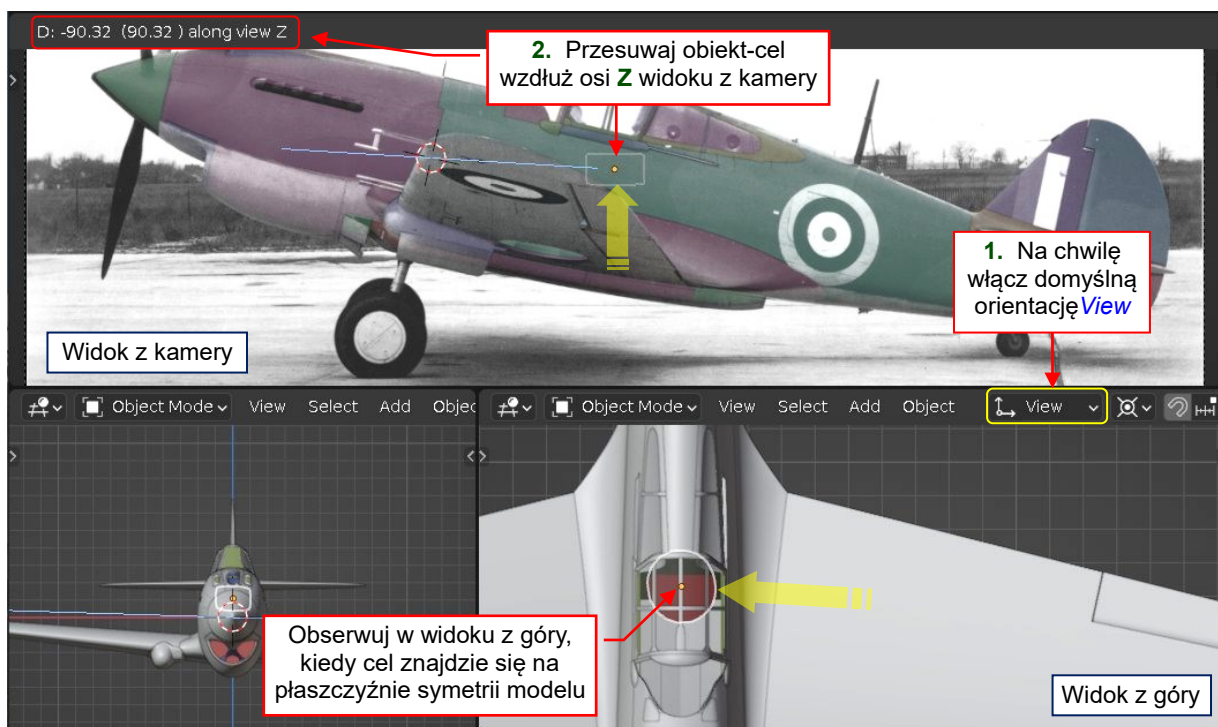


Rysunek 14.2.10 Kompensowanie zmian ogniskowej przesunięciem kamery

Odległość jest zmieniana proporcjonalnie do długości ogniskowej kamery (**f**), tak by pozorny rozmiar obiektu-celu w obiektywie kamery pozostawał bez zmian. To oznacza, że w tej transformacji położenie w obiektywie kamery wszystkich punktów płaszczyzny neutralnej, prostopadłej do kamery i przechodzącej przez środek obiektu-celu, nie ulega zmianie.

Oczywiście, pozorne rozmiary obiektów poza tą płaszczyznę będą się zmieniać. Jednak w ujęciach z boku, profil samolotu leży w płaszczyźnie symetrii, która jest niemal prostopadła do kamery. Stąd, jeżeli umieścisz obiekt-cel kamery w osi kadłuba, długość jego konturu w projekcji z boku nie będzie się zmieniać.

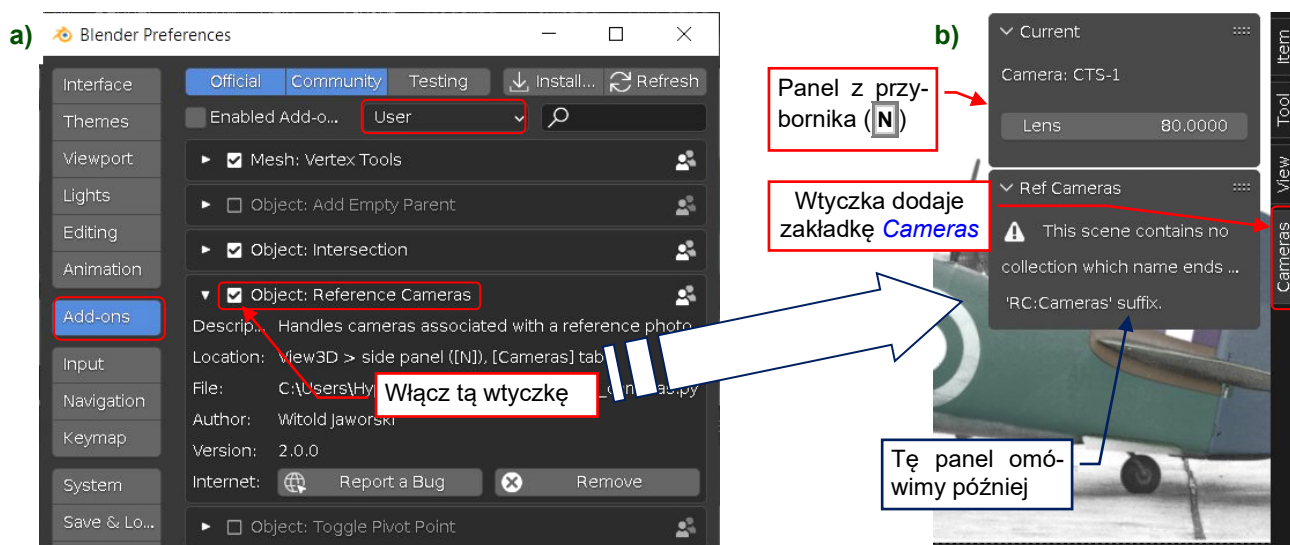
Przesuńmy cel kamery na płaszczyznę symetrii modelu. Aby nie zepsuć aktualnej projekcji, w widoku z kamery przełącz domyślną orientację transformacji na [View](#) (Rysunek 14.2.11). Następnie przesunij cel kamery wzdłuż osi **Z** okna (\mathbf{G} , \mathbf{Z}), obserwując w widoku z góry, kiedy jego środek znajdzie się ponad osią samolotu:



Rysunek 14.2.11 Umieszczenie obiektu-celu w płaszczyźnie symetrii samolotu

W tym przypadku obiekt-cel znalazł się w środku kokpitu. W takim położeniu trudno jest go zaznaczać kliknięciem myszki w oknie 3D. Na szczęście i ten obiekt, i kamerę, można zaznaczać w oknie [Outliner](#).

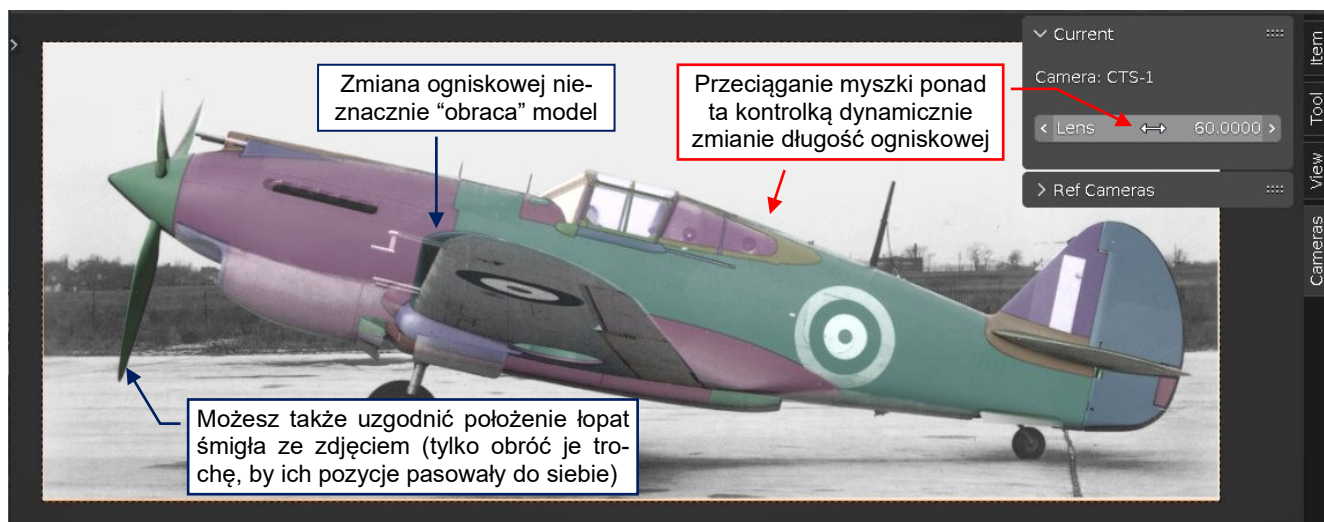
Dodatek *Reference Cameras* znajduje się wśród skryptów towarzyszących tej książce. Jeżeli załadowałeś je wszystkie jak opisuje sekcja 10.6 (str. 436), to znajdziesz go wśród wtyczek *User*. W przeciwnym razie, zainstaluj plik *source\Blender cfg\scripts\addons\object_reference_cameras.py* tak, jak to opisuje sekcja 10.10. Potem włącz tą wtyczkę w oknie *Preferences* (Rysunek 14.2.12a):



Rysunek 14.2.12 Włączenie dodatku *Reference Cameras*

Wtyczka dodaje do przybornika nową zakładkę **Cameras** (Rysunek 14.2.12b). Umieściłem w tej zakładce panel **Current**, zawierającą ulepszoną kontrolkę zmiany ogniskowej. Znajduje się tutaj także panel **Ref Cameras**, którą omówimy na końcu tej sekcji.

W związku z dużo krótszą długością ogniskowej, możesz także zmniejszyć wartości **Clip Start/End** kamery **CTS-1** do **50/5000** (por. str. 581, Rysunek 14.1.6). Teraz możesz zacząć eksperymentować ze zmianami ogniskowej, posługując się kontrolką **Cameras:Lens** (Rysunek 14.2.13):

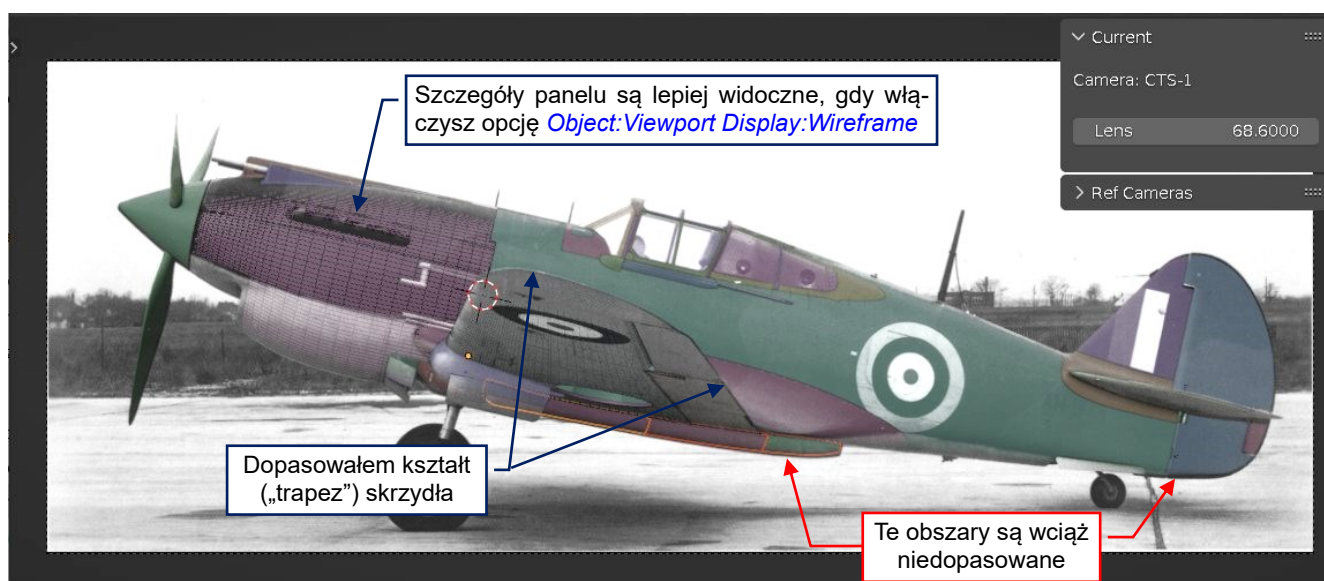


Rysunek 14.2.13 Eksperymentowanie z różnymi długościami ogniskowej

Najlepiej zorientować się, jak długość ogniskowej zmienia widok z kamery, poprzez płynną zmianę jej wartości za pomocą myszki. Wystarczy ją przeciągnąć z wciśniętym **LPM** ponad polem **Current:Lens**. (Możesz to także zrobić we właściwościach kamery, zmieniając pole **Focal Length** z panelu **Lens**). Gdy chcesz zwiększyć precyzję tych zmian – podczas przeciągania myszki trzymaj także wciśnięty klawisz **Shift**.

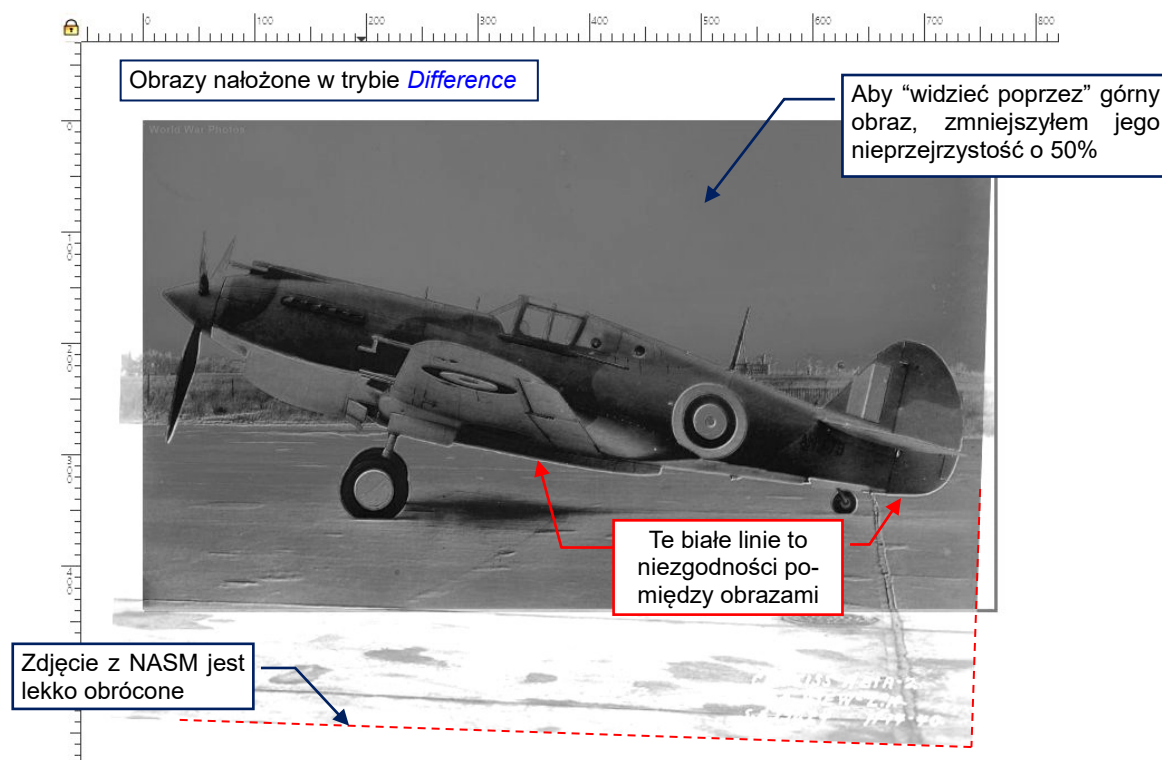
Szybko odkryjesz, że zmniejszenie ogniskowej nie tylko powiększa bliższe elementy (jak końcówka skrzydła), ale także odrobinę obraca modelem. Dzieje się tak, gdy płaszczyzna kamery nie jest idealnie prostopadła do płaszczyzny symetrii modelu. Aby dostrzec różnicę, porównaj Rysunek 14.2.7 ($f=80\text{mm}$) i Rysunek 14.2.13 ($f=52\text{mm}$). Aby skompensować ten efekt, musisz odrobinę obrócić wokół tego modelu kamerę oraz jej cel (por. str. 585, Rysunek 14.1.16).

Dopasowując ogniskową, możesz sterować pozornymi proporcjami trapezu skrzydła. Jednak pomimo tego, bardzo trudno było się dokładnie dopasować do zdjęcia poniżej. Nie mogłem do niego jednocześnie dopasować skrzydła i statecznika pionowego. (Już nie wspominam wysokości konturu z boku: to kolejny nierozwiązany problem). Rysunek 14.2.14 pokazuje moje najlepsze przybliżenie, uzyskane dla ogniskowej $f=68.6\text{mm}$:



Rysunek 14.2.14 Najlepsze dopasowanie, jakie znalazłem dla tego zdjęcia

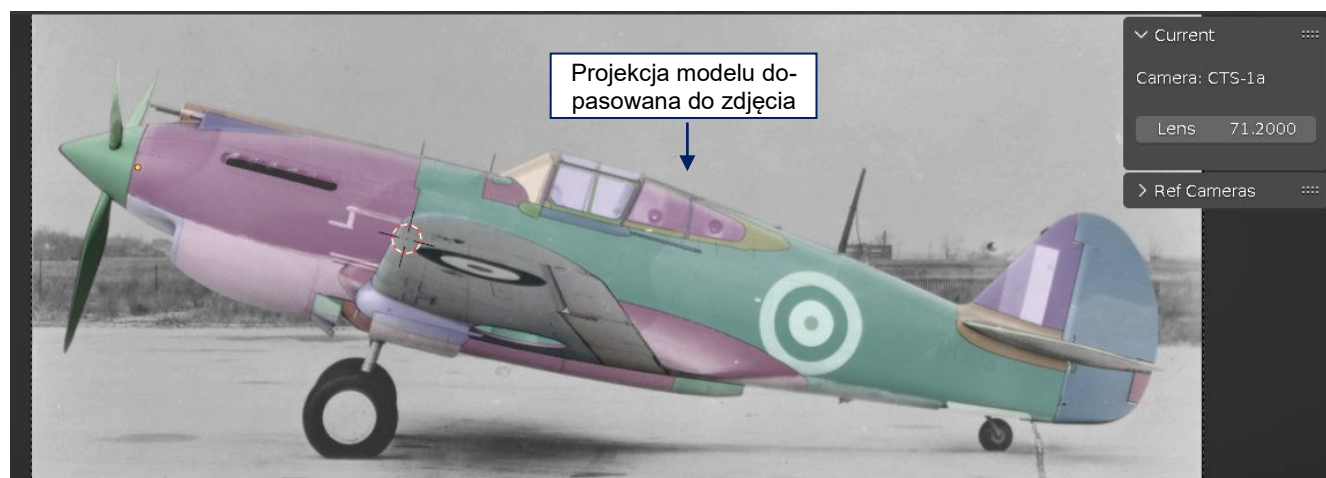
Oczywiście, to może znaczyć, że nie jestem w stanie znaleźć prawidłowej projekcji tego zdjęcia. Jednak po kilku nieudanych próbach znalazłem jeszcze jedną wersję tej fotografii na [portalu World War Photos](#). Gdy porównałem ją z kopią z NASM (Rysunek 14.2.1, Rysunek 14.2.2), znalazłem różnice!



Rysunek 14.2.15 Różnice pomiędzy dwoma kopiami tego samego (?) zdjęcia (porównanie wykonane w Inkscape)

Rysunek 14.2.15 pokazuje dwa nałożone i dopasowane do siebie w Inkscape obrazy. Ich warstwy nakładają się w trybie *Difference*. W tym trybie jaśniejszy kolor oznacza różnicę pomiędzy odpowiednimi pikselami. Zwróć uwagę na białe linie, które pojawiają się w miejscach, których nie mogłem dopasować w Blenderze (porównaj obraz powyżej i Rysunek 14.2.14).

Cóż, spróbujmy się teraz zmierzyć z tą kopią w WW Photos. W tym celu, skopiowałem kamerę **CTS-1** i jej cel (jak na str. 592) i nazwałem te nowe obiekty **CTS-1a** i **CTS-1.Target**. O dziwo, w tym przypadku udało mi się uzyskać niemal idealne dopasowanie (Rysunek 14.2.16):



Rysunek 14.2.16 Dopasowanie modelu do kopii z World War Photos

Tym razem nie widać żadnych różnic wzdłuż konturów kadłuba i usterzenia. Na powyższej ilustracji użyłem ogniskowej **f=71.2mm**. Kamera **CTS-1a** jest położona w (**X:782.43**, **Y:-7.78**, **Z:-14.66**). Obiekt-cel **CTS-1a.Target** znajduje się w: (**X:1.33**, **Y:-69.52**, **Z:15.67**) a jego kąty obrotu to: (**X:+14.255°**, **Y: -0.890°**, **Z:-0.293°**).

Dlaczego te dwa zdjęcia tego samego samolotu (nr RAF: „AH 973”) są różne? Może to dwie kolejne klatki z tego samego filmu, lub nawet dwie odbitki z tego samego negatywu, wykonane w odrobinę inny sposób? (Zwróć uwagę, że kopia z World War Photos jest jaśniejsza, a kopia z NASM lekko obrócona). Myślę, że ten przypadek jest dobrą ilustracją przypadkowych deformacji, które mogą wystąpić na starych zdjęciach.

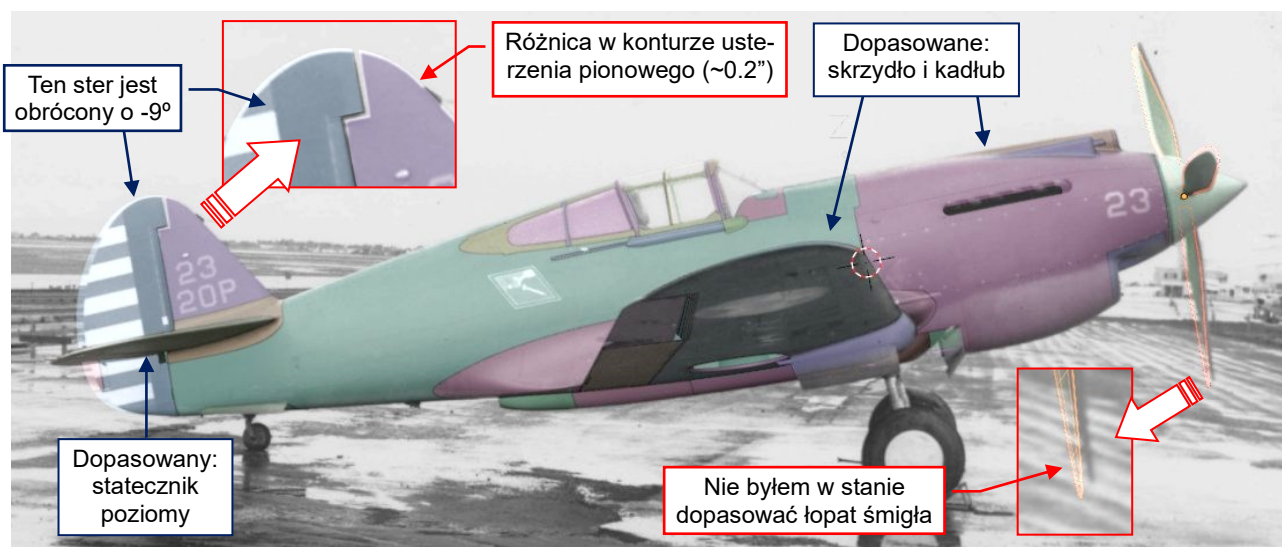
Oczywiście, gdybym nie znalazł drugiej wersji tego obrazu, mógłbym „poprawić” kształt kadłuba w moim modelu. Dlatego zawsze powinienś dopasowywać projekcję do wielu zdjęć. Uśrednienie rezultatów tych porównań pozwala na osiągnięcie większej dokładności. Mam nadzieję, że większość tych fotografii nie jest zdeformowana w tak dziwny sposób, jak ten AH 973 z NASM. Przymierzmy się więc do [tego zdjęcia](#) (Rysunek 14.2.17):



Rysunek 14.2.17 Archiwalne zdjęcie P-40-cu

Najpierw próbuj wykryć ewentualne zniekształcenie beczkowate. Użyłem do tego białych pasów, namalowanych na powierzchni widocznego na zdjęciu lotniska. Te pasy na zdjęciu są proste, więc jest szansa, że ten obraz to niemal czysta projekcja perspektywiczna. Oczywiście, może zawierać jeszcze inne zniekształcenia. Ich obecność może się objawić w postaci problemów z dopasowaniem projekcji naszego modelu.

Przypisz to zdjęcie do nowej kamery, o nazwie (powiedzmy) **CTS-2**. Po dopasowaniu projekcji naszego modelu, uzyskałem rezultaty pokazane przez Rysunek 14.2.18:



Rysunek 14.2.18 Wynik dopasowania modelu

Staralem się jak mogłem, ale na tym zdjęciu nie byłem w stanie jednocześnie dopasować skrzydła, statecznika pionowego i kołpaka śmigła. Rysunek 14.2.18 pokazuje najlepszy „kompromis”. Kamera **CTS-2** znajduje się w **X:-598.95, Y: 12.36, Z:-6.05**, a jej ogniskowa **f=48.0mm**. Cel **CTS-2.Target** znajduje się w: **X:0.58, Y:65.29, Z:9.01**, a jego obrót to: **X:11.264°, Y: 0.304°, Z:-0.837°**. W tej projekcji śmigło (wraz z kołpakiem) wydaje się przesunięte do przodu i ustawione pod kątem pasującym do ogniskowej f=51mm. Na nieszczęście, w takiej projekcji reszta modelu nie pasuje do zdjęcia. Niewielkie różnice widać w konturach statecznika pionowego i steru kierunku. Ten ster jest na zdjęciu obrócony o 9° w prawo, co można łatwo odtworzyć w Blenderze. Rysunek 14.2.18 pokazuje jednak, że jego wysokość nie odpowiada dokładnie wysokości w modelu. Przypuszczam, że to zdjęcie zawiera jakąś niezidentyfikowaną deformację.

Spróbujmy [kolejnego zdjęcia z World War Photos](#). Tym razem to ujęcie „z 3/4” (Rysunek 14.2.19):



Rysunek 14.2.19 Dopasowanie do ujęcia 3/4 Tomahawka IIA (nazwa kamery: **CTS-3**)

Jak widać, nie udało mi się dopasować końcówek skrzydeł i łopat śmigła. Lepiej mi się udało dopasować ujęcie „3/4 z góry” ze zdjęcia pochodzącego z NASM (Rysunek 14.2.20):



Rysunek 14.2.20 Kolejne zdjęcie świeżo wyprodukowanych P-40-cu (nazwa kamery: **CTS-4**)

W tym przypadku wszystko pasuje do obrazu w tle, z wyjątkiem czubka kołpaka śmigła.

Jednak kolejna fotografia z tej samej sesji zdjęciowej sprawiła mi więcej problemów (Rysunek 14.2.21):



Rysunek 14.2.21 Inne ujęcie tego samego P-40-cu (nazwa kamery: CTS-5)

W tym przypadku dopasowałem wszystko oprócz końcówki lewego skrzydła. Zastanawiam się, czy czegoś nie przeoczyłem. Czy mogę założyć, że ta różnica to wynik kolejnej „niezidentyfikowanej deformacji” zdjęcia?

Dopasowywanie projekcji modelu do fotografii archiwalnych jest trudniejsze niż do współczesnych zdjęć. Choć moja wtyczka częściowo kompensuje zmiany ogniskowej kamery, ten dodatkowy nieznan parametr czyni znaczną różnicę. Co więcej, analogowe odbitki mogą zawierać więcej deformacji niż współczesne cyfrowe obrazy. Te zniekształcenia mogą być spowodowane optyką kamery, ale także różnymi przesunięciami i zawinięciami, które mogły wystąpić podczas wywoływania odbitek.

Zazwyczaj nie jesteś w stanie zidentyfikować tych deformacji. W praktyce oznacza to, że dopasowanie projekcji modelu do archiwalnego zdjęcia wymaga więcej iteracji niż w przypadku zdjęcia, dla którego znamy ogniskową. W praktyce, spędzam co najmniej kilka godzin nad jedną fotografią. Często nie można dopasować określonych obszarów: końcówek skrzydła, kołpaka śmigła czy konturu usterzenia. W takim przypadku, staraj się przynajmniej minimalizować te różnice. Zawsze traktuj wyjaśnienie o „ukrytych deformacjach obrazu” jako ostatnie¹.



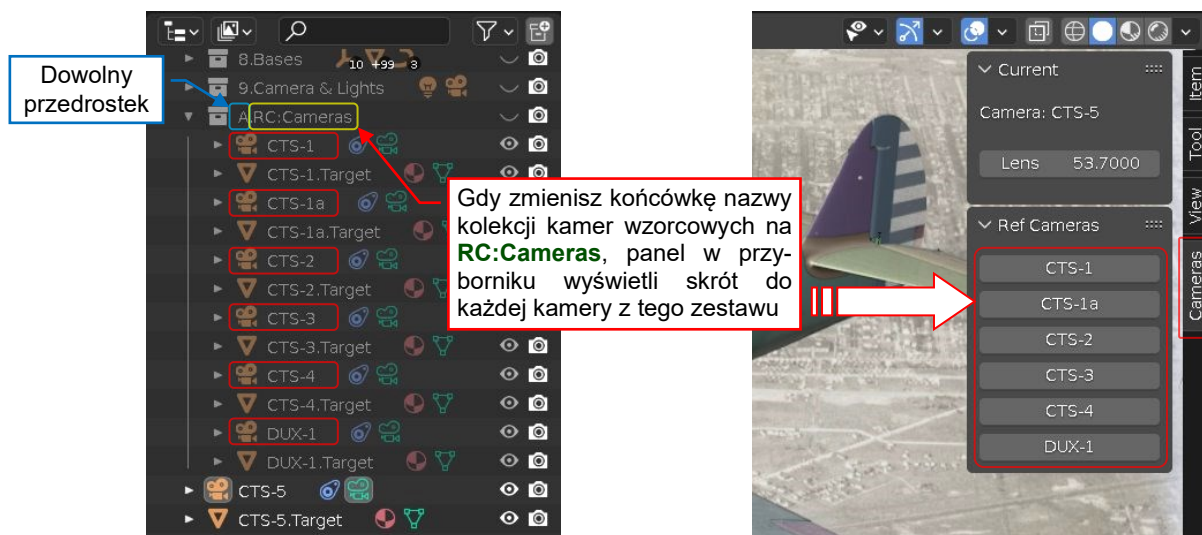
Aby efektywnie użyć zdjęć archiwalnych, dopasuj ich tyle, ile możesz (co najmniej dziesięć różnych fotografii). Ufaj tylko tym zidentyfikowanym różnicom, które występują na wszystkich fotografiach.

¹ Znana w filozofii i naukach ścisłych reguła „brzytwy Okhama” dotyczy także tego dopasowywania: sprawdź każdą możliwą kombinację parametrów projekcji zanim stwierdzisz, że nie możesz się dopasować do zdjęcia z powodu jego „ukrytych deformacji”. To czasami może być prawda, ale czasami może być spowodowane jakimś błędnym kształtem w Twoim modelu, który traktujesz jako „potwierdzony”.

Na przykład: kilka lat temu dopasowywałem model SBD Dauntless do zdjęć. Robiąc to, miałem zawsze problem z dopasowaniem końcówek skrzydeł, nawet na współczesnych zdjęciach. Próbowałem różnych metod, ale te końcówki ciągle były za niskie i za długie (por. [ten post](#) z mojego bloga). Nie mogłem znaleźć żadnego geometrycznego rozwiązania, i myślałem, że te różnice są spowodowane dynamiczną deformacją skrzydła w locie. Pięć lat później zdobyłem oryginalną dokumentację tego samolotu. Zestawiłem jej wymiary w trójwymiarowy „szkielet”. Porównując uzyskaną geometrię, odkryłem, że w prawdziwym SBD rozpiętość skrzydeł była o 3” krótsza (41’ 3.2”) od wymiarów naniesionych na rysunkach poglądowych Douglas i powtarzanych we wszystkich innych źródłach (41’ 7”). Jednocześnie, efektywny wznios skrzydła był większy niż podany na tych ogólnych opisach. Przyczyna była dziwna powierzchnia bazowa (odniesienia) użyta w dokumentacji skrzydła SBD (por. [ten post](#)). Za każdą różnicą, która powtarza się w mapowanych zdjęciach, może się kryć nowy (często zaskakujący) fakt o analizowanym samolocie!

Do tej pory zdefiniowaliśmy sześć wzorcowych kamer, skojarzonych z różnymi zdjęciami. Chyba zauważyłeś, jak uciążliwe jest ręczne przełączanie się pomiędzy tymi projekcjami? Trzeba zaznaczyć obiekt kamery, wskazać go jako kamerę aktywną, dopasować proporcje obrazu wynikowego do obrazu przypisanego kamerze. Możliwość szybkiego przełączania się pomiędzy tymi kamerami jest kluczowa dla efektywnego wykorzystania ich obrazów jako wzorców. Powinna być tak łatwa, jak przełączanie pomiędzy widokami ortogonalnymi. W istocie, początkowo wtyczka *Reference Cameras* miała dostarczać tylko takich „skrótów na jedno kliknięcie” w postaci przycisków przełączających aktualny widok na zmapowane kamery.

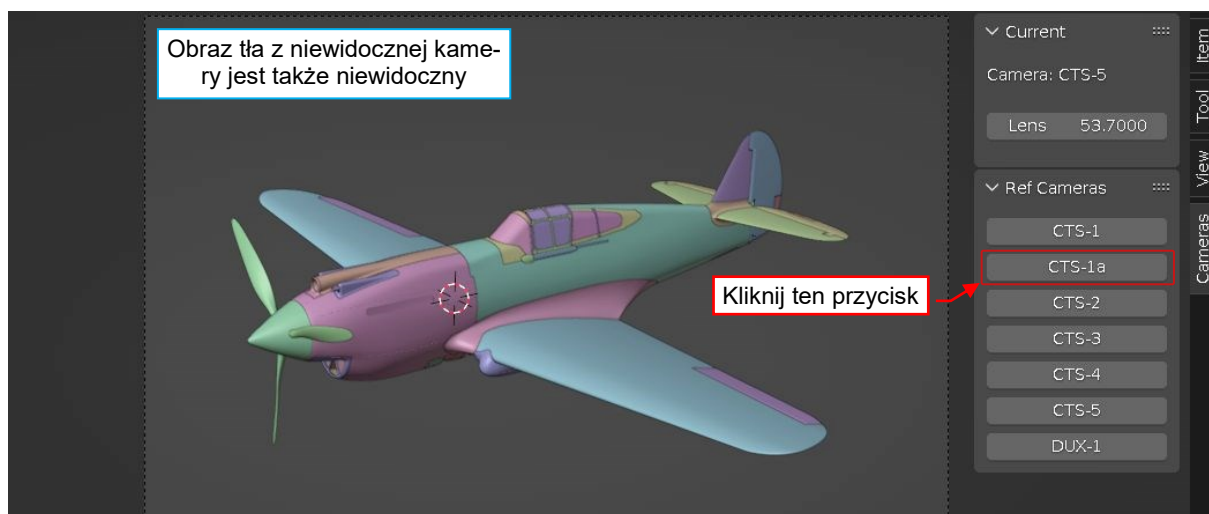
Na początku tej sekcji stworzyliśmy specjalną kolekcję dla kamer referencyjnych (por. Rysunek 14.2.4b). Jeżeli zmienisz jego nazwę na **RC:Cameras**, zobaczysz w panelu *Cameras:Ref Cameras* nowe przyciski. Każdy z nich włącza jedną z kamer z tej kolekcji (Rysunek 14.2.22):



Rysunek 14.2.22 Aktywacja skrótów do kamer wzorcowych

Ta wtyczka przegląda kolekcje sceny, szukając pierwszej, której nazwa ma końcówkę „RC:Cameras”. (Polożenie tej kolekcji w hierarchii sceny i przedrostek nazwy są nadal dowolne). Gdy wtyczka znajdzie taki zestaw, tworzy w panelu *Ref Cameras* przycisk dla każdej kamery referencyjnej z tej kolekcji (jak widać na ilustracji powyżej). Kliknięcie w taki przycisk przełącza projekcję okna 3D na wskazaną kamerę.

Przesuń aktualną kamerę referencyjną (**CTS-5**) i obiekt **CTS-5.Target** do kolekcji z tymi kamerami. Ponieważ tak kolekcja jest ukryta (niewidoczna), zmapowany obraz wzorcowy zniknie ze wszystkich okien 3D tej sceny (Rysunek 14.2.23):



Rysunek 14.2.23 Okno 3D z ukrytą aktywną kamerą

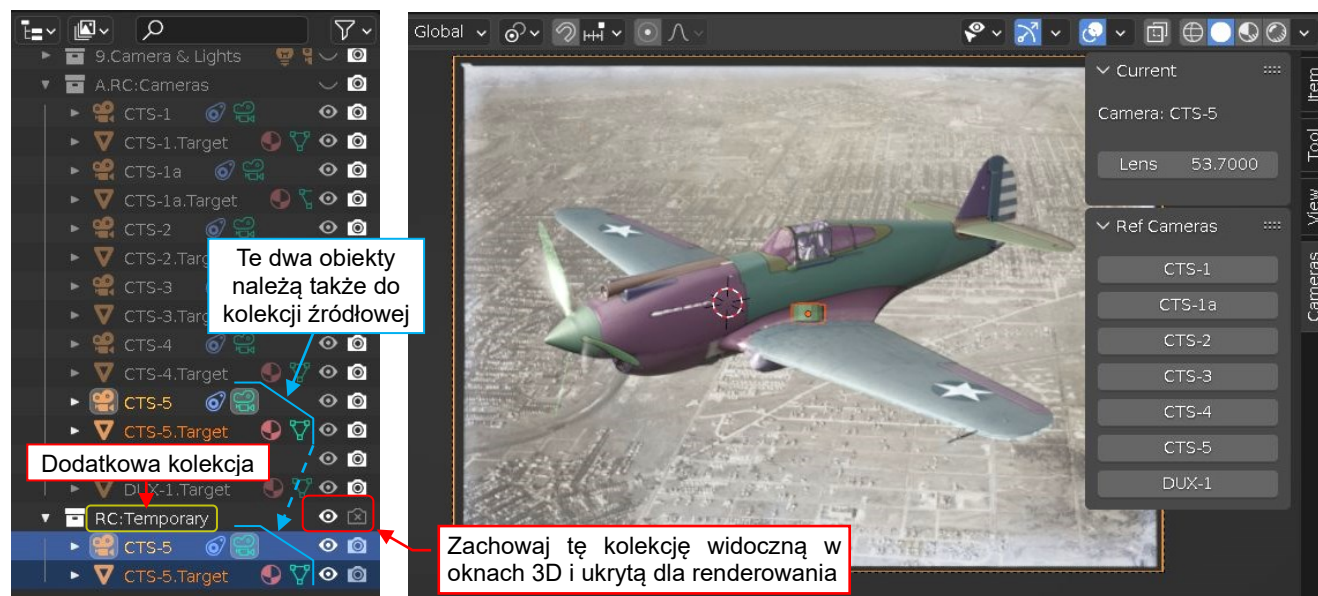
Zauważ, że panel **Ref Cameras** automatycznie odświeża swoją zawartość. Teraz możesz w niej widzieć przyciski wszystkich kamer wzorcowych. Kliknij tylko w jeden z nich – powiedzmy w **CTS-1a**, aby zobaczyć model w tej projekcji (Rysunek 14.2.24):



Rysunek 14.2.24 Rezultat kliknięcia w przycisk **Ref Cameras:CTA-1a**

Teraz kliknij przycisk **CTS-5**, aby powrócić do projekcji poprzedniej (Rysunek 14.2.25).

Aby ułatwić dalsze poprawki aktualnej projekcji, ta wtyczka tworzy specjalną kolekcję o nazwie **RC:Temporary**. Umieszcza w niej linki do aktywnej kamery i jej obiektu-celu (Rysunek 14.2.25):



Rysunek 14.2.25 Specjalna kolekcja dla wybranej kamery wzorcowej (i jej obiektu-celu)



Każdy obiekt Blendera może należeć do wielu kolekcji. Ta wtyczka korzysta z tej funkcjonalności, podłączając (**linking**) wybrane obiekty ze źródłowej kolekcji **RC:Cameras**.



Kolekcja **RC:Temporary** powinna być widoczna w oknie 3D, ale ukryta do renderowania. (Gdy jest ukryta w oknach 3D, przyciski z panelu **Ref Cameras** nie działają). Wtyczka resetuje zawartość tej kolekcji za każdym razem, gdy klikniesz w jeden ze skrótów do kamery.

Gdy już zostanie stworzona, możesz przesunąć kolekcję **RC:Temporary** w inne miejsce hierarchii sceny. Możesz także dodać do jej nazwy jakiś przedrostek. (Wtyczka znajduje ją po końcówce „RC:Temporary”).

Pamiętaj, że wtyczka [Reference Cameras](#) wyświetla w panelu [Ref Cameras](#) przyciski dla każdego obiektu kamery ze sceny, który:

1. należy do kolekcji, której nazwa kończy się na „RC:Cameras”.
2. ma przypisany [Background Image](#);
3. śledzi obiekt-cel za pomocą ograniczenia [Track To](#).

Te przyciski działają poprawnie wtedy, gdy jest włączona widoczność pomocniczej kolekcji **RC:Temporary**.

Konkluzja

- Możesz dopasować projekcję swojego modelu do archiwalnego zdjęcia, a potem używać go tak, jak planów. Jednak takie zdjęcia mogły ulec różnym zniekształceniom. Zazwyczaj nie będziesz w stanie zidentyfikować nawet natury tych deformacji, nie wspominając już o ewentualnych korektach. Te zniekształcenia mogą uniemożliwić dopasowanie modelu do zdjęcia (por. Rysunek 14.2.18, Rysunek 14.2.19, Rysunek 14.2.21). Wszystko, co możesz w takim przypadku zrobić, to dopasować model do innych zdjęć. Uzgodnienie z kilkunastoma fotografiami tworzy „reprezentatywną bazę” obrazów wzorcowych. Pamiętaj jednak o przybliżonej naturze tych dopasowań. Wprowadzaj do modelu tylko te różnice, które dostrzeżesz na wszystkich (lub niemal wszystkich) porównywanych fotografiach.
- Dobrym pomysłem jest dodanie do zestawu obrazów wzorcowych kilku współczesnych zdjęć o wysokiej rozdzielczości odrestaurowanych samolotów (takich jak ten ze str. 588). W tym przypadku, staraj się zidentyfikować w tych maszynach elementy odtworzone (niepochodzące z oryginału). Aby nie powtarzać błędów zespołów odbudowujących te samoloty, wyklucz te części z dalszych analiz.
- Oceniam, że dla ogólnych wymiarów (jak długość czy rozpiętość) jednosilnikowego samolotu tolerancja tej metody jest bliska 1”. W przypadku oddzielnych zdjęć mniejszych elementów (osłona silnika, owiewka kabiny) ten zakres błędu może być niższy (rzędu ułamków cala).



W danych, które towarzyszą tej książce (por. str. 19) możesz znaleźć i sprawdzić zdjęcia zmapowane w tej sekcji: [model/p40/history/P40B-27.02.blend](#).

Rozdział 15. Wykorzystanie oryginalnej dokumentacji samolotu

W zasadzie oryginalna dokumentacja techniczna powinna zapewnić komplet informacji niezbędnych do odtworzenia przedstawionego w niej obiektu. Istotnie, zawarte w niej dane są najbardziej wiarygodne. Jednak nie oczekuj, że w dokumentacji historycznego samolotu odnajdziesz wszystko, czego potrzeba do budowy modelu. Zazwyczaj takie zestawy rysunków są niekompletne i opisują inną wersję (lub wersje) samolotu niż ta, którą zamierzasz stworzyć. Dlatego, zanim użyjesz tych arkuszy, powinieneś zapoznać się z historią rozwoju tej maszyny. Ta wiedza jest niezbędna dla poprawnej identyfikacji jej wariantu choćby w oparciu o kilka detali pokazanych na jakimś rysunku.

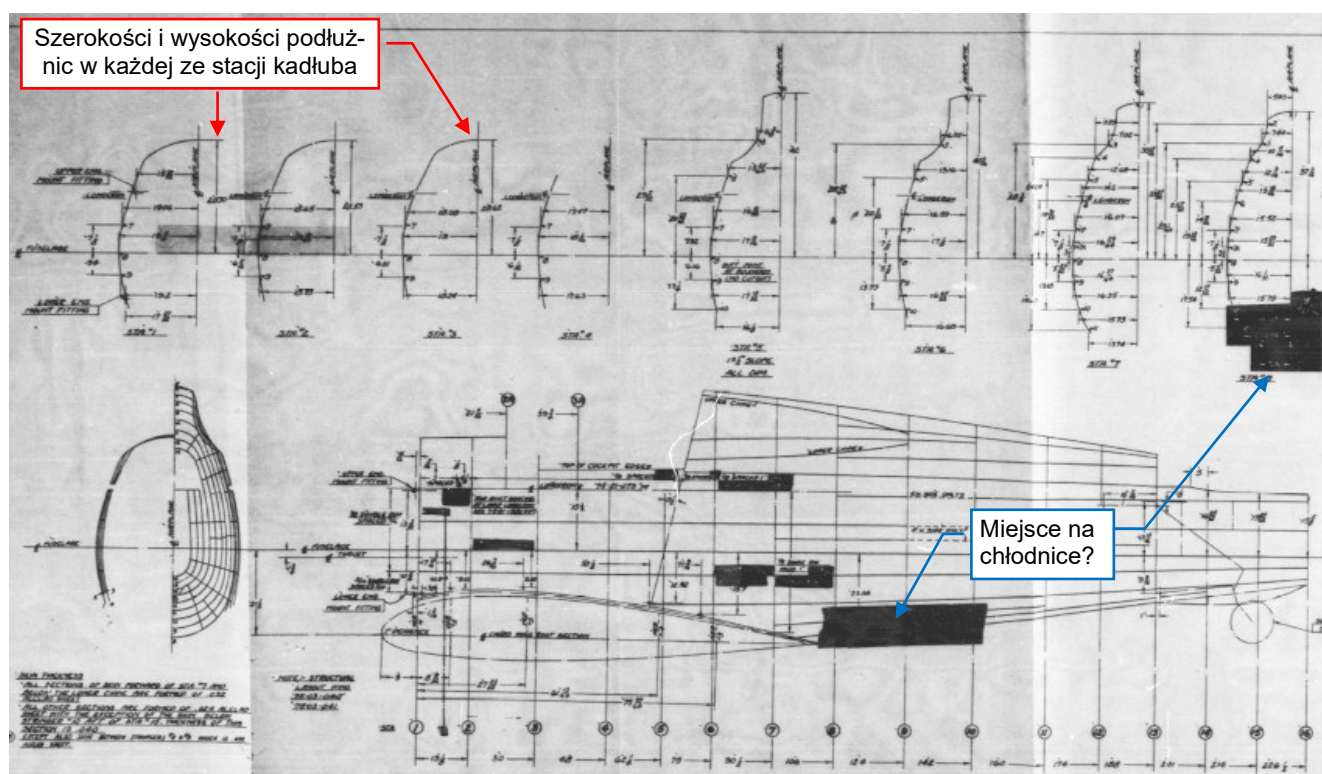
W tym rozdziale omówię źródła, z których można uzyskać oryginalne dokumentacje historycznych samolotów. Następnie pokażę praktyczny przykład użycia rysunków Curtiss do odtworzenia geometrii kadłuba P-40B (w szczególności – jego osłony silnika).

15.1 Szkielet referencyjny – tworzenie

W wielu przypadkach nie możesz użyć skanów oryginalnej dokumentacji w ten sam sposób, jak obrazów planów modelarskich. Na przykład, jeżeli spróbujesz umieścić w przestrzeni modelu w odpowiednich stacjach kadłuba półprzezroczyste rysunki złożeniowe kolejnych wręg, ujrysz w swojej scenie 3D nieczytelną, czarno-białą „mgławicę”. Lepszym pomysłem jest skopiować kontur każdej z tych wręg w wielobok, a potem użyć podczas formowania kadłuba takie pomocnicze obiekty jako wzorce. Te pomocnicze wieloboki są najlepszym rozwiązaniem w przypadku, gdy posługujesz się stabelaryzowanymi współrzędnymi (jak w przypadku geometrii osłony silnika, analizowanej w poprzedniej sekcji).

W tej sekcji zademonstruję przygotowanie takiego „trójwymiarowego wzorca” z rysunków fabrycznych na przykładzie kadłuba P-40B. Zgrupuję w nim w formie „wizualnej” wszystkie współrzędne i wymiary rozproszone w oryginalnej dokumentacji. Wynik będzie przypominał szkielet. Zamierzam użyć go do dopasowania finalnych powierzchni modelu. Przygotowując ten obiekt, napotkam (i rozwiąże) większość problemów z geometrią, których nie widać na rysunkach 2D. Ten dodatkowy wysiłek ułatwi formowanie właściwego modelu samolotu.

Zacząłem od pustego pliku Blendera. Dla ułatwienia, umieściłem w nim mój widok z boku (Tom I, sekcja 9.7). Ten wzorzec powinien być w takiej samej „skali” jak późniejszy model, więc tu także założyłem, że 1 jedn. Blendera = 1 cal. Użyłem dwóch diagramów P-36 do odtworzenia tyłu kadłuba (część od przegrody silnika do steru kierunku). Pierwszy z nich ([75-21-140](#)) podaje szerokości i położenia podłużnic kadłuba na każdej wrędze. Sprawdziłem je także na jego zmodyfikowanej wersji ([75-21-836](#)) z XP-40:

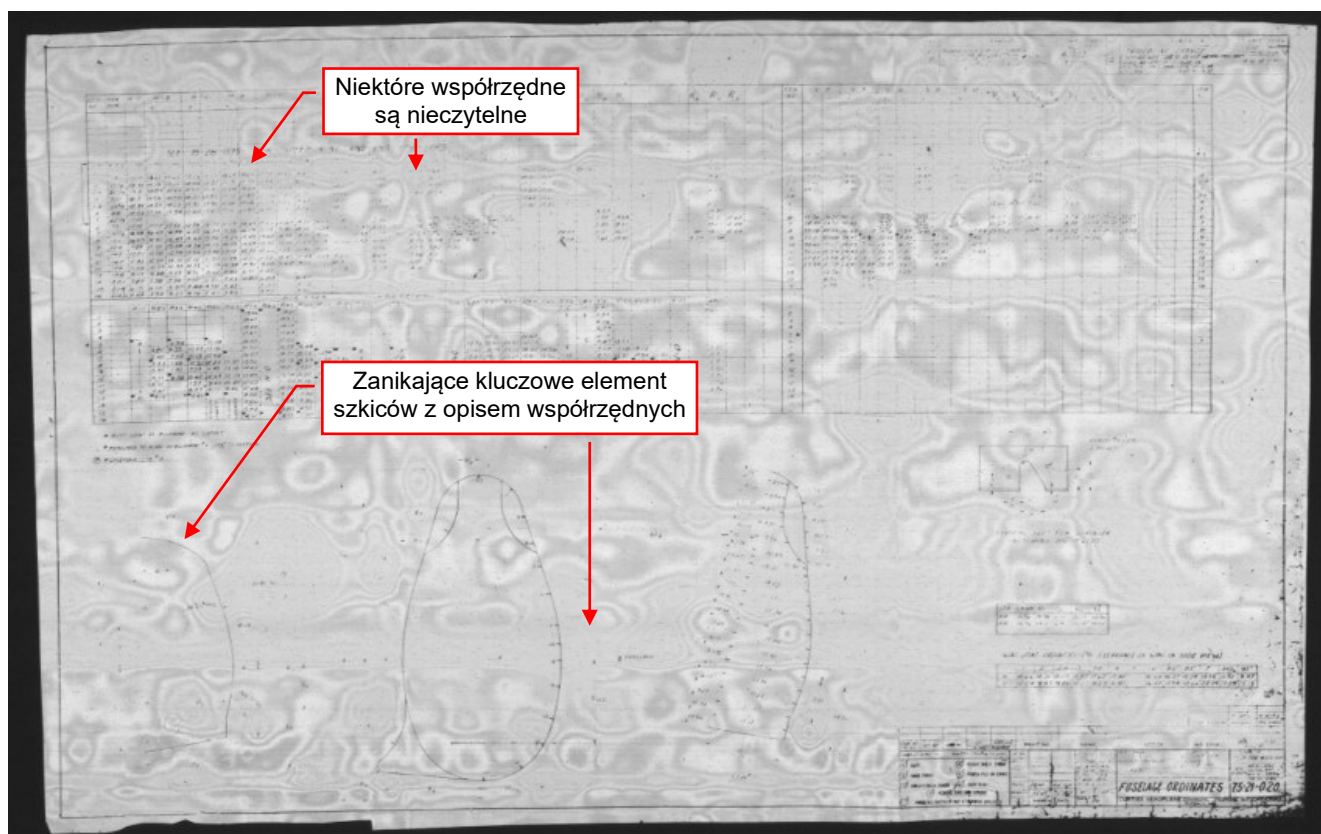


Rysunek 15.1.1 Geometria podłużnic kadłuba XP-40 (rys. 75-21-836)

Stwierdziłem, że obydwa rysunki są identyczne. Maksymalną szerokość kadłuba mogłem odczytać z szerokości podłużnicy **8**, która biegnie wzdłuż osi kadłuba. Dodatkowo, ten diagram podaje także wymiary kontury kadłuba w widoku z boku – są to podłużnice: **1** i **13**. Przypuszczam, że czarne „maski” widoczne na rysunku XP-40 odpowiadają chłodnicom Prestone i oleju. W pierwszym wariantcie tego prototypu znajdowały się za krawędzią spływu skrzydła, w „pudełkowej” osłonie przypominającej tą z Hawker „Hurricane”.

Skan diagramu XP-40, pokazywany przez Rysunek 15.1.1, ma grube, czarne linie i wymiary, podczas gdy część linii z diagramu P-36 jest tak cienka, że niknie w tle. Gdy napotkam na jednym z nich jakiś nieczytelny wymiar, sprawdzę go na drugim.

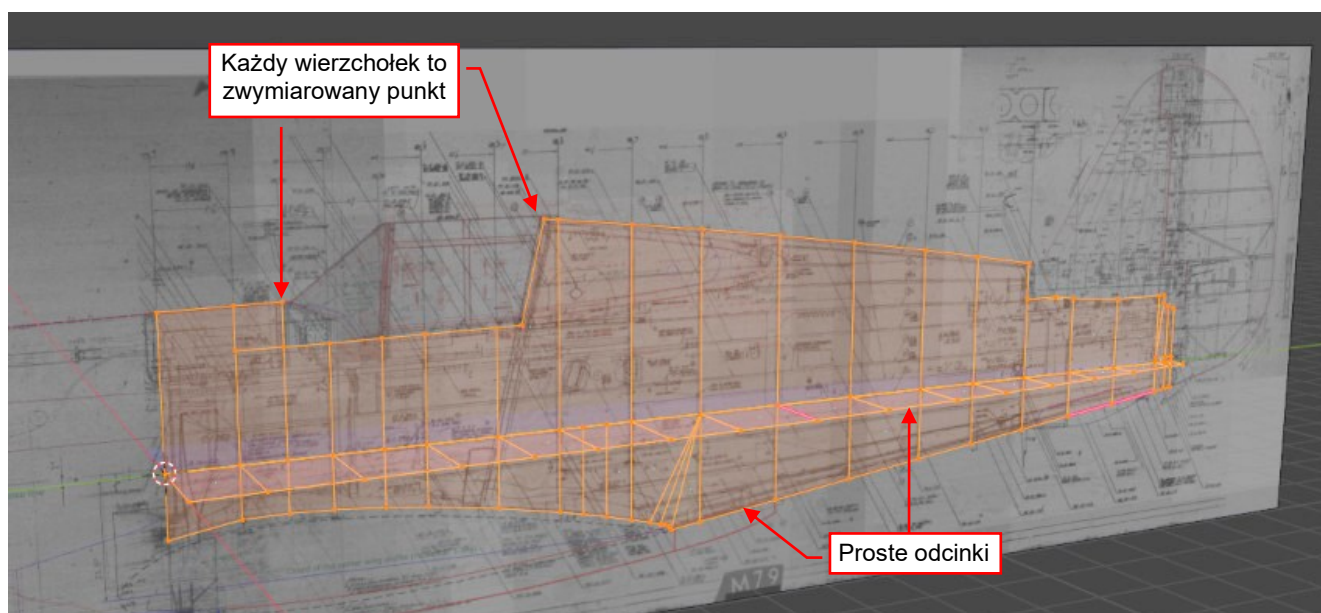
Niestety, w przypadku współrzędnych kadłuba P-36 ([75-21-020](#)) nie mam takiego „dublera”. Skan tej klatki mikrofilmu jest częściowo nieczytelny:



Rysunek 15.1.2 Współrzędne kadłuba P-36 (rys. 75-21-020)

W szczególności, szkice w lewej dolnej części obrazu (Rysunek 15.1.2) znikają w tle, przez co nie mogłem określić znaczenia parametrów w poszczególnych kolumnach umieszczonych w nim tablic.

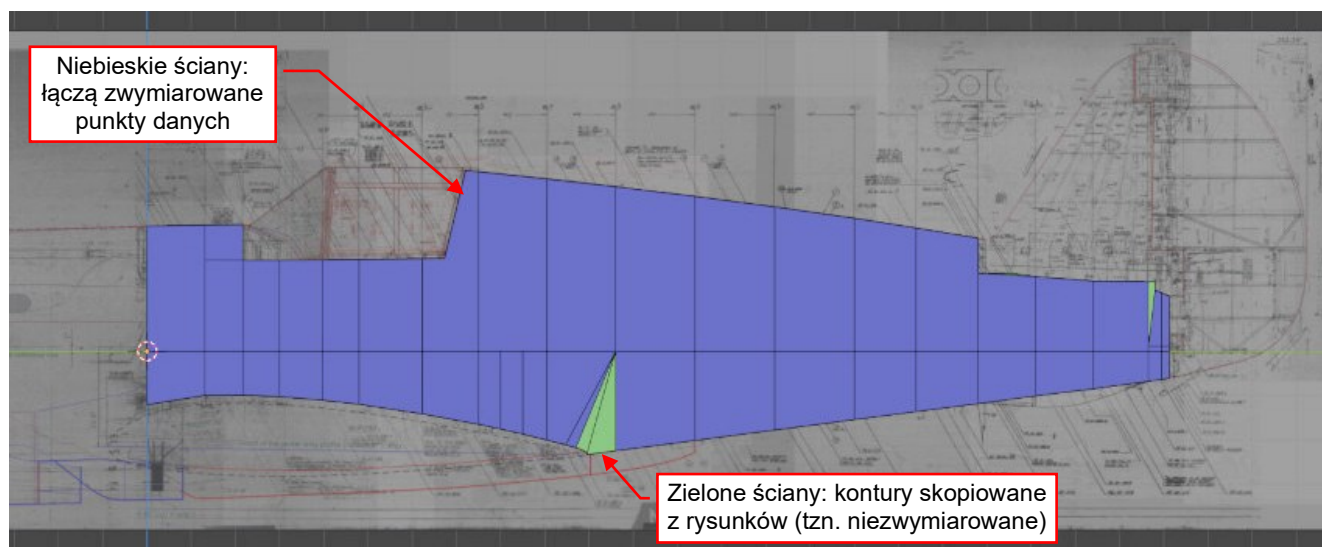
Najpierw użyłem tych wymiarów i współrzędnych do uformowania płaszczyzny poziomej i pionowej. Każdy wierzchołek tych wieloboków odpowiada wymiarom z rysunków P-36 i P-40 (Rysunek 15.1.3):



Rysunek 15.1.3 Pierwsze płaszczyzny wzorcowe

Na razie nie chcę spekulować na temat konturów pomiędzy tymi punktami, więc połączyłem je prostymi krawędziami. To trójwymiarowa reprezentacja współrzędnych z dokumentacji samolotu.

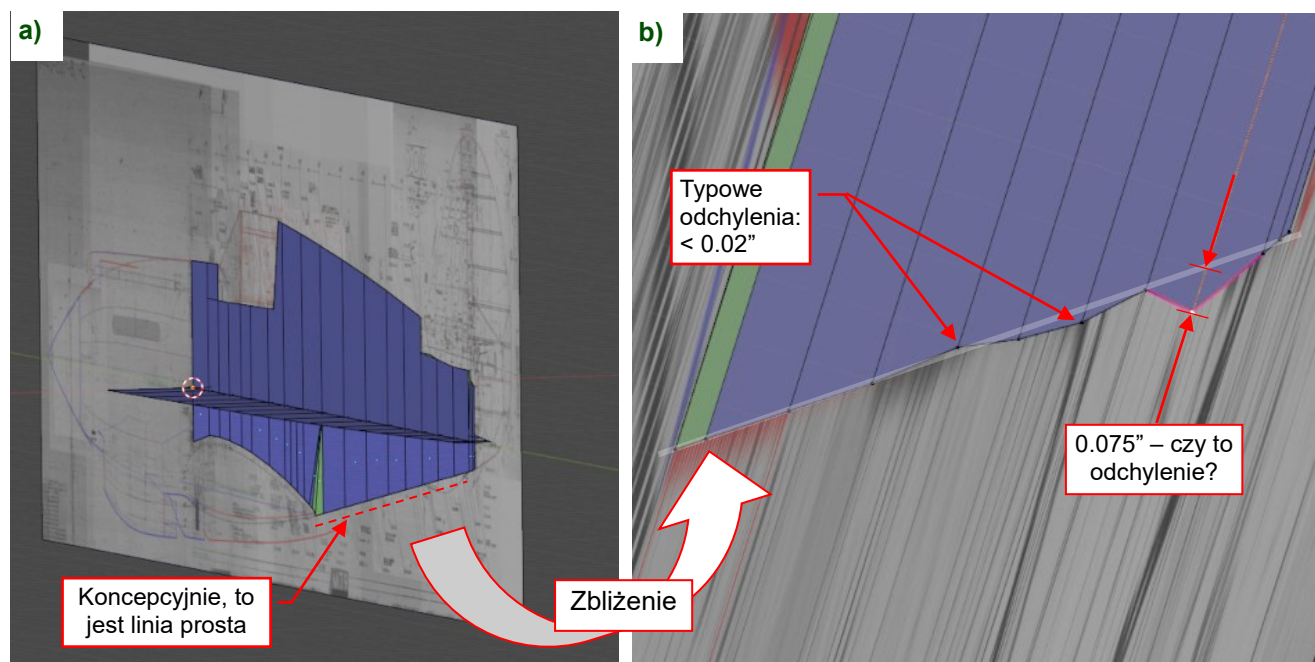
Dla większej czytelności powierzchni wzorcowych, wstawiłem w ich istotnych miejscach kilka dodatkowych ścian (na przykład – za krawędzią spływu skrzydła). Uformowałem je zgodnie z rysunkiem fabrycznym, który mógł być nieco zdeformowany. Dlatego traktuję je jako „niepotwierdzone” żadnym wymiarem. Gdy podczas formowania finalnego modelu napotkam sprzeczność w szkieletie wzorcowym, te dodatkowe wierzchołki będą pierwszymi kandydatami do ewentualnych zmian. Dlatego oznaczyłem je innym kolorem (Rysunek 15.1.4):



Rysunek 15.1.4 „Niepotwierdzone” obszary na płaszczyznach oznaczam kolorem zielonym

Zdecydowałem się oznaczyć na niebiesko ściany łączące zwymiarowane punkty wieloboku, a na zielono – ściany stworzone w oparciu o kontury z oryginalnych rysunków samolotu.

Z drugiej strony, nie zapominajmy, że ta dokumentacja była przygotowana w „erze analogowej”. Oznacza to, że wszystkie wymiary podane w jej rysunkach i tabelach były wynikiem pomiarów jakiegoś „głównego wzorca” geometrii samolotu. Takie fizyczne pomiary zawsze zawierają drobne, losowe odchylenia. Można je zauważyć patrząc pod ostrym kątem na kontury naszych wieloboków, szczególnie na odcinki prostych (Rysunek 15.1.5):



Rysunek 15.1.5 Odchylenia współrzędnych kadłuba

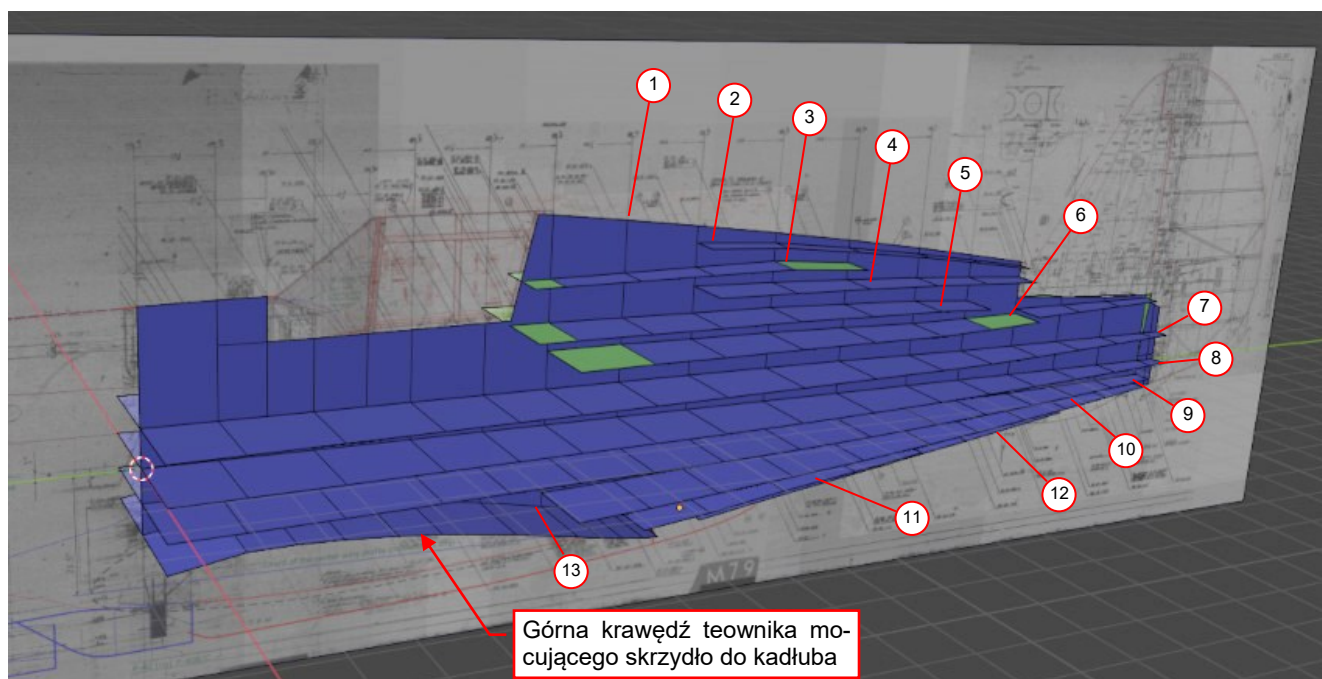
W widoku z boku, dolny kontur ogona P-40 jest długą, prostą linią (Rysunek 15.1.5a). Jednak, gdy popatrzysz w dużym zbliżeniu wzdłuż tej krawędzi na uformowanym wieloboku, zauważysz odchylenia jego wierzchołków (Rysunek 15.1.5b). Chyba tolerancja ich pomiarów wynosiła $\pm 0.02''$. Myślę, że to jest całkiem możliwe, ponie-

waż typowa grubość blachy poszycia to 0.03". Jednak wśród tych punktów danych można napotkać kilka odchylek trzy-cztery razy większych.

Na tym etapie budowania wzorca 3D trudno jest określić, czy taka „odstająca” współrzędna ujawnia jakiś prawdziwe, drobne ugięcie konturu samolotu, czy jest wynikiem błędu pomiaru. Stąd nie wykonałem żadnych poprawek, tylko zaznaczyłem („ku pamięci”) krawędzie wokół takich wątpliwych punktów jako „ostre” (*Crease* = 1).

Czasami możesz oznaczyć taką współrzędną jako błędną, a potem znajdziesz kolejny rysunek, który poda w inny wymiar dla tego samego punktu. Gdy zidentyfikowałem, że dolna część tabel z częściowo nieczytelnego diagramu **75-21-020** (Rysunek 15.1.2) zawiera współrzędne punktów podłużnic, mogłem zacząć je w ten sposób weryfikować. Okazało się to dużą pomocą.

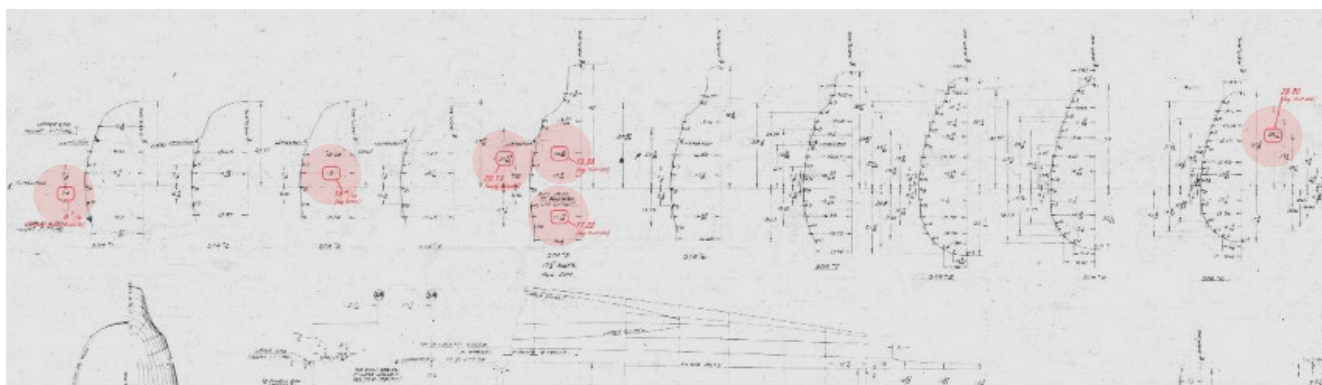
Stworzyłem wzorcowe wieloboki dla każdej z podłużnic kadłuba. Curtiss numerował je od **1** do **13**, więc zachowałem te cyfry w nazwach poszczególnych obiektów (Rysunek 15.1.6):



Rysunek 15.1.6 Płaszczyzny podłużnic kadłuba

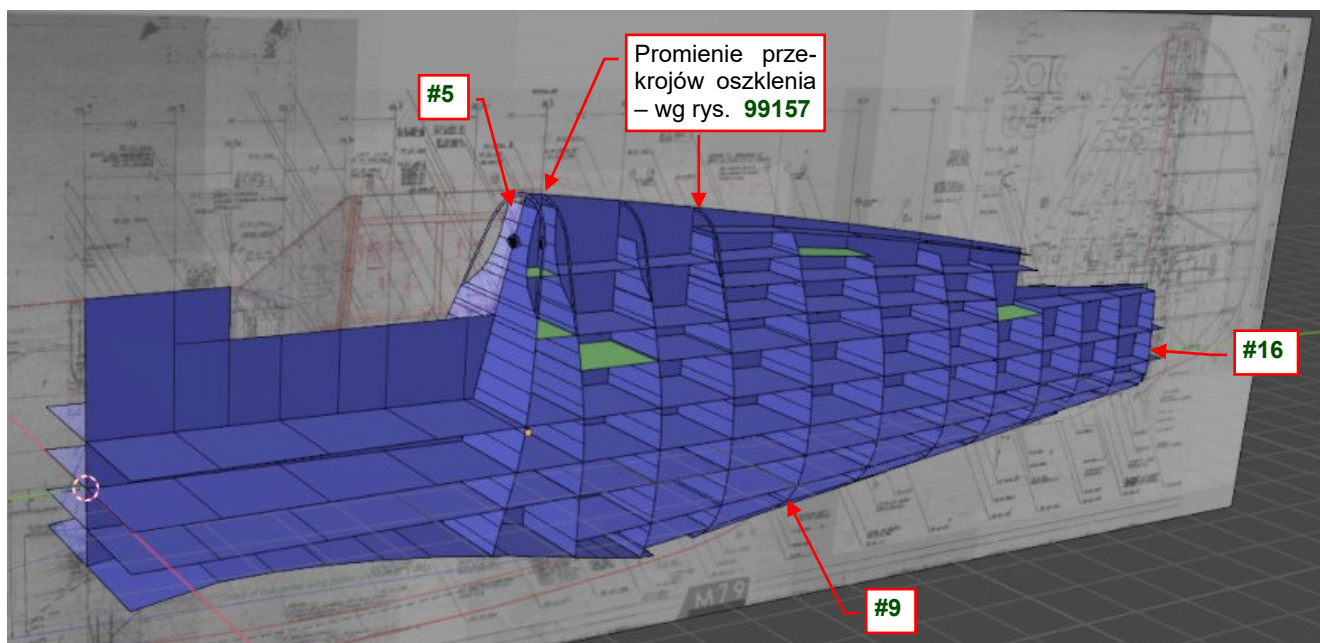
Dodatkowo, znalazłem na diagramie **75-21-020** małą tabelę ze współzrędnymi górnej krawędzi teownika łączącego kadłub ze skrzydłem. Stworzyłem z tych punktów kolejny obiekt wzorcowy.

W trójwymiarowych siatkach opartych na tych współzrędnym można szybko znaleźć większość „odstających” wierzchołków, takich jak pokazane przez Rysunek 15.1.5. Wystarczy popatrzeć wzdłuż ich brzegów. Aby uświadomić Czytelnika, jak wiele błędów może zawierać taki oryginalny diagram, Rysunek 15.1.7 pokazuje górną część skanu **75-21-140**, na której oznaczyłem te błędne wymiary na czerwono:



Rysunek 15.1.7 Błędne wymiary na diagramie podłużnic P-36 (oznaczone na czerwono)

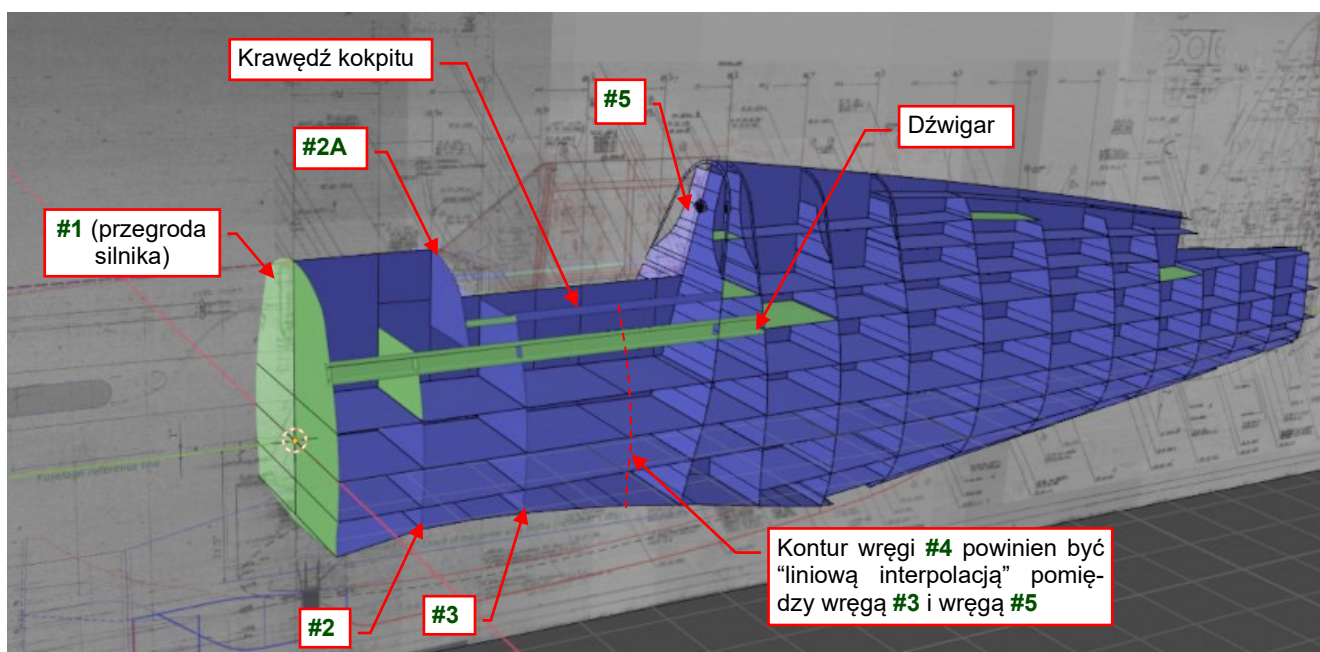
Podczas tej weryfikacji przestudiowałem znów diagram **75-21-020** (Rysunek 15.1.2) i zidentyfikowałem, że jego górna tabela zawiera szerokości i wysokości wręg. Zwymiarowane punkty są rozmieszczone co 3" w pionie. Korzystając z czytelnych fragmentów tych tabel, odtworzyłem wręgi ogona: od **#5** do **#16** (Rysunek 15.1.8):



Rysunek 15.1.8 Wręgi oparte o współrzędne z rys. 75-21-020

Oczywiście, używałem także danych z innych źródeł. Na przykład – rysunki [99157](#) i [75-12-080](#) dostarczyły wymiary górnych części wręg **#5**, **#6**, **#7**, **#8** i **#9**, a także oszklenia za fotelem pilota.

Na nieszczęście, współrzędne wręg **#1...#4** są nieczytelne. Współrzędne podłużnic dostarczają tylko wymiary 5 punktów każdego z tych konturów. Musiałem szukać dodatkowych informacji na różnych rysunkach szczegółowych. Ostatecznie, dodatkowe wymiary krawędzi kokpitu pozwoliły mi odtworzyć kształty wręg **#2** i **#3**, oraz określić położenie i skrócenie dźwigara kadłuba (Rysunek 15.1.9):

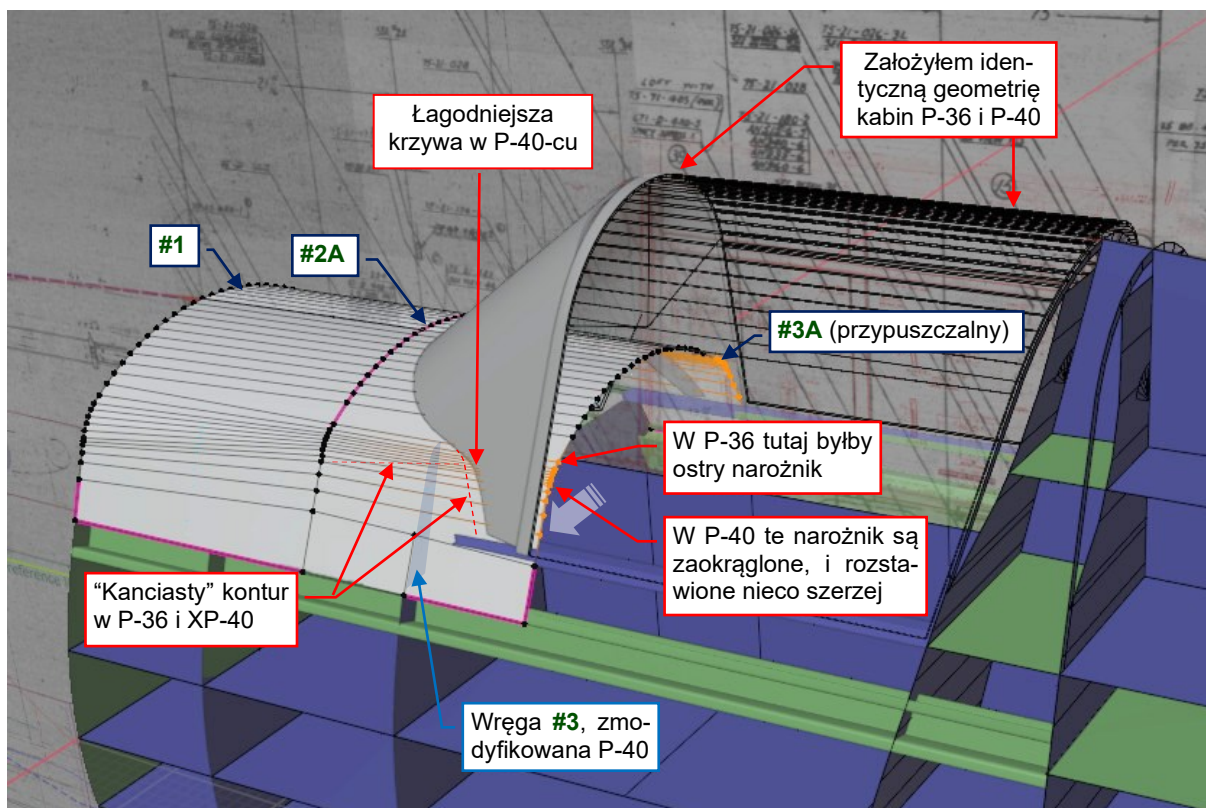


Rysunek 15.1.9 Wręgi #1...#4

Nie znalazłem żadnych dodatkowych wymiarów przegrody silnika (**#1**), ale skopiowałem ten kontur z rysunku złożeniowego. Pasuje do końców podłużnic, ale oznaczyłem go na zielono, zgodnie z przyjętymi regułami. Wymiary wręg **#2** i **#3** ujawniły, że ich kontury pomiędzy podłużnicami **7** i **9** to łuki. Grzbiet **#2A** to dwa łuki i prosta.

Wiedząc to, a także znając kształty podłużnic pomiędzy wręgami **#3** i **#5**, założyłem, że kontur wręgi **#4** był liniową interpolacją obrysów dwóch sąsiednich wręg.

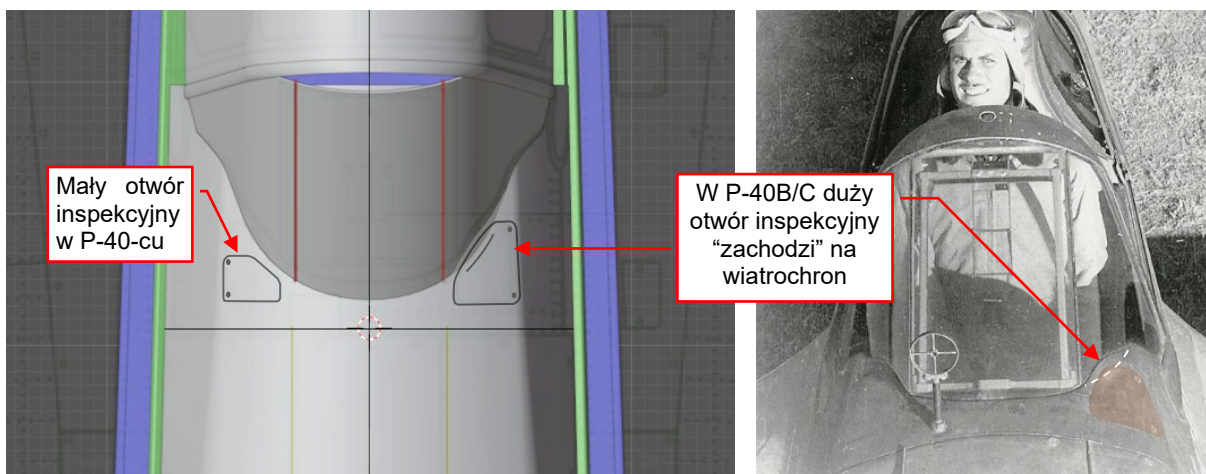
Wiatrochron może sprawić problemy, gdy jego krawędź przecięcia z kadłubem wygląda inaczej niż na zdjęciach. Aby uniknąć takich niespodzianek, sprawdziłem tę krawędź na naszym wzorcu (Rysunek 15.1.10):



Rysunek 15.1.10 Krawędź przecięcia pomiędzy wiatrochronem i kadłubem

Założyłem, że kształt wiatrochronu był identyczny w P-36 i w P-40, więc wykorzystałem wymiary z rysunków osłony kabiny P-36 ([75-26-001](#), [-012](#), [-011](#)). Uformowałem górną część kadłuba w oparciu o wręgi **#1**, **#2A** oraz brzeg kokpitu. Potem porównałem uzyskaną krawędź przecięcia z archiwalnymi zdjęciami P-40. Odkryłem, że o ile w XP-40 kształt tej dolnej ramki wiatrochronu był tak „kanciasty” jak w P-36, to w P-40-cu jej tylne części stały się łagodniej wyprofilowane i cofnięte do tyłu o około 0.8". To oznacza, że w seryjnych P-40 zmodyfikowano kształt kadłuba pomiędzy stacjami **#2A** i **#3A**.

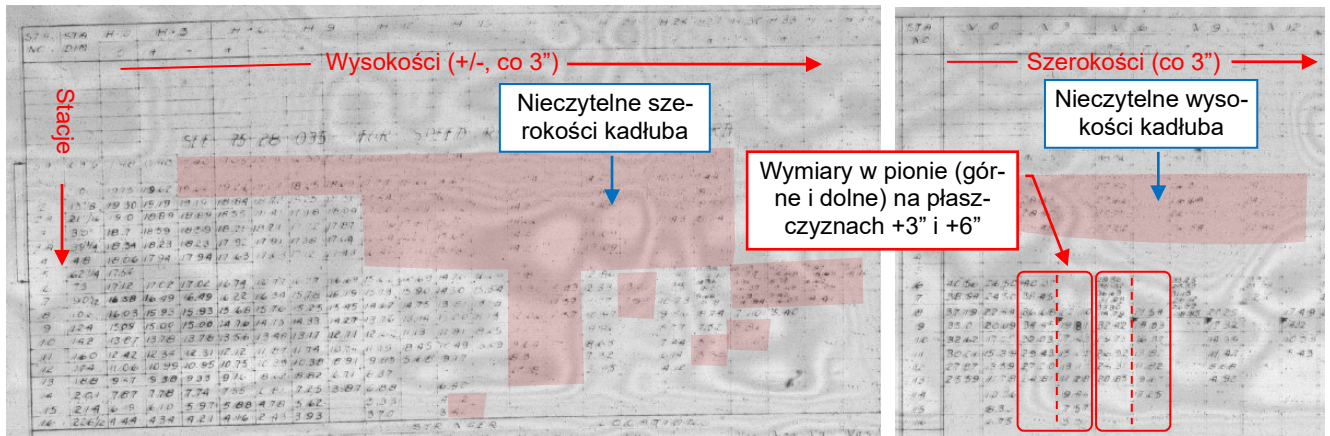
W P-40B/C Curtiss wprowadził kolejną modyfikację ramki wiatrochronu, związaną z powiększeniem otworów inspekcyjnych do zamków kadłubowych karabinów maszynowych (Rysunek 15.1.11):



Rysunek 15.1.11 Powiększony otwór inspekcyjny zamków nkm w P-40B/C

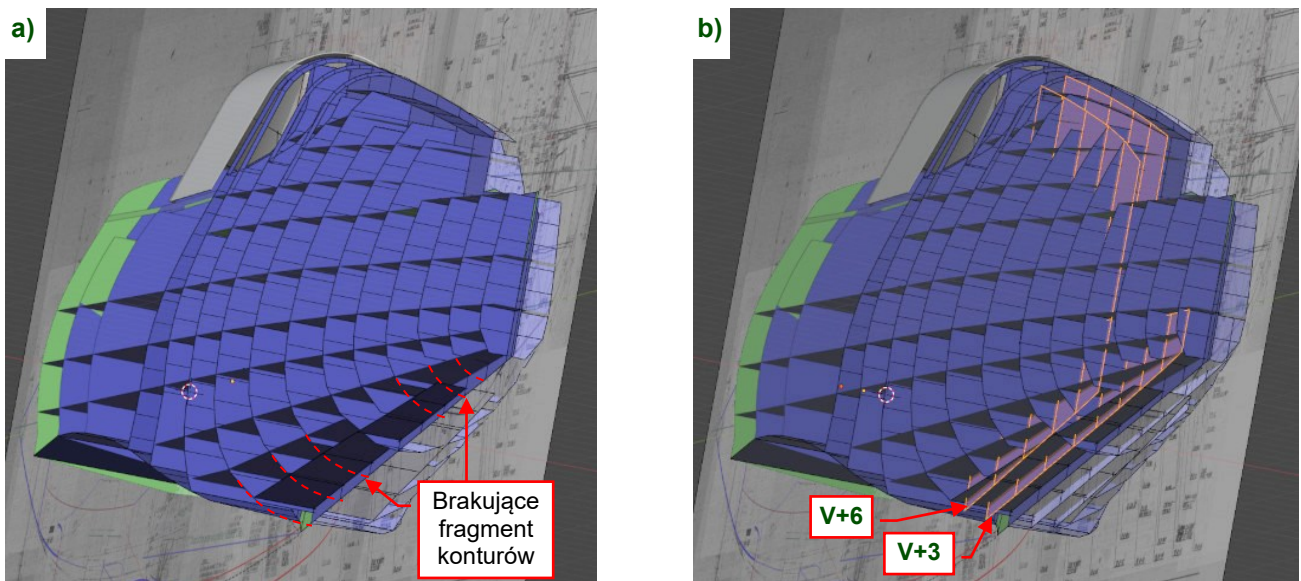
W rezultacie, w P-40B/C ramka wiatrochronu uzyskała dość skomplikowany kształt. Jednak ta modyfikacja nie miała wpływu na przekroje poprzeczne kadłuba, więc zdecydowałem się ją pominąć w naszym wzorcu 3D. Myślę, że łatwiej będzie uformować tę ramkę wiatrochronu zaczynając od pierwszego, prostszego wariantu z P-40-cu, a potem ją zmodyfikować do stanu jak w P-40B/C.

Studiując niewyraźny skan **75-21-020** nie byłem w stanie odczytać współrzędnych niektórych punktów z górnej i dolnej części konturu każdej z wręg (Rysunek 15.1.12):



Rysunek 15.1.12 Tabele współrzędnych kadłuba (75-21-020)

W efekcie powstały luki w budowanym szkielecie (Rysunek 15.1.13a). Na szczęście, na diagramie znalazłem współrzędne z dwóch płaszczyzn, umieszczonych +3" i +6" od płaszczyzny symetrii (Rysunek 15.1.13b).



Rysunek 15.1.13 Dodatkowe płaszczyzny pionowe

Teraz byłem w stanie interpolować te punkty krzywymi. Dlaczego starałem się umieścić w tym szkielecie wszystkie dostępne punkty? Ponieważ można je interpolować na różne sposoby. Na przykład,

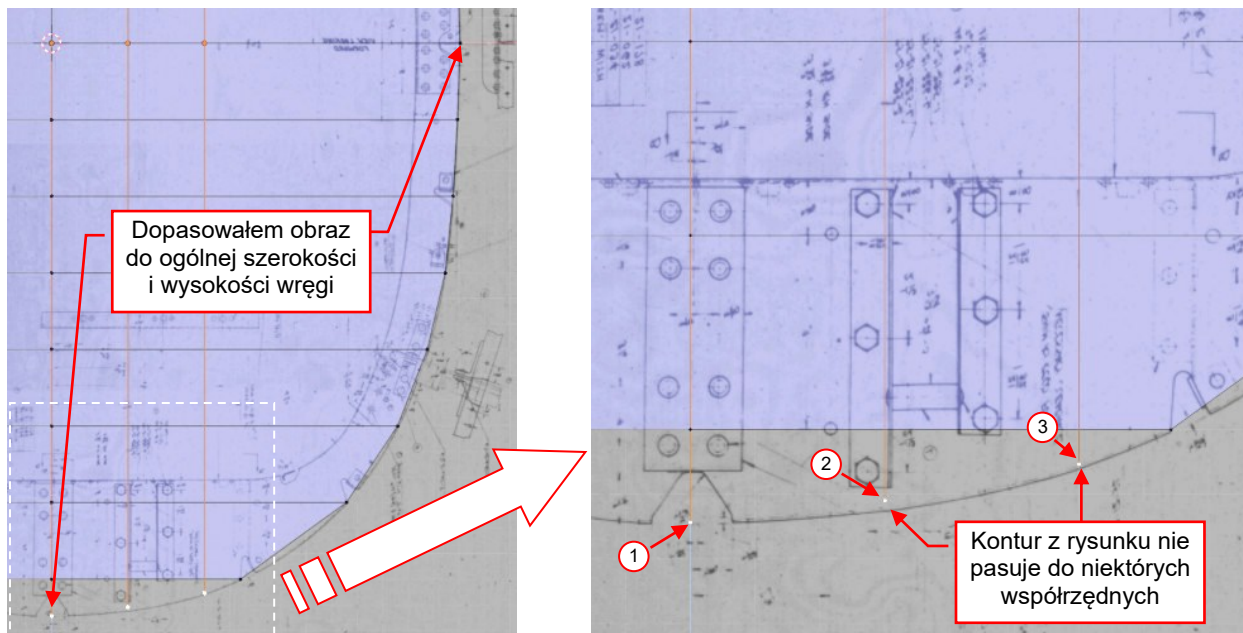
Rysunek 15.1.14 pokazuje dwie alternatywne krzywe interpolujące te same trzy punkty:



The same
datapoints

Rysunek 15.1.14 Różne krzywe, przechodzące przez te same trzy punkty

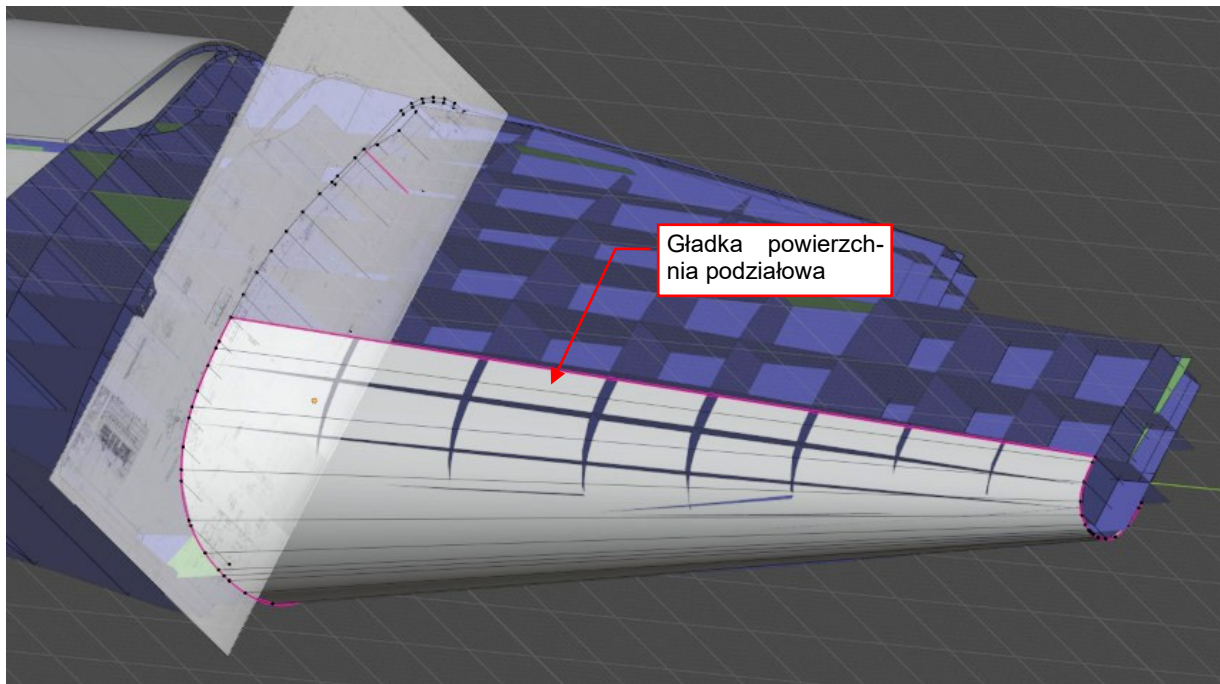
Aby być „po bezpiecznej stronie”, do określenia ostatecznych kształtów krzywych interpolujących użyłem konturów z rysunków złożeniowych wręg (Rysunek 15.1.15):



Rysunek 15.1.15 Dopasowywanie rysunku wręgi do współrzędnych z diagramu

Dopasowanie tych rysunków do punktów z diagramu może ujawnić nowe „odstające” współrzędne, które nie zostały dotąd zauważone. Na ilustracji powyżej skorygowałem ogólną szerokość i wysokość obrazu wręgi, tak by pasowała do punktów leżących na osiach kadłuba (Rysunek 15.1.15a). Jednak kontur z rysunku nie pasuje do niektórych punktów położonych pomiędzy osiami (Rysunek 15.1.15b). Przypuszczam, że prawdziwa linia przechodziła przez punkt (3). Z kolei punkt (2) jest zbyt wysoko (o ok. 0.1”) ponad najbardziej prawdopodobnym konturem. W tym przypadku zdecydowałem, że (2) wygląda na błąd pomiaru.

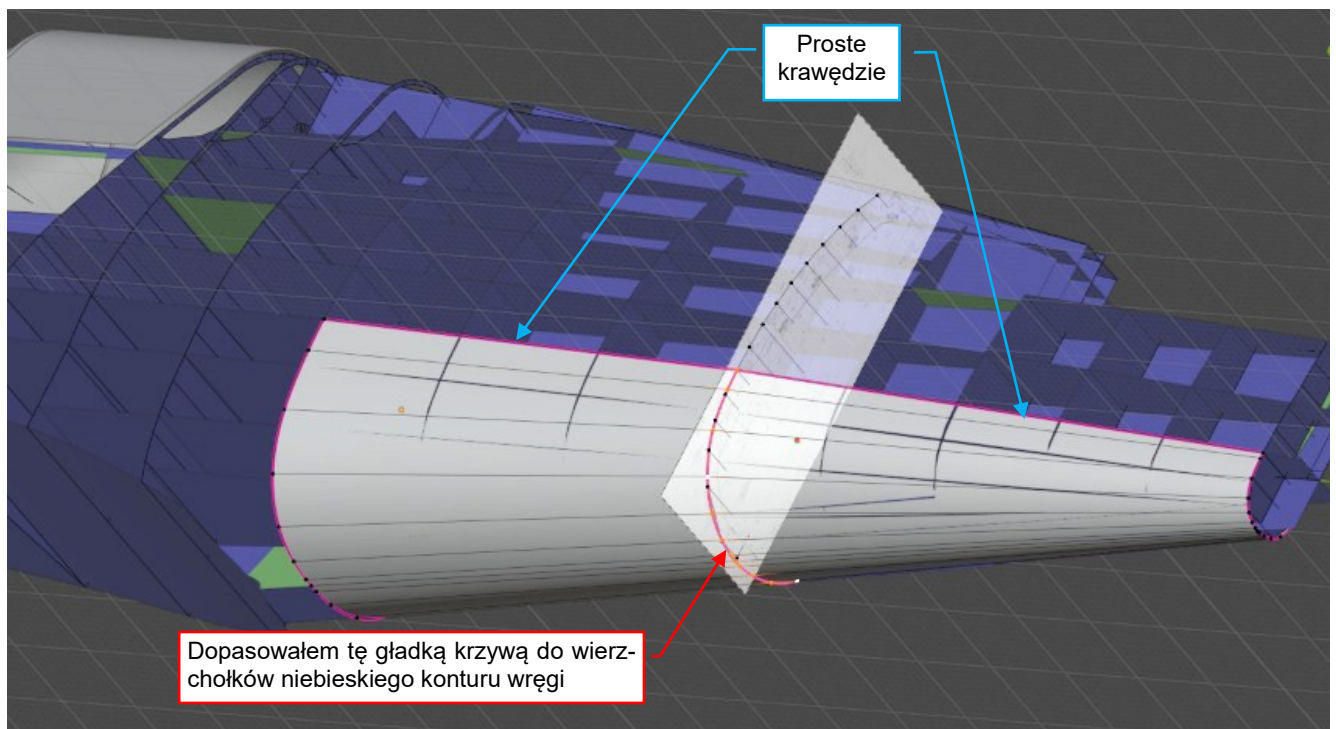
Formowanie konturu pojedynczej wręgi zgodnie z jej rysunkiem nie gwarantuje płynnej zmiany kształtów pomiędzy kolejnymi przekrojami kadłuba. Aby uniknąć takich błędów, tworzę ich interpolacje za pomocą pomocniczej powierzchni. Na kilku ilustracjach poniżej pokazuję jak przygotowuję wygładzone kontury dolnych części wręg kadłuba. Zacząłem od interpolacji pierwszej i ostatniej wręgi (Rysunek 15.1.16):



Rysunek 15.1.16 Interpolacja pierwszej i ostatniej wręgi

Te wręgi formują zewnętrzne krawędzie „wycinka” powierzchni. To powierzchnia podziałowa. Wierzchołki jej siatki są jej punktami sterującymi – tak jak w powierzchniach NURBS używanych w systemach CAD.

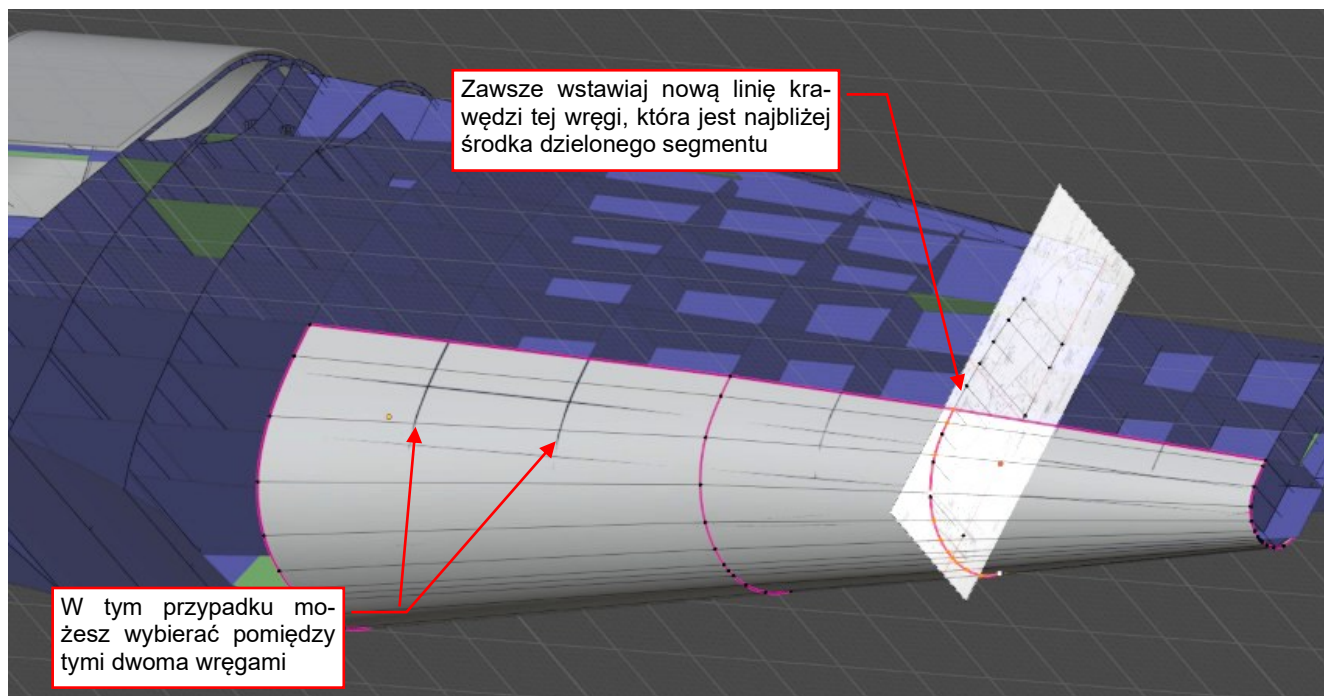
W kolejnym kroku, wstawiłem nową linię krawędzi, interpolującą środkową wręgę (Rysunek 15.1.17):



Rysunek 15.1.17 Interpolacja wręgi środkowej

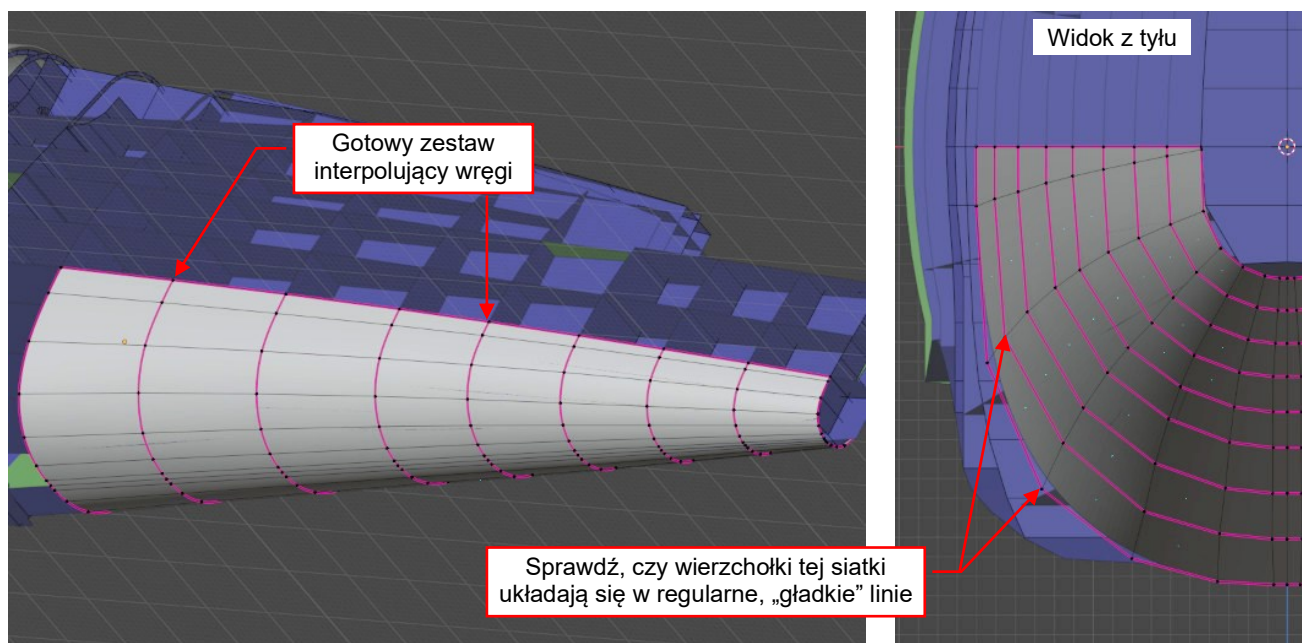
Zwróć uwagę, że oznaczyłem tę nową krawędź jako „ostrą” ($\text{Crease} = 1$). W rezultacie, choć kontur wręgi jest gładką krzywą, to krawędzie prostopadłe do niego pozostają proste. W tej postaci łatwiej jest dopasować tę powierzchnię do prostych krawędzi wieloboków podłużnic, unikając ewentualnych problemów z krzywizną w kierunku prostopadłym (wzdłuż osi kadłuba). Robię tak, gdyż wyłącznym celem tej pomocniczej powierzchni jest stworzenie gładkich konturów wręg. Dwuwymiarową krzywizną kadłuba zajmę się podczas formowania modelu.

W kolejnym kroku, wstawiłem pomiędzy istniejące kolejną linię krawędzi (kontur kolejnej wręgi):



Rysunek 15.1.18 Interpolacja kolejnej wręgi

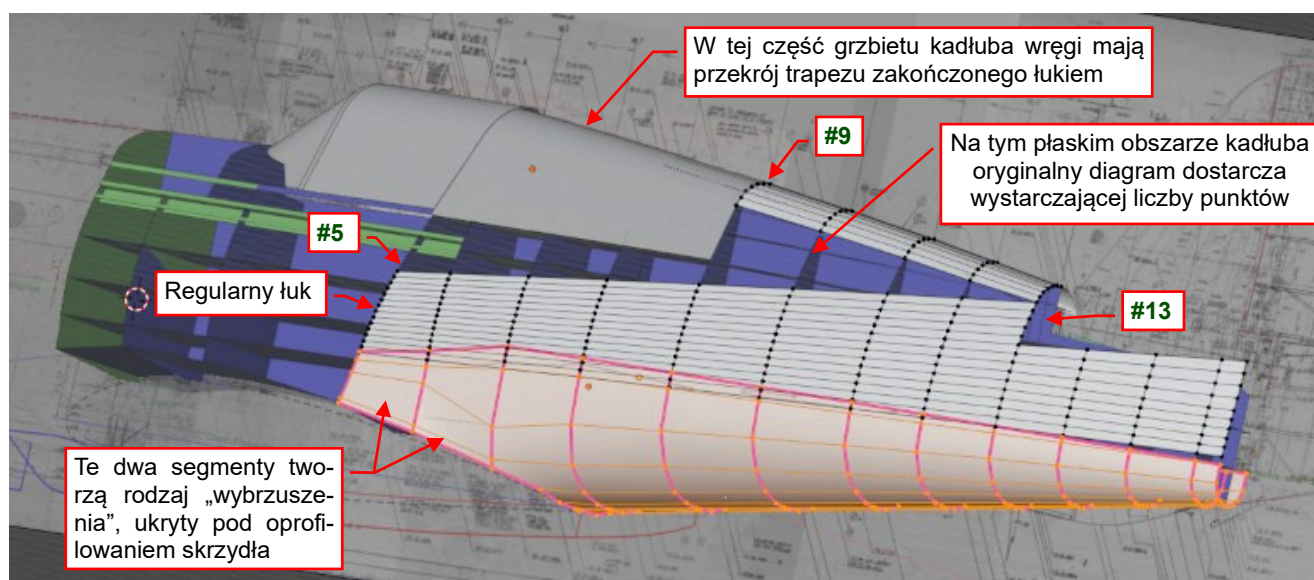
Kontynuując takie podział każdego segmentu powierzchni, stworzyłem zestaw krzywych dla wszystkich wręg ogona samolotu (Rysunek 15.1.19):



Rysunek 15.1.19 Gotowa powierzchnia pomocnicza

Następnie w widoku z tyłu sprawdziłem, czy wierzchołki tej siatki (punkty sterujące powierzchnią) są regularnie ułożone. Gdy siatka sterująca jest gładka, wynikowa powierzchnia podziałowa jest jeszcze gładsza. Ta regularność zapewnia poprawne zmiany kształtu w konturach kolejnych wręg.

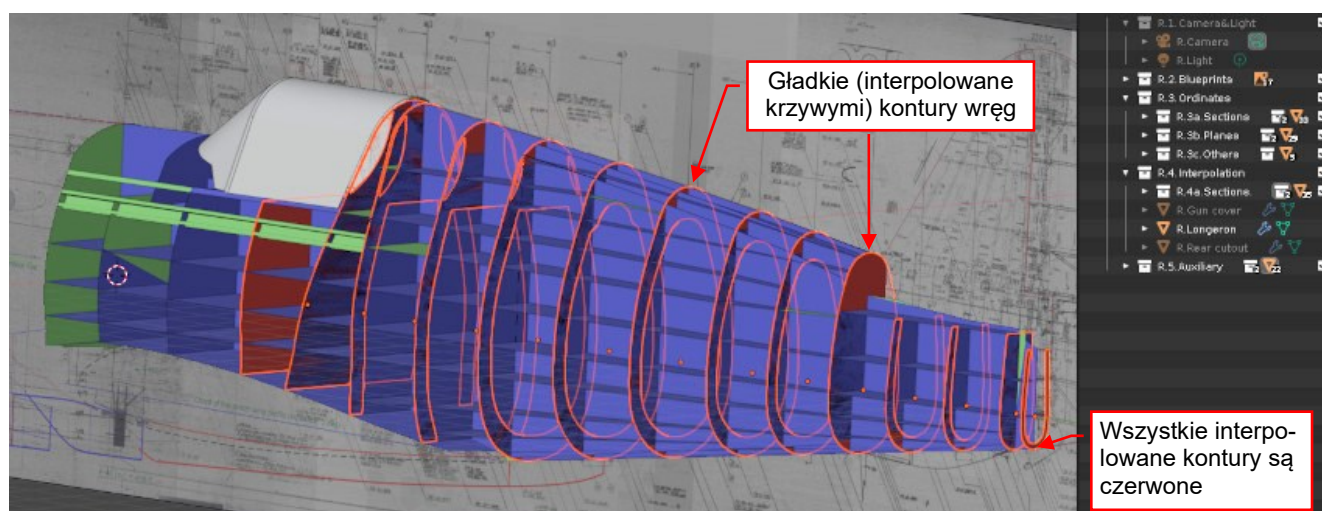
Przygotowałem kilka takich pomocniczych „wycinków” dla różnych części konturów wręg (Rysunek 15.1.20):



Rysunek 15.1.20 Wycinki powierzchni interpolujące różne części konturów wręg

Środkowy wycinek zaczyna się od regularnego łuku przy wrędze **#5**, który przekształca się w inny rodzaj krzywej (stożkową?) przy wrędze **#13**. Zwróć uwagę, że ta siatka nakłada się na dolną powierzchnię. Usunę tę nadmiarowość później, podczas „sklejania” z krzywych wynikowych wręg. W rysunkach oszklenia ([99157](#) i [75-21-078](#)) znalazłem promień grzbietu kadłuba za kabiną (od wręgi **#5** do **#9**). Okazało się, że te przekroje poprzeczne są prostą kontynuacją kształtu odsuwanej owiewki kabiny: trapez zamknięty łukiem. Ich płaskie kontury boczne ulegają łagodnemu zakrzywieniu pomiędzy stacjami **#9** i **#13**. Promień tego zakrzywienia jest tak duży, że zrezygnowałem z interpolacji tego fragmentu za pomocą pomocniczej powierzchni. W tym przypadku trzy oryginalne punkty współrzędnych i dwie podłużnice dostarczają wystarczającą ilość danych.

W następnym kroku, wydzieliłem krawędzie wręg z pomocniczych siatek i połączyłem je w kompletne kontury (Rysunek 15.1.21):



Rysunek 15.1.21 Gładka interpolacja konturów wręg

Oczywiście, te interpolowane kształty są mniej pewne, ale bardziej użyteczne od pojedynczych zwymiarowanych punktów. Dlatego zdecydowałem się oznaczyć je innym kolorem: czerwonym. Co więcej, zachowałem oryginalne niebieskie wieloboki. Gdyby to było potrzebne, pozwolą szybko sprawdzić czerwony kontur.

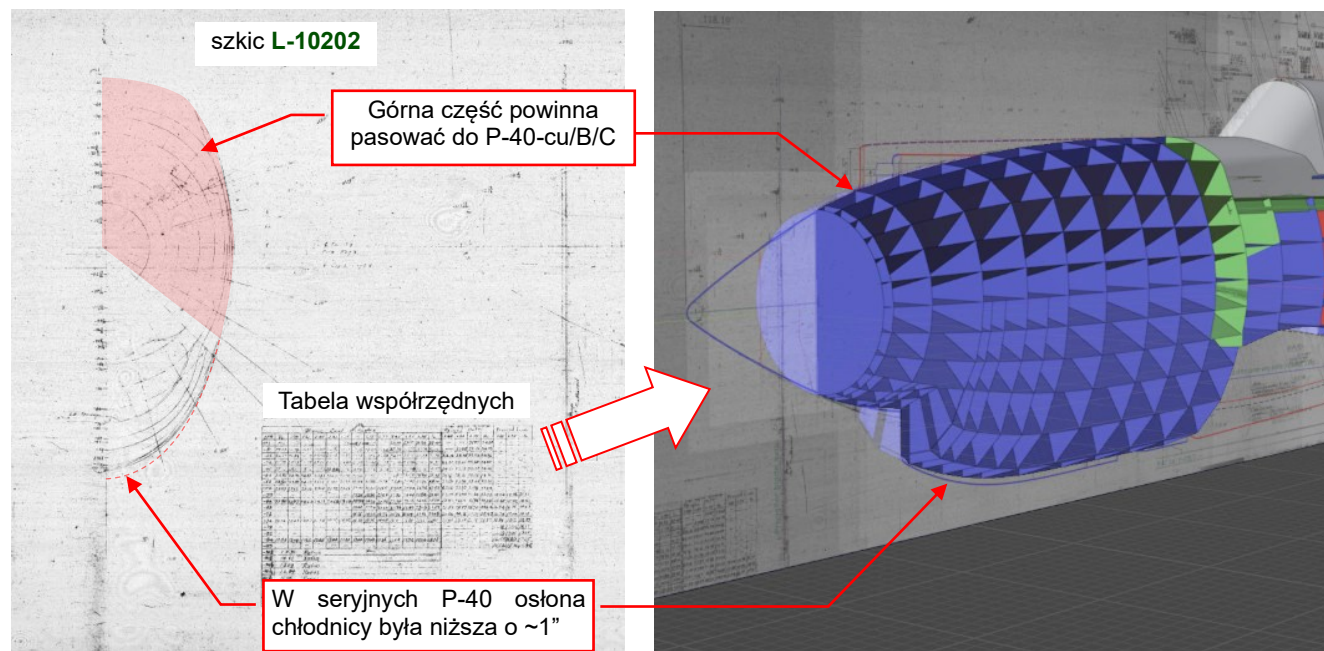
Nie interpolowałem linii podłużnic, ponieważ ich promień krzywizny są o wiele większe od promieni konturów wręg. Do odwzorowania takich kształtów wystarczają pojedyncze wierzchołki „niebieskich” wieloboków.

Liczba obiektów w tej scenie się zwiększa, więc pogrupowałem je w cztery podstawowe kolekcje:

- **Blueprints** – wszystkie obrazy wzorcowe.

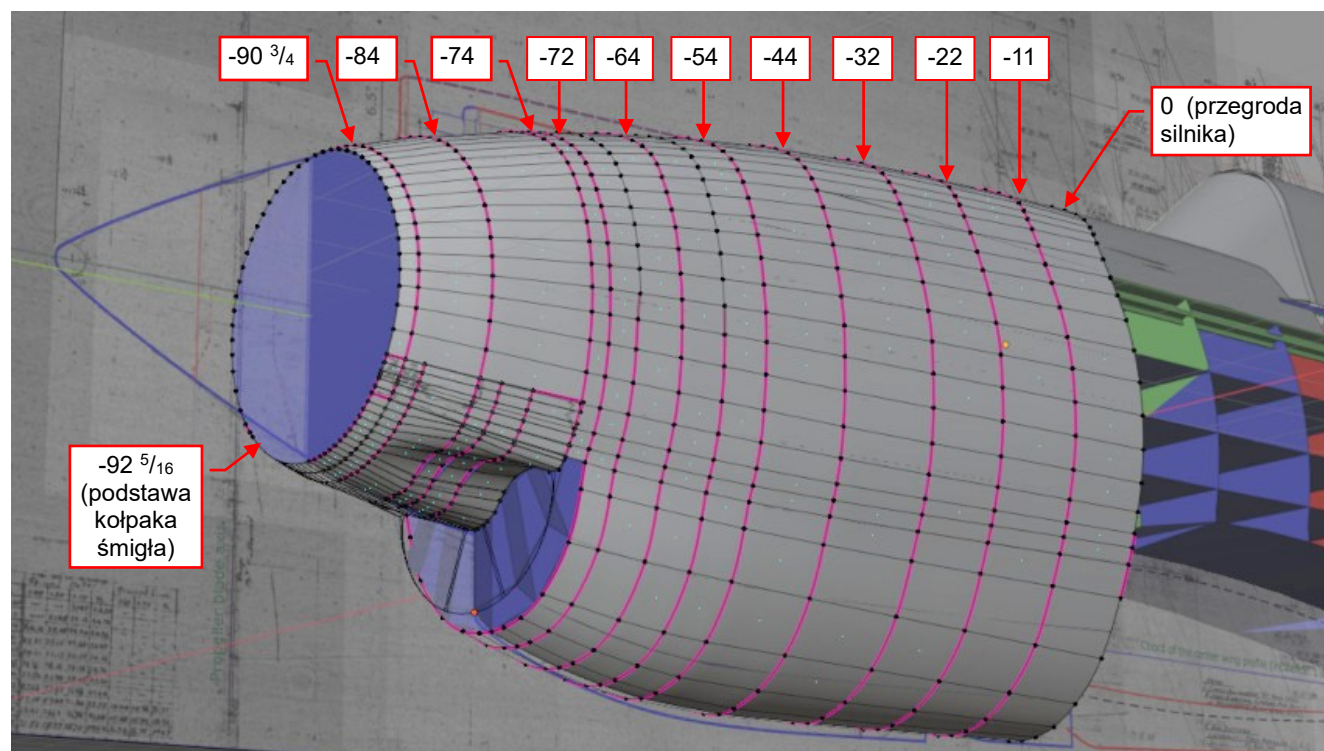
- **Ordinates** – wszystkie zwymiarowane (czyli niebieskie) obiekty.
- **Interpolation** – wszystkie czerwone obiekty: gładkie kontury pomiędzy punktami z **Ordinates**.
- **Auxiliary** – pomocnicze wycinki powierzchni i inne obiekty pomocnicze.

Jak wspominałem wcześniej (Tom I, sekcja 9.6) nie zachowały się współrzędne osłony silnika P-40-cu/B/C. Jej wzorec 3D stworzyłem ze współrzędnych ostatniego wariantu XP-40 ze szkicu [L-10202](#), Rysunek 15.1.22):



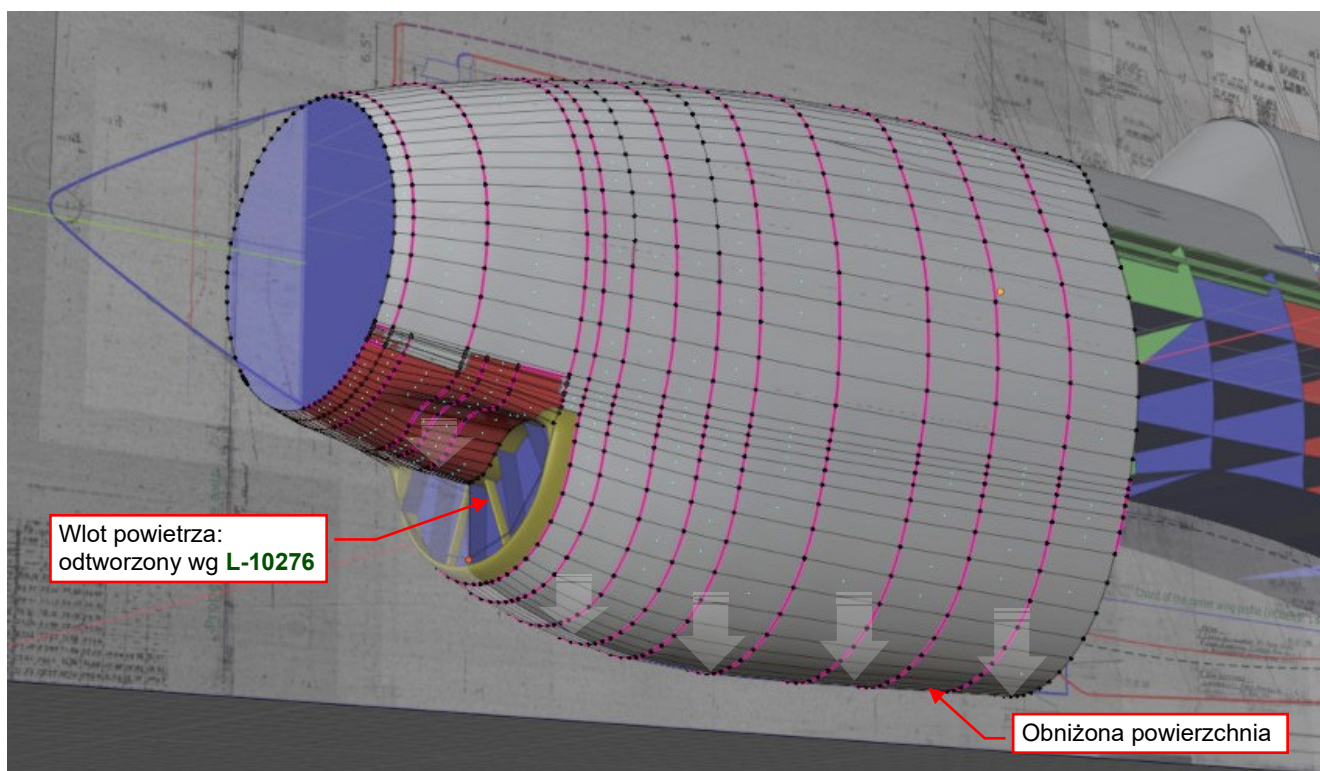
Rysunek 15.1.22 Współrzędne osłony silnika XP-40

W poprzedniej sekcji doszedłem do wniosku, że osłona chłodnic XP-40 została w seryjnych P-40 obniżona o 1.2" (Tom I, sekcja 9.7). Kształt ich bocznych i górnych paneli osłony silnika wygląda jak w ostatnim wariantcie XP-40. Dlatego najpierw interpolowałem powierzchnię oryginalny kształt z tego prototypu (Rysunek 15.1.23):



Rysunek 15.1.23 Interpolacja osłony silnika XP-40

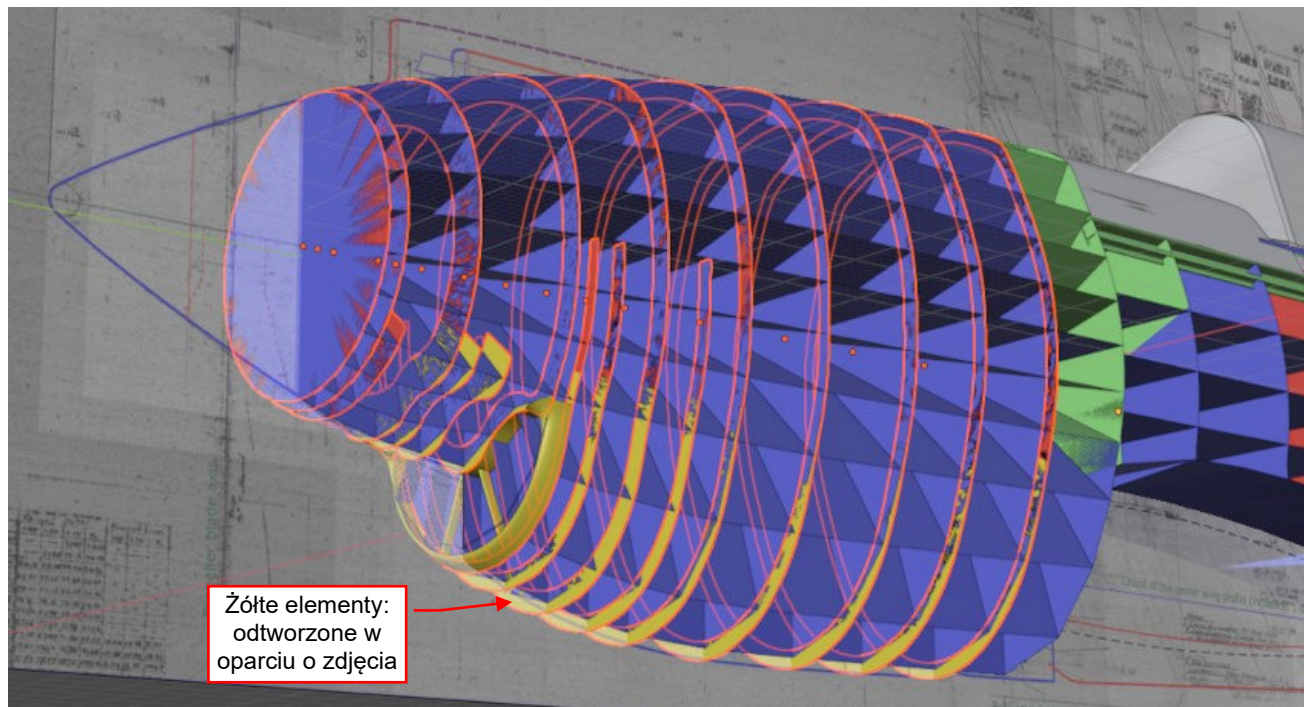
W następnym kroku dopasowałem jej dolną część do mojego skompilowanego rzutu z boku (Rysunek 15.1.24):



Rysunek 15.1.24 Interpolacja osłony silnika P-40-cu/B/C

Jak widać, odtworzyłem także złożony kształt wlotu powietrza do chłodnic (na podstawie szkicu [L-10276](#)). Po porównaniu z archiwalnymi zdjęciami, zdecydowałem, że w P-40-cu/B/C kształt tej części był taki sam. Co najwyżej, w tych seryjnych maszynach wlot chłodnic został przesunięty do dołu o około 0.5".

Gdy pomocnicza powierzchnia była ukończona, skopiowałem jej krawędzie w nowe wręgi (Rysunek 15.1.25):



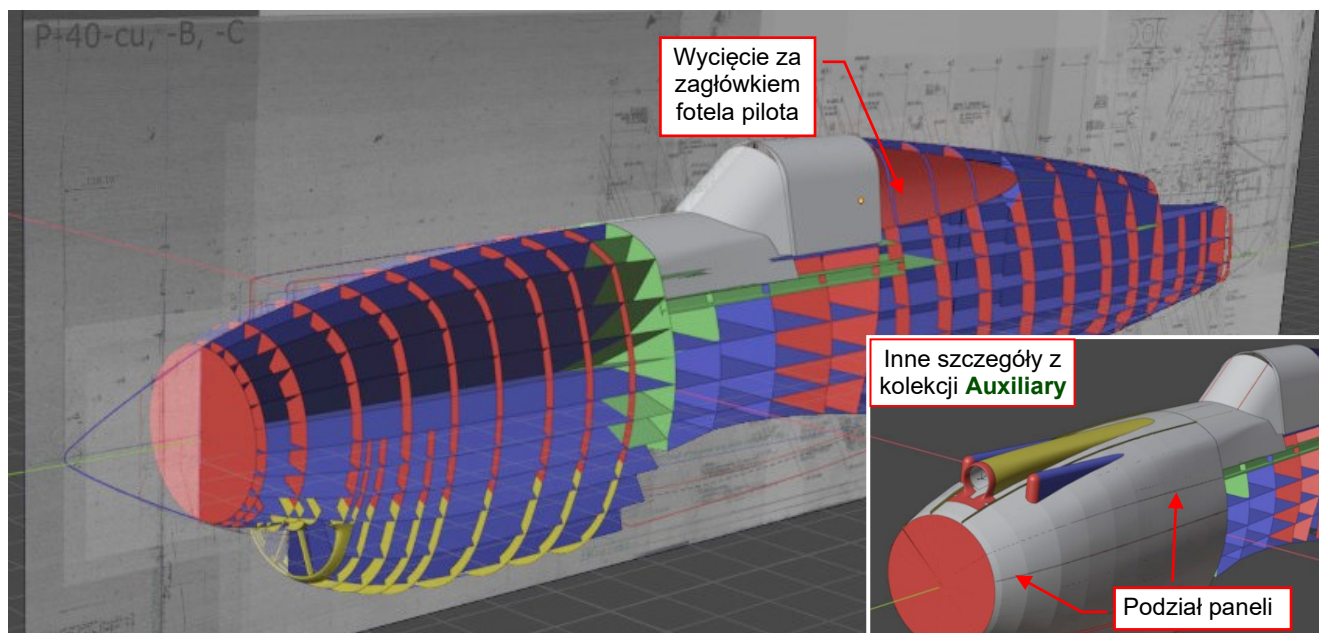
Rysunek 15.1.25 Przekroje osłony silnika P-40-cu/B/C

Zwróć uwagę, że oznaczyłem zmodyfikowaną część osłony chłodnic na żółto. Zdecydowałem się użyć tej barwy do oznaczenia elementów, których geometria jest oparta o zdjęcia (tzn. najmniej wiarygodna).



Choć jest oparty na współrzędnych z XP-40, ostateczny kształt osłony silnika P-40 wynika także z kilku założeń. Założyłem, że przekroje poprzeczne z XP-40 były zmodyfikowane tylko na obszarze osłon chłodnic cieczy, i zachowano ciągłość stychnych wzdłuż linii podziału paneli osłony. Założyłem także, że kształt wlotu powietrza w tym wczesnym P-40 był taki sam jak w ostatnim wariantcie XP-40. Takie hipotezy czynią te przekroje „mniej pewnymi” od innych części tego trójwymiarowego wzorca.

W ostatecznym wariantcie tego wzorca dodałem kilka szczegółów, na przykład –kontury wycięć za zagłówkiem pilota (Rysunek 15.1.26):

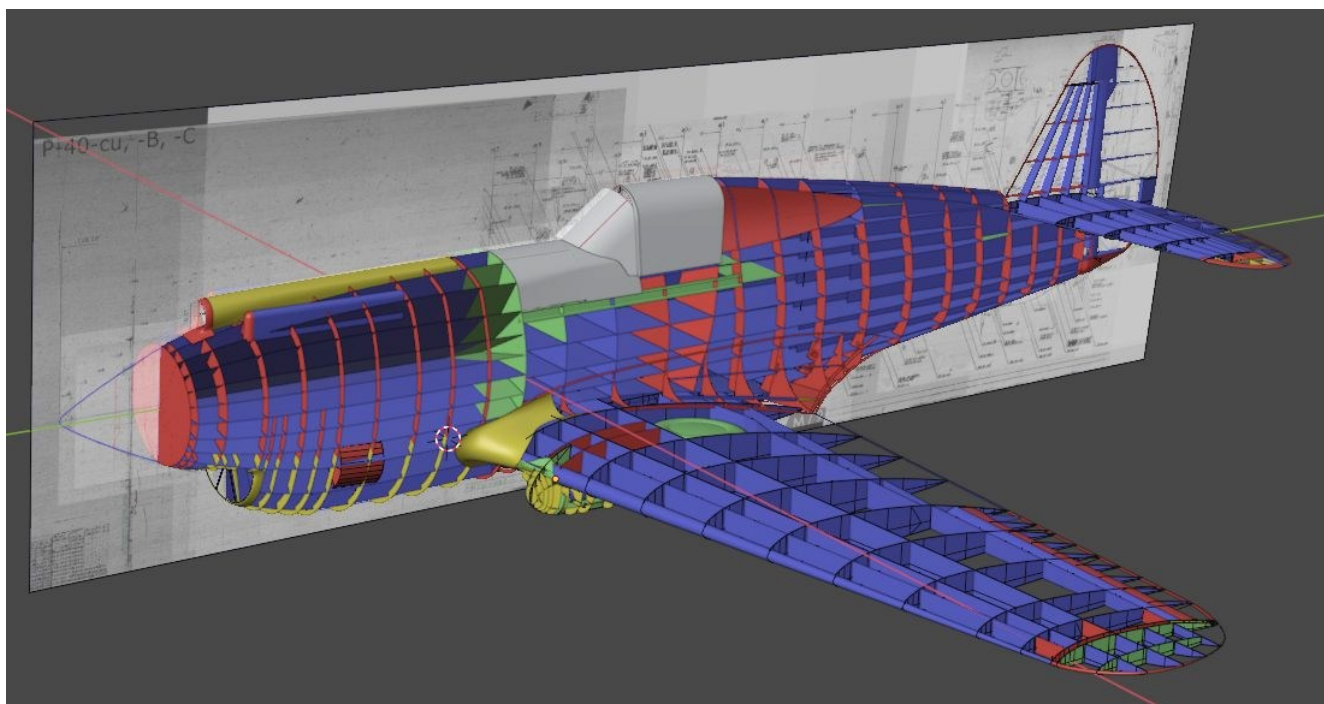


Rysunek 15.1.26 Trójwymiarowy wzorec kadłuba

Wymiary wręg za zagłówkiem znalazłem na rysunku **75-21-078**. Wykorzystując te dane i geometrię tylnych okien kadłuba (por. Rysunek 15.1.20), byłem w stanie określić dokładne przekroje poprzeczne tego wgłębienia. Skorzystałem z nich, bo na planach jego krawędź przecięcia z kadłubem była zasłonięta przez ramkę oszklenia.

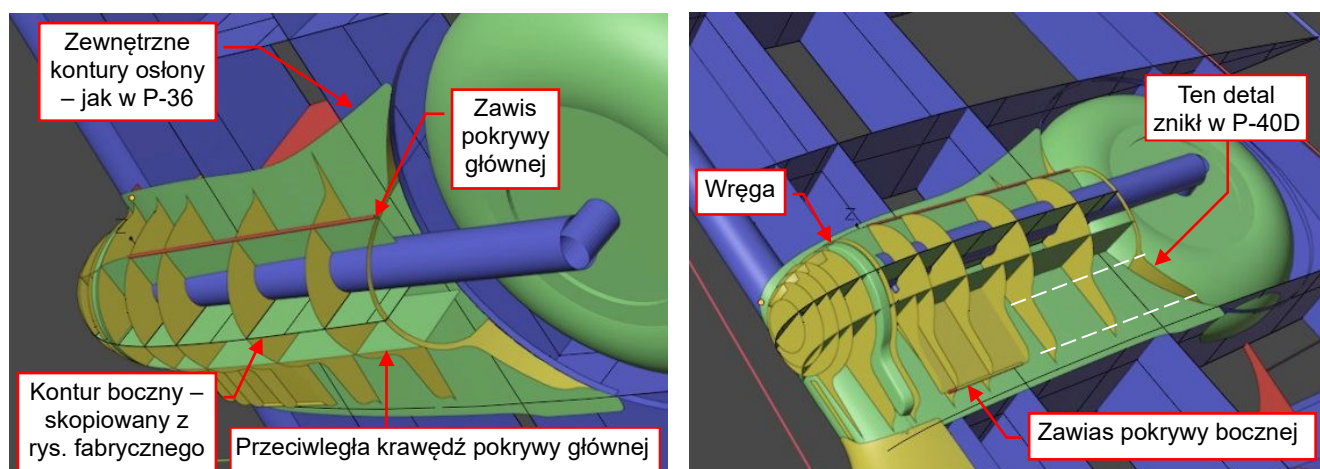
Dodałem do tego wzorca jeszcze kilka innych szczegółów, jak płaszczyzny podziału paneli osłony silnika, owiewki km, chwyt powietrza do gaźnika. Umieściłem je w kolekcji **Auxiliary** (Rysunek 15.1.26). Ich podstawowe kształty pochodzą ze szkiców [SK-2603](#) i [SK-2605](#). Dla uproszczenia, pominąłem zaokrąglenia ich krawędzi (odtworzę je w finalnym modelu). W widoku z przodu płaszczyzny podziału paneli silnika są liniami prostymi. Dwie dolne są potwierdzone przez rys. **L-10202**. Pozostałe dwie górne płaszczyzny są w kolorze żółtym, ponieważ odtworzyłem je korzystając ze zdjęć.

Po kadłubie, w podobny sposób odtworzyłem skrzydła i usterzenie, przygotowując trójwymiarowy wzorec całego samolotu (Rysunek 15.1.27):



Rysunek 15.1.27 Kompletny trójwymiarowy wzorec P-40(-cu)

O dziwo, najtrudniejszą częścią tej pracy była osłona goleni podwozia. Rysunki P-40D/E podają tylko kilka z jej kluczowych wymiarów. Określają położenie zawiasów odchylanych pokryw, ich długości i szerokości. Znalazłem także kilka konturów z boku i rysunek wręgi. Dla P-36 mam nawet rysunek z teoretycznymi liniami osłony, ale w P-40 Curtiss uprościł te kształty. Rysunek 15.1.28 pokazuje wzorec, który ostatecznie przygotowałem:



Rysunek 15.1.28 Trójwymiarowy wzorec osłony goleni koła głównego

Używałem także archiwalnych zdjęć, które ujawniły, że niektóre szczegóły tych osłon we wczesnych wersjach P-40 były odziedziczone po P-36 (na przykład: kontur zewnętrznych brzegów osłony). W późniejszych („krótkonosych”) wariantach P-40 te podobieństwa znikły. Powinieneś być bardzo ostrożny w korzystaniu ze współczesnych zdjęć z „obchodów” muzealnych maszyn. W niektórych odrestaurowanych P-40B/C można napotkać osłony podwozia pochodzące z P-40E lub późniejszych wersji.

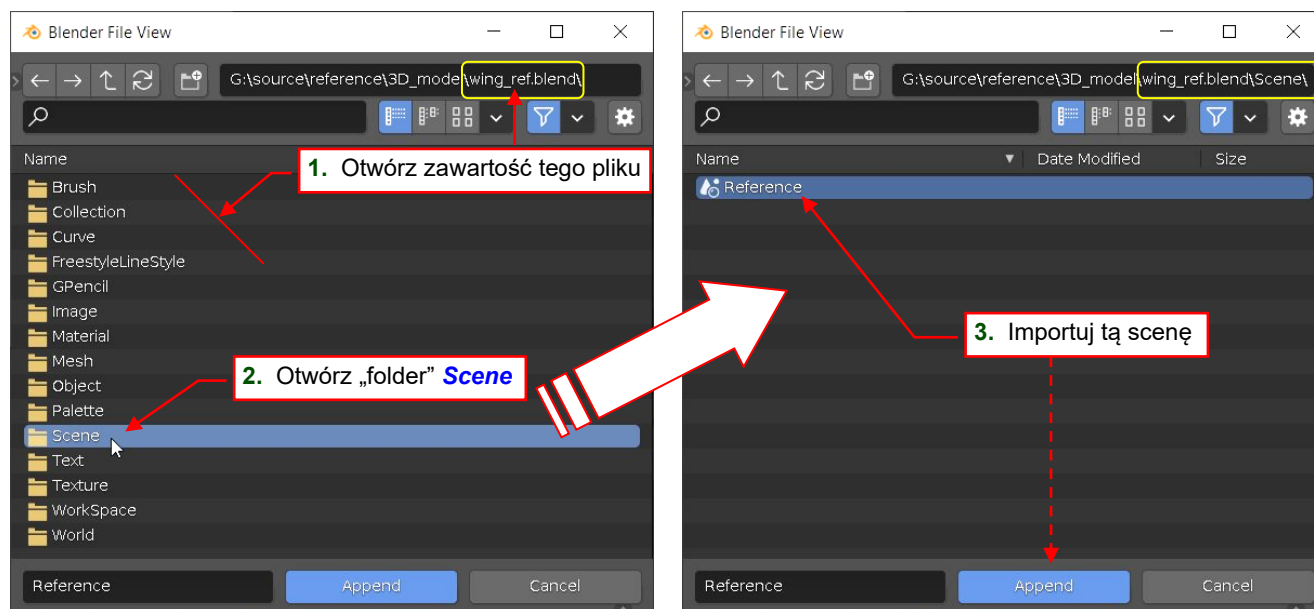


Plik **.blend* zawierający ten trójwymiarowy wzorec można znaleźć w materiałach towarzyszących (por. str. 19). Pełna ścieżka to: source/reference/3D_model/P-40_ref.blend.

W następnej sekcji piszę o tym, jak użyć taki plik w swoim projekcie Blendera.

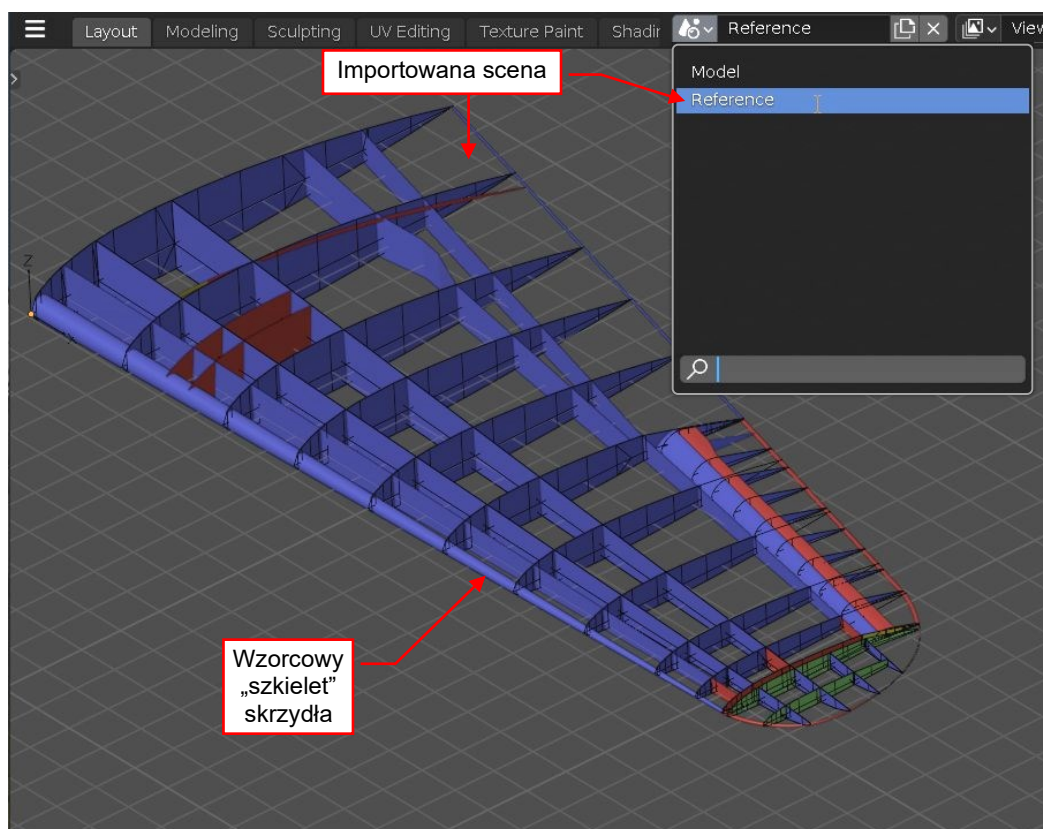
15.2 Szkielet referencyjny – użycie

W poprzedniej sekcji opisałem przygotowanie trójwymiarowego wzorca P-40. Najprostszą metodą użycia takiego „wzorcowego szkieletu” do tworzenia modelu jest zaimportowanie go jako oddzielnej sceny. Gdy pisałem Rozdział 5, przygotowałem wzorec skrzydła, w pliku *source/reference/3D_model/wing_ref.blend* (por. str. 19). Używając polecenia *File → Append* (str. 437) możesz „wejść do środka” tego pliku, i ze znajdującego się w nim folderu **Scene** importować jedyną umieszczoną w nim scenę, o nazwie **Reference** (Rysunek 15.2.1):



Rysunek 15.2.1 Importowanie sceny wzorcowej

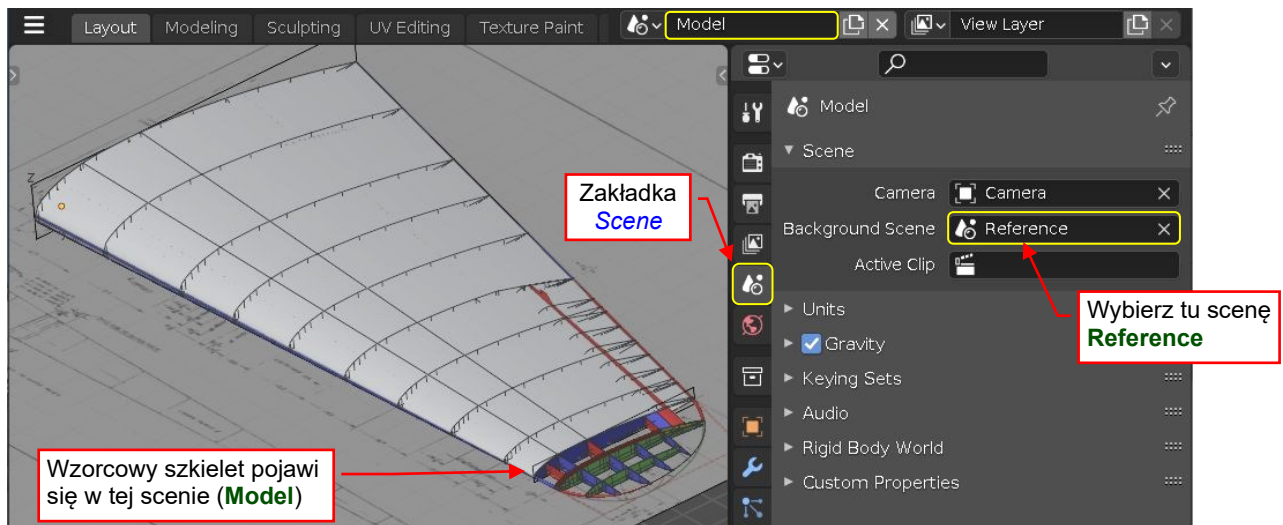
Po zaimportowaniu, znajdziesz tę scenę na liście scen swojego pliku projektu (Rysunek 15.2.2):



Rysunek 15.2.2 Importowany trójwymiarowy wzorec skrzydła

Gdy wybierzesz z tej listy scenę **Reference**, zobaczysz zaimportowany „szkielet wzorcowy”.

Teraz przełącz się do swojej sceny (tutaj nazwanej **Model**) i w zakładce **Properties:Scene** ustaw **Reference** jako **Background Scene** (Rysunek 15.2.3):



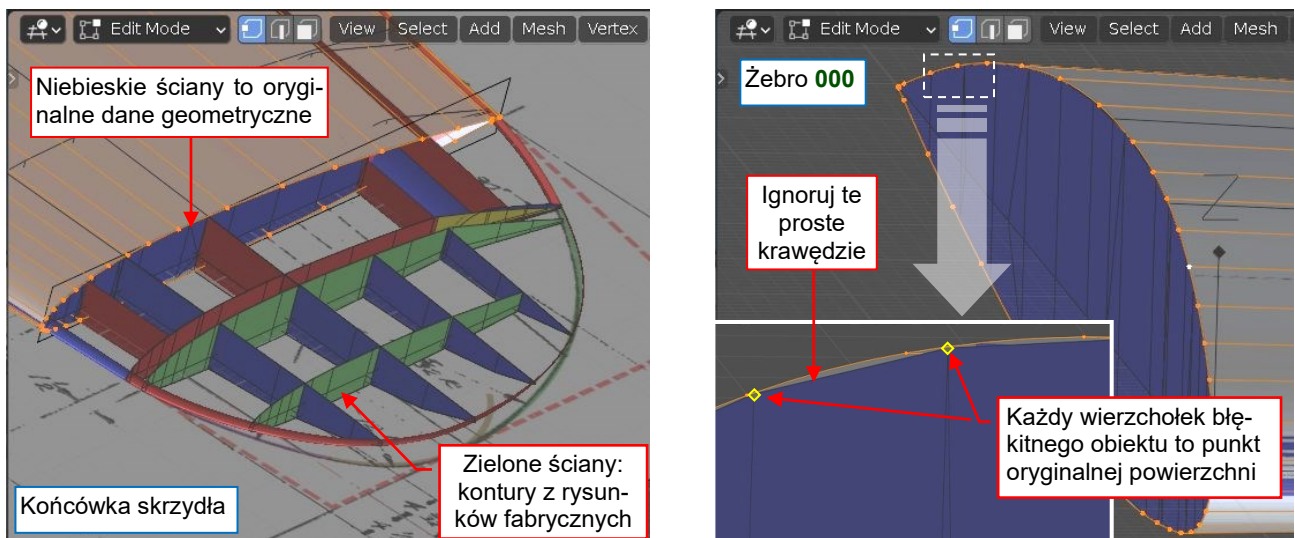
Rysunek 15.2.3 Umieszczanie wzorca 3D jako **Background Scene**

Gdy chcesz ukryć ten wzorec – wystarczy wyczyścić pole **Background Scene** przyciskiem **Clear** (X).



Wielką zaletą umieszczenia wzorca w “scenie tła” jest brak możliwości zaznaczenia jego elementów. To bardzo upraszcza modelowanie.

Podczas modelowania, możesz łatwo dopasować wygładzoną powierzchnię siatki do tych wzorcowych żeber i dźwigarów. Widać je w oknie 3D jak każdy inny obiekt sceny (Rysunek 15.2.4):



Rysunek 15.2.4 Używanie trójwymiarowego wzorca podczas modelowania

Każdy wierzchołek **niebieskich ścian** tego wzorca odpowiada potwierdzonemu (przez wymiar lub współrzędne) punktowi powierzchni. Powierzchnia podziałowa dopasowywana do takich ścian powinna tylko „dotykać” tylko ich wierzchołki. Nie przejmuj się łączącymi je prostymi krawędziami: są tutaj tylko do „wypełnienia przestrzeni”.

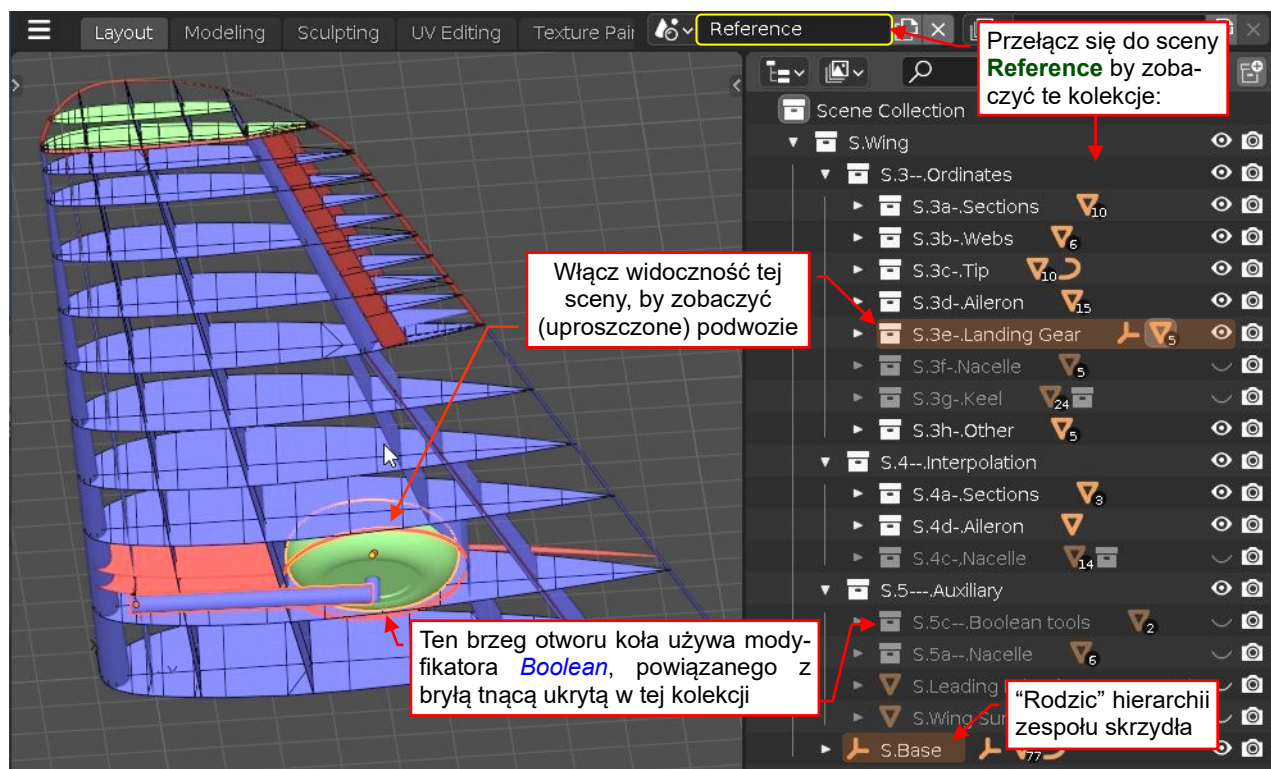
Zielone ściany są mniej pewne: skopiowałem ich kontury z oryginalnych rysunków Curtiss, ale ich kształt nie został (przynajmniej w pełni) zwymiarowany. Kontury na rysunkach mogły zostać z różnych przyczyn zdeformowane i nie można na nich polegać tak, jak na geometrii potwierdzonej przez jawne wymiary.

Czerwone elementy to interpolacje za pomocą powierzchni podziałowych obszarów pomiędzy niebieskimi (potwierdzonymi) punktami. Jak w każdej interpolacji, istnieje tu pewna swoboda kształtu między wierzchołkami.



Dla większej „czytelności” tego szkieletu wzorcowego, w niektórych miejscach znajdują się w nim tylko czerwone interpolacje zamiast oryginalnych punktów danych. Tak jest np. na końcówce skrzydła.

Niektóre obiekty w scenie wzorcowej są z różnych powodów ukryte. Jednym z takich domyślnie niewidocznych zespołów są uproszczone bryły kluczowych elementów podwozia. Przesłaniają „czystą” geometrię skrzydła, którą Rozdział 5 omawia w swoich sekcjach początkowych. Aby ukryć/odkryć któryś z tych obiektów, zmieniaj widoczność ich kolekcji w scenie **Reference** (Rysunek 15.2.5):



Rysunek 15.2.5 Kolekcje sceny wzorcowej

Aby uniknąć konfliktów nazw z kolekcjami Twojego modelu, kolekcje wzorca mają przedrostki: **R**, **S** lub **T**. Jak widać powyżej, skrzydło używa przedrostka **S**. Kolekcja główna (**S.Wing**) dzieli się na cztery subkolekcje:

- **S.3--.Ordinates**: wszystkie niebieskie i zielone elementy (czyli kształty potwierdzone na rysunkach).
- **S.4--.Interpolation**: wszystkie czerwone elementy (gładkie interpolacje oryginalnych punktów).
- **S.5--.Auxiliary**: wszystkie pozostałe obiekty.

W każdych z tych kolekcji możesz znaleźć jakieś indywidualne obiekty (np. jak pomocnicza **S.Wing Surface**) oraz kolekcje grupujące podzespoły. Na przykład – kolekcje z żebrami skrzydła (**Sections**) są zarówno w kolekcji **Ordinates** jak i **Interpolation**. W tej drugiej znajdują się dwa interpolowane żebra skrzydła (czerwone wręgi, przy osi obrotu goleni podwozia).

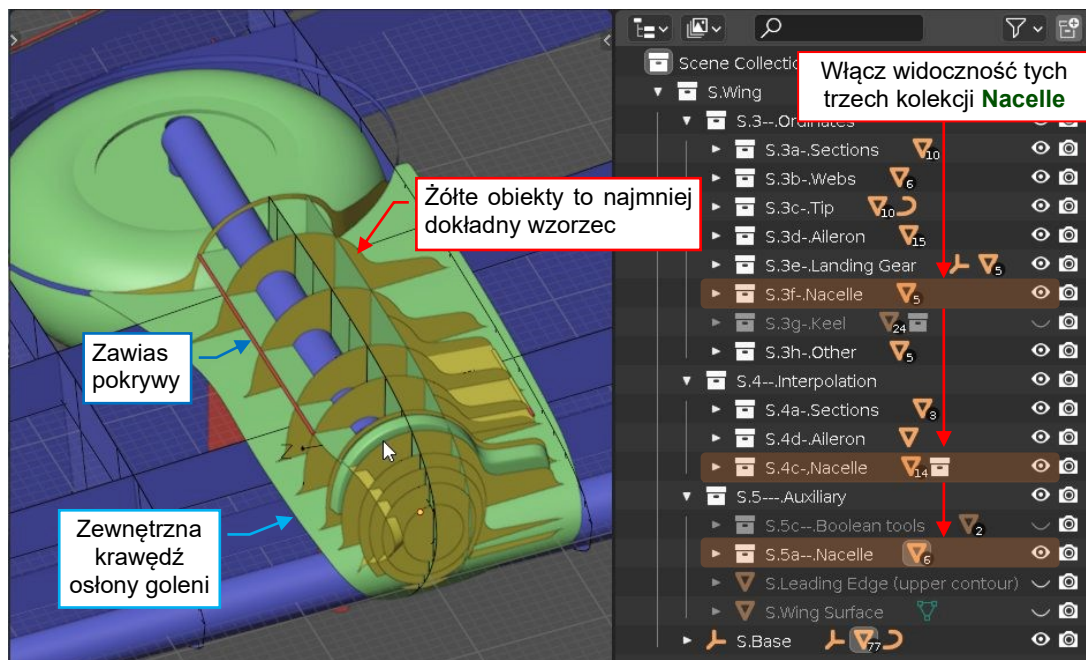
W kolekcji **S.3--.Ordinates** znajduje się kolekcja o nazwie **S.3e--Landing Gear**. Gdy włączysz jej widoczność, zobaczysz uproszczoną goleń podwozia i koło (Rysunek 15.2.5). Choć te obiekty są dość „schematyczne”, ich osie i punkty obrotu znajdują się w dokładnym położeniu. Rozmiar głównego koła odpowiada jego konturom z oryginalnych rysunków Curtiss.

Znajdują się tu także dwa obiekty **Empty**, których nazwy zaczynają się od słowa „Base”. Obiekt **S.Base** z kolekcji **S.Wing** (Rysunek 15.2.5) jest początkiem hierarchii („rodzicem wszystkich rodziców”) całego zespołu skrzydła. Użyj go do przesunięcia wzorca skrzydła w docelowe miejsce w kadłubie i/lub obrotu o kąty zaklinowania i wzniosu. **S.LG Base** z kolekcji **S.3e--Landing Gear** jest „rodzicem” zespołu podwozia (i „potomkiem” **S.Base**). Zaznaczyłem w ten sposób oś obrotu goleni podwozia.



Umieszczenie obiektów wzorca w odrębnej scenie separuje ich hierarchię **parent/child** oraz hierarchię kolekcji od struktury Twojego modelu.

Wzorzec skrzydła zawiera także szkielet osłon goleni podwozia. Jego elementy są rozproszone wśród kolekcji **Ordinates**, **Interpolation** i **Auxiliary** (Rysunek 15.2.6):



Rysunek 15.2.6 Kolekcje sceny wzorcowej (c.d.)

Znalazłem tylko kilka (w dodatku częściowych) rysunków tego podzespołu. Wydaje mi się, że na archiwalnych zdjęciach dostrzegłem także różnice tych osłon pomiędzy „krótkonosymi” (P-40D i dalsze) i „długonosymi” P-40 (P-40C i wcześniejsze). W oparciu o zachowane rysunki oraz zdjęcia P-36 i P-40 starałem się odtworzyć wariant z „długonosych” P-40. Jednak **żółty kolor** wszystkich wręg tej osłony sygnalizuje, że ich kształty są częściowo oparte na spekulacjach. Jest to najmniej „pewien” wzorec. W przyszłości może się zdarzyć, że na podstawie danych z jakiegoś nowego źródła będę musiał poprawić kształt tych wręg.



Kolor obiektów sygnalizuje „poziom dokładności” danych prezentowanych w tym wzorcu. Najdokładniejsze są element niebieskie (tolerancja: $\pm 1/32$). Ewentualne odchylenia obiektów zielonych mogą być kilka razy większe. Czerwone „interpolacje” wypełniają przestrzeń pomiędzy niebieskimi punktami.

Czasami wśród numerycznych współrzędnych z dokumentacji możesz napotkać na „odstający” punkt danych (tzn. nie pasujący do pozostałych). To wynik błędów pomiarów dokonywanych we wzorcowni zakładów Curtiss. Odchyłki w takich przypadkach mogą osiągać nawet 0.1”. Zachowałem te „wystające” punkty na niebieskich ścianach, ale wyrównałem je w odpowiadających im czerwonych interpolacjach.

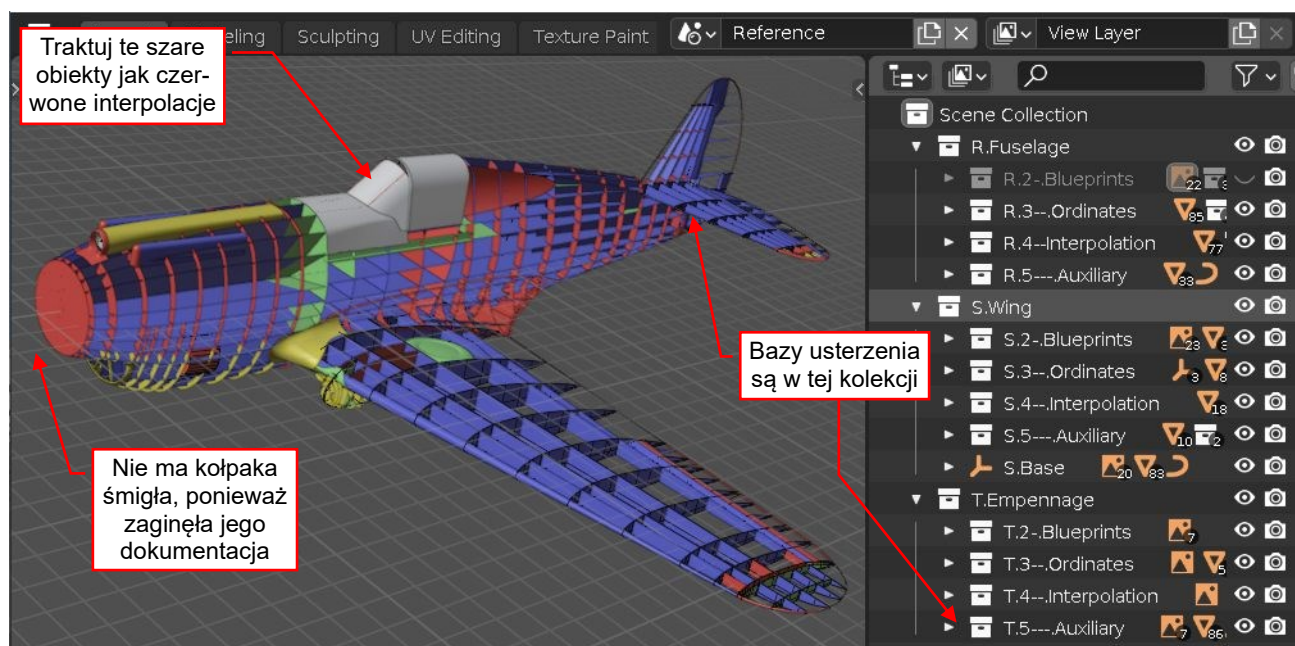
* * *

Gdy skończysz już model, możesz usunąć scenę Reference z końcowego pliku ***.blend**. W zasadzie wystarczy tu jedno kliknięcie: użyj przycisku **Clear** po prawej stroni jego nazwy (por. str. 453). Jednak nie oczekuj, że rozmiar tego pliku natychmiast zmniejszy się o dane tej sceny. W związku z używanym w Blenderze algorytmem „opóźnionego usuwania” (por. str. 628), może to zająć wiele cykli zapisywania i otwierania pliku.



Jeżeli chcesz przyspieszyć ten proces, po usunięciu sceny **Reference** użyj przycisku **Purge** z nagłówka trybu **Orphan Data** okna **Outliner** (por. str. 630).

Dla dalszej pracy nad naszym modelem, przygotowałem wzorcowy szkielet całego samolotu. Możesz go znaleźć w pomocniczych materiałach towarzyszących tej książce (por. str. 19). Pełna ścieżka do tego pliku to: [source/reference/3D_model/P-40_ref.blend](#). Gdy skończysz Rozdział 5, możesz usunąć scenę **Reference** ze skrzydłem. Potem wymuś przyciskiem **Purge** szybkie usunięcie jej całej zawartości i zaimportuj ten kompletny szkielet (Rysunek 15.2.7):



Rysunek 15.2.7 Trójwymiarowy wzorec kompletnego P-40

Na ilustracji powyżej widać, że scena **Reference** zawiera trzy główne kolekcje: **Fuselage**, **Wing** i **Empennage**. Możesz szybko ukryć każdy z tych zespołów wyłączając jego widoczność. Wewnętrzna struktura tych kolekcji przypomina zespół skrzydła, omówiony na poprzednich stronach. Wewnątrz odpowiednich kolekcji **Ordinates**, **Interpolation** i **Auxiliary** możesz znaleźć subkolekcje związane z różnymi podzespołami (**Cockpit**, **Cowling**, ...). Pamiętaj, że taka pozycja może wystąpić we wszystkich trzech kolekcjach (**Ordinates**, **Interpolation**, **Auxiliary**), jak np. osłona pokazana przez Rysunek 15.2.6. Tak jak poprzednio, niektóre najmniej istotne elementy tej sceny są z różnych przyczyn ukryte. Na przykład, ukryłem niebieskie wzorce wręg kadłuba, ponieważ tylko zakrywają swoje gładkie interpolacje.

Hierarchie stateczników (poziomego i pionowego) są przypisane do pojedynczych, pomocniczych „rodziców” (pustych obiektów bazowych), tak jak w przypadku skrzydła. Te obiekty bazowe pozwalają je łatwo ustawić pod odpowiednim kątem zaklinowania, tak jak skrzydło. Znajdziesz je u dołu kolekcji **T.5---Auxiliary**. Możesz użyć tych baz do położenia stateczników „na płasko”. Takie ułożenie przydaje się podczas ich formowania w scenie **Model**. Zawiasy sterów kierunku i wysokości są podobnymi „ostatecznymi rodzicami” w hierarchii tych podzespołów. Kadłub nie ma żadnego obiektu bazowego.

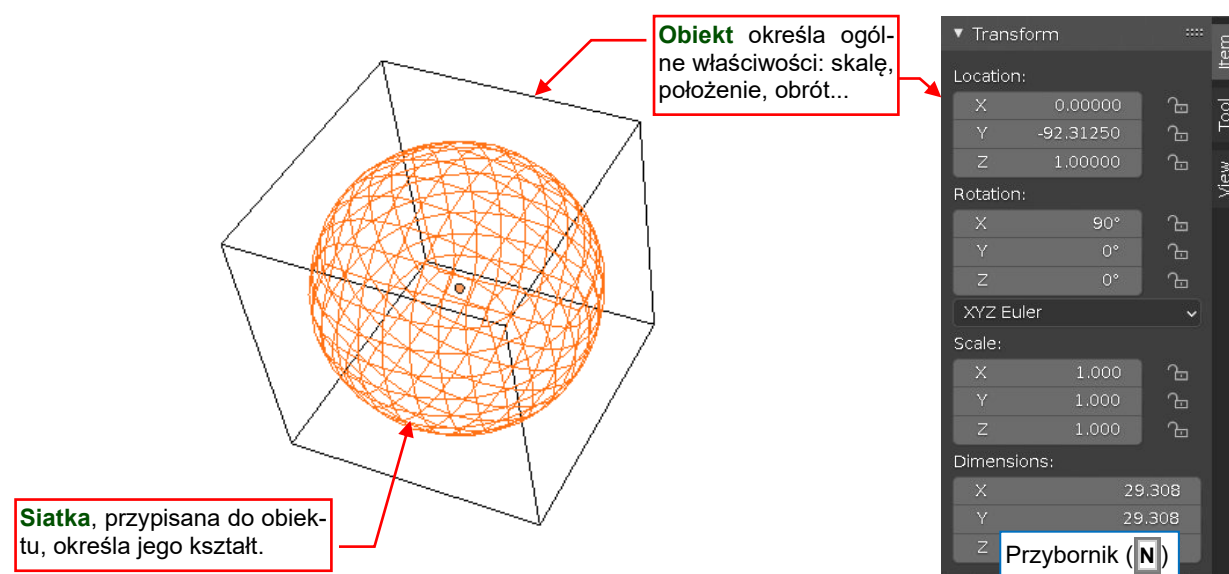
Rozdział 16. Dodatkowe wyjaśnienia

W tym rozdziale umieściłem informacje "dla dociekliwych". Znajdują się tu szczegółowe wyjaśnienia wybranych zagadnień, nad którymi nie chciałem się rozwodzić w części głównej (aby nie zbaczać z tematu).

16.1 Struktura danych modelu i sceny w Blenderze

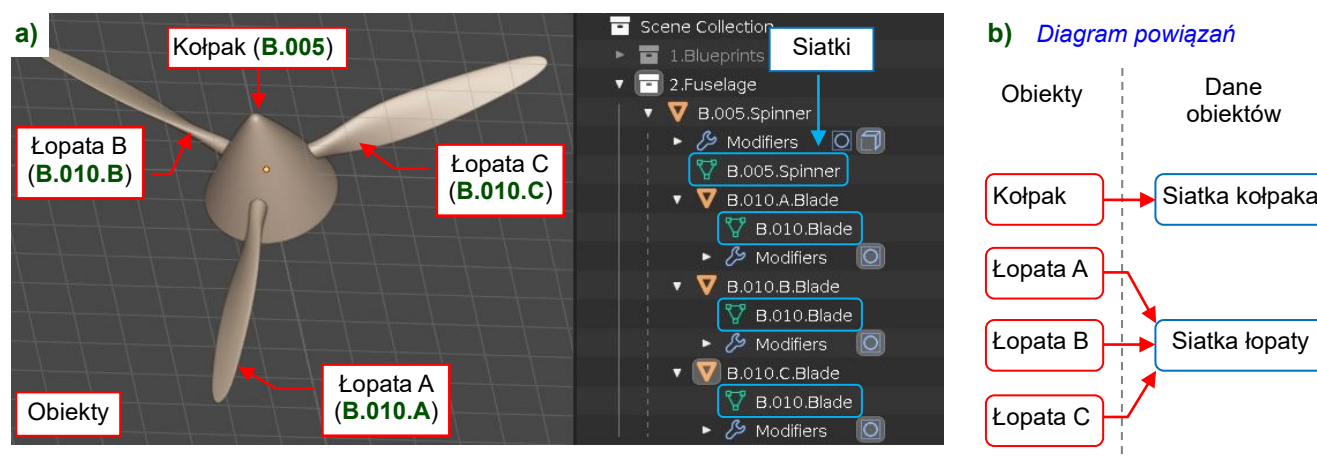
Zapewne wiele razy, podczas pracy z Blenderem, mignęło Ci przed oczami tajemnicze słowo "*datablock*" ("blok danych"). Pojawia się w różnych miejscach i znaczeniach. Gdy zrozumiesz, czym w istocie jest dla Blendera "blok danych", zrozumiesz także zasady, rządzące elementami rysunku (pliku). Pozwoli Ci to poprawnie przewidywać zachowanie programu i bardzo ułatwi pracę¹.

Każdy model w Blenderze złożony jest z obiektów (*object*). Obiekt możesz traktować jak doskonale przejrzyste "pudełko": ma określony rozmiar, środek (punkt odniesienia), położenie, obrót, skalę. Obiekt "sam z siebie" nie ma żadnego kształtu. Kształt określa siatka (*mesh*). Siatka właśnie jest pewnym rodzajem "bloku danych" (*datablock*). Zawiera złożone informacje o wierzchołkach, krawędziach, ścianach powłoki, która ma być rysowana na ekranie. Zazwyczaj każdy obiekt ma przypisaną "własną" siatkę (Rysunek 16.1.1):



Rysunek 16.1.1 Obiekt i jego siatka

Czasami ten sam blok danych – siatka – może być użyta przez kilka różnych obiektów. Przykładem takiej sytuacji jest śmigło modelu P-40 (Rysunek 16.1.2a):






Rysunek 16.1.2 Łopaty śmigła – przykład jednej siatki współdzielonej przez trzy obiekty

Te relacje **obiekt:siatka** można przedstawić na diagramie, takim jak ten pokazywany przez Rysunek 16.1.2b).

¹ "*Datablock*" to termin, któremu udało się wymknąć z żargonu programistów. W istocie każdy większy program posiada swoje własne słownictwo. Niektóre z tych słów to określenia żargonowe, których twórcy używali tak często, że bezwiednie zaczęli je umieszczać w komunikatach i objaśnieniach. Ci ludzie żyją z tymi zwrotami na co dzień, i zupełnie nie zauważają, że "zwykli" użytkownicy mogą ich nie rozumieć. Na przykład w AutoCAD-zie podobnym słowem było "*entity*", przeniesione żywcem z fachowej terminologii baz danych.

To śmigło składa się z trzech identycznych łopat. Rysunek 16.1.2a) pokazuje je w oknie **Outliner**. Można w nim wyróżnić trzy typy bloków danych, wyróżnionych ikonami:

- : obiekt (obiekt to także „blok danych”);
- : siatka;
- : lista modyfikatorów obiektu. Każdy z tych modyfikatorów to oddzielny blok danych.

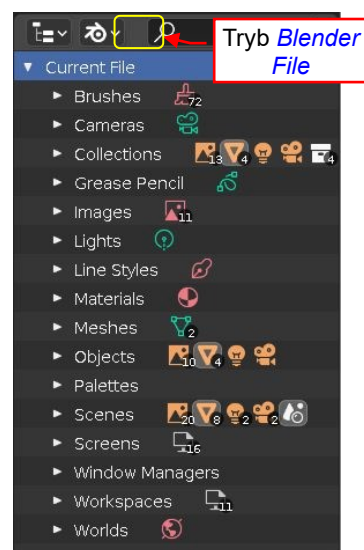
Nie umieściłem tu ikony kolekcji, ale kolekcje są także odrębnym rodzajem bloków danych.



Każdy element (oprócz list), który jest wyświetlany w oknie **Outliner** jest blokiem danych Blendera.

W szczególności, są nimi:

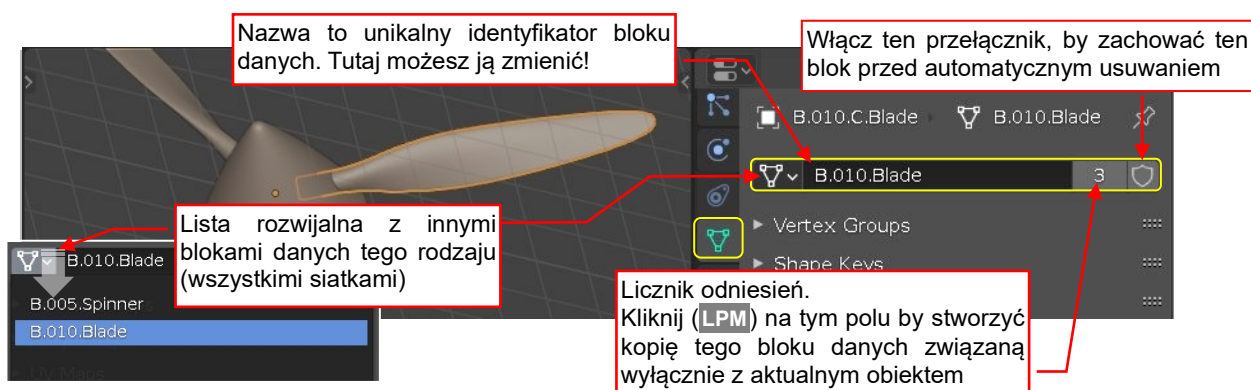
- **Siatki**: nadają obiektom kształt. Zawierają dodatkowe dane, jak współrzędne mapowania tekstury (**U**, **V**), przechowywane przez każdą ścianę.
- **Kamery**: określają projekcję używaną do renderowania sceny.
- **Światła**: źródła oświetlenia dla renderowanej sceny.
- **Obiekty** (już je znamy): uniwersalne „pudełko”, zawierające „w środku” (zakładka **Object Data**) jeden z bloków danych wymienionych powyżej.
- **Materiały**: określają barwę, przezroczystość, połyskliwość i wiele innych właściwości powierzchni. Można je przypisywać do siatek lub obiektów.
- **Obrazy** (*images*): przypisane do materiałów jako tekstury, ale używane także jako rysunki referencyjne. Zazwyczaj zawierają tylko ścieżkę (link) do obrazu rastrowego na dysku. Jednak możesz także „zapakować” te obrazy do pliku projektu (**.blend*).



Rysunek 16.1.3 Kategorie bloków danych

Aby przeglądać bloki danych w projekcie, w oknie **Outliner** wybierz tryb **Blender File** (Rysunek 16.1.3). Zobaczysz tam je wszystkie, pogrupowane według typu. Są to „podstawowe cegiełki”, które tworzysz i łączysz podczas pracy nad modelem: siatki do obiektów, materiały do siatek (lub obiektów), obrazy do materiałów, itd. Niektóre z bloków danych, jak modyfikatory, nie mają tu wydzielonej grupy. Są dołączone do swoich obiektów.

Powiązane bloki danych są w Blenderze wszędzie. Większość z tych powiązań – do siatek, obrazów, świateł czy kamer – jest obsługiwana w ten sam sposób, przez wyspecjalizowaną kontrolkę. Pokażę ją na przykładzie łopaty śmigła. Gdy zaznaczysz ten obiekt i przejdziesz do okna **Properties**, zakładki **Object Data**, znajdziesz tę kontrolkę u góry tego okna (Rysunek 16.1.4) :

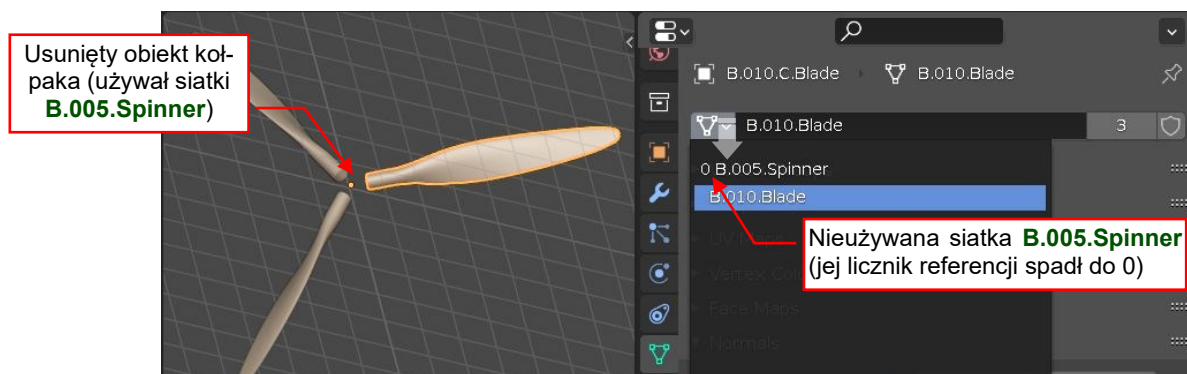


Rysunek 16.1.4 Kontrolki, zarządzające przypisaniem blokiem danych

Pole z nazwą bloku danych jest jego identyfikatorem w pliku projektu. Zmiana jego zawartości oznacza zmianę nazwy bloku¹. Ten identyfikator musi być unikalny wśród bloków danych tego samego typu, więc możesz używać tę samą nazwę dla obiektu i jego siatki (por. **B.005.Spinner** pokazywana przez Rysunek 16.1.2a). Jeżeli chcesz wybrać inny, istniejący blok danych, użyj listy rozwijalnej po lewej stronie pola z nazwą.

Po prawej stronie nazwy bloku danych umieszczony jest licznik "użycia" (referencji). Pojawia się dla bloków, które są powiązane z więcej niż jednym obiektem. Siatka **B.010.Blade** jest przypisana do trzech obiektów, stąd Rysunek 16.1.4 pokazuje przy niej liczbę 3. Kiedy klikniesz w ten przycisk – Blender utworzy duplikat aktualnej siatki. Duplikat nosi taką samą nazwę jak pierwowzór, z dodatkową końcówką numeryczną („.001”, „.002”, ...). Oczywiście, możesz zaraz zmienić jego nazwę. Ta kopia zastępuje oryginalną siatkę przypisaną do obiektu.

Licznik referencji bloku danych jest w Blenderze niezwykle ważny. Gdy siatka nie jest „użyta” przez żaden obiekt – jej licznik spada do zera. Wszelkie bloki danych o liczniku równym zero są pomijane przy zapisie pliku na dysk. Kołpak śmigła w naszym przykładzie – **B.005.Spinner** – miał własną siatkę, o identycznej nazwie: **B.005.Spinner**. Gdy usuniemy ten obiekt (*Delete*), siatka **B.005.Spinner** nadal będzie istnieć, ale jej licznik „użycia” spadnie do zera. Taki nieużywany blok danych Blender oznacza na liście cyfrą „0” (Rysunek 16.1.5):

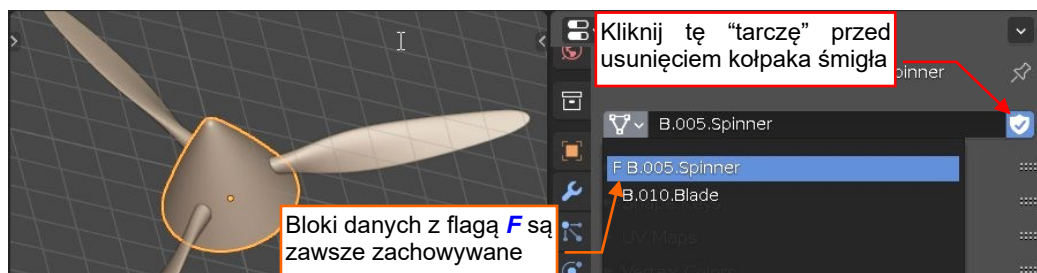


Rysunek 16.1.5 Siatka usuniętego kołpaka śmigła



Wszystkie bloki danych, które nie są wykorzystywane ("osierocone"), Blender pomija przy zapisie na dysk. Są w ten sposób, z opóźnieniem, usuwane z pliku.

Jeżeli tego chcesz, możesz uchronić siatkę **B.005.Hub**, przed "czystką" podczas zapisu. Trick polega na włączeniu przełącznika z „tarczą” przed usunięciem obiektu, który zawiera ten blok danych (Rysunek 16.1.6):

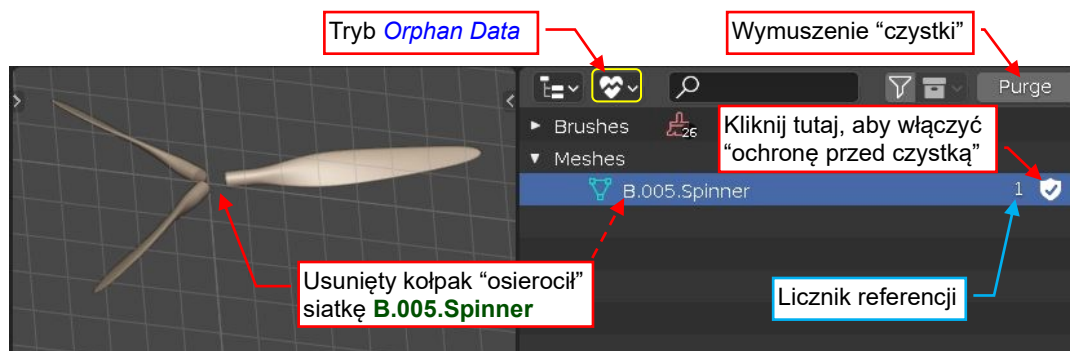


Rysunek 16.1.6 Zabezpieczenie bloku danych przed usunięciem

Ten przełącznik sztucznie zwiększa licznik "użycia" bloku o 1, więc nigdy nie spadnie do 0. To tak zwany „fałszywy użytkownik” (**F** od *fake user*). Dzięki temu ten blok danych uniknie „czystki” (*purge*) podczas zapisu.

¹ Początkujący użytkownicy często próbują użyć tego pola jako „filtru” dla listy rozwijalnej (można napotkać taką funkcję w innych programach). Wpisują tam nazwę innej siatki, oczekując, że w ten sposób przypisują do obiektu inny blok danych. W rzeczywistości, zmieniają w ten sposób nazwę aktualnego bloku. Aby zachować jej unikalność, Blender dodaje do nazwy oryginalnego bloku przyrostek „.001”. Na przykład, jeżeli wpisałbym w pole z nazwą pokazywane przez Rysunek 16.1.4 „B.005.Spinner”, nadpisałoby to oryginalną nazwę „B.010.Blade” tego bloku. Jednocześnie, Blender zmieniłby nazwę oryginalnej siatki „B.005.Spinner” na „B.005.Spinner.001”.

W oknie **Outline** można wybrać specjalny widok **Orphan Data** (Rysunek 16.1.7). W tym trybie wyświetlane są „osierocone” bloki danych, tzn. bloki bez powiązań z resztą projektu. Pokazywane są tu i elementy „chronione” (z licznikiem referencji = 1) i elementy gotowe do „czystki” (z licznikiem referencji = 0):

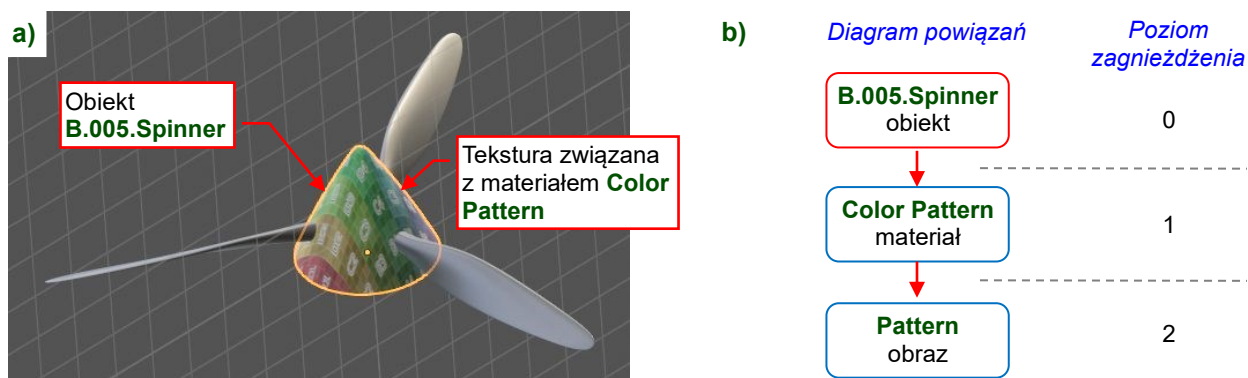


Rysunek 16.1.7 Widok „osieroconych” danych (tryb **Orphan Data**)



Jeżeli zapomniałeś włączyć ochronę siatki przed usunięciem jej obiektu, wciąż możesz znaleźć ten blok danych w trybie **Orphan Data** okna **Outliner**. Możesz tu jeszcze włączyć tę ochronę (Rysunek 16.1.7). Tylko zrób to przed zapisaniem i zamknięciem tego pliku Blendera!

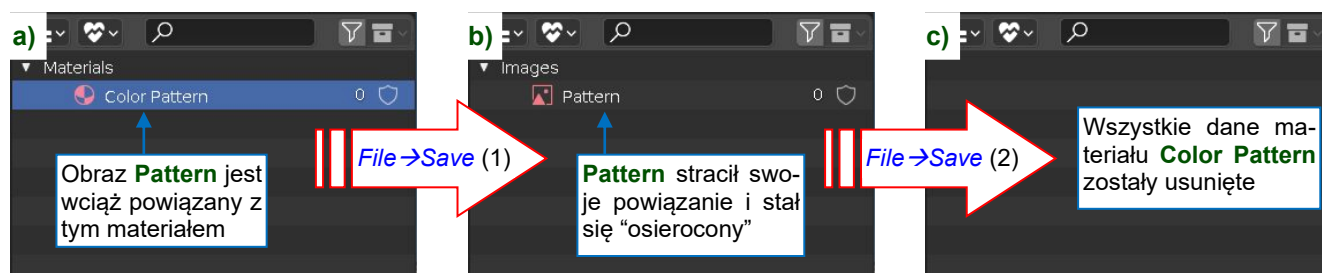
W przypadku zagnieżdżonych referencji, domyślne „czyszczenie przy zapisie” wymaga więcej niż jednego cyklu do usunięcia wszystkich powiązanych bloków. Pokażę to na przykładzie materiału z teksturą (Rysunek 16.1.8):



Rysunek 16.1.8 Przykład zagnieżdżonych referencji do bloków danych

Materiał o nazwie **Color Pattern** jest przypisany do obiektu **B.005.Spinner** (Rysunek 16.1.8a). Łopaty śmigła używają innego materiału, więc licznik referencji **Color Pattern** = 1. Ten materiał używa jako tekstury obrazu **Pattern**. W diagramie tych relacji (Rysunek 16.1.8b) blok **Pattern** jest „połączony do połączonego bloku”, więc jego poziom zagnieżdżenia wynosi 2.

Gdy wybierzesz inny materiał dla obiektu kołpaka (**B.005.Spinner**), licznik referencji **Color Pattern** spadnie do 0. Ten materiał zniknie przy najbliższym zapisie. Rysunek 16.1.9a) pokazuje to w **Outliner:Orphan Data**:



Rysunek 16.1.9 Usuwanie zagnieżdżonych referencji do nieużywanych bloków

Gdy zapiszesz i otworzysz ponownie ten plik, wśród „osieroconych” danych znajdziesz obraz **Pattern** (Rysunek 16.1.9b). Jego usunięcie wymaga kolejnego zapisania i otworzenia tego pliku (Rysunek 16.1.9c).

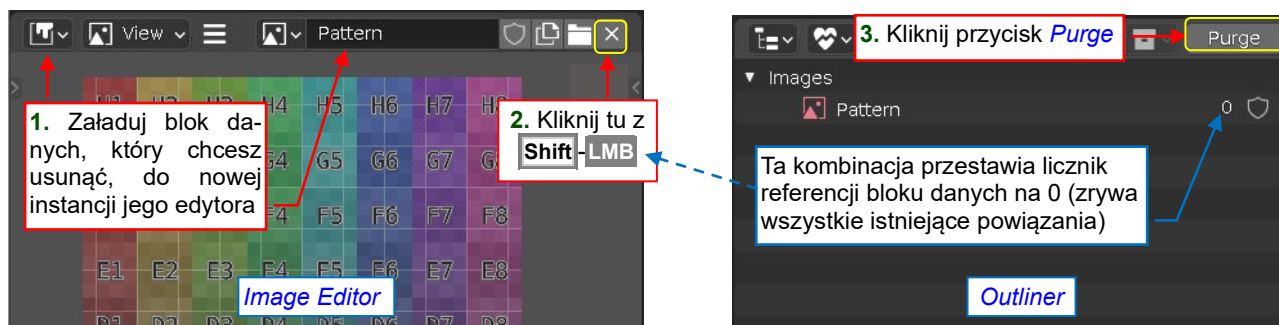
Sekwencje zapisu/otwierania pliku, podobne do tej pokazywanej Rysunek 16.1.9, mogą być jeszcze dłuższe. (Na przykład: gdy materiał z teksturą byłby przypisany do siatki, a nie bezpośrednio do usuwanego obiektu).



Automatyczne usuwanie przy zapisie pliku jest akceptowalne, ponieważ zazwyczaj nie zwracasz uwagi na usuwane dane. Jeżeli jednak chciałbyś przyspieszyć ten proces, użyj przycisku **Purge** z nagłówka okna **Outliner** w trybie **Orphan Data** (por. Rysunek 16.1.10).

Czasami „odłączony” materiał lub obraz nie pojawia się wśród „osieroconych” danych. Przyczyna nie jest oczywista, nawet dla średnio zaawansowanych użytkowników Blendera: są „używane” przez któreś z okien (edytor)! W przypadku materiałów, może to być **Shader Editor**, w przypadku obrazów – **Image Editor** lub **UV Editor**. Okazuje się, że gdy otwierasz obraz w takim oknie, Blender zwiększa licznik referencji tego bloku danych. Nawet gdy w tym obszarze zmienisz edytor na inny – na przykład okno 3D – Blender przechowuje niewidoczny edytor obrazu „pod ekranem”, gotowy do powtórnego wyświetlenia. Ta instancja edytora zostanie usunięta tylko gdy scalisz ten obszar ekranu z innym obszarem. W praktyce, gdy chcesz usunąć jeden spośród wielu obrazów, możesz mieć problem ze znalezieniem takiego zapomnianego edytora, który wciąż „trzyma” ten blok danych. Może być ukryty w jakiejś dawno zapomnianej zakładce (**workspace**).

Istnieje prostsza metoda na bezwzględne usunięcie bloku danych. Załaduj go do nowego edytora i kliknij w ikonę „odłącz” (X) trzymając wciśnięty klawisz **Shift**. Rysunek 16.1.10 pokazuje to na przykładzie obrazu:



Rysunek 16.1.10 Wymuszenie bezwzględnego usunięcia bloku danych

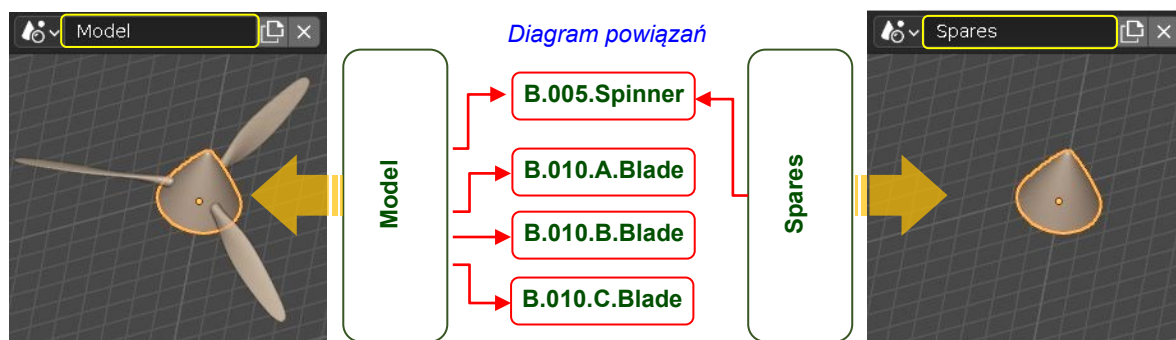
Kiedy klikniesz ikonę „odłącz” tylko samym **LPM** – Blender usuwa blok danych z edytora i zmniejsza jego licznik referencji o 1. Jednak kiedy użyjesz kombinacji **Shift-LPM**, program resetuje licznik referencji do 0. Powoduje to natychmiastowe umieszczenie takiego obrazu wśród „osieroconych” danych.



Ikona „odłącz” nie jest dostępna w polach z zakładki **Properties: Object Data** (por. Rysunek 16.1.4).

* * *

Jak wspomniałem wcześniej, obiekty to także bloki danych. Są przypisywane do **scen** (Rysunek 16.1.11):



Rysunek 16.1.11 Przykład dwóch scen

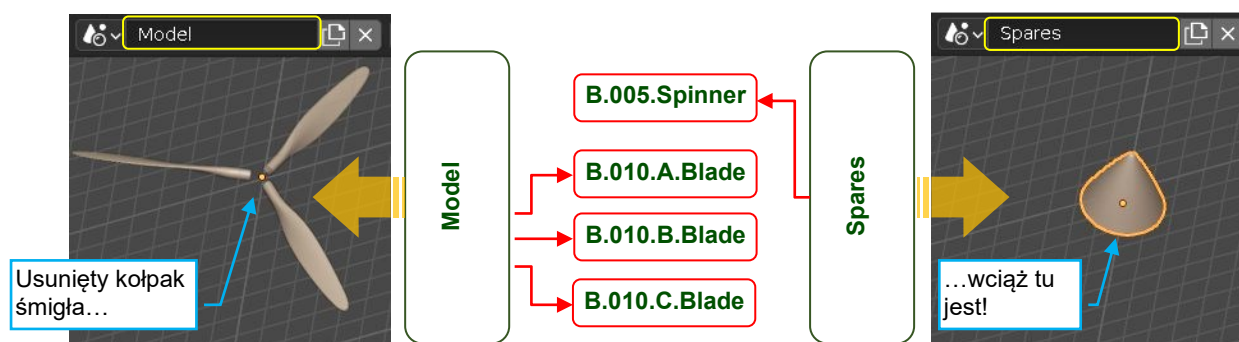
Na ilustracji powyżej scena **Model** zawiera kompletne śmigło, a scena **Spares** zawiera sam kołpak śmigła.

Scena może zawierać wiele obiektów. Scena **Model** (Rysunek 16.1.11) jest sceną **Scene** z domyślnego szablonu Blendera, której zmieniłem nazwę. Dodatkowo stworzyłem (por. str. 453) nową, pustą scenę o nazwie **Spares**. Umieściłem tam kołpak śmigła¹. Na diagramie powiązań (Rysunek 16.1.11) widzisz, że ten obiekt **B.005.Spinner** otrzymał dodatkowe powiązanie. To zwiększyło jego licznik referencji. Od tej chwili, nawet jeżeli usunę ten obiekt ze sceny **Model**, to będzie nadal w **Spares**. Będę zawsze w stanie go stamtąd przywrócić. W ten sposób możesz używać tę drugą scenę jako pomocniczy „skład”. Może tu trzymać różne pomocnicze obiekty, które chciałbyś zachować „na wszelki wypadek”, aby nie zagrazać sceny głównej.



Sceny Blendera zawierają tylko referencje (linki) do bloków danych obiektów. Dlatego w każdej z nich te obiekty mają takie same własności (położenie, obrót, skalę, materiały ...).

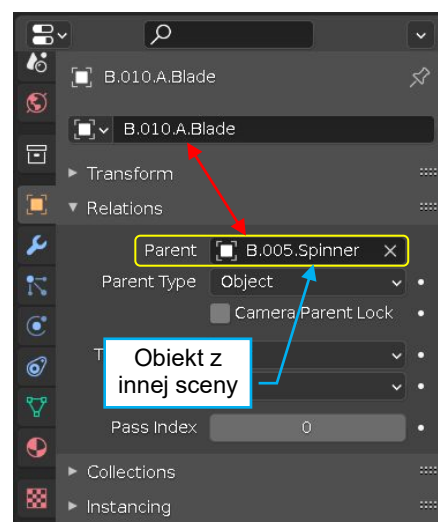
Technicznie, gdy usunięcie obiektu oznacza jego „odpięcie” od bieżącej sceny. Rysunek 16.1.12 pokazuje strukturę pliku po usunięciu kołpaka śmigła (**B.005.Spinner**) ze sceny **Model**. To zmniejszyło licznik referencji **B.005.Spinner** o 1. Gdyby był użyty tylko w tej scenie – Blender wyeliminowałby go podczas najbliższego zapisywania pliku. Lecz to nie nastąpiło, ponieważ B.005.Spinner jest wciąż obecny w drugiej scenie, więc jego licznik referencji jest wciąż większy od 0:



Rysunek 16.1.12 Struktura pliku po usunięciu B.005.Spinner ze sceny Model

Zwróć uwagę, że pomimo usunięcia ze sceny **Model**, to we właściwościach łopaty śmigła **B.005.Spinner** nadal figuruje jako „rodzic” (obiekt nadrzędny). Blender nadal wyświetla jego nazwę w zakładce **Properties: Object** (Rysunek 16.1.13). Ta powiązanie nadal istnieje – obrót kołpaka w scenie **Spares** obraca jego łopaty w scenie **Model**. Wydaje się, że relacja **parent/child** nie zwiększa licznika referencji w żadnym bloku danych.

Możesz także używać sceny do przechowywania różnych wersji modelu samolotu (po jednej na każdą scenę) w pojedynczym pliku projektu (*.blend). W takim scenariuszu, części wspólne dla wszystkich wariantów mogą być współdzielone pomiędzy tymi scenami. Obiekty specyficzne dla danej wersji znajdowałyby się tylko w jednej z tych scen. W praktyce taka organizacja wymaga nieco samodyscypliny w utrzymywaniu dopasowania wszystkich tych zależnych od wariantu detali do podzespołów współdzielonych pomiędzy scenami.



Rysunek 16.1.13 „Rodzic” łopaty śmigła (scena Model)

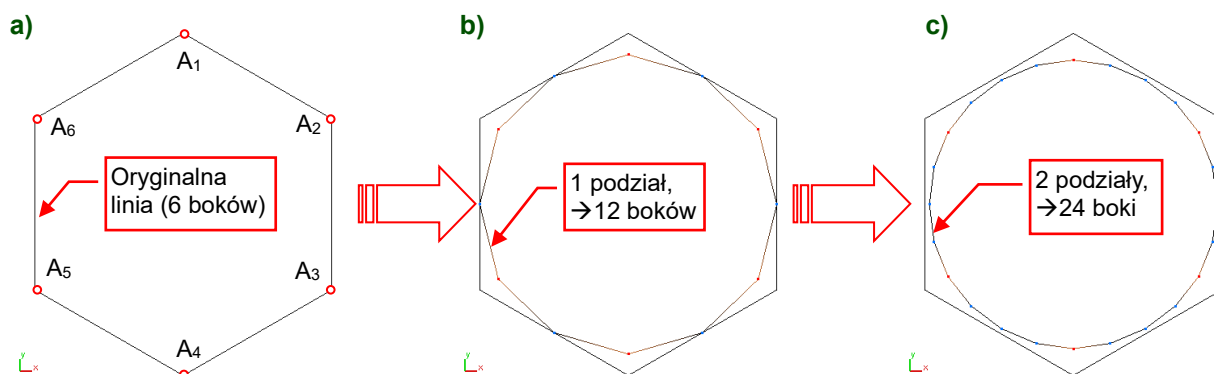
¹ Poleceniem **Object → Link/Transfer Data → Link Objects to Scene**

16.2 Powierzchnie podziałowe (modyfikator *Subdivision Surface*)

Powierzchnie podziałowe zostały wprowadzone do grafiki komputerowej pod koniec 20 wieku przez studio animacji Pixar. Postacie w ich pierwszym filmie („Toy Story”, 1995) były zamodelowane za pomocą powierzchni NURBS. To był standardowy model matematyczny systemów CAD/CAM od lat 70. Przy okazji animacji kształtów organicznych okazało się, że te powierzchnie „prują się wzdłuż szwów” elementarnych „płatków” NURBS. Jeden z twórców Pixar, Ed Catmull, zaproponował jako rozwiązanie powierzchnie dzielone wg schematu, który opracował z Jimem Clarkiem dwadzieścia lat wcześniej (w 1978r). Ich implementację opracował Tony DeRose. Zostały z sukcesem zastosowane w „Toy Story 2”. Powierzchnie Catmull-Clarka stały się standardem w programach do animacji i wizualizacji. Powierzchnie NURBS potrafią „wygładzić” tylko czworokąty, podczas gdy powierzchnie podziałowe nie mają takich ograniczeń. Z drugiej strony, NURBS reprezentują analityczne wzory, podczas gdy powierzchnie podziałowe są zawsze tylko przybliżeniem. Do celów wizualizacji, powierzchnie Catmull-Clarka są „wygodniejsze” od NURBS, nawet w przypadku takich obiektów jak samoloty czy statki¹.

Nim opowiem o powierzchniach podziałowych, zacznijmy od przypadku prostszego – linii (krzywej) podziałowej. Linia taka powstaje w Blenderze wówczas, gdy zastosujesz modyfikator *Subdivision Surface* (określany także skrótem *Subdivision*) do siatki, składającej się tylko z jednego rzędu wierzchołków. *Subdivision* w pojedynczym kroku dzieli każdą krawędź oryginalnego wieloboku na dwie, tworząc nową, bardziej „gładką” linię.

Rysunek 16.2.1 pokazuje przykład podwójnego podziału. Sześciokąt (Rysunek 16.2.1a) jest linią przed wygładzeniem. Będę go określał dalej jako **wielobok oryginalny**. Każda zmiana położenia któregośkolwiek z jego wierzchołków ($A_1..A_6$) zmieni kształt wyznaczonej linii podziałowej. Z tego powodu wielobok oryginalny jest także nazywany **wielobokiem sterującym** (ang. *control polygon*). Punkty $A_1..A_6$ to **punkty sterujące**.



Rysunek 16.2.1 Linie podziałowe sześciokąta – wyjściowa i po kolejnych podziałach

Każda kolejna linia podziałowa to wielobok, który ma dwa razy więcej wierzchołków niż ten, z którego powstał. Rysunek 16.2.1b) przedstawia rezultat pierwszego podziału sześciokąta. (W Blenderze, w ustawieniach modyfikatora *Subdivision Surface*, odpowiada to wartości *Levels* = 1). Jest to regularny wielobok, o dwunastu wierzchołkach. Rysunek 16.2.1c) przedstawia rezultat kolejnego podziału, tym razem dwunastoboku z rysunku b). (W ustawieniach modyfikatora *Subdivision Surface*, odpowiada to wartości *Levels* = 2). Jest to obrys o 24 wierzchołkach, bardzo zbliżony do okręgu!



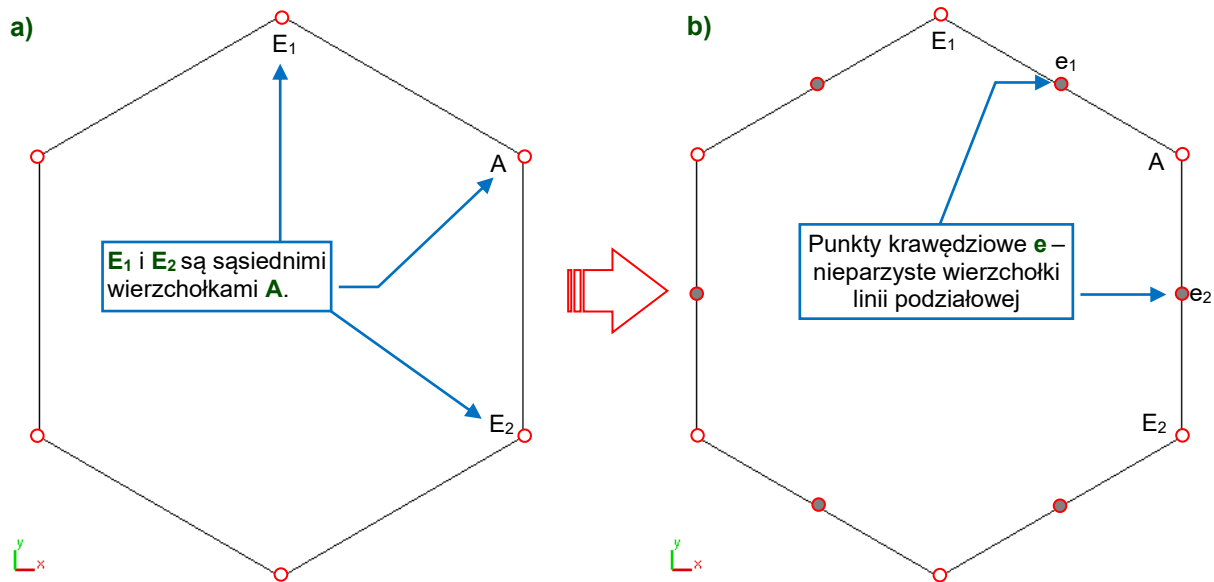
Krzywa, którą stałaby się linia podziałowa w wyniku nieskończonej liczby podziałów, nazwijmy krzywą **ostateczną**. Zazwyczaj już po dwóch – trzech podziałach oryginalnego wieloboku, linie podziałowe osiągają kształt niewiele różniący się od ostatecznego. Dzięki tej właściwości, w wyniku niewielkiej liczby obliczeń można uzyskać jego dobre przybliżenie. To duża zaleta tego modelu matematycznego.

¹ Programy wykorzystujące powierzchnie NURBS lepiej się nadają do modelowania złożonych części maszyn, jak np. odlew korpusu silnika. Są wyjątkowo dobre w odtwarzaniu przecinających się zaokrąglonych krawędzi, jakich jest pełno w odlwach. Jednak „biegłość” w tym zakresie nie wynika wprost z modelu matematycznego. Ta logika była przez 40 lat „szlifowana” przez programistów systemów CAD.

Rysunek 16.2.2 przedstawia reguły wyznaczania wierzchołków krzywych podziałowych. Przedstawiam je na przykładzie sześciokąta.

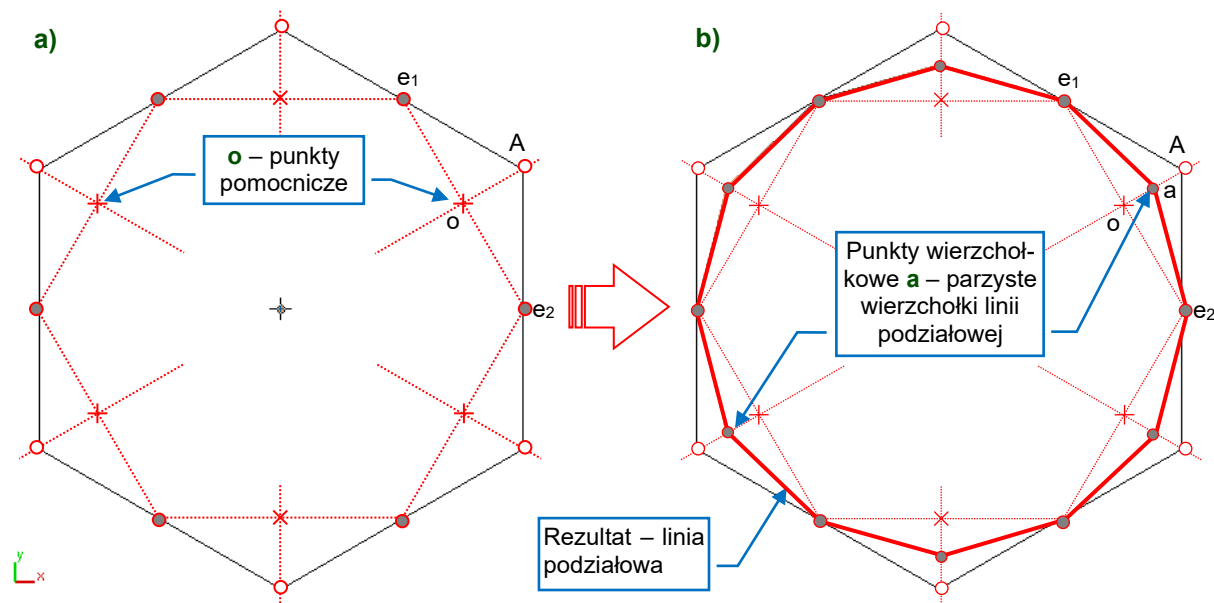
Jednym z jego wierzchołków jest **A** (Rysunek 16.2.2a). Sąsiednie wierzchołki to **E₁** i **E₂**. Te trzy wierzchołki tworzą podstawowy segment do podziału. Taki segment powtarzamy dla każdego wierzchołka sześciokąta.

Co drugi wierzchołek linii podziałowej leży w środku boku oryginalnego wieloboku. Rysunek 16.2.2b) pokazuje sześć wierzchołków takich wierzchołków. Nazwijmy je **krawędziowymi**, bo leżą na krawędziach dzielonej linii. Wśród nich są punkty **e₁**, **e₂**, związane z wierzchołkiem **A**.



Rysunek 16.2.2 Wyznaczenie wierzchołków **e** – "krawędziowych" punktów linii podziałowej

Aby znaleźć pozostałe wierzchołki linii podziałowej, wyznacz najpierw pomocnicze punkty **o_k**, leżące w połowie pomocniczego odcinka $[e_k \text{ i } e_{k+1}]$. Rysunek 16.2.3a) pokazuje jeden oznaczony jako **o**, umieszczony w połowie odcinka $[e_1 \text{ e}_2]$. Pozostałe sześć punktów linii podziałowej – **a**, nazywanych **wierzchołkowymi** – leży w połowie odpowiednich odcinków $[A \text{ o}]$ (Rysunek 16.2.3b). Łącząc wierzchołki **a** i **e** uzyskamy linię podziałową:

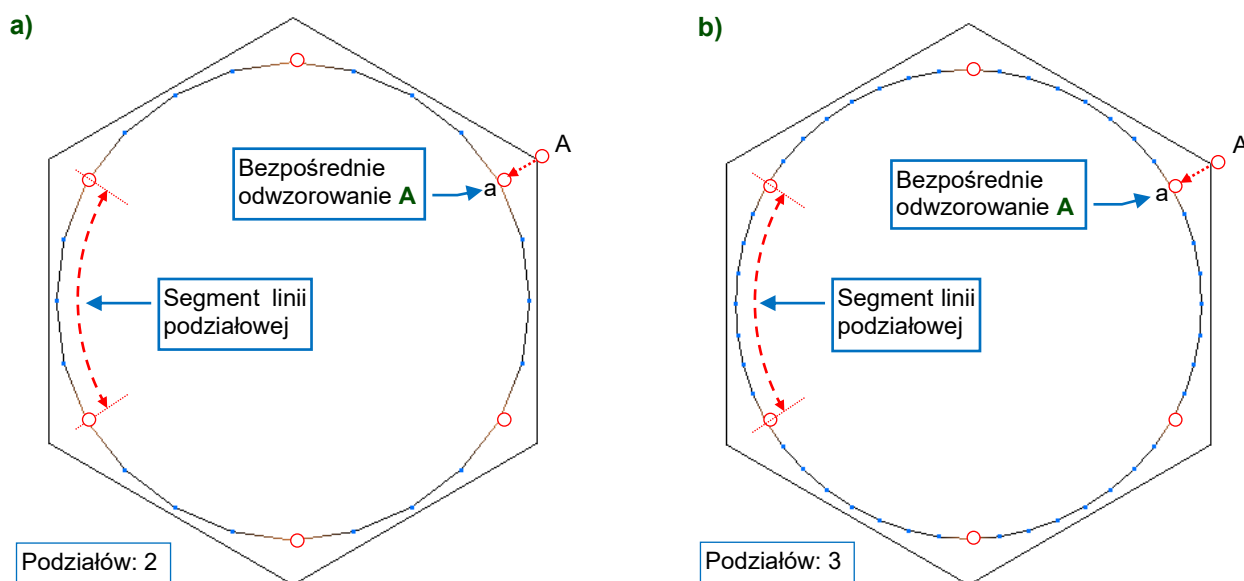


Rysunek 16.2.3 Wyznaczenie wierzchołków **a** – "wierzchołkowych" punktów linii podziałowej

Rysunek 16.2.3b) pokazuje, że z wierzchołka **A** oryginalnej siatki powstały:

- punkty krawędziowe **e₁** i **e₂** (współdzielone z rezultatami podziału sąsiednich wierzchołków);
- punkt wierzchołkowy **a**, który reprezentuje „ślad” oryginalnego wierzchołka **A** na nowym wieloboku.

W każdym kolejnym podziale można wskazać taki punkt wierzchołkowy **a**, który jest bezpośrednim odwzorowaniem oryginalnego wierzchołka wieloboku sterującego **A** (Rysunek 16.2.4):



Rysunek 16.2.4 Segmenty linii podziałowej dla różnych poziomów podziału

Te **bezpośrednie odwzorowania** punktów **A** pozwalają wyróżnić na linii podziałowej tyle **segmentów**, ile boków ma wielobok sterujący (Rysunek 16.2.4).

Rysunek 16.2.2 i Rysunek 16.2.3 podały "wykreślną" metodę wyznaczenia nowej linii podziałowej. Komputery nie jest jednak maszyną "geometryczną", tylko "algebraiczną". Jego procesor oblicza linie i powierzchnie podziałowe w oparciu o współrzędne wierzchołków wieloboku sterującego. W porównaniu z innymi krzywymi stosowanymi w grafice komputerowej (*Beziera*, *B-sklejanymi*), wzory te są bardzo proste. Sądzę, że pozwalają dostrzec zależności linii podziałowej od wieloboku sterującego, które nie są oczywiste w metodzie "wykreślniej":

$$e_1 = \frac{1}{2}(E_1 + A); \quad e_2 = \frac{1}{2}(A + E_2) \quad (\text{por. Rysunek 16.2.2})$$

Wyr. 16-1 Współrzędne punktów krawędziowych¹

$$a = \frac{1}{8}E_1 + \frac{6}{8}A + \frac{1}{8}E_2 \quad (\text{por. Rysunek 16.2.3})$$

Wyr. 16-2 Współrzędne punktów wierzchołkowych

Matematycy dowiedli, że krzywa ostateczna, do której zbiegają linie podziałowe opisane Wyr. 16-1 i Wyr. 16-2, to tzw. jednorodna linia B-sklejana (**uniform B-spline** – **UBS**), trzeciego stopnia (**cubic**). Oznacza to tyle, że linie podziałowe są dobrym przybliżeniem tej odmiany krzywych NURBS² – modelu matematycznego stosowanych od lat w systemach CAD/CAM oraz w projektowaniu przemysłowym.

¹ Wszystkie wyrażenia w tej sekcji tekstu operują na zapisie wektorowym. Symbole, które w nich występują, to w istocie wektory trzech współrzędnych: $\{x, y, z\}$. Stąd np. wzór na e_1 z Wyr. 16-1 może być zapisany jako układ trzech niezależnych równań, dla każdej współrzędnej oddzielnie:

$$x_e = \frac{1}{2}(x_E + x_A); \quad y_e = \frac{1}{2}(y_E + y_A); \quad z_e = \frac{1}{2}(z_E + z_A);$$

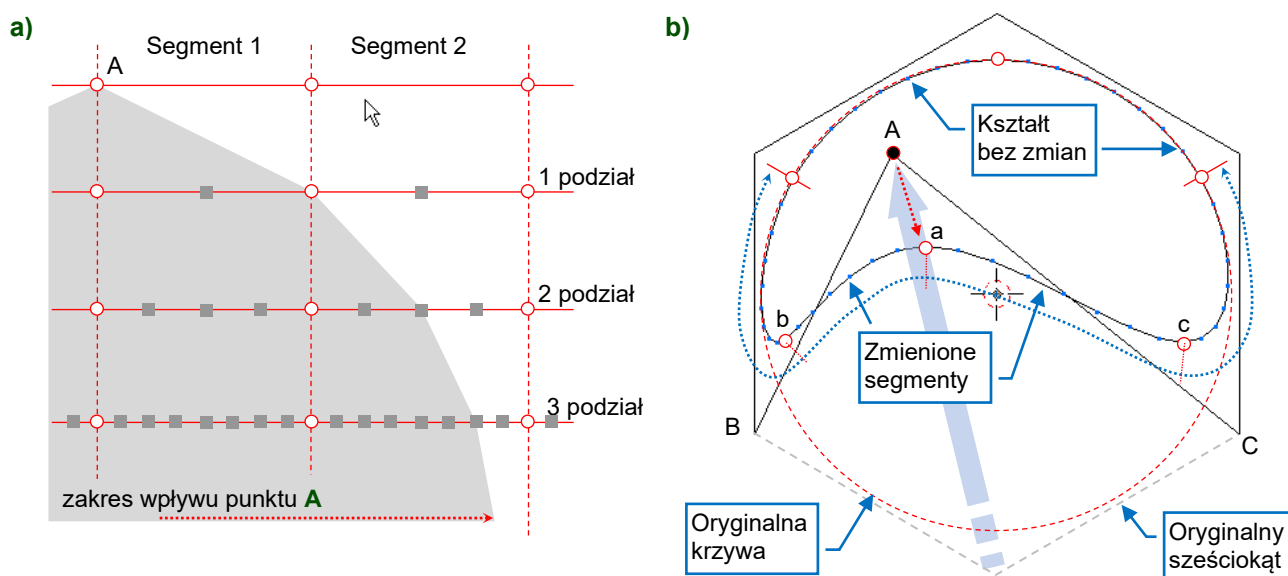
gdzie $e_1 = \{x_e, y_e, z_e\}$, $E_1 = \{x_E, y_E, z_E\}$, $A = \{x_A, y_A, z_A\}$;

² Dokładniej: NURBS oznacza **"Non-Uniform, Rational B-Spline"** – "niejednorodna, ułamkowa krzywa B-sklejana". Jest to szeroka rodzina różnorodnych linii. Wśród nich są także "jednorodne krzywe B-sklejane" (oznaczane czasami jako **UBS**). W matematyce rzeczy „jednorodne” są specjalnym przypadkiem rzeczy „niejednorodnych”. Tak więc ostatecznym kształtem, do jakiego dąży każda linia podziałowa, jest krzywa UBS, której punktami sterującymi są wierzchołki oryginalnego wieloboku linii podziałowej.

Linie podziałowe zachowują właściwości NURBS, m.in. :

- ciągłość promienia krzywizny wzdłuż całej linii (dzięki temu krzywa wydaje się być bardziej "płynna" od np. połączenia kilku łuków);
- sterowanie kształtem linii za pomocą wierzchołków oryginalnego wieloboku (punktów sterujących);
- "lokalność" zmian: przesunięcie pojedynczego punktu sterującego wywołuje zmianę kształtu linii podziałowej tylko w pobliżu tego punktu.

Ta ostatnia z wyliczonych właściwości – ograniczony zasięg wpływu punktu sterującego na kształt krzywej – bardzo się przydaje w praktyce. Ale co to właściwie znaczy "w pobliżu punktu sterującego"? Otóż z Wyr. 16-1 i Wyr. 16-2 wynika, że położenie każdego wierzchołka linii podziałowej zależy od (co najwyżej) trzech sąsiednich punktów sterujących (E_1 , A , E_2). Ta reguła dotyczy pojedynczego podziału. A gdzie się kończy wpływ punktu A na krzywą podziałową, która powstała w wyniku dwóch lub więcej podziałów? Rysunek 16.2.5a) pokazuje rozszerzanie się obszaru wpływu oryginalnego wierzchołka A na kolejne linie podziałowe. Wygląda na to, że wpływ ten nigdy nie osiągnie granicy drugiego segmentu linii:



Rysunek 16.2.5 Granica wpływu punktu sterującego na kształt krzywej

Rysunek 16.2.5b) pokazuje tę właściwość w praktyce. Przesunąłem wierzchołek A oryginalnego (regularnego) sześciokąta. W rezultacie krzywa podziałowa (2 podziały) zmieniła swój kształt z "prawie idealnego okręgu" (por. Rysunek 16.2.4b) na coś mniej regularnego. Przyjrzyj się temu kształtowi dokładnie. Punkt a jest bezpośrednim odwzorowaniem A na wynikowej krzywej. Zmianie uległ kształt tylko 4 segmentów najbliższych wierzchołkowi A (po dwa z każdej strony). Segmenty bardziej oddalone (mierząc wzdłuż krzywej) są bez zmian!



Wpływ każdego punktu sterującego na kształt linii podziałowej jest ograniczony tylko do czterech najbliższych segmentów tej linii. W przypadku pokazanym przez Rysunek 16.2.5b) przesunięcie A przesunęło bezpośrednie reprezentacje najbliższych wierzchołków: B and C . Pozostałe są bez zmian.

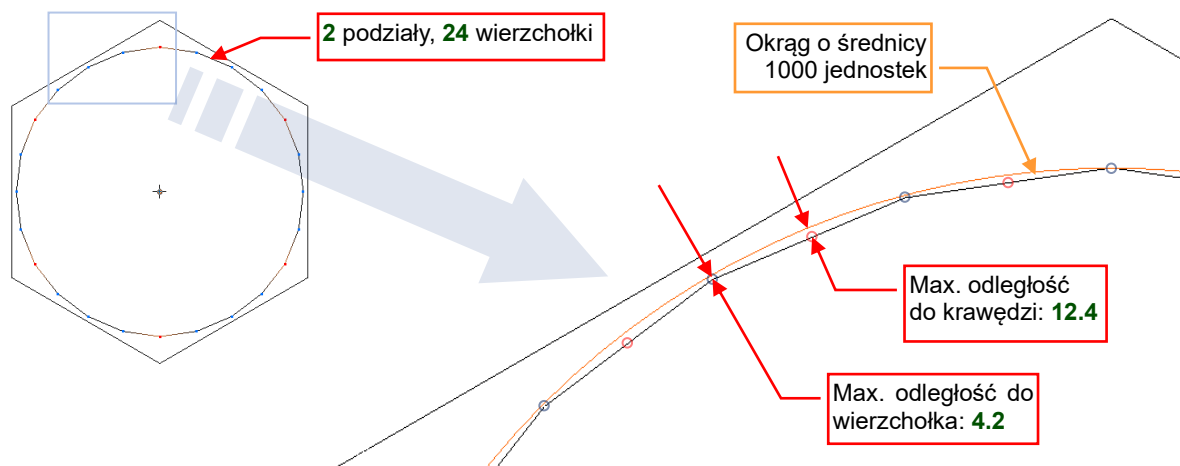
* * *

Podczas modelowania różnorodnych konstrukcji mechanicznych trzeba tworzyć różne okrągłe elementy lub otwory. Im mniej punktów ma ich wielobok sterujący, tym lepiej (szybszy rendering, mniej pracy z modelowaniem). Z drugiej strony rezultat podziału powinien być jak najbardziej zbliżony do okręgu. Warto więc sprawdzić, na ile dokładne "koło" można uzyskać z podziału jakiejś figury o niewielkiej liczbie boków, np. sześciokąta.

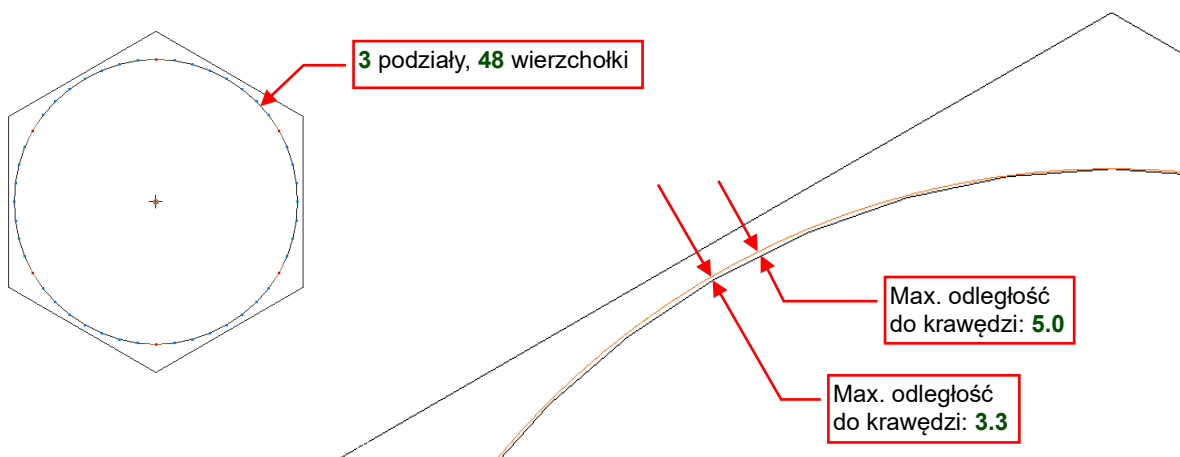
Aby sprawdzić odchylenia od regularnego kształtu, porównamy kształt kilku linii podziałowych, wpisanych w okrąg o promieniu 1000 jednostek. Zmierzymy dwa rodzaje różnic:

- max. odległość wierzchołka linii podziałowej do okręgu (idealnie – powinna być =0);
- max. odległość pomiędzy środkiem boku linii podziałowej a konturem idealnego okręgu (zależy od liczby wierzchołków linii);

Rysunek 16.2.6 i Rysunek 16.2.7 pokazują wartości odchyień dla podziału sześciokąta:



Rysunek 16.2.6 Odchylenie od okręgu dwukrotnego podziału sześciokąta

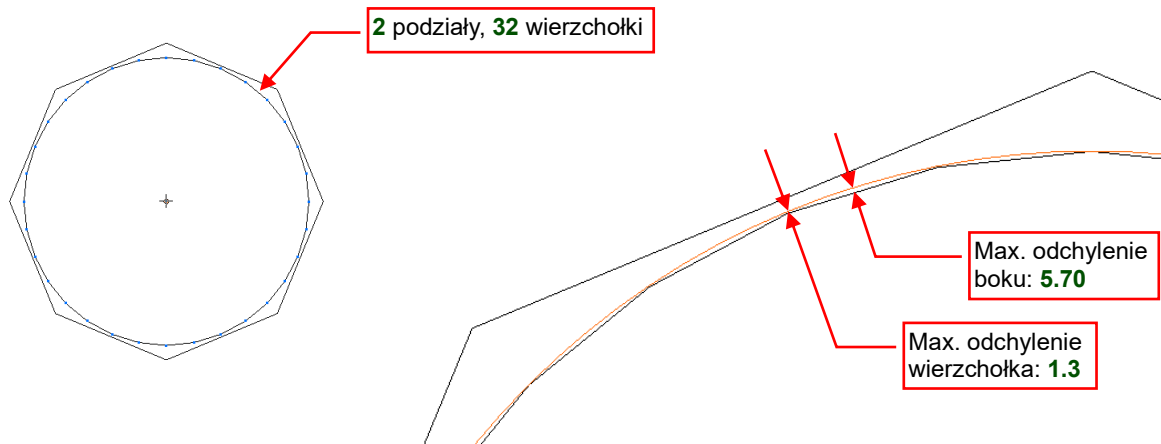


Rysunek 16.2.7 Odchylenie od okręgu trzykrotnego podziału sześciokąta

Linia podziałowa regularnego wielokąta jest nieco spłaszczona w środku każdego segmentu. Stąd w tym miejscu występują największe odchylenia (p. Rysunek 16.2.6 i Rysunek 16.2.7). Należy zdawać sobie sprawę, że odsunięcie wierzchołka linii podziałowej od okręgu wynika wyłącznie z różnicy kształtu krzywej ostatecznej. Drugie odchylenie, które mierzyliśmy – odległość środka boku od okręgu – zależy także od liczby wierzchołków linii podziałowej. Będzie zawsze większe od odchylenia wierzchołka. (Im linia ma więcej wierzchołków, tym jest mniej "graniasta"). Błąd położenia wierzchołków przy zwiększeniu poziomu podziału sześciokąta z 2 (Rysunek 16.2.6) do 3 (Rysunek 16.2.7) zmniejszył się tylko o kilkanaście procent (z 0.42% do 0.33%). W związku jednak z dwukrotnym wzrostem liczby boków, trzykrotny podział sześciokąta ma dwukrotnie mniejsze odchylenie ściany (1.2% dla podziału dwukrotnego, 0.5% dla trzykrotnego).

Czy trzykrotny podział sześciokąta jest dobrym kandydatem na siatkę okręgu? Niestety nie: w praktyce naszego modelowania nie stosujemy trzykrotnych powierzchni podziałowych. Mają zbyt wiele ścian, a kształt, który uzyskamy, jest tylko o 30% bliższy do okręgu od podziału dwukrotnego. Podział dwukrotny sześciokąta, z poziomem odchyień w granicy 1.2%, jest dobry do modelowania małych elementów. Może to być wyposażenie kabiny, drobne otwory, różnego rodzaju rury.

Aby dokładnie zamodelować większe okręgi – o średnicy 5-20" (12-50cm) – potrzebne jest max. odchylenie rzędu 0.6%. Powinna je posiadać jakaś dwukrotna linia podziałowa. Cóż, skoro sześciokąt nie spełnił naszych oczekiwań, sprawdźmy dwukrotny podział ośmiokąta (Rysunek 16.2.8):



Rysunek 16.2.8 Odchylenie od okręgu dwukrotnego podziału ośmiokąta

Wygląda na to, że dwukrotny podział ośmiokąta jest zadowalająco dobrym przybliżeniem okręgu. Odchylenia wierzchołków są na poziomie 0.13%, a odchylenie boku też leży w zakresie tolerancji: 0.57%.

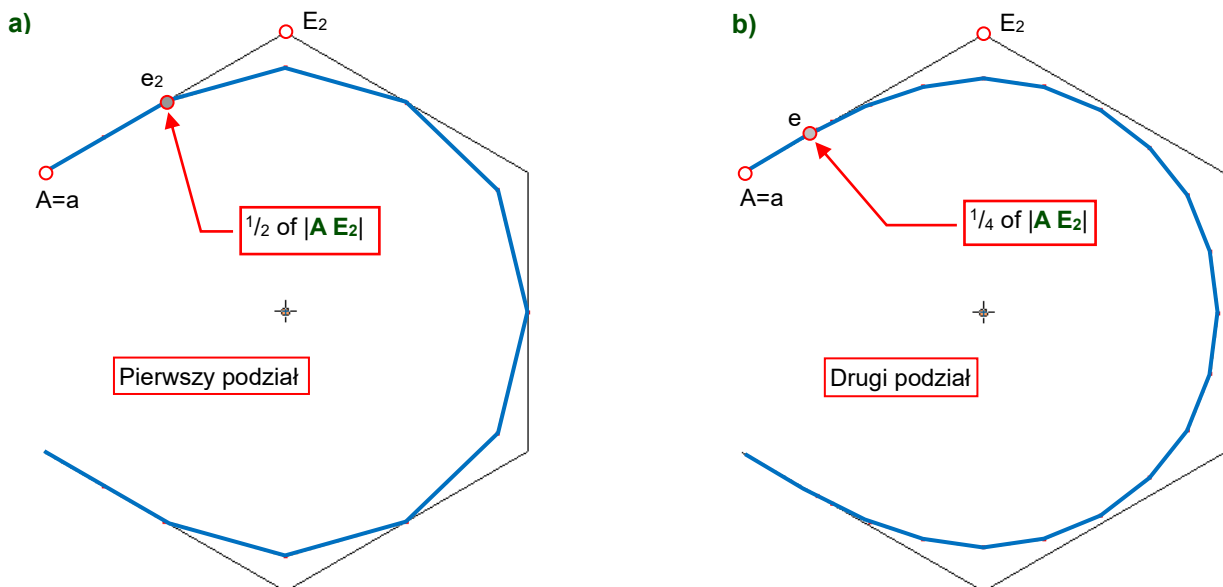


Do zamodelowania mniejszych okręgów wystarczy użyć dwukrotnego podziału sześciokąta (max. odchylenie kształtu rzędu 1.2%). Do większych okręgów lepiej użyć dwukrotnego podziału ośmiokąta (max. odchylenie kształtu rzędu 0.57%).

* * *

Do tej pory zajmowaliśmy się wyłącznie krzywymi podziałowymi na bazie konturu zamkniętego. To dlatego, że większość linii podziałowych, które napotkasz w Blenderze, to krzywe zamknięte. (Linia podziałową jest kraniec każdej powierzchni podziałowej, a granica każdej powierzchni musi być obrysem zamkniętym).

Rysunek 16.2.9 demonstruje zasady podziału na otwartych końcach oryginalnego wieloboku:



Rysunek 16.2.9 Linia podziałowa dla obrysu otwartego – wyznaczanie punktów końcowych

Dla końca otwartego wieloboku sterującego **A** nie można wyznaczyć punktu wierzchołkowego **a** według Wyr. 16-2 (str. 634) ponieważ z lewej brakuje punktu **E₁** (por. Rysunek 16.2.9a) i Rysunek 16.2.3). Dla takiego przypadku implementacja krzywych podziałowych w Blenderze zakłada, że:

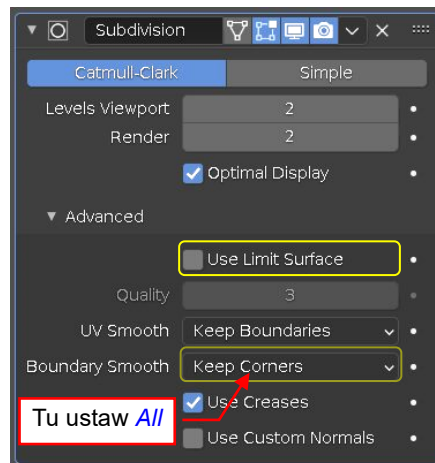
$$a = A$$

Wyr. 16-3 Współrzędne końca linii podziałowej (ostatni punkt wierzchołkowy)

Z każdym kolejnym podziałem koniec linii podziałowej będzie się „trzymał” końca oryginalnej linii. Ostatni segment linii podziałowej zawsze leży na ostatniej krawędzi oryginalnego wieloboku. Po każdym podziale staje się tylko coraz krótszy. Rysunek 16.2.9b) pokazuje, że po drugim podziale punkt krawędziowy **e** leży na $\frac{1}{4}$ oryginalnego boku **|A E₂|**.

Uwaga praktyczna: aby uzyskać w Blenderze takie same krzywe jak na ilustracjach, wyłącz opcję **Use Limit Surface** w sekcji **Advanced** ustawień modyfikatora **Subdivision** (Rysunek 16.2.10). W ten sposób uzyskasz „surowe” linie podziałowe wzdłuż brzegów powierzchni.

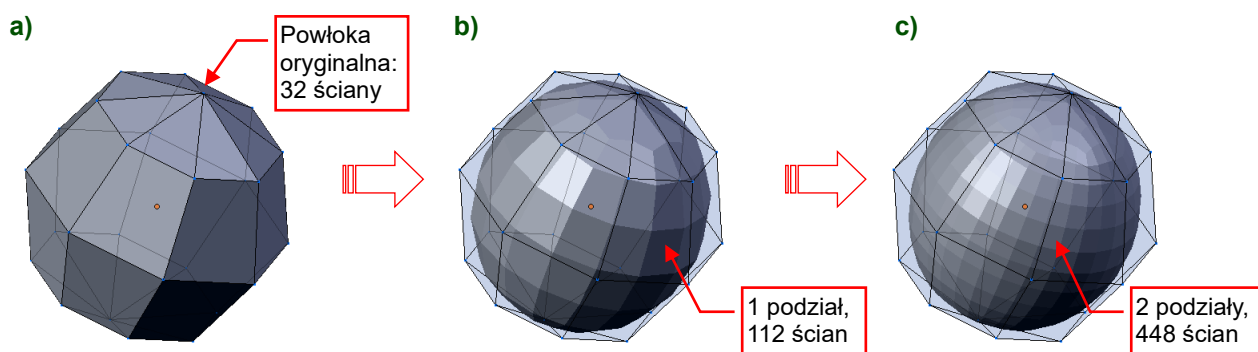
Do obsługi powierzchni podziałowych Blenderze używa bibliotekę **Open Subdiv** ze studia Pixar. Jej formuły wykorzystują ulepszone wersje formuł podanych w tej sekcji. Przełącznik **Use Limit Surface**, domyślnie włączony, umieszcza wierzchołki rezultatu na ostatecznej powierzchni podziałowej. Dla pojedynczego wieloboku Blender zawsze używa ostatecznej krzywej, bez względu na ten przełącznik. Oznacza to, że dla każdego poziomu podziału, punkty wierzchołkowe (por. Rysunek 16.2.6 - Rysunek 16.2.8) są zawsze w tym samym miejscu, najbliższym idealnego okręgu. (Odchylenie tych wierzchołków dla ośmiokąta to 0.11%). Nadal jednak zwiększenie liczby podziałów zmniejsza odległości boków, jak na str. 636-637.



Rysunek 16.2.10 Ustawienia modyfikatora **Subdivision Surface**, które odpowiadają prezentowanym w tej sekcji formułom

* * *

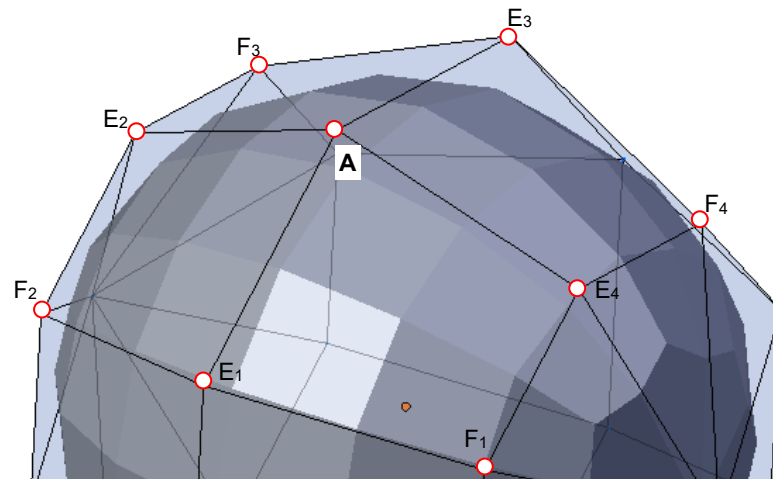
Powierzchnie podziałowe powstają w wyniku podziału oryginalnej powłoki (siatki połączonych ścian). Podczas podziału każda czworokątna ściana dzieli się na cztery nowe ściany, a trójkątna – na trzy. Rysunek 16.2.11 przedstawia przykład dwóch kolejnych podziałów:



Rysunek 16.2.11 Podział 32-ściennego "globusa"

Rysunek 16.2.11a) przedstawia oryginalną powłokę, złożoną z 32 ścian. Jej 26 wierzchołków (zbyt wiele, aby je na tej ilustracji zaznaczać) to punkty sterujące powierzchni podziałowej. Rysunek 16.2.11b) przedstawia rezultat pierwszego podziału tej siatki. Zwróć uwagę na kształt podziału ścian w okolicach "biegunów" oryginalnej powłoki. Rysunek 16.2.11c) to wynik dwukrotnego podziału. Kształt powłoki stał się już zbliżony do kształtu powierzchni **ostatecznej** (powierzchni **UBS** trzeciego stopnia). W przypadku naszego "globusa" wcale nie jest to kula, tylko elipsoida. Przekrój w płaszczyźnie równoleżnika jest okręgiem, a w płaszczyźnie południka – elipsą.

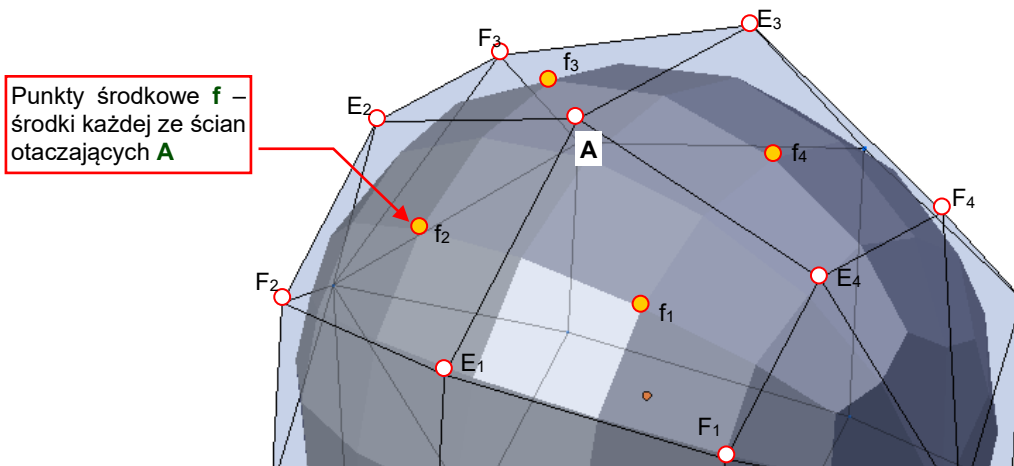
Aby przedstawić reguły schematu podziałowego Catmull-Clarka dla powierzchni, użyjemy przypadku przedstawionego przez Rysunek 16.2.12:



Rysunek 16.2.12 Punkt sterujący **A** i jego otoczenie

Wierzchołek **A** łączy kilka krawędzi. Na ilustracji – Rysunek 16.2.12 – są to cztery krawędzie, na których leżą punkty **E₁**, **E₂**, **E₃**, **E₄**. Otacza go także kilka innych punktów, z którymi nie jest bezpośrednio połączony. Są to pozostałe wierzchołki ścian, do których należy **A**. Na ilustracji oznaczyłem cztery takie punkty: **F₁**, **F₂**, **F₃**, **F₄**.

Pierwszą grupą wierzchołków powierzchni podziałowej leży w pośrodku każdej ze ścian powłoki kontrolnej. Oznaczmy je jako punkty **środkowe** (Rysunek 16.2.13):



Rysunek 16.2.13 Wyznaczanie wierzchołków **f** – środków ścian dzielonej powierzchni

Punkty środkowe można wyznaczyć wg Wyr. 16-4:

$$\text{dla ściany czworokątnej: } f_k = \frac{1}{4}(F_k + E_k + A + E_{k+1})$$

$$\text{dla ściany trójkątnej: } f_k = \frac{1}{3}(E_k + A + E_{k+1})$$

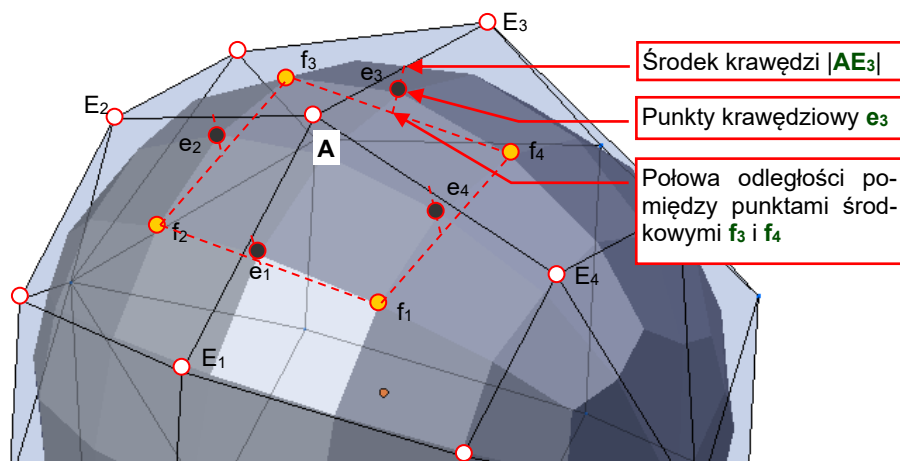
gdzie¹ **k** = 1, 2, ..., **n**; a **n** – to liczba ścian wokół wierzchołka **A**.

Wyr. 16-4 Współrzędne punktów środkowych ścian wokół wierzchołka **A**

Oczywiście, środek **f_k** można obliczyć dla ściany o dowolnej liczbie krawędzi.

¹ Wierzchołki wokół **A** ponumerowałem cyklicznie – gdy **k** = **n**, to przyjmujemy, że **k+1** = 1. Na przykład w Wyr. 16-4, przy obliczaniu **f₄**, punkt **E_{k+1}** powinien nosić oznaczenie **E₅**, podstawiamy jednak na to miejsce **E₁**.

Kolejne wierzchołki powierzchni podziałowej to punkty krawędziowe – e_k . Każdy z nich leży w połowie odległości pomiędzy środkiem odcinka $|AE_k|$, a środkiem odcinka $|f_k, f_{k+1}|$ (Rysunek 16.2.14):



Rysunek 16.2.14 Wyznaczanie wierzchołków e – punktów "krawędziowych" pow. podziałowej

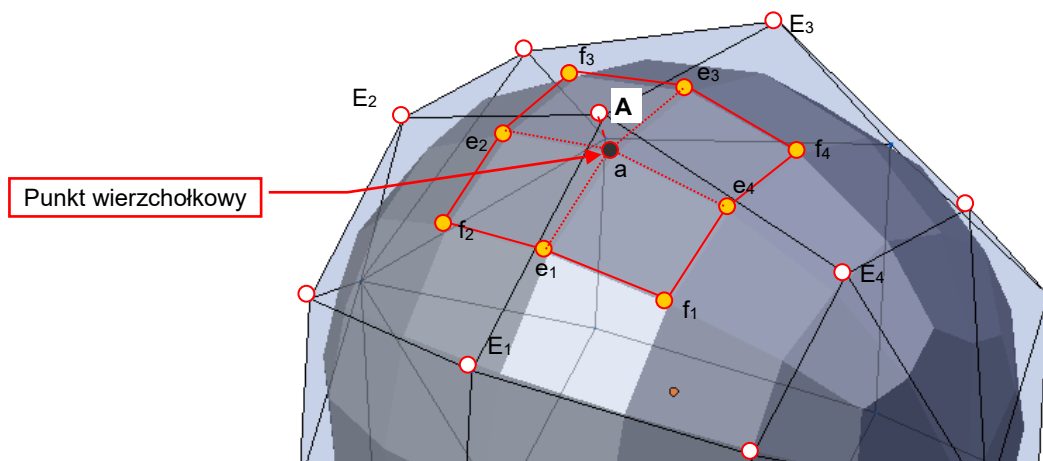
Każdy z punktów krawędziowych – e_1, e_2, e_3, e_4 – może być wyznaczony wg Wyr. 16-5:

$$e_k = \frac{1}{4}(f_k + f_{k+1} + E_k + A)$$

gdzie $k = 1, 2, \dots, n$, a n – to liczba ścian wokół wierzchołka A .

Wyr. 16-5 Współrzędne punktów krawędziowych wokół wierzchołka A

Punkty środkowe f_k i krawędziowe e_k wyznaczają zewnętrzną krawędź nowych ścian, które powstają wokół wierzchołka A (Rysunek 16.2.15). (Ta krawędź jest "współdzielona" ze ścianami podziałowymi sąsiednich wierzchołków). Do zakończenia wyznaczenia czterech ścian brakuje już tylko ostatniego punktu – a . Punkty a , tak jak w przypadku krzywych, nazywamy punktami wierzchołkowymi:



Rysunek 16.2.15 Punkt a – punkt "wierzchołkowy" pow. podziałowej

Punkt wierzchołkowy a leży zawsze pomiędzy punktem A , końcami krawędzi oryginalnej powłoki E_k , oraz punktami środkowymi f_k . Dokładną zależność pomiędzy nimi opisuje Wyr. 16-6:

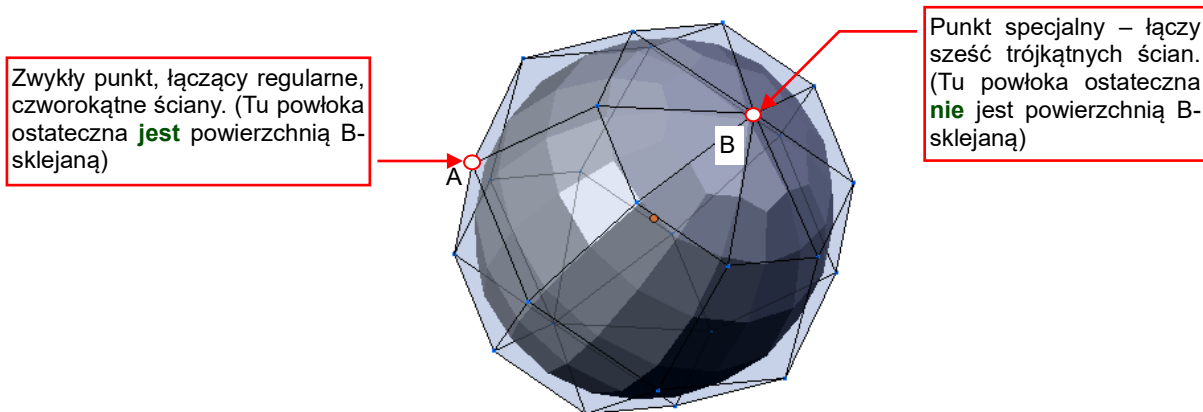
$$a = \frac{(n-2)}{n}A + \frac{1}{n^2}(E_1 + E_2 + \dots + E_n) + \frac{1}{n^2}(f_1 + f_2 + \dots + f_n)$$

gdzie n – to liczba ścian wokół wierzchołka A

Wyr. 16-6 Współrzędne punktu wierzchołkowego a – odwzorowania punktu sterującego A

Powstanie powierzchni podziałowej pokazałem na przykładzie wierzchołka łączącego cztery czworokątne ściany. Dla tak zbudowanych powierzchni sterujących, powłoka ostateczna, do której zbiegają kolejne podziały Catmull-Clarka, jest jednorodną powierzchnią B-sklejaną, trzeciego stopnia („sześcienną”)¹.

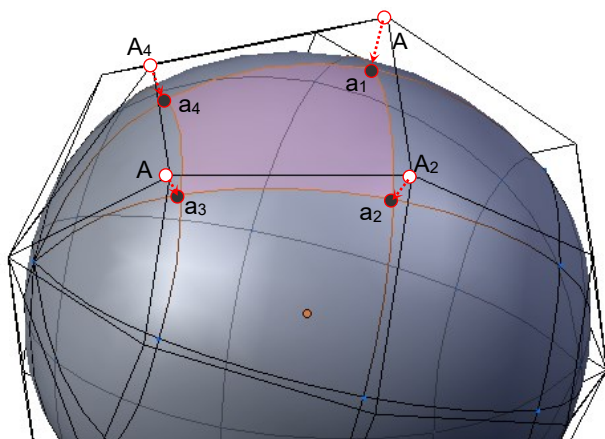
W odróżnieniu od powierzchni NURBS, powierzchnie podziałowe potrafią utworzyć gładką powłokę z dowolnej kombinacji ścian, z których każda może mieć inną liczbę boków². Przykładem takiej topologicznie różnorodnej siatki jest nasz „globus”. Oprócz ścian czworokątnych, wokół „biegunów” występują tam także trójkąty (Rysunek 16.2.16). Wierzchołki „biegunów” łączą więcej niż cztery krawędzie. W okolicach takich punktów powierzchnia ostateczna nie jest powłoką B-sklejaną, i ciągłość promienia jej krzywizny może być zaburzona. Na pewno jednak powierzchnie podziałowe pozostają „gładkie”. Nawet wokół wierzchołków „specjalnych” zachowują przynajmniej ciągłość stycznych do powierzchni.



Rysunek 16.2.16 Zwykłe i "specjalne" wierzchołki powłoki sterującej

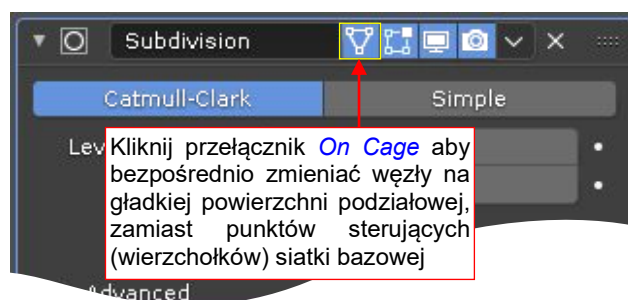
Wyrażenia opisujące powierzchnie podziałowe (Wyr. 16-4, Wyr. 16-5, Wyr. 16-6) są podane w sposób ogólny, dla dowolnej liczby ścian wokół wierzchołka oryginalnej powłoki. Używając ich, można także wyznaczyć wierzchołki siatki wokół takich "specjalnych" wierzchołków jak punkt **B** (Rysunek 16.2.16).

Na każdej powłoce podziałowej Catmull-Clarka można wskazać krawędzie i segmenty, stanowiące bezpośrednie odwzorowanie ("ślad") krawędzi powłoki sterującej (Rysunek 16.2.17):



Rysunek 16.2.17 Segment powierzchni podziałowej

Panel modyfikatora *Subdivision* w *Properties:Modifiers*



Rysunek 16.2.18 Przełączanie się w tryb bezpośredniego odwzorowania powierzchni podziałowej

¹ Jest to więc jeden z rodzajów powierzchni NURBS.

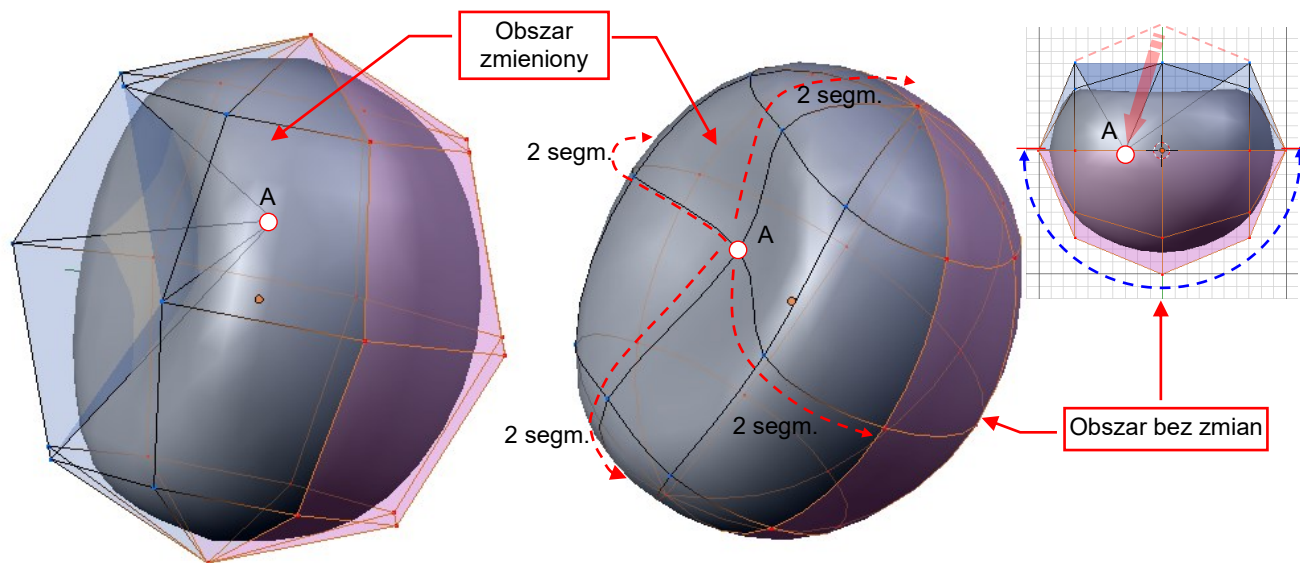
² Tego powierzchnie B-sklejane, nawet tak "elastyczne" jak NURBS, nie są w stanie obsłużyć. Powłoki NURBS są powłokami parametrycznymi, przez co wymagają siatek punktów sterujących, w których wszystkie ściany mają taką samą liczbę boków. Skomplikowane, rzeczywiste kształty są więc "szyte" z czworokątnych lub trójkątnych "płatków" powierzchni (*patches*). I właśnie te "szywy" były horrorem programistów CAD/CAM w latach 80. i 90. XXw. W dodatku "pękały" podczas animacji.

Fragment powierzchni podziałowej ograniczony "ślądami" krawędzi powłoki sterującej nazwiemy **segmentem**. Każda powłoka podziałowa ma tyle segmentów, ile ścian ma jej powierzchnia sterująca. (Jest to analogia do segmentów krzywych podziałowych – p. str. 634).



W Blenderze, podczas edycji siatki, możesz się swobodnie przełączać pomiędzy ścianami powłoki sterującej i jej segmentami. Służy do tego niepozorny przełącznik **On Cage** w panelu modyfikatora **Subdivision Surface** (Rysunek 16.2.18).

Zakres wpływu pojedynczego punktu sterującego na kształt powierzchni podziałowej jest ograniczony. Zmiany nigdy nie przekroczą obszaru sąsiednich 4 x 4 segmentów. Oznacza to po dwa segmenty w każdą stronę, licząc od odwzorowania zmienionego wierzchołka (Rysunek 16.2.19):

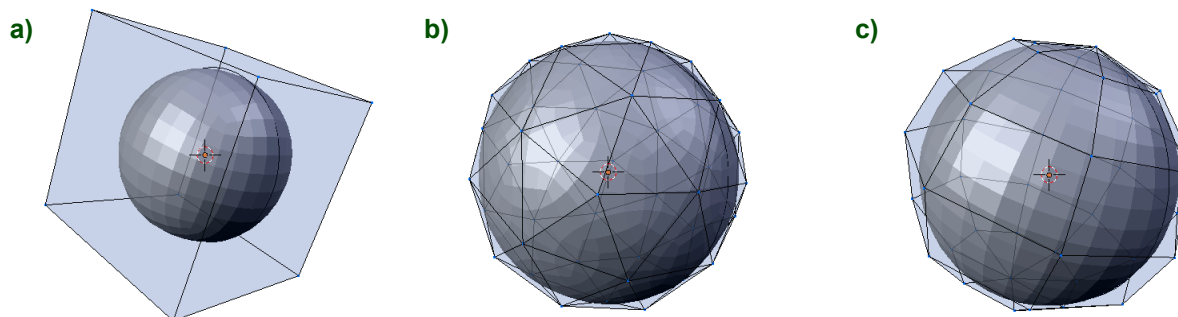


Rysunek 16.2.19 Granica wpływu punktu sterującego A na kształt powierzchni podziałowej

Wspomniałem wcześniej, że siatki typu "globus", na których do tej pory eksperymentowaliśmy, pozwalają uzyskać elipsoidę, a nie kulę. Są dwie drogi, aby uzyskać za pomocą powierzchni podziałowych kształt kuli:

- zastosować jako powłokę sterującą jakiś wielościan foremny (wszystkie jego ściany są jednakowe);
- zwiększyć liczbę oraz zmienić położenie "równoleżników" na powłoce typu "globus", by nieco „spłaszczyć” uzyskiwaną z niego elipsoidę;

Najprostszym przykładem pierwszej metody – użycia wielościanów foremnych – jest sześcian Rysunek 16.2.20a). Innym, lepszym przybliżeniem jest powłoka o większej liczbie ścian (Rysunek 16.2.20b):

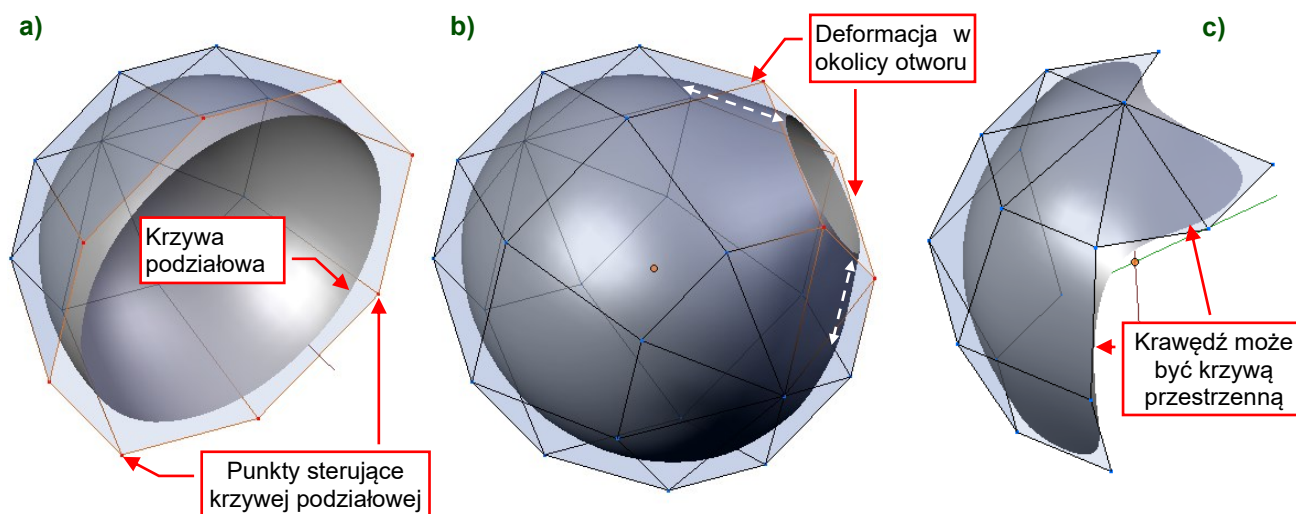


Rysunek 16.2.20 Powłoki, pozwalające uzyskać powierzchnie podziałowe zbliżone do kuli

Rysunek 16.2.20c) przedstawia przykład drugiego rozwiązania – modyfikację siatki typu "globus". Mimo, że okolice "biegunów" mają w takiej powłoce największe odchylenie od kształtu kuli, w praktyce często stosują właśnie to rozwiązanie. Dlaczego? Zazwyczaj modelujemy nie pełną kulę, ale jej część (jakieś zaokrąglenie). Fragment siatki typu "globus" z punktem biegunowym łatwo jest wyprowadzić z fragmentów innych siatek.

A odchylenie w okolicy bieguna? Cóż, jest to pewien problem, ale zazwyczaj wystarczy dodać jeden - dwa dodatkowe równoleżniki, i kształt staje się wystarczająco "kulisty".

Do tej pory omawiałem powierzchnie zamknięte. Rysunek 16.2.21 pokazuje przykłady powierzchni otwartych:



Rysunek 16.2.21 Powierzchnie podziałowe dla powłok otwartych

Rysunek 16.2.21a) przedstawia efekt usunięcia połowy "globusa". Powstała powłoka sterująca w kształcie czaszy. Jej krawędź jest krzywą podziałową – taką jaką analizowaliśmy w pierwszej części tej sekcji. O kształcie tej linii decydują wyłącznie punkty krawędzi powłoki sterującej. (W tym przypadku jest okręgiem, powstałym w wyniku podziału ośmiobocznej krawędzi czaszy). Czasza z przypadku a) ma nieco większą średnicę niż elipsoida, z której powstała. Ten efekt widać dobitniej w drugim przykładzie.

Rysunek 16.2.21b) przedstawia powierzchnię, która także powstała z siatki "globusa". Tym razem nie usunęliśmy żadnego wierzchołka. Usunięta została tylko pojedyncza ściana – i powstał w powłoce otwór. Jego krawędź zależy tylko od wierzchołków tej usuniętej ściany, więc leży w ich płaszczyźnie. W efekcie krawędź otworu znalazła się powyżej oryginalnej powłoki i "pociągnęła" za sobą inne ściany z otoczenia. Wygląda to trochę jak brzeg formującego się wulkanu. Dla powłok o niewielkim zaokrągleniu ten efekt jest praktycznie niewidoczny. Może stanowić problem, gdy będziesz próbował wykonać większy otwór w bardziej zaokrąglonej powierzchni (por. Rysunek 16.2.29, str. 647). W przypadku otworów prostokątnych można tego uniknąć za pomocą płaskiego połączenia ścian (por. Rysunek 16.2.23, str. 644).

Abyś nie odniósł wrażenia, że krawędź powierzchni podziałowej zawsze jest jakimś płaskim obrysem, przygotowałem trzeci przykład. Rysunek 16.2.21c) pokazuje nieregularną powierzchnię, w której jedne ściany są trójkątne, a inne – czworokątne. Krawędź takiej powłoki jest przestrzenną krzywą podziałową¹.

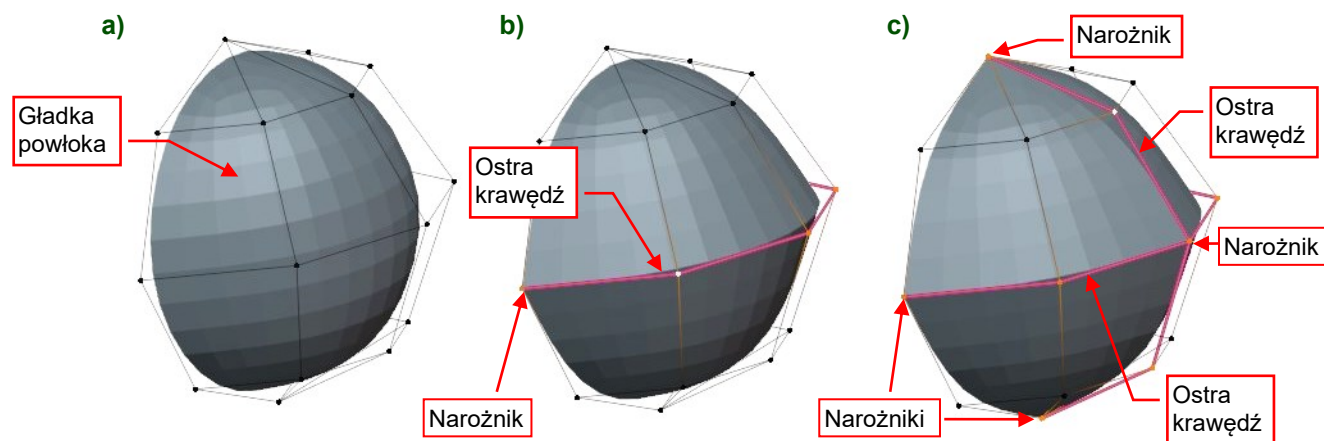


Krawędzią powierzchni podziałowej jest zawsze krzywa podziałowa. Wielobokiem sterującym tą krzywą jest krawędź powłoki sterującej.

Do obliczania wierzchołków krawędzi otwartych powłok podziałowych musisz użyć innych wyrażeń niż dla pozostałych wierzchołków powierzchni. Ich punkty krawędziowe są wyznaczone według Wyr. 16-1 (str. 634) a nie Wyr. 16-5 (str. 640). Podobnie punkty wierzchołkowe – opisuje je Wyr. 16-2, a nie Wyr. 16-6. To programiści zakodowali ten dualizm w tej implementacji schematu Catmull-Clarka. Dodali także nową możliwość: użytkownik może sam oznaczyć niektóre krawędzie oryginalnej powłoki jako "ostre" (*creases*). Zostaną wówczas potraktowane, jak gdyby były krawędziami zewnętrznymi (mimo że leżą pośrodku powierzchni). Ich odwzorowaniem na powłoce podziałowej jest ostra krawędź, o kształcie krzywej podziałowej.

¹ Krzywej podziałowej jest "wszystko jedno", czy leży na jednej płaszczyźnie, czy nie. Jest zawsze krzywą przestrzenną – por. str. 1195.

Rysunek 16.2.22 przedstawia dwa przypadki ostrych krawędzi:



Rysunek 16.2.22 Ostre krawędzie wewnątrz powierzchni podziałowych

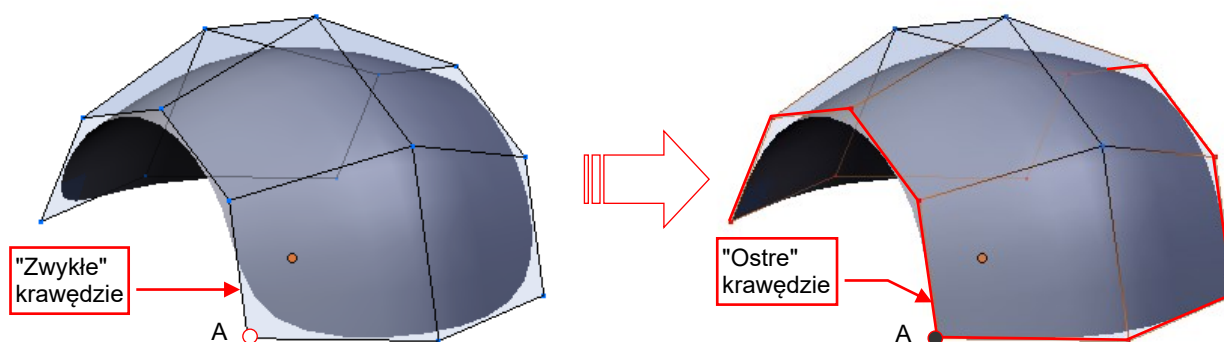
Rysunek 16.2.22 a) przedstawia sytuację wyjściową – zwykłą, gładką powłokę. Rysunek 16.2.22 b) pokazuje, jak zmieni się ten kształt, gdy "równik" powłoki sterującej został oznaczony jako "ostry" (*crease*). Odpowiadające jej krzywa powierzchni podziałowej została podniesiona, tworząc ostrą krawędź. Zauważ, że Blender tworzy narożnik w wierzchołku, w którym przecina się „ostra” krawędź z brzegiem powłoki.

Rysunek 16.2.22c) demonstruje efekt przecięcia się dwóch „ostrych” krawędzi. Oprócz "równika", oznaczyłem jako "ostry" jeden z południków. Wierzchołek siatki łączący te dwie krawędzie stał się ostrym narożnikiem.



Jeżeli z wierzchołka oryginalnej siatki wychodzą co najmniej trzy "ostre" krawędzie, to tworzy się w nim narożnik. Każda powierzchnia podziałowa (dowolnego poziomu) „dotyka” tego punktu. Zewnętrzne brzegi siatki także liczą się jako „ostre” krawędzie.

Wyjątkiem od reguły "punktu narożnego" jest narożnik prostokątnej ściany, leżący na krawędzi powłoki. Rysunek 16.2.23 przedstawia narożny wierzchołek **A**. "Gładka" krawędź powłoki omija go szerokim łukiem. Gdy jednak "wyostrzymy" jego obydwie krawędzie – stanie się narożnikiem:

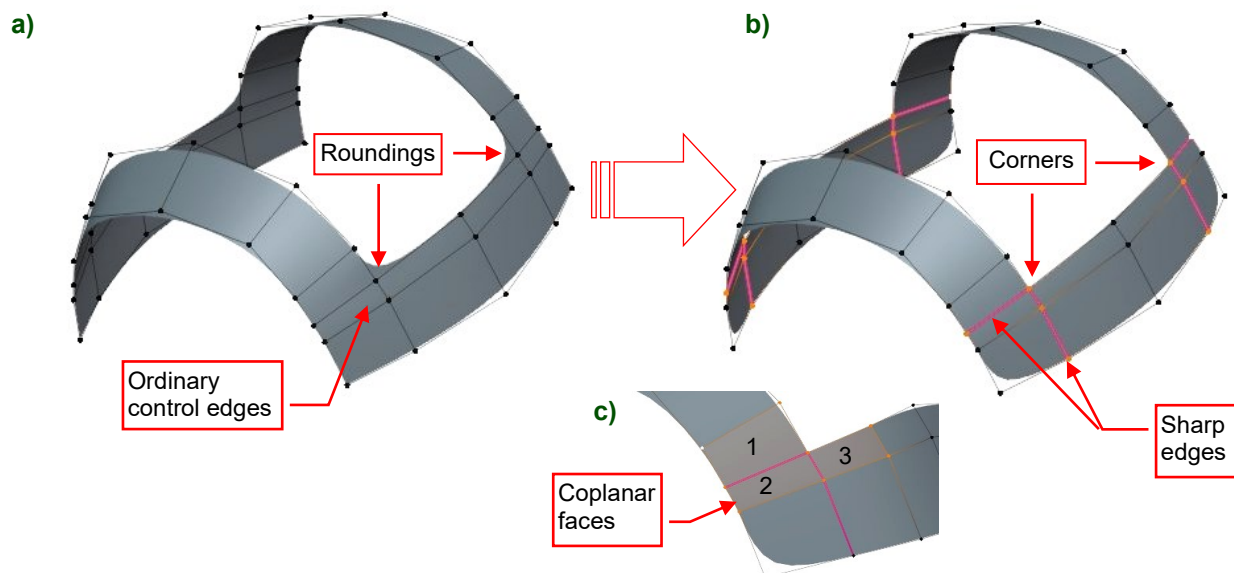


Rysunek 16.2.23 Uzyskanie narożników na zewnętrznej krawędzi powłoki prostokątnej



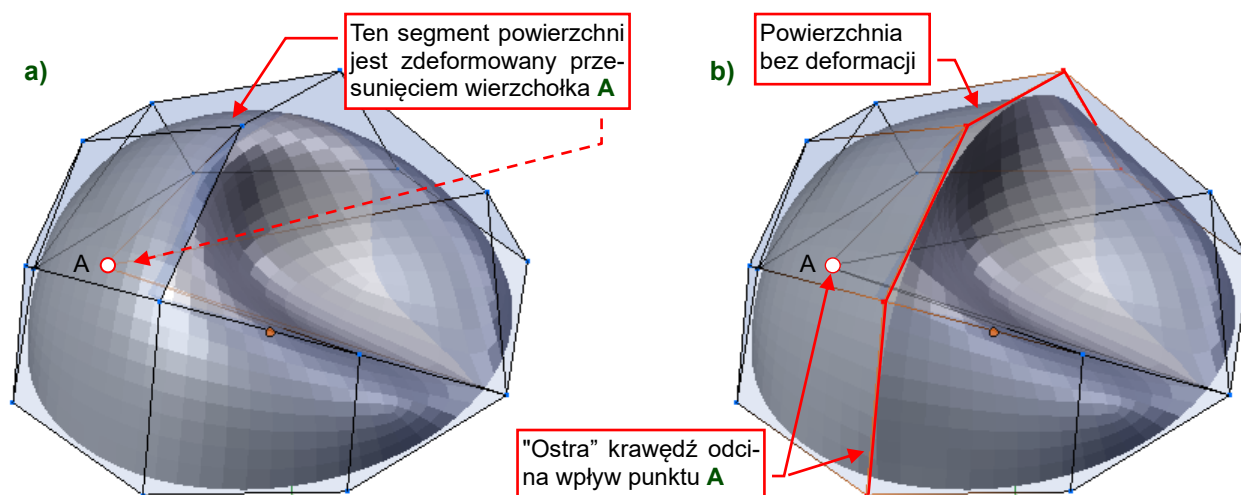
Istnieje także alternatywa: zamiast oznaczania krawędzi brzegu siatki jako "ostrych", w ustawieniach modyfikatora *Subdivision* włącz opcję *Boundary Smooth* (w subpanelu *Advanced* – por. str. 638, Rysunek 16.2.10). Ustaw je na *Keep Corners*. W tym trybie Blender tworzy ostry punkt w każdym narożniku ściany, tak jak pokazuje to Rysunek 16.2.23 (po prawej).

Wyostrenie krawędzi umożliwia także uzyskanie prostokątnego otworu wewnątrz powłoki podziałowej. Gdy usuniesz ściany ze środka siatki, Blender tworzy otwór o zaokrąglonych krawędziach. Na powierzchniach wypukłych (Rysunek 16.2.24a) te zaokrąglenia są wygięte na zewnątrz (efekt „krawędzi wulkanu”, por. Rysunek 16.2.21b). Jeżeli „wyostrzysz” dwie krawędzie wychodzące z tego wierzchołka (Rysunek 16.2.24b), uzyskasz ostry narożnik. Co więcej: jeżeli trzy ściany oryginalnej siatki wokół tego narożnika (Rysunek 16.2.24c, ściany **1**, **2**, i **3**) leżą na tej samej płaszczyźnie, zachowasz „gładkość” (ciągłość stycznych) powierzchni podziałowej. (To eliminuje efekt „krawędzi wulkanu”):



Rysunek 16.2.24 Uzyskanie narożników na krawędzi wewnętrznej, prostokątnego otworu

Rysunek 16.2.25 ilustruje, jaką „barierą dla zmian” jest ostra krawędź. Przedstawiona powłoka zawiera dużą deformację, wywołaną przesunięciem punktu sterującego **A**. Przypadek a) to kształt gładkiej, zdeformowanej powierzchni. Przypadek b) – powierzchni, w której wpływ punktu **A** został ograniczony przez „ostrą” krawędź.

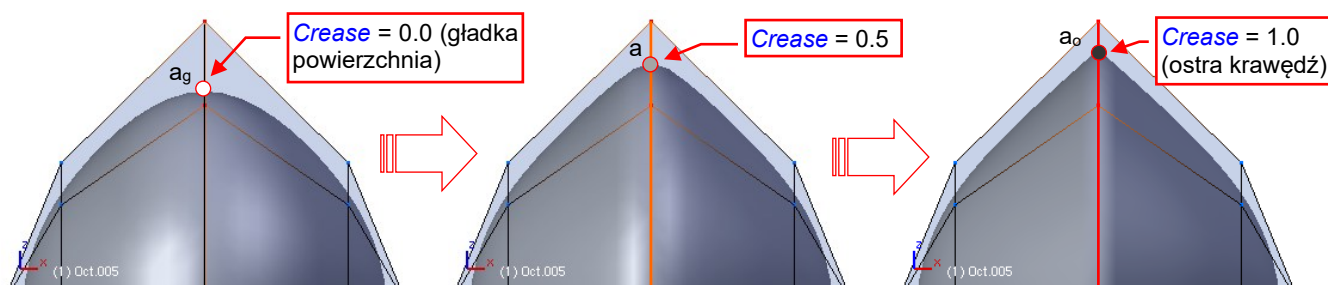


Rysunek 16.2.25 Ograniczenie wpływu punktu sterującego **A** przez „ostrą” krawędź



Ostra (*crease*) krawędź siatki ogranicza wpływ punktów sterujących na kształt wygładzonej powierzchni. Punkty sterujące z jednej strony ostrej krawędzi nie mają żadnego wpływu po stronie przeciwnej.

Krawędzie nie muszą być zawsze "całkiem ostre" lub "całkiem gładkie". Implementacja Pixara pozwala na płynną regulację "ostrości" (*crease*) w zakresie od 0 (zwykła, gładka krawędź) do 1 (krawędź ostra). Pokazuje to Rysunek 16.2.26:



Rysunek 16.2.26 Stopniowa zmiana ostrości krawędzi

Wierzchołek a_g leży na zwykłej, gładkiej powierzchni, a a_o – na zupełnie ostrej (Rysunek 16.2.26). Jak wyznaczone jest położenie wierzchołka a , który leży na "częściowo" ostrej krawędzi (*crease* = 0.5)? Jego współrzędne są "średnią ważoną" współrzędnych punktów a_g i a_o . "Wagą" w tym przypadku jest wartość "ostrości" – współczynnik o zakresie od 0.0 do 1.0. Poniżej podaję wyrażenia wykorzystywane do obliczania punktów wierzchołkowych i krawędziowych dla takiej krawędzi:

$$a = \sigma a_o + (1 - \sigma) a_g$$

gdzie: σ – współczynnik "ostrości" (*crease*): od 0.0 (całkowicie gładkie) do 1.0 (całkowicie ostre);

a_o – punkt wierzchołkowy dla krawędzi całkowicie "ostrej", wg Wyr. 16-2;

a_g – punkt wierzchołkowy dla krawędzi całkowicie "gładkiej" wg Wyr. 16-6;

Wyr. 16-7 Współrzędne punktów wierzchołkowych a dla krawędzi "półostrych"

$$e = \sigma e_o + (1 - \sigma) e_g$$

gdzie: σ – współczynnik "ostrości" (*crease*): od 0.0 (całkowicie gładkie) do 1.0 (całkowicie ostre);

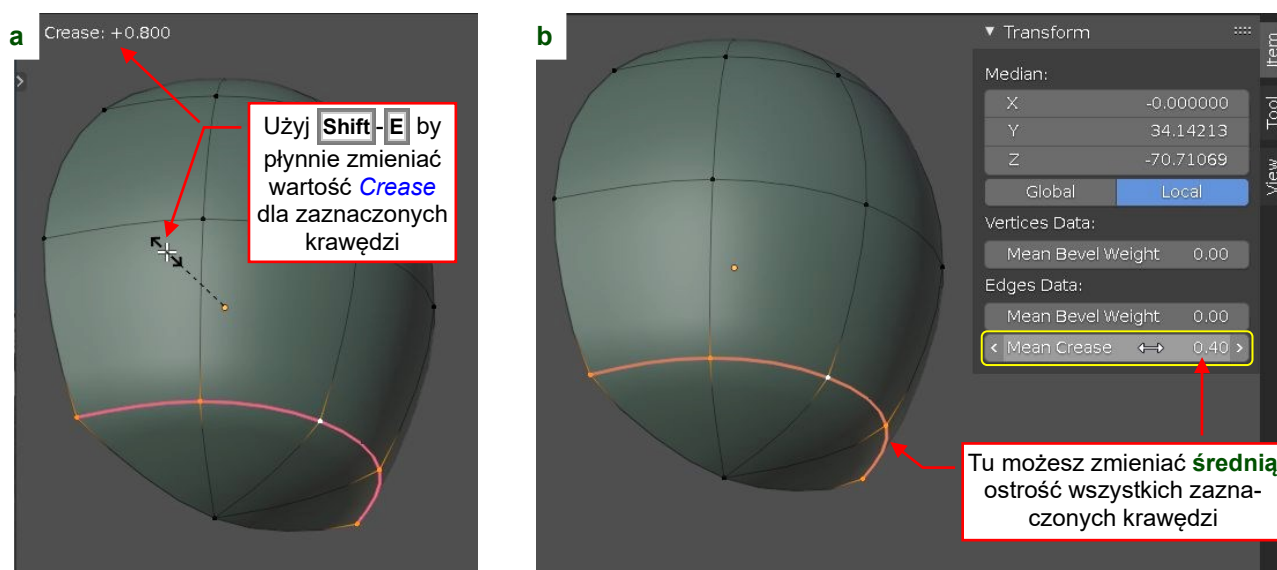
e_o – punkt krawędziowy dla krawędzi całkowicie "ostrej", wg Wyr. 16-1;

e_g – punkt krawędziowy dla krawędzi całkowicie "gładkiej", wg Wyr. 16-5;

Wyr. 16-8 Współrzędne punktów krawędziowych e dla krawędzi "półostrych"

W Blenderze można zmieniać ostrość krawędzi poleceniem *Edge → Edge Crease* (**Shift-E**, Rysunek 16.2.27a).

Możesz także wpisać tę wartość w zakładce *Item* przybornika (w polu *Mean Crease* – Rysunek 16.2.27b):



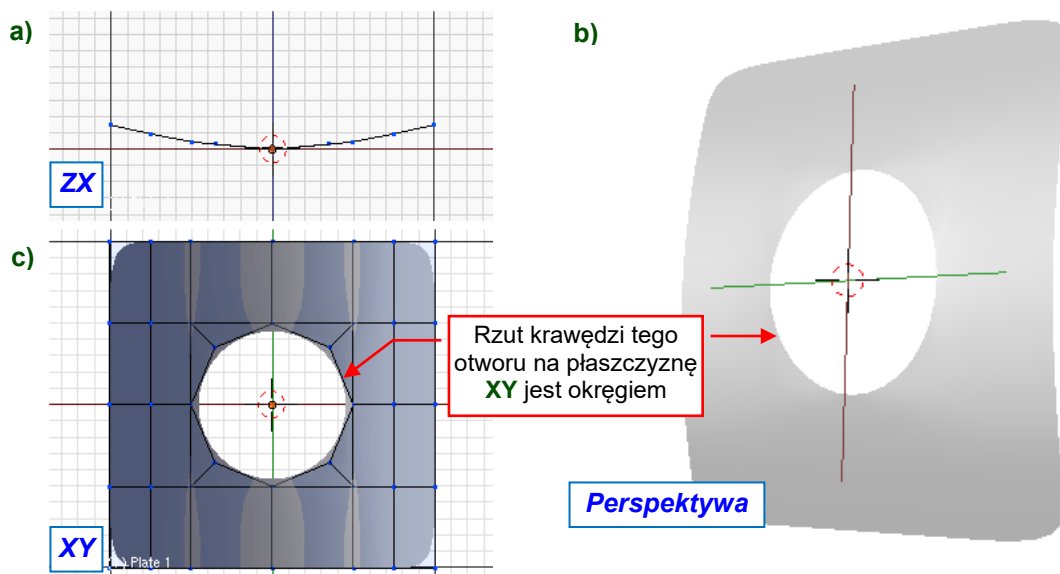
Rysunek 16.2.27 Dwie metody sterowania współczynnikiem *Crease* w Blenderze

Pamiętasz, jak podkreślałem, że współrzędna **X** każdego punktu powłoki podziałowej zależy tylko od współrzędnej **X** odpowiednich punktów sterujących (str. 634)? Podobnie współrzędna **Y** takiego wierzchołka zależy od **Y**, a **Z** od współrzędnej **Z** punktów sterujących. Prowadzi to do następującej reguły:



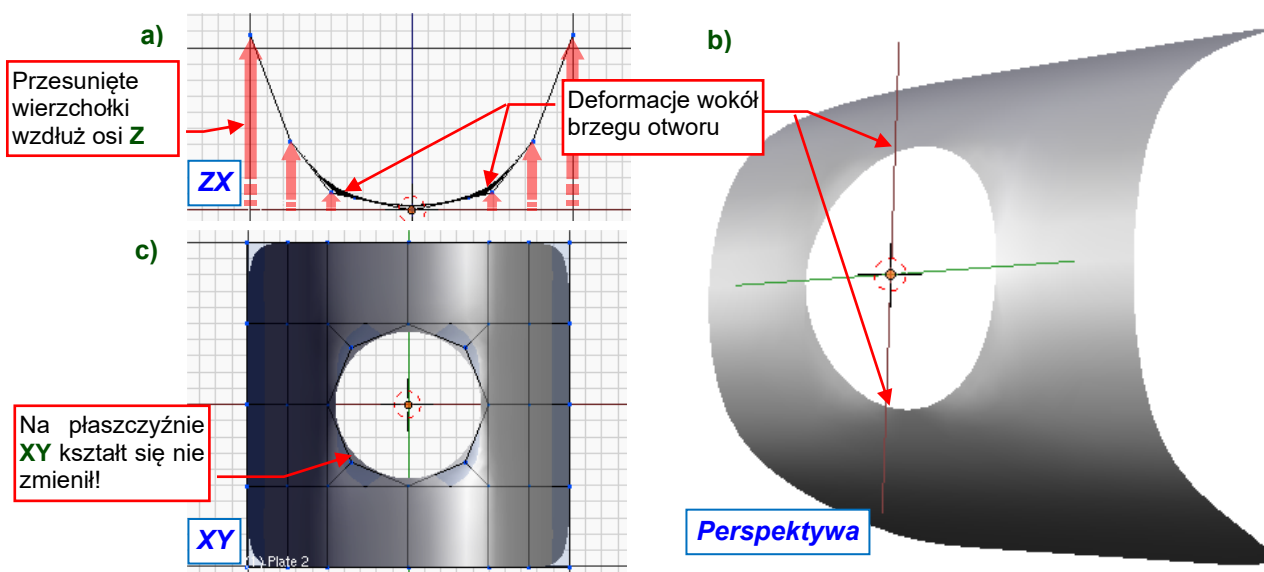
Kształt rzutu powierzchni podziałowej na płaszczyznę zależy tylko od kształtu rzutu jej punktów sterujących na tej płaszczyźnie.

Ta reguła brzmi dość niejasno, ale jej znajomość bardzo ułatwia modelowanie. Postaram się ją pokazać na przykładzie. Rysunek 16.2.28 pokazuje lekko wygiętą powłokę, w której wykonałem otwór. Krawędź jej otworu w rzucie na płaszczyźnie **XY** jest okręgiem (Rysunek 16.2.28c):



Rysunek 16.2.28 Okrągły otwór w lekko wygiętej powłoce

Jak się zmieni kształt tej powierzchni na płaszczyźnie **XY** po wygięciu w płaszczyźnie **ZX** (Rysunek 16.2.29)? Zrobiłem to, przesuwając punkty sterujące wzdłuż osi **Z** w kierunku prostopadłym do pł. **XY**. Rysunek 16.2.29c) pokazuje, że jej rzut z góry nie uległ żadnej zmianie! (Porównaj Rysunek 16.2.29c i Rysunek 16.2.28c):



Rysunek 16.2.29 Okrągły otwór w bardzo wygiętej powłoce

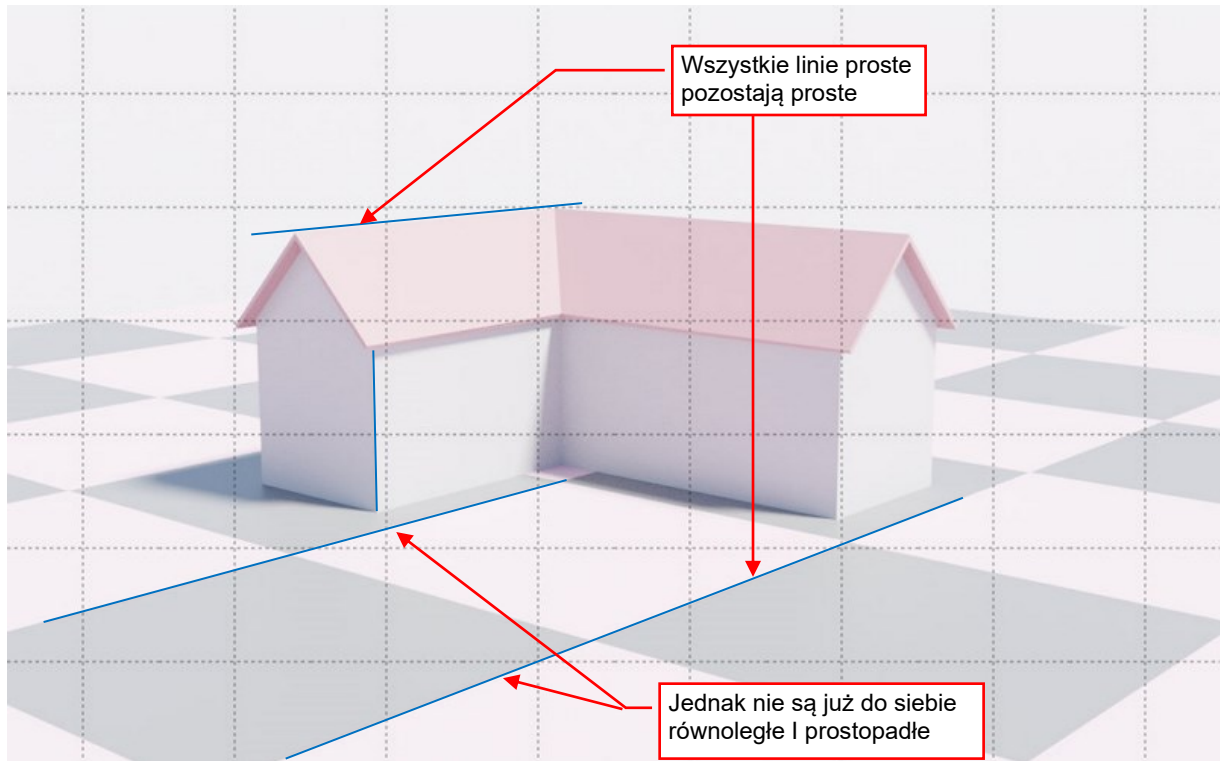
Ta właściwość jest nieoceniona szczególnie w przypadku konieczności dokonania jakichś niewielkich poprawek kształtu. Możesz je zazwyczaj zaplanować jako przesunięcia wierzchołków wzdłuż pojedynczej osi. W ten sposób masz gwarancję, że kształt obiektu w kierunku prostopadłym nie ulegnie żadnej zmianie.

Podsumowanie

- Oryginalny obiekt geometryczny ulegający podziałowi jest nazywany **wielobokiem sterującym** (dla krzywych) lub **siatką sterującą** (dla powierzchni). Jego wierzchołki to **punkty sterujące** ("punkty kontrolne") wynikowej powierzchni podziałowej (str. 632, 638).
- Na wynikowej krzywej/powierzchni zawsze można wskazać wierzchołek, który jest **bezpośrednim odwzorowaniem** odpowiedniego punktu kontrolnego (str. 634, 641).
- Na krzywych podziałowych można wyróżnić **segmenty**. Każdy segment jest bezpośrednią reprezentacją pojedynczej krawędzi wieloboku sterującego (str. 634). Podobnie, każdy **segment** powierzchni podziałowej odpowiada pojedynczej ścianie siatki sterującej (str. 641).
- Przesunięcie pojedynczego punktu sterującego **n** krzywej podziałowej wpływa na bezpośrednie odwzorowanie dwóch najbliższych punktów sterujących: **n-1**, **n+1** (str. 635). Podobnie, przesunięcie punktu sterującego **[u,v]** siatki zmienia także położenie 4 najbliższych punktów sterujących: **[u-1,v]**, **[u+1,v]**, **[u,v-1]**, **[u,v+1]** (str. 642).
- Podwójny podział (**level** = 2) sześciokąta jest dobrym przybliżeniem małych okręgów (średnica poniżej 10"). Dla większych okręgów używaj ośmiokątów (str. 637). Dla okręgów większych niż 20" używaj dwunastokątów foremnych.
- Krawędzie brzegów otwartych powierzchni podziałowych są krzywymi podziałowymi (str. 643).
- Możesz oznaczyć niektóre krawędzie siatki sterującej jako „ostre”. To wyostrza (**creases**) ich bezpośrednią reprezentację na powierzchni podziałowej (str. 644). Można także uzyskiwać częściowe wyostwienie (str. 646).
- Ostra krawędź ogranicza wpływ punktów sterujących na powierzchnię wynikową (str. 645).
- Rzut powierzchni podziałowej na płaszczyznę zależy tylko od rzutów jej punktów sterujących na tę płaszczyznę (str. 647). Dzięki tej własności, możesz łatwo uzyskiwać dokładne otwory o kształcie koła w powierzchniach wynikowych.

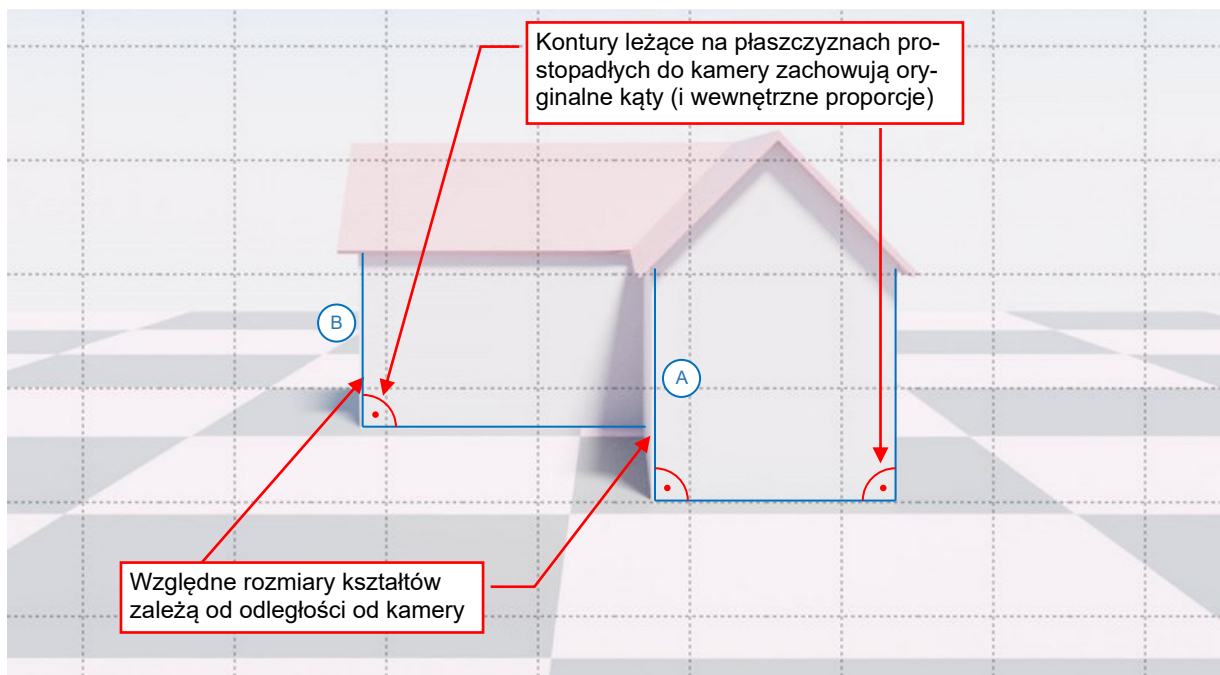
16.3 Zniekształcenia obiektu na zdjęciach

Najbardziej oczywiste zniekształcenie obiektu odwzorowanego na zdjęciu jest spowodowane przez projekcję perspektywną. Przedstawię ją na przykładzie prostego „domku” (złożony kształt samolotu utrudniłby dostrzeżenie kluczowych zagadnień, które przedstawiam poniżej):



Rysunek 16.3.1 Przykład zniekształcenia perspektywnego

Jednak płaszczyzny prostopadłe do kierunku kamery to specjalny przypadek (Rysunek 16.3.2):



Rysunek 16.3.2 Własności płaszczyzn prostopadłych do kierunku kamery

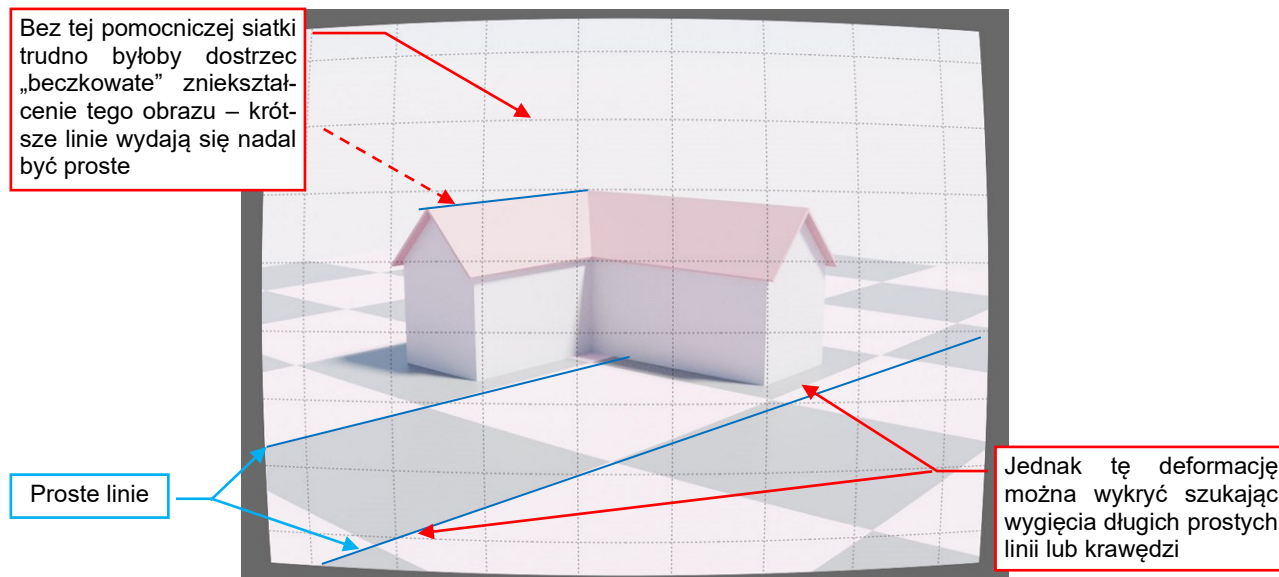
Projekcja perspektywna konturu, który leży na płaszczyźnie prostopadłej do kamery, zachowuje także jego kąty. Oznacza to, że ściany, które pokazuje Rysunek 16.3.2, zachowały swój oryginalny kształt (w szczególności – proste kąty narożników). Jednak zwróć uwagę na względne rozmiary tych ścian: zależą od odległości od ka-

mery. W przestrzeni trójwymiarowej krawędzie **A** i **B** (Rysunek 16.3.2) mają identyczną długość, ale w tej projekcji **A** wydaje się być dłuższe od **B**, gdyż jest bliżej obserwatora (tj. kamery).



To oznacza, że sylwetka samolotu na zdjęciu z boku wykonanym prostopadłe do płaszczyzny symetrii samolotu powinna odpowiadać jego konturowi z rzutu z boku (o ile zdjęcie nie jest zniekształcone).

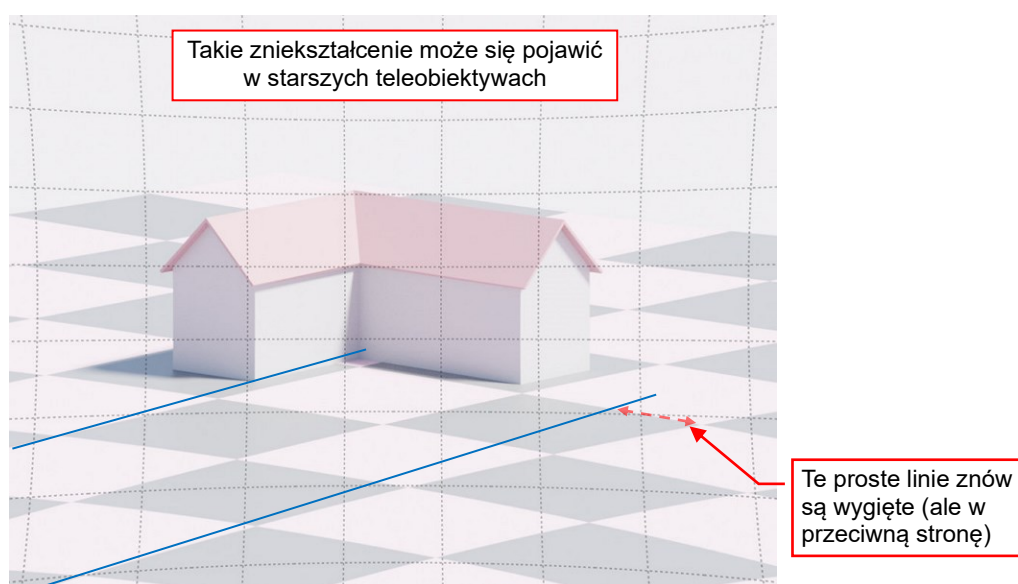
Jednak w prawdziwych obiektywach na projekcję perspektywiczną nakłada się jeszcze inne zniekształcenie. Poniżej pokazuję przykład typowego zniekształcenia ujemnego („beczkowego”) (Rysunek 16.3.3):



Rysunek 16.3.3 Przykład negatywnego zniekształcenia („beczkowego”) w obiektywie kamery

Gdybym usunął z powyższego obrazka pomocniczą siatkę i odciął zaokrąglone brzegi, trudno byłoby dostrzec to zniekształcenie. Możesz wykryć jego obecność sprawdzając długie linie, które w czystej projekcji perspektywicznej powinny pozostać proste. Jeżeli są zakrzywione jak te na ilustracji powyżej, to obraz jest zdeformowany. Silne zniekształcenie beczkowate można łatwiej zauważyć dla bardzo krótkich ogniskowych kamery (gdy zaczyna przypominać obrazy z obiektywu typu „rybie oko”).

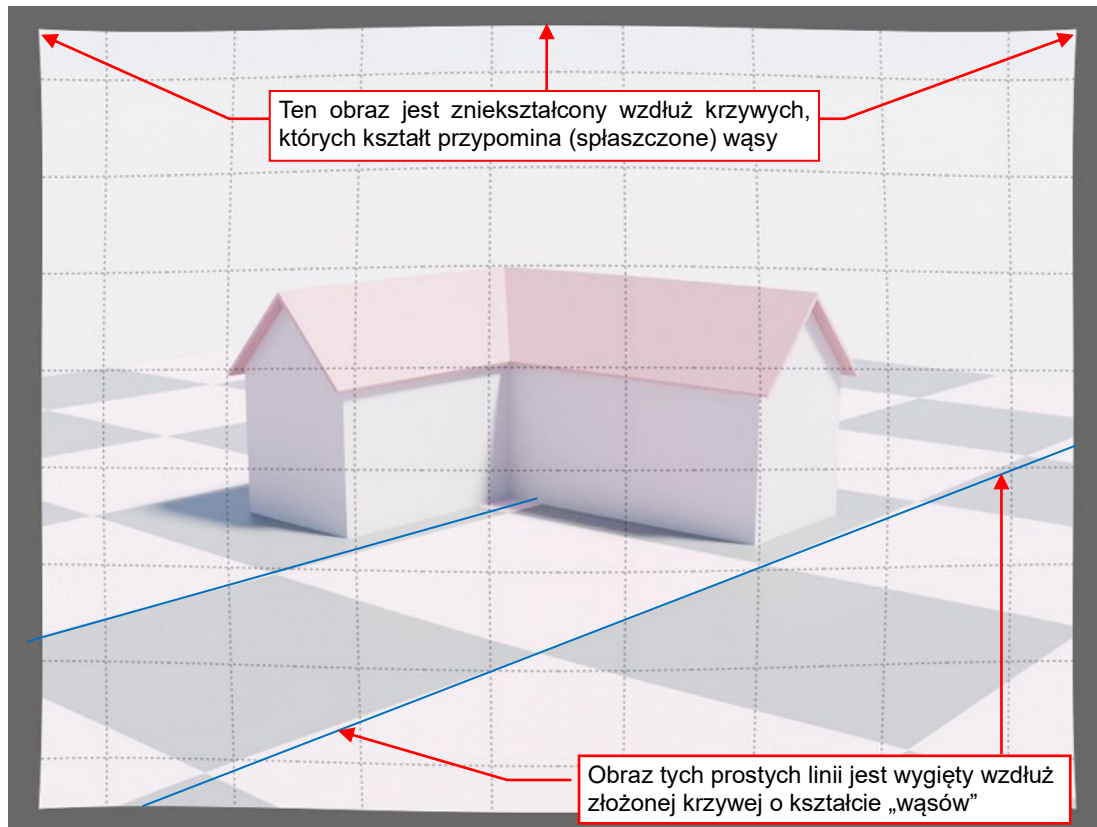
Starsze teleobiektywy (o długich ogniskowych) mogą tworzyć zniekształcenia dodatnie („poduszkowe”):



Rysunek 16.3.4 Przykład dodatniego zniekształcenia („poduszkowego”)

Tak jak w zniekształceniu beczkowatym, możesz wykryć tę deformację zdjęcia poprzez sprawdzenie wygięcia na obrazie długich, prostych linii (lub krawędzi).

Ostatnim przypadkiem jest złożenie zniekształceń negatywnych i pozytywnych (Rysunek 16.3.5):



Rysunek 16.3.5 Przykład deformacji złożonej („w wąsy”)

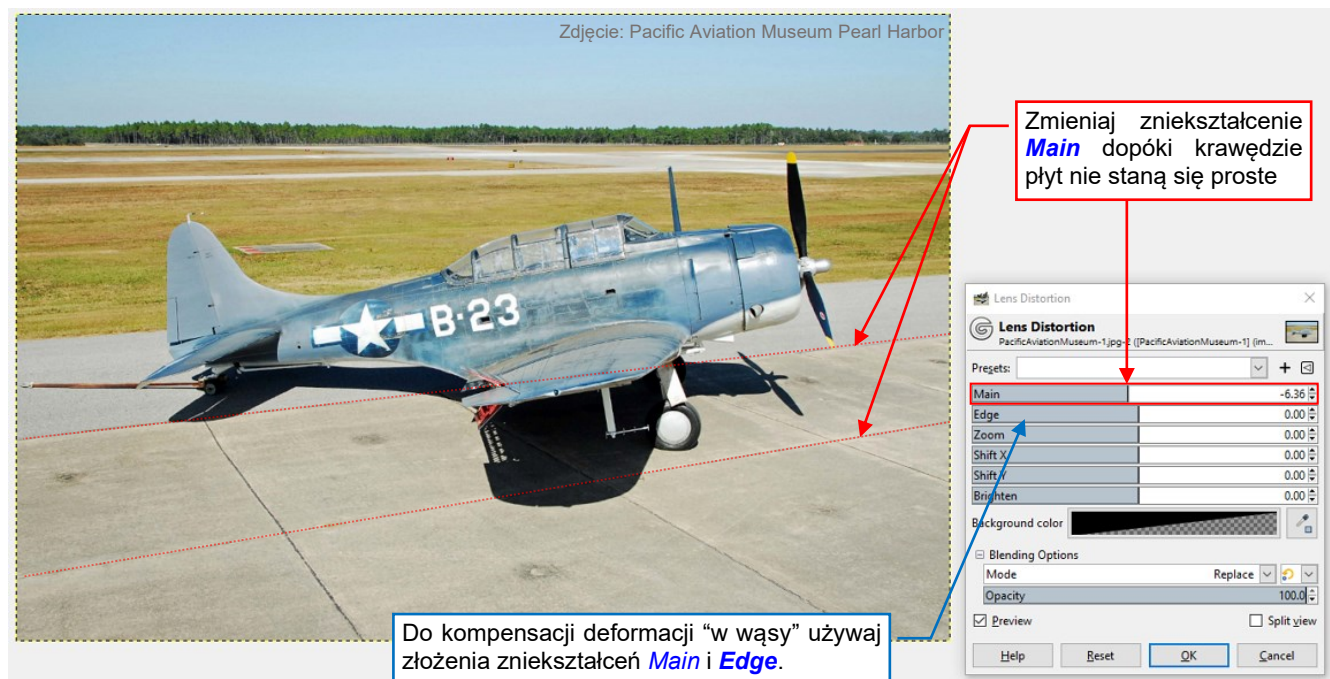
Na ilustracji powyżej zniekształcenie ujemne („beczkowate”) dominuje w środku obrazu, podczas gdy zniekształcenie dodatnie („poduszkowate”) – w narożnikach. W tym przypadku ogólne zniekształcenie jest mniejsze, ponieważ te dwie deformacje się częściowo kompensują. Linie, które są proste w przestrzeni trójwymiarowej, tu są wygięte wzdłuż złożonych krzywych, których kształt przypomina spłaszczone wąsy. Stąd ten rodzaj deformacji jest także określany jako zniekształcenie „w wąsy”.

Czasami można wykryć zniekształcenie zdjęcia sprawdzając pewne elementy otoczenia samolotu. Rysunek 16.3.6 pokazuje, jak wykorzystałem krawędzie betonowych płyt jako „długie, proste linie” :



Rysunek 16.3.6 Identyfikacji zniekształcenia beczkowatego za pomocą linii krawędzi płyt lotniska (samolot: Douglas SBD-5)

Gdy znajdziesz taki „wskaźnik”, możesz skompensować to zniekształcenie. Robi się to na przykład w GIMP, wykorzystując filtr *Lens Distortion*. Wywołaj okno *Filters → Distorts → Lens Distortion* (Rysunek 16.3.7):



Rysunek 16.3.7 Kompensacja zniekształcenia beczkowatego (GIMP)

W tym oknie wystarczy zmniejszać zniekształcenie **Main**, aż krawędzie płyt nie staną się proste. Powoduje to zmiany ich kątów pochylenia, przez co nie można tego sprawdzać za pomocą linii pomocniczych. Mówiąc szczerze, użyłem w tym celu fizycznej linijki, przyłożonej do ekranu (odkąd współczesne monitory LCD są zupełnie płaskie, nie ma nic złego w takim niekonwencjonalnym narzędziu). Dla kompensacji zniekształcenia „z wąsami” używaj złożenia deformacji **Main** i **Edge**. Parametry **Shift X** i **Shift Y** to przesunięcie środka zniekształcenia (od centrum obrazu). Parametr **Zoom** nie jest praktyczny (proporcjonalnie zmienia rozmiar obrazu).

Te korekty pozwoliły mi poprawnie dopasować mój modelu 3D SBD-5 do zdjęć (Rysunek 16.3.8):



Rysunek 16.3.8 Dopasowanie modelu 3D do zniekształconego („przed korektą”) i skorygowanego zdjęcia

Rysunek 16.3.8a) i b) pokazuje problemy z dopasowaniem modelu do oryginalnego zdjęcia, które znikły po skorygowaniu zniekształcenia beczkowatego. Po takich korektach, te szczegółowe zdjęcia stały się dokładnymi obrazami wzorcowymi dla mojego modelu SBD-5.



Dopasowanie modelu 3D do zdjęć samolotu opisuje Rozdział 14 (str. 578).

Jednak dla większości zdjęć nie będziesz w stanie ocenić, jak intensywne jest ich zniekształcenie. Dlatego do bezpośredniego sprawdzania rysunków referencyjnych (lub gotowego modelu 3D) sugeruję używać współczesnych zdjęć wykonanych teleobiektywem (np. w ten sposób fotografuje się samoloty w locie). Ich ewentualne zniekształcenia są minimalne.



Środek obrazu jest zawsze najmniej zniekształcony. Największych deformacji możesz oczekiwać w pobliżu krawędzi. (Zakładając, że zdjęcie nie jest fragmentem wyciętym z większej całości).

Gdy używasz zeskanowanych **zdjęć z książki lub magazynu**, staraj się sprawdzić, czy wydawca zachował ich oryginalne proporcje. Podczas składu publikacji całkiem często zdarza się, że ilustracja nie pasująca do układu strony nie jest przycinana, a nieznacznie skalowana wzdłuż jednej z osi. Takie nieproporcjonalne skalowanie czyni ją bezużyteczną dla jakichkolwiek dokładnych porównań.



W przypadku zdjęć z książek lub magazynów, zawsze staram się znaleźć tę samą ilustrację w innej publikacji i porównać ich proporcje. Jeżeli nie pasują do siebie idealnie – jedna z nich musiała zostać przeskalowana.

W większości takich przypadków nie jesteś w stanie określić, która ze fotografii została przeskalowana. W rezultacie, obydwie są bezużyteczne. (Z drugiej strony – nie stracisz czasu na bezowocne próby dopasowania twojego modelu do takiego zdjęcia).

Słownik

GPL, licencja – [General Public Licence](#), udostępniająca produkt za darmo wszystkim odbiorcom. Licencja ta jest sformułowana w ten sposób, aby uniemożliwić komercyjne rozpowszechnianie produktu.

materiał – to w Blenderze zestaw cech, używanych przy nanoszeniu obiektu na ostateczny obraz (renderowaniu). Cechy materiału to: barwa, połyskliwość, tekstura, i dziesiątki innych parametrów. Z materiałem może być związanych wiele tekstur (nierówności, barwy), zmieniających "ogólne" właściwości materiału dla pojedynczych pikseli renderowanego obrazu.

NURBS ([Non-Uniform Rational B-splines](#)) – inny sposób wygładzania powłoki, złożonej z jednorodnych ścian. Powierzchnie NURBS stawiają wygładzanym powłokom wyższe wymagania. Muszą mieć jednorodne ściany (zazwyczaj czworokątne), a zespół ścian powinien także być regularnym czworokątem. NURBS jest starszym o ponad 30 lat modelem obliczeniowym od powierzchni podziałowych. Przez ten czas stał się standardem w systemach CAD/CAM. Osobiście sądzę, że okres jego świetności ma się ku końcowi (choć wielu specjalistów może się ze mną nie zgodzić).

rastrowy, obraz – popularna metoda reprezentacji, polegająca na zapisie obrazu jako zbioru kolorowych lub czarno-białych punktów (pikseli). Tak jest np. wyświetlany obraz na ekran telewizyjnym, monitorze komputera. Wadą reprezentacji rastrowej jest pogorszenie jakości obrazu w dużych powiększeniach – gdy zaczynają być wyraźnie widoczne pojedyncze piksele. Zaletą jest stosunkowo prosty algorytm wyświetlania. Istnieje wiele różnorodnych sposobów zapisu (formatów) przechowywania obrazów rastrowych w plikach. Najpopularniejsze to [*.jpg](#), [*.png](#), [*.bmp](#), [*.tif](#).

renderowanie (ang. [rendering](#)) – w tej książce oznacza tworzenie ostatecznego obrazu (lub sekwencji obrazów – animacji) przygotowanej wcześniej trójwymiarowej sceny. W pierwszych wersjach *Autodesk 3D Studio* (początek lat 90-tych XX wieku) było przetłumaczone na polski jako [powlekanie](#), ale ta nazwa się nie przyjęła.

shear (ang.) – przekoszenie (określane także jako "ścianianie"). Transformacja obrazu w GIMP. Przekształca kształt prostokąta w rąb (przeciwnie boki zachowują równoległość).

subdivision surface (pol.: powierzchnia podziałowa) – sposób wygładzania kształtu oryginalnej powłoki, złożonej z dowolnych ścian. W Blenderze występuje jako modyfikator siatki [Subsurf](#) (p. str. 511). Szczegółowy opis powierzchni (i linii) podziałowych znajdziesz na str. 632.

tekstura – obraz (zazwyczaj rastrowy), nakładany na trójwymiarową powierzchnię. Stosowany w grafice komputerowej do "urealniania" obiektów (nieregularności barw, napisy, itp.). Zastosowanie tekstur wykracza poza odwzorowanie barw – są stosowane także do zamodelowania drobnych nierówności powierzchni obiektów (tzw. [bump maps](#)).

wektorowy, obraz – metoda reprezentacji, polegająca na zapisie obrazu jako zbioru kolorowych linii i obszarów. Każdy element obrazu ma określone współrzędne i kształt (prosta, łuk, koło, krzywa Beziera, ...). W ten sposób są zapisywane stworzone na komputerze rysunki techniczne. Zaletą reprezentacji wektorowej jest zachowanie dokładności przy dowolnym powiększeniu. Wadą jest złożony algorytm wyświetlania (dla ekranu lub drukarki wymaga przekształcenia na postać rastrową). Jednym ze sposobów zapisu danych wektorowych jest format [*.svg](#), stosowany m.in. przez Inkscape.

wireframe (pol.: [siatka?](#)) – oznacza sposób reprezentacji modelu w którym nie są rysowane żadne ściany, tylko krawędzie łączące poszczególne wierzchołki. Jest ich zazwyczaj dużo i są cienkimi liniami. Stąd obrazowo w literaturze anglojęzycznej taka reprezentacja jest nazywana "drucianą siatką" czyli ["wireframe"](#).

Podziękowania

Napisanie pierwszej edycji tej książki zajęło mi 6 lat (licząc od wprowadzenia, napisanego w listopadzie 2007, do tłumaczenia na angielski ostatniego tomu, zakończonego w listopadzie 2013). Potem była jeszcze edycja „uzupełniająca”, opublikowana w 2015, i ostatecznie – edycja obecna. Chciałbym podziękować mojej rodzinie za ten cały czas, w szczególności mojej najdroższej Żonie.

Jestem wdzięczny Jackowi Jackiewiczowi, Mariuszowi Łukasikowi i Jumpei Temmie za plany, których używam w tej książce. Dziękuję także autorom zdjęć, które wykorzystuję. W szczególności dotyczy to zdjęć wysokiej rozdzielczości używanych jako tła, które pochodzą od: Tomo Yuna (yunphoto.net) i Chrisa Archera (archerbravo.com). Chciałbym także podziękować Hume Bates za komentarze i materiały dotyczące wczesnych P-40.



Alex Stewart – recenzent wszystkich czterech tomów angielskiej edycji „Wirtualnego modelarstwa”. Zdjęcie przedstawia go podczas pierwszego samodzielnego lotu na dwupłacie Tiger Moth. Alex interesuje się szczególnie samolotami z okresu I Wojny Światowej. Życzę mu, aby kiedyś mógł się na którymś z nich przelecieć!

Przemek Wysoczyński dokładnie przejrzał niniejsze wydanie w języku polskim, za co jestem Mu bardzo wdzięczny. Jego uwagi, w połączeniu z informacją zwrotną, którą dostarczali: Alex Stewart, David Payne, Rich Conclikn, Andrzej Borysewicz, Richard Deleu, Carlos Lopez i Daniel Wentzell, pomogły mi nadać „Wirtualnemu modelarstwu” ostateczny kształt i uczynić je jak najbardziej czytelnym.

Bibliografia

Publikacje

- [1] Marek Ryś, **Curtiss P-40 cz.1**, AJ Press, 2000 ("Monografie Lotnicze", nr 64).
- [2] Zbigniew Kolacha, Marek Ryś, **Curtiss P-40 cz.2**, AJ Press, 2000 ("Monografie Lotnicze", nr 65).
- [3] Krzysztof Janowicz, **Curtiss P-40 cz.3**, AJ Press, 2000 ("Monografie Lotnicze", nr 66).
- [4] Krzysztof Janowicz, Leszek A. Wieliczko, **Curtiss P-40 vol.1**, Kagero, 2007.
- [5] Krzysztof Janowicz, **Curtiss P-40 vol.2**, Kagero, 2009.
- [6] Leszek A. Wieliczko, Tom Żmuda, **Curtiss P-40D/E**, Kagero, 2008.
- [7] Francis H. Dean, **America's Hundred Thousand – The US Production Fighter Aircraft of World War II**, Shiffer Military History, 1997.
- [8] Francis H. Dean, Dan Hagedorn **Curtiss Fighter Aircraft – A Photographic History 1917-1948**, Shiffer Military History, 2007.
- [9] Ernest R. McDowell, **Curtiss P-40 in action**, Squadron/Signal Publications, 1976.
- [10] Paweł Sembart, **Kittyhawk I/IA**, ROSSAGRAPH, 2006 (Model Detail Photo Monograph nr 14).
- [11] Anis Elbeid, Daniel Laureult, **P-40 Curtiss From 1939 to 1945**, Histoire & Collections, 2002.
- [12] Brett Green, **Modelling the P-40**, Osprey Publishing, 2005 (Osprey Modelling nr 15).
- [13] Władysław Niestoj, **Profil modeli latających**, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, 1980.
- [14] Estman N. Jacobs, Kenneth E. Ward, Robert M. Pinkerton, **The Characteristics of 78 related airfoil sections...**, NACA report nr 460, 1937.
- [15] Dana Bell, **P-40 Warhawk**, Classic Warships Publishing, 2013 (Aircraft Pictorial #5)
- [16] Jerzy Bukowski, Wiesław Łucjanek, **Napęd śmigłowy – teoria i konstrukcja**, Wydawnictwo MON, 1986
- [17] Denis Zorin et al, **Subdivision for Modeling and Animation**, SIGGRAPH 2000 Course Notes, 2000
- [18] Gerald Farin, **Curves and Surfaces for CAGD**, Academic Press, 1997

Internet

- [1] <http://www.p40warhawk.com>
- [2] <http://www.plans.aero>
- [3] <http://www.aircraft-manuals.com>
- [4] <http://www.aircorpslibrary.com>
- [5] <http://soyuyo.main.jp>
- [6] <http://www.gimp.org>
- [7] <http://www.inkscape.org>
- [8] <http://www.blender.org>
- [9] <http://www.python.org>
- [10] <http://www.simmerpaintshop.com>
- [11] <http://www.freewebs.com/p40-tomahawk/> – Hume Bates, **Long Nose Hawks**, (artykuł), dostępny w wersji PDF pod adresem http://downloads.hyperscale.com/longnosehawks_download.html (opublikowany w lipcu 2008)

Skorowidz



Nazwy poleceń, skróty klawiatury, podane w skorowidzu, dotyczą Blendera, o ile w haśle nie jest zaznaczone inaczej: „(GIMP)”, „(Inkscape)”

- .
- . (kropka):**, *Patrz* Pivot
- =
- =, *Patrz* transformacja, wprowadzanie parametrów
- 1**
- 1**, *Patrz* Front
- 3**
- 3**, *Patrz* Left
- 3D Cursor*
 - jako punkt odniesienia, 506, 510
 - jako punkt wstawienia, 462
 - panel z zakładki View przybornika, 86
 - w oknie 3D, 67
 - wybór z listy Pivot, 67
- 3D Viewport*
 - okno, 27
- 5**
- 5**, *Patrz* Perspective/Orthographic
- 7**
- 7**, *See* Top
- A**
- Active Camera*
 - polecenie z menu Cameras, 475
- Active Element*
 - jako punkt odniesienia, 506
 - środek transformacji, 498
- Add Constraint (with Target)*
 - polecenie z menu Constraints, 488
- Add Modifier*
 - polecenie z zakładki Modifiers, 467, 514, 521, 548, 552, 554, 555, 560, 564, 565, 570
- add-on
 - Intersection, 482
- Add-ons*
 - sekcja okna Preferences, 443
- Adjust Last Operation*
 - panel okna 3D, 466
- aktywne
 - okno, 28
- aktywny
 - obiekt, *Patrz* obiekt, aktywny
 - wierzchołek, 496, 498
- Align*
 - polecenie z menu Vetex (Vertex Tools), 524
- All*polecenie z menu Select, 499
- Alt-D**, *Patrz* Duplicate Linked
- Alt-H**, *Patrz* Reveal Hidden
- Alt-P**, *Patrz* Clear Parent
- angle constrain*
 - opcja polecenia Knife, 533
- Animation*
 - układ ekranu, 34
- Annotations*
 - panel z zakładki View (przybornika), 447
- Append*
 - polecenie z menu File, 437
 - przycisk w oknie File View, 438
- Apply*
 - polecenie z menu kontekstowego modyfikatora, 572
 - polecenie z menu kontekstowego modyfikatora, 515
- Array*
 - modyfikator, 564
 - odległość odsunięcia kopii, 564
 - współczynniki trybu Relative Offset, 564
- Arrows*
 - odmiana pustego obiektu (Empty), 472
 - polecenie z submenu Empty, 472
- artefakty
 - cieniowania, 516
- Artificial*
 - materiały pomocnicze, 186
- atrefakt
 - w widoku perspektywicznym (okno 3D), 44, 475, 476
- Auto Save*
 - polecenie z submenu Recover, 439
- Auto Smooth*

opcja z panelu Object Data

Normals, 516, 541

Axis

kierunek projekcji siatki (modyfikator Shrinkwrap),
566

B

B, *Patrz* Box Select, *Patrz* Box Select

Back to Previous

przycisk z nagłówka, 40

Background

polecenie z submenu Image, 461

baza

(obiekt) podzespołu steru kierunku, 264

(obiekt) podzespołu steru wysokości, 244

zespołu usterzenia, 236

zespołu usterzenia pionowego, 260

beczkowate

zniekształcenie zdjęcia, 650, 651

Bevel

Clamp Overlap

zapobieganie nakładaniu fazek, 561

Depth

opcja z listy Width Type, 560

kąt graniczny, 560

modyfikator, 560

modyfikator a rozwinięcie siatki w UV, 563

modyfikator, przykład użycia, 193

modyfikator, użycie zmiennych wag, 378

Offset

opcja z listy Width Type, 560

Percent

opcja z listy Width Type, 560

pole Amount, 560

pole Limit Method, 560, 562

Profile

opcje Shape, 562

Segments

zaokrąglanie krawędzi, 561

Weight

różnicowanie promienia zaokrąglenia, 562

Width

opcja z listy Width Type, 560

Width Type

parametr polecenia, 560

współczynnik *Weight*, 562

biblioteki

elementów — wykorzystanie innych plików Blendera,
438

Blender

rozszerzenia funkcjonalności, 443

wyjście z programu, 37

blok danych, *Patrz* datablock

Boolean

'czyszczenie' krawędzi, 529

modyfikator, 552

modyfikator, przykład użycia, 169, 171, 187

operacje w trybie edycji, 527

problemy z metodą Exact, 173, 174

problemy z metodą Fast, 173, 174

problemy z zależnością parent/child, 171

różnica (Difference), 527, 552

widoczność rezultatów w Edit Mode, 553

wybieranie drugiego obiektu, 552

Bottom

polecenie z menu View, 43

Boundary Smooth

opcja modyfikatora Subdivision Surface, 638, 644

Bounding Box Center

jako punkt odniesienia, 506

przykład użycia, 98

wybór z listy Pivot, 68

Box Select

polecenie z menu Select, 58, 500

Bridge Edge Loops

polecenie z menu Edge, 545

C

C, *Patrz* Circle Select, *Patrz* Circle Select, *Patrz* Clamp,
Slide Vertices

Camera

polecenie z menu Add, 474

polecenie z submenu Viewpoint, 56

utworzenie nowego obiektu, 474

Cap Fill Type

parametr polecenia Add Cylinder, 470

Catmulla-Clarka

powierzchnie podziałowe, 467

checkbox

kontrolka panelu, 76

cieniowanie

unikanie artefaktów, 516

w oknie 3D

opcje, 50

tryb Material Preview, 52

tryb opcja X-Ray, 48, 49

tryb Rendered, 52

tryb Solid, 48, 50, 51, 119

- tryb Wireframe, 49
 - cięcie
 - siatki, 144, 145
 - Circle*
 - parametry polecenia, 466
 - polecenie z menu Add, 466
 - przykład użycia, 97
 - Circle Select*
 - polecenie z menu Select, 59, 500
 - Clamp*
 - tryb Slide Vertices, 538
 - tryb Vertex Slide, 140
 - Clear and Keep Transformation*
 - polecenie z menu Clear Parent, 480
 - Clear Object Constraints*
 - polecenie z menu Constraints, 489
 - Clear Parent*
 - menu, 480
 - Clear Sharp*
 - polecenie z menu Edge, 541
 - Clear Track*
 - usunięcie ograniczeń Track To, Locked Track, 489
 - Clear Track and Keep Transform*
 - usunięcie ograniczeń Track To, Locked Track, 489
 - Clip End*
 - pole panelu Lens z zakładki Object Data, 476
 - Clip Start*
 - pole panelu Lens z zestawu Object Data, 475
 - pole z zakładki przybornika
 - View, 45
 - Clipping*
 - parametr modyfikatora Mirror, 549
 - Collection Instance*
 - polecenie z menu Add, 493
 - Collections*
 - panel z zakładki Object, 451
 - color button*
 - wybór barwy, 455
 - Color Management*
 - opcja z panelu Render
 - Shading, 457
 - panel z zakładki Render, 456
 - config
 - folder konfiguracji Blendera, 435
 - Connect Vertex Path*
 - polecenie z menu Vertex, 546
 - Constant Offset*
 - odległości w modyfikatorze Array, 564
 - constraint, *Patrz* ograniczenie
 - Copy Settings*
 - opcja z menu New Scene, 453
 - Copy to Selected*
 - polecenie z menu kontekstowego modyfikatora, 573
 - Crease, Patrz* ostra krawędź
 - ostre krawędzie, przykład użycia, 164, 174, 175, 177
 - ostrość krawędzi, 539
 - w tworzeniu ostrych narożników, 645
 - Ctrl**, *Patrz* przesunięcie, skokowe
 - Ctrl-1**, *Patrz* Rear
 - Ctrl-3**, *Patrz* Right
 - Ctrl-7**, *Patrz* Bottom
 - Ctrl-I**, *Patrz* Invert
 - Ctrl-J**, *Patrz* Join
 - Ctrl-P**, *Patrz* Set Parent To
 - Ctrl-R**, *Patrz* Loop Cut and Slide
 - Ctrl-S**, *Patrz* Save
 - Ctrl-Spacja**, *Patrz* Maximize Area, *Patrz* Tile Area
 - Cube*
 - polecenie z menu Add, 473
 - CUDA*
 - włączanie w Blenderze, 434
 - Cursor to Active*
 - polecenie z menu myszki Snap, 454
 - Cursor To Active*
 - polecenie z menu myszki Snap, 507
 - Cursor to Selected*
 - polecenie z menu myszki Snap, 454
 - przykład użycia, 107
 - Cursor to World Origin*
 - polecenie z menu myszki Snap, 454
 - Curve*
 - modyfikator, 555, 558
 - oś deformowana, 555
 - skręcanie siatki za pomocą modyfikatora, 558
 - typowe problemy, 555
 - Curve Object*
 - parametr modyfikatora Curve, 555
 - cut through*
 - opcja polecenia Knife, 533
 - Cycles*
 - kluczowe parametry, 81
 - liczba próbek, 82
 - renderer, przykład, 81
 - Cylinder*
 - polecenie z menu Add, 470
- D**
- datablock*

czyszczenie, 630
 licznik referencji (użycia), 628
 nie używane, 628
 usuwanie nieużywanych, 629
 w pliku Blendera, 626
 w wielu scenach, 631
 zabezpieczenie przed usunięciem, 628, 629
 zestaw kontrolek, 627, 630

Deform Axis
 parametr modyfikatora Curve, 555

deformacja
 wokół otworu w powierzchni podziałowej, 643

Delete, Patrz Delete
 menu opcji usuwania, 542, 543, 544
 polecenie z menu kontekstowego kolekcji, 452
 polecenie z menu układu ekranu, 441

Delete Hierarchy
 polecenie z menu kontekstowego kolekcji, 452

Depth
 (Auto) przełącznik z sekcji Preferences
 Navigation, 430
 parametr polecenia Add Cylinder, 470
 pasek wyboru z panelu Object Data
 Empty, 463

Display Device
 opcja z panelu Render
 Color Management, 456

Dissolve Edges
 opcja z menu Delete, 544

Dissolve Vertices
 opcja z menu Delete, 543
 przykład użycia, 142

dodanie
 nowej kolekcji, 448

dodatki (add-ons)
 instalacja, 436, 443
 usuwanie, 445

dodawanie
 modyfikatora (siatki), 514, 521, 548, 552, 554, 555,
 560, 564, 565, 570
 nowego materiału, 575
 nowej sceny, 453
 nowych pozycji na liście, 458

dokładność
 widoku z przodu, 160

domyślne
 ustawienia modyfikatora Mirror, 548

dopasowywanie
 modelu do konturu, 101

dropdown
 kontrolka panelu, 76, 77

Duplicate
 polecenie z menu kontekstowego modyfikatora, 572
 polecenie z menu Mesh, 534
 polecenie z menu układu ekranu, 441
 przykład użycia, 150

Duplicate Area into New Window
 polecenie z submenu Area, 36

Duplicate Linked
 polecenie z menu Object, 464
 przykład użycia, 123

Duplicate Objects
 polecenie z menu Object, 464

dwa monitory
 praca z, 36

E

E, Patrz Extrude Edges

Edge Crease
 polecenie z menu Edges, 539

edge loop
 linia wierzchołków, 511

Edge Loops
 opcja z menu Delete, 542

Edge select
 opcja w trybie edycji, 502, 536

Edge Slide
 polecenie (z paska), 513
 polecenie z menu Edges, 513
 przykład użycia, 101

edgeloop, Patrz linia, krawędzi
 linia wierzchołków, 513

Edges
 opcja z menu Delete, 544

Edit Mode
 dla krzywych, 490
 okna 3D, 497
 przełącznik modyfikatora Boolean, 553
 przełącznik modyfikatora Subdivision Surface, 142

Editing
 sekcja okna Preferences, 429

edycja
 tryb pracy, włączanie, 497

edytor
 wybór typu, 31

Eevee
 renderer, przykład, 81

ekran

kopiowanie układu, 441
 układ okien, zarządzanie, 441
 usunięcie jednego z układów, 442
 zmiana nazwy układu (zakładki), 441
 ekran powitalny
 importowanie ustawień Blendera z poprzedniej wersji, 23
 przy pierwszym uruchomieniu, 22
 wybór funkcji klawisza spacji, 22

Empty

jako pomocniczy obiekt nadrzędny, 171, 228
 obiekt (obraz referencyjny), 84
 obiekt *Arrows representation type*, 472
 obiekt, tworzenie, 472
 obiekty ‘puste’, 461
 obraz, przejrzystość, 85, 86
 panel z zakładki *Properties*
 Object Data, 463
 polecenie z menu *Add*, 472
 powiązanie z obrazem (referencyjnym), 85
 zamiana przypisanego obrazu, 91

Emulate Numpad

opcja z sekcji *Input* okna *Preferences*, 35
 przełącznik z sekcji *Preferences*
 Input, 430

Esc, *Patrz* rezygnacja, z polecenia

wyjście z trybu selekcji, 500

Extrude

narzędzie z przybornika, 504
 polecenie z menu *Control Points*, 490
 przykład użycia, 98

Extrude Edges

polecenie z submenu *Extrude*, 503

Extrude Region

polecenie z submenu *Extrude*, 503

Extrude Vertices

polecenie z submenu *Extrude*, 505

F

F, *Patrz* *New Edge/Face from Vertices*

F12, *Patrz* *Render Image*

Face select

opcja w trybie edycji, 502

Faces by Sides

polecenie z menu *Select All by Trait*, 550, 551

Fake user

bloku danych, 628, 629

fazowanie

krawędzi, 560

profil fazki, 562

szerokość, 560

szerokość fazki (problemy), 561

ustalanie szerokości, 560

zaznaczanie krawędzi do, 560

File Paths

sekcja okna *Preferences*, 440

File View

okno, 423, 439, 443

pole tekstowe, 79

Filter

arkusz rozwijalny z nagłówka okna *Outliner*, 450

filtr

w sekcji *Add-ons* okna *Preferences*, 444

Flip

polecenie z submenu *Normals*, 569

Flip to Bottom

polecenie z menu *Header*, 32

Flip to Top

polecenie z menu *Header*, 32

Focal Length

pole panelu *Lens* z zakładki *Object Data*, 476

pole z zakładki przybornika

View, 45

formo, 246

formowanie

dolnej powierzchni końcówki skrzydła, 151, 152

kabina — oprofilowanie wiatrochronu, 356, 361

kabina — osłona, 347, 366

kabina — osłona rolek, 370

kabina — otwór inspekcyjny przed wiatrochronem, 361, 362, 363

kabina — ramka wiatrochronu, 348, 349, 350, 351, 353, 362, 363

kabina — ramki osłony, 367, 368, 369

kabina — szczyt wiatrochronu, 352

kabina — szkło osłony, 369

kabina — szprychy wiatrochronu, 353, 364

kabina — szyna osłony, 370

kabina — wiatrochron, 346, 347, 348, 360

kabina — wyjście awaryjne, 371

kadłub — bazy wymiarowe, 275, 287

kadłub — burty (wzdłuż kokpitu), 279

kadłub — chłodnice cieczy, 321

kadłub — chwyt powietrza gaźnika, 296, 298, 299, 300, 301, 302, 411

kadłub — część środkowa, 360

kadłub — grzbiet ogona, 279

kadłub — kanał powietrza gaźnika, 297

- kadłub — kanały do chłodnic, 321
kadłub — kil, 323, 324, 331, 410
kadłub — kil (segmenty), 325, 326, 327, 409, 410
kadłub — kolekcje, 276
kadłub — kontury chwytu powietrza, 297, 299
kadłub — kontury wzorcowe, 276, 277, 278, 288, 289
kadłub — krawędzie kokpitu, 280
kadłub — mocowanie skrzydła, 282
kadłub — ogon, 283, 284
kadłub — osłona silnika, 287, 290, 291, 292
kadłub — osłony luf km, 305, 307, 308
kadłub — oszklenie za kabiną, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 402
kadłub — otwór koła ogonowego, 285
kadłub — panel wiatrochronu, 354, 355, 362
kadłub — pokrywy koła ogonowego, 403, 404, 405, 406, 407
kadłub — ponad skrzydłem, 281
kadłub — przycinanie chwytu powietrza, 301, 302
kadłub — przycinanie powierzchni, 283, 285, 293, 294
kadłub — sekcje dodatkowe, 282, 290
kadłub — wlot chłodnic, 313, 314, 316, 317, 318, 319, 320, 321
kadłub — wylot chłodnic, 327, 329, 330, 332, 409, 410
kołpak śmigła, 97
kontur końcówki skrzydła, 142, 143
kończówki łopaty śmigła, 114, 115, 116
linii prostej, 108
lotka — hierarchia zespołu, 179
lotka — krawędź natarcia, 174, 175, 176
lotka — krawędź spływu, 177
lotka — oś obrotu, 178
łopaty śmigła, 106, 108, 109, 110, 112, 116, 117, 118, 121
oprofilowanie skrzydła — rysunki, 390, 391
oprofilowanie usterzenia, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 407
przekrój łopaty śmigła, 108
skrzydła, 132
skrzydło — dźwigar klapy, 213
skrzydło — geometria otworu na koło, 221
skrzydło — kłapa, otwór na, 187
skrzydło — kłapa, rysunki referencyjne, 184, 203, 219
skrzydło — kłapa, zamykanie wycięcia na, 190
skrzydło — kołnierz otworu na koło, 221, 222
skrzydło — kontury oprofilowania, 391
skrzydło — końcówka, 140, 156, 157, 159, 160, 161, 163, 164, 165
skrzydło — końcówka (koncepcja), 135
skrzydło — krawędź natarcia, 134
skrzydło — krawędź spływu, 133, 136
skrzydło — kształt podstawowy, 136
skrzydło — lotka, otwór dla, 169, 171
skrzydło — lotka, rysunki referencyjne, 167, 168
skrzydło — lotka, wydzielenie, 172
skrzydło — oprofilowanie podstawy, 395, 396
skrzydło — oprofilowanie podstawy (poprawki), 397
skrzydło — osłona goleni podwozia, 374, 376, 377, 378, 379, 405, 408
skrzydło — otwór klapy, 208
skrzydło — podłużnica klapy, 214
skrzydło — podłużnice, 199
skrzydło — podłużnice (w komorze podwozia), 225, 226
skrzydło — podłużnice, dopasowanie, 200
skrzydło — powierzchnia klapy, 206, 207
skrzydło — prawa strona, 230, 232
skrzydło — profil końcówki, 137, 138
skrzydło — profil podstawy, 132, 133, 134
skrzydło — przekrój poprzeczny oprofilowania, 392
skrzydło — przycięcie u podstawy, 229
skrzydło — stożek oprofilowania, 392, 393, 394
skrzydło — ściany komory podwozia, 223, 224
skrzydło — tylna krawędź klapy, 209, 215, 216, 217
skrzydło — wstawianie żeber, 141
skrzydło — wycięcie na lotkę, 179, 180, 181
skrzydło — zakończenie krawędzi spływu, 185, 186
skrzydło — zawiasy klapy, 204, 205, 208
skrzydło — żebra klapy, 210, 211, 212, 218
skrzydło — żebra krawędzi spływu, 191, 193, 194, 195, 196, 197, 198
skrzydło — żebra krawędzi spływu, wymiary, 191
statecznik poziomy, 235
statecznik pionowy, 259
statecznik pionowy — dźwigar, 260, 262
statecznik pionowy — koncepcja topologii siatki, 260
statecznik pionowy — kontur końcówki, 260
statecznik pionowy — końcówka, 261
statecznik pionowy — profil podstawy, 260
statecznik pionowy — segment główny, 260
statecznik pionowy — wycięcie, 261
statecznik pionowy — żebra, 261
statecznik poziomy — dźwigar, 241
statecznik poziomy — koncepcja topologii siatki, 236
statecznik poziomy — kontur końcówki, 236
statecznik poziomy — końcówka, 237, 238

statecznik poziomy — odbicie lustrzane prawej strony, 242

statecznik poziomy — profil podstawy, 236

statecznik poziomy — segment główny, 237

statecznik poziomy — wycięcie, 239

statecznik poziomy — żebra, 239, 240

ster kierunku, 264

ster kierunku — klapka trymera, 272

ster kierunku — kontur dźwigara, 267

ster kierunku — końcówka, 270

ster kierunku — krawędź spływu, 268

ster kierunku — krzywe konturów, 267

ster kierunku — oprofilowanie, 268

ster kierunku — profil bazowy, 267

ster kierunku — przeciwwaga, 270

ster kierunku — segment główny, 269

ster kierunku — wycięcia, 271

ster kierunku — żebra, 272

ster wysokości, 243

ster wysokości — klapka trymera, 255, 256

ster wysokości — kontur dźwigara, 246

ster wysokości — końcówka, 248, 249

ster wysokości — krawędź natarcia, 252

ster wysokości — krzywe konturów, 246

ster wysokości — odbicie lustrzane prawej strony, 257

ster wysokości — oprofilowanie, 249, 250, 252

ster wysokości — przeciwwaga, 253, 254

ster wysokości — segment główny, 247

ster wysokości — topologia siatki (koncepcja), 246

topologia końcówki skrzydła, 143

wykorzystanie otworów tymczasowych, 149

zamykanie otworów tymczasowych, 153, 154

zaokrąglonych krawędzi końcówki skrzydła, 149, 150, 151, 152, 153

Front

polecenie z menu View, 43

Full Copy

opcja z menu New Scene, 453

G

G, *Patrz* Grab/Move

gamma

korekcja wyświetlanych kolorów, 456

geometria

łopaty śmigła, 104, 105, 125, 126, 128

trapezu skrzydła, 131

Geometry Nodes

modyfikatory, 570

gizmo, *Patrz* ornamenty

głębokość

widoku, 45

Grab/Move

polecenie z submenu Transform, 62

H

H, *Patrz* Hide Selected

odcień koloru, 455

Header

menu kontekstowe, 32, 33

Hex

tryb wyboru koloru, 456

Hide Selected

polecenie z submenu Show/Hide, 525

hierarchia

'parent/child' a kolekcje, 481

identyfikacja obiektu nadrzędnego, 480, 631

obiektów modelu, 481

sceny, tworzenie, 124

ustalenie dla obiektów, 479

wyłączanie obiektu z, 480

Horizontal Split, *Patrz* nowe:okno (Blender)

HSV

tryb wyboru koloru, 455

HTML notation

heksadecymalna reprezentacja barwy, 456

I

ignore snap

opcja polecenia Knife, 533

Image

panel z zakładki Properties

Object Data, 462

polecenie z submenu Empty, 462

submenu z menu Add, 461

import

biblioteki dynamicznych wzorców, 438

tryb 'referencji' (Link), 438

wybór elementów z pliku Blendera, 438

z pliku Blendera, 437

Individual Centers

wybór z listy Pivot, 68

Individual Origins

tryb Transformation Pivot, 125

Input

sekcja okna Preferences, 430

inspekcyjny otwór

wiatrochronu, 361, 362

instalacja

- dodatków, 436, 443
 - Install*
 - przycisk z sekcji Add-ons okna Preferences, 443
 - Install Add-on*
 - przycisk okna File View, 443
 - Instance Offset*
 - pola z panelu Collection
 - Instancing, 493
 - instancja
 - tworzenie, 493
 - Interface*
 - sekcja okna Preferences, 429
 - Intersect*
 - Boolean*
 - parametry polecenia, 527
 - polecenie z menu Face, 527
 - przełączanie odciętych części, 527
 - przykład użycia, 145
 - Knife*
 - polecenie z menu Face, 528
 - przykład użycia, 173
 - Intersection, Patrz przecięcie, powłok*
 - add-on, 482
 - add-on, włączanie, 482
 - okno dialogowe, 483
 - opcje, 531
 - Use both meshes*
 - opcja polecenia, 483
 - Use diagonals*
 - opcja polecenia, 484
 - Use selected faces*
 - opcja polecenia, 483
 - zasada działania, 484
 - Invert*
 - polecenie z menu Select, 499
- J**
- J, Patrz Connect Vertex Path**
 - Join*
 - polecenie z menu Object, 485
 - Join Areas, Patrz scalanie:okna*
- K**
- kabina
 - geometria, 346, 366, 399, 400, 401
 - kolekcje, 357
 - osłona, 347
 - osłona rolek, 370
 - osłona, różnice między P-36 i P-40, 366
 - ramka wiatrochronu, 348, 349, 350, 351, 353, 362, 363
 - ramki osłony, 367, 368, 369
 - szczyt wiatrochronu, 352
 - szkło osłony, 369
 - szprychy wiatrochronu, 353, 364
 - szyna osłony, 370
 - wiatrochron, 347, 348, 360
 - wiatrochron, różnice między P-36 i P-40, 359, 361
 - wyjście awaryjne, 371
 - kadłub
 - bazy wymiarowe, 275, 287
 - chłodnice cieczy, formowanie, 321
 - chwyt powietrza gaźnika, 296, 298, 299, 300, 301, 302, 411
 - dodatkowe sekcje, 282, 290
 - formowanie burt, 279
 - formowanie części środkowej, 360
 - formowanie konturów, 276, 277, 278, 288, 289
 - formowanie oprofilowania skrzydła, 390
 - formowanie osłon luf km, 305, 307, 308
 - formowanie osłony silnika, 290, 291, 292
 - kanal powietrza gaźnika, 297
 - kanały chłodnic, formowanie, 321
 - kil, geometria, 323, 324
 - kil, segment 0, 325, 409, 410
 - kil, segment 1, 325, 327, 410
 - kil, segment 2, 326, 410
 - kil, segment 3, 326, 410
 - kil, wyrzutnik łusek, 331, 410
 - kolekcje, 276
 - kontury chwytu powietrza, 297, 299
 - kontury wlotu chłodnic, 313, 314
 - kontury wręg, 276, 360
 - krawędzie (nowe, wstawianie), 284
 - krawędzie kokpitu, 280
 - mocowanie do skrzydła, 282
 - oprofilowanie podstawy skrzydła, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397
 - otwór koła ogonowego, 285
 - panel wiatrochronu, 354, 355, 362
 - pokrywy koła ogonowego, 403, 404, 405, 406, 407
 - ponad skrzydłem, 281
 - przycinanie chwytu powietrza, 301, 302
 - przycinanie powierzchni, 283, 285, 293, 294
 - rysunki osłony silnika, 287
 - sprawdzanie kształtu osłon luf km, 306
 - stacje osłony silnika, 287
 - stacje wręg, 275
 - tworzenie powierzchni, 279

- wlot chłodnicy, część przednia, 315, 316, 317
- wlot chłodnicy, krawędź natarcia, 318, 319, 320
- wlot chłodnicy, przycinanie, 321
- wyciąganie powierzchni, 283, 284
- wylot chłodnic, blister, 328, 329, 332, 409, 410
- wylot chłodnic, klapy, 329, 330, 409
- wylot chłodnic, wręga, 327
- kamera
 - aktywna, 474
 - ogniskowa, 476
 - podgląd projekcji w oknie 3D, 475
 - rozmiar obiektu, 476
 - stworzenie nowej (obiektu), 474
 - widok z, 56
 - zasięg, 475, 476
- katalog
 - z konfiguracją Blendera, 435
- kątomierz
 - narzędzie pomiarowe, 446
 - usuwanie ze sceny, 447
- Keep Corners*
 - opcja modyfikatora Subdivision Surface, 644
- Keymap*
 - definiowanie nowych skrótów, 431, 432
 - znajdowanie skrótów, 431
- klawiatura
 - kiedy stosować skróty, 33
 - laptopa, 430
 - numeryczna, 430
- klonowanie
 - obiektu, 123, 464
- Knife*
 - opcja angle constrain, 533
 - opcja cut through, 533
 - opcja ignore snap, 533
 - opcja midpoint snap, 533
 - opcje działania, 533
 - polecenie z paska narzędzi, 532
 - tryb 'cut through', 533
- kolejność
 - elementów listy, 459
 - paneli, zmiana, 73
- kolekcja
 - nazewnictwo, konwencje, 90
 - środek, 493
- kolekcje
 - a hierarchia 'parent/child' obiektów, 481
 - identyfikacja powiązanych z obiektem, 451
 - powiązane z obiektem, 451
 - przenoszenie obiektów, 449
 - przenoszenie powiązanych obiektów, 481
 - ukrywanie zawartości w oknie 3D, 449
 - usuwanie, 452
 - wstawienie nowej, 448
 - zarządzanie, 448
 - zespołu kokpitu, 357
 - zespołu skrzydła, 230, 231, 232
 - zmiana nazw, 448
 - zmiana położenia (w hierarchii), 449
- kolor
 - heksadecymalne wartości R,G,B, 456
 - inetywność (V), 455
 - kontrolka w Blenderze, 455
 - korekcja gamma, 456
 - nasycenie (S), 455
 - odcień (H), 455
 - opcja Color Management, 457
 - opcja sRGB, 456
 - ustalanie wartości HSV, 455
 - ustalanie wartości RGB, 455
 - wybór 'poprzez przykład', 455
- kołpak śmigła
 - formowanie, 97
- konfiguracja
 - Blendera, 35
- kontrolka
 - na nazwę obiektu, 552
- kontrolki
 - lista, 76
 - lista rozwijalna, 76, 77
 - pasek wyboru, 76
 - pole wyboru, 76
- końcówka
 - skrzydła, formowanie, 140, 156, 157, 159, 160, 161, 163, 164, 165
- kopie bezpieczeństwa
 - interwał tworzenia, 440
 - ustawienia, 440
- kopiowanie
 - obiektów, 91
 - obiektu, 464
- kółko ogonowe
 - otwór dla, 285
 - pokrywy, 403, 404, 405, 406, 407
- krawędziowe
 - punkty, krzywych podziałowych, 633
 - punkty, powierzchni podziałowych, 640
- krawędź

- barwa zaznaczonej, 498
- cieniowanie dla ostrej, 541
- częściowo ostra, 646
- fazowanie, 560
- linia (wielu krawędzi na siatce), 496
- opcje cieniowania, 541
- ostra (powierzchni podziałowej), 164, 643, 644
- oznaczanie ostrych (Crease), 174, 175, 177
- podział, 535
- powierzchni podziałowych, 643
- profil zaokrąglenia, 562
- przecięcia, 527, 531
- przecięcia dwóch siatek, 482, 484
- przerywanie w wierzchołku, 520
- regulacja ostrości, 539
- różnicowanie promieni zaokrągleń, 562
- siatki, wyjaśnienie pojęcia, 496
- splaszczanie, 507
- sterowanie współczynnikiem Crease, 540
- stworzenie, 545, 546
- szerokość fazki, 560
- usuwanie, 544
- usuwanie linii wierzchołków, 542
- wyciąganie, 490, 503
- zaokrąglenie, 561
- zaokrąglenie wybranych, 562
- zmiennie wagi fazowania (Bevel Weight), 378
- krawędź natarcia
 - formowanie, 134
- krawędź spływu
 - formowanie, 133, 136
 - końcówki skrzydła, 160, 162, 163, 165
 - lotki, 176
- krzywa
 - kierunek i skręcenie, 555, 558
 - odwracanie kierunku, 556
 - skręcenie węzłów, 555, 558
 - tryb edycji, 490
 - tworzenie, 490
 - waga węzła, 491
 - wielobok sterujący, 490
 - współrzędne węzła, 491
- krzywa ostateczna
 - linii podziałowej, 632, 638
- krzywe podziałowe
 - a NURBS, 634
 - formowanie linii prostej, 108
 - krzywa ostateczna, 632
 - krzywa otwarta, 638
 - odwzorowanie okręgu, 636
 - punkty krawędziowe, 633
 - punkty sterujące, 632
 - punkty wierzchołkowe, 633
 - segmenty, 634, 635
 - wielobok oryginalny, 632
 - wielobok sterujący, 632
 - właściwości, 635
 - wprowadzenie, 632
 - wyrażenia algebraiczne, 634
 - zakres wpływu punktu sterującego, 635
- kursor
 - 3D, 454
- kursor 3D
 - jako środek obrotu, 67
 - polecenia w menu myszki Snap, 67
 - polecenia z menu Snap, 454
 - położenie (ustalanie), 67
 - ustalanie położenia, 454
 - w oknie 3D, 454
 - współrzędne, 454
 - współrzędne (ustalanie), 68, 86
 - wyjaśnienie pojęcia, 67
- kwadrat
 - utworzenie, 469

L

- laptop
 - klawiatura, 430
- Lasso Select*
 - polecenie z menu Select, 59
- Layout*
 - układ ekranu, 34
- Left*
 - polecenie z menu View, 43
- Lens*
 - panel z kontekstu Object Data, 475
- Lens Distortion*
 - polecenie z menu Distorts (GIMP), 652
- Levels*
 - Render*
 - modifier parameter, 514
 - parametr modyfikatora, 467
 - Viewport*
 - modifier parameter, 514
 - parametr modyfikatora, 467
- licznik referencji
 - do bloku danych Blendera, 628
- linia

- krawędzi, 496
- wierzchołków, 499
- linia wierzchołków
 - prostowanie, 523
- linie podziałowe, *Patrz* krzywe podziałowe
- linijka
 - narzędzie pomiarowe, 446
 - usuwanie ze sceny, 447
- Link*
 - polecenie z menu File, 438
- Linked Copy*
 - opcja z menu New Scene, 453
- lista
 - dodawanie nowych pozycji, 458
 - kontrolka panelu, 76
 - kontrolka w Blenderze, 458
 - menu kontekstowe elementów, 459
 - wyszukiwanie (filtr), 459
 - z okna Properties
 - dodawanie nowych pozycji, 458
 - menu kontekstowe, 459
 - szczegóły obsługi, 458
 - wyszukiwanie (filtr), 459
 - zmiana uporządkowania, 459
 - zmiana uporządkowania elementu, 459
- Load factory Settings*
 - polecenie z submenu Defaults, 37
- Load Settings*
 - przycisk na ekranie powitalnym, 23
- Loop Cut*
 - narzędzie (z paska), 511, 512
 - przykład użycia, 100
- Loop Cut and Slide*
 - polecenie z menu Edge, 511
- Loose Geometry*
 - polecenie z menu Select, 529
 - polecenie z menu Select All by Trait, 550
- lotka
 - hierarchia zespołu, 179
 - krawędź natarcia, 174, 175, 176
 - krawędź spływu, 160, 162, 163, 165, 177
 - promień krawędzi spływu, 176
 - wycinanie wręg, 173
 - zawiasy (obiekt), 178
- lustrzane odbicie
 - alternatywny środek i osie symetrii, 548
 - osie symetrii, 548, 549
 - scalanie bliskich wierzchołków, 548
 - ustawienia domyślne, 548

L**Ła-5**

- przykładowy model, 39
- łopata śmigła
 - formowanie części środkowej, 112
 - formowanie końcówki, 114, 115, 116
 - formowanie krawędzi spływu, 108, 109, 110, 112
- geometria, 125, 126, 128
- ostatnie poprawki, 116, 117, 118
- pomocnicze rysunki, 104
- skok, 125, 126, 128
- skręcanie, 121, 122
- typowy przekrój, 108
- wytłaczanie podstawowego kształtu, 106, 107

M**M, *Patrz* Merge***Make Edge/Face*

- polecenie z menu Mesh, 546

Make Track

- menu podręczne, 488

Mark Sharp

- polecenie z menu Edge, 541

MatCap

- opcja z arkusza Viewport Shading, 51, 119

Material Preview

- tryb cieniowania w oknie 3D, 52

materiał

- kolor w cieniowaniu Solid, 576
- przypisanie do obiektu, 429
- utworzenie nowego, 575
- użycie w edycji siatki, 186
- wybór istniejącego, 576
- zmiana nazwy, 575

Maximize Area

- polecenie z menu Header, 33, 40

Mean Crease

- pole z sekcji Edges Data (przybornika), 540

Mean Tilt

- pole z panelu Transform przybornika, 556

Measure

- narzędzie z paska narzędzi, 88, 446, 447

menu

- kontekstowe
 - elementów listy, 459

*Merge**At Center*

- polecenie z submenu Merge, 518
- przykład użycia, 100

By Distance

- polecenie z submenu Merge, 519
- parametr modyfikatora Mirror, 548
- podręczne menu scalania wierzchołków siatki, 518

Mesh

- w Blenderze, 626

midpoint snap

- opcja polecenia Knife, 533

mierzenie

- odległości w Blenderze, 86, 88

Mirror

- modyfikator, 548

Mirror Object

- parametr modyfikatora Mirror, 548

model

- Ła-5 (przykład), 39

Modifiers

- sekcja okna Properties, 514
- zakładka okna Properties, 467, 521, 548, 552, 554, 555, 560, 564, 565, 570

modyfikator

- Array, 564
- Bevel, 560
- Boolean, 552
- Curve, 555, 558
- dodadnie, 514, 521, 548, 552, 554, 555, 560, 564, 565, 570
- Geometry Nodes, 570
- kopiowanie do innych obiektów, 573
- Mirror, 548
- powielenie na liście, 572
- Shrinkwrap, 565
- Simple Deform, 554
- Solidify, 521
- Subdivision Surface, 467, 514
- Surface Offset, 570
- tworzenie, 467, 514, 521, 548, 552, 554, 555, 560, 564, 565, 570
- tworzenie własnych, 570
- usuwanie, 515
- utrwalenie, 572
- włączenie w Edit Mode, 101

Move

- narzędzie z paska, 65
- polecenie z submenu Transform, 490, 508
- przykład użycia, 107

Move to Collection

- polecenie z submenu Collection, 449

N*N, Patrz Sidebar**NACA*

- profile lotnicze, 131

NACA-2209

- różnice współrzędnych wg Curtiss, 138

NACA-2215

- różnice współrzędnych wg Curtiss, 138

nacięcie

- nowej krawędzi siatki, 532

nagłówki

- okna, 30, 54
- okna 3D, w trybie edycji siatki, 497
- okna, przełączanie, 32
- panelu, 72, 73
- przesuwanie w prawo i lewo, 54

nakładki

- okna 3D, 53

narożnik

- powierzchni podziałowej, 644

narożniki

- okna, 29

nazwa

- kolekcji, 90, 448
- obiektu, 90, 357
- obiektu, przykład nadania, 102, 103
- siatki, przykład nadania, 102, 103
- system określania, 477
- zmiana dla materiału, 575
- zmiana dla sceny, 453

Nearest Surface Point

- metoda projekcji siatki (modyfikator Shrinkwrap), 565

Negative

- opcja w panelu modyfikatora Shrinkwrap, 566

New

- opcja z menu New Scene, 453
- polecenie z menu File, 428, 435
- przycisk z zakładki Material, 575

New Edge/Face

- polecenie z menu Mesh, 545

New Edge/Face from Vertices

- polecenie z menu Vertex, 545

New Scene

- opcje tworzenia nowej sceny, 453

n-gon

- ściany, znajdowanie w siatce, 551

nie używane

- bloki danych, 628

None

- połączenie z menu Select, 499
 - normalne
 - do ściany siatki, 568
 - odwracanie (zwrotu), 569
 - rozmiar wyświetlanych, 568
 - skopiowanych ścian, 150, 154
 - ujednolicanie kierunku, 515
 - wizualizacja kierunku, 568
 - wpływ na cieniowanie siatki, 541
 - wyświetlanie, 555
 - Normals*
 - sekcja z panelu Viewport Overlays, 568
 - Size*
 - kontrolka z panelu Viewport Overlays, 568
 - nowe
 - okno (Blender), 29
 - numeric field*
 - pole numeryczne, 77, 78
 - numeryczna
 - klawiatura (emulacja), 430
 - NURBS
 - a krzywe podziałowe, 634
 - a powierzchnie podziałowe, 641
 - krzywa
 - zakres wpływu węzła, 491
- O**
- obiekt, *Patrz* Object
 - aktywny, 57
 - aktywny, współrzędne (ustalanie), 68
 - Empty (Image), 84
 - Empty, tworzenie, 461
 - hierarchia, 124
 - hierarchia 'parent/child' a kolekcje, 481
 - hierarchia modelu, 481
 - identyfikacja obiektu nadrzędnego, 480, 631
 - identyfikacja powiązanych kolekcji, 451
 - interaktywna zmiana parametrów, 466, 470
 - klonowanie, 123, 464
 - kolor w oknie 3D, 576
 - kopiowanie, 91, 464
 - kopiowanie modyfikatorów (pomiędzy obiektami), 573
 - nazewnictwo, 357
 - nazewnictwo, konwencje, 90
 - nie do zaznaczenia, 450
 - obrót lokalnego układu współrzędnych, 173
 - obrys w trybie cieniowania Solid, 181
 - ograniczenia (constraints), 488
 - połączony, 123
 - powiązany, 464
 - powielenie modyfikatora, 572
 - przełączanie widoczności, 450
 - przenoszenie pomiędzy kolekcjami, 481
 - przypisanie (istniejącego) materiału, 576
 - pusty (Empty), 472
 - scalanie siatek, 485
 - ukrywanie w oknie 3D, 450
 - utrwalanie modyfikatorów, 572
 - utworzenie (okręgu), 466
 - utworzenie (przez podział), 547
 - utworzenie (walca), 470
 - utworzenie w aktualnym widoku, 429
 - użycie materiałów, 186
 - w wielu kolekcjach, 451
 - włączenie w wiele scen, 631
 - wskazywanie do pola GUI, 552
 - wycinanie części, 552
 - wykluczenie z renderowania, 450
 - zmiana hierarchii, 479, 480
 - zmiana kolekcji, 449
 - zmiana położenia środka, 487
 - obiekt, aktywny
 - kąty obrotu, 68
 - współczynniki skali, 68
 - współrzędne położenia, 68
 - Object*
 - (Link Materials To) opcja z sekcji Preferences Editing, 429
 - pole modyfikatora Boolean, 552
 - w Blenderze, 626
 - Object (Keep Transform)*
 - połączenie z menu Set Parent To, 479
 - Object Constraints*
 - zakładka z okna Properties, 488
 - obracanie
 - widoku w oknie 3D, 42
 - obraz
 - (rastrowy), wstawianie, 461
 - położenie na scene, 85
 - przejrzystość (w obiektach Empty), 85, 86
 - referencyjny, kopiowanie, 91
 - referencyjny, ustawianie w Blenderze, 84
 - relatywna ścieżka do, 85
 - tworzenie (jako obiekt Empty), 84
 - zamiana w obiektach Empty, 91
 - obrót
 - obiektu, 66

- opcje obserwatora w oknie 3D Viewport, 430
- środek, 67
- w trakcie polecenia Extrude, 510
- wierzchołków (siatki), 510
- wokół pojedynczej osi, 66
- wokół selekcji, 430
- wokół wybranej osi obiektu, 510
- z użyciem ornamentu, 66
- obrys
 - obiektu w trybie cieniowania Solid, 181
- odcinanie
 - części siatki (Boolean), 527
- odsłanianie
 - ukrytych części siatki, 525
- odzyskanie
 - danych (bo błędzie programu), 439
 - pliku Blendera po awarii programu, 425
- Offset*
 - parametr modyfikatora Solidify, 521, 522
 - parametr modyfikatora Surface Offset, 570
 - pole w panelu modyfikatora Shrinkwrap, 567
- Offset X*
 - kontrolka z panelu Object Data
 - Empty, 462
- Offset Y*
 - kontrolka z panelu Object Data
 - Empty, 462
- ogniskowa
 - kamery, 476
 - widoku, 45
- ograniczenie
 - (obiektu), właściwości, 488
 - Track To, 488
 - usunięcie, 489
- okno
 - aktywne, 28
 - nagłówek, 30, 54
 - nagłówek, przełączanie, 32
 - narożniki, 29
 - nowe (Blender), 29
 - osi czasu, 27
 - otwarcie dodatkowego ekranu Blendera, 36
 - pasek narzędzi, 30
 - podstawowe elementy, 30
 - powiększanie, 40
 - praca z dwoma monitorami, 36
 - przesuwanie granic, 27
 - przybornik (*sidebar*), 30, 31
 - scalanie, 28, 29
 - struktury sceny, 27
 - typ, 31
 - ustawień Blendera, 428, 443
 - widoku, 27
 - właściwości, 27, 72
 - zapisanie, 427
 - zmniejszanie, 40
- Okno 3D
 - cieniowanie jednym kolorem, 50
 - cieniowanie Material Preview, 52
 - cieniowanie Rendered, 52
 - cieniowanie Solid, 48, 50, 51, 119
 - cieniowanie testowym materiałem, 51, 119
 - cieniowanie Wireframe, 49
 - cieniowanie z opcją X-Ray, 48, 49
 - Edit Mode, 497
 - materiały MatCap, 51, 119
 - nakładki, 53
 - opcje cieniowania, 50, 181
 - oramenty (kontrolki), 40, 53
 - oświetlenia typu Studio, 50
- okrąg
 - interaktywna zmiana parametrów, 466
 - odwzorowanie w krzywych podziałowych, 636
 - parametry domyślne, 466
 - utworzenie, 466
- On Cage*
 - opcja modyfikatora, 101, 642
- Online Manual*
 - polecenie z menu kontekstowego formantu, 32
- Opacity*
 - kontrolka z panelu Object Data
 - Empty, 462
 - kontrolka z panelu ObjectData
 - Empty, 85, 86
- Open*
 - polecenie z menu File, 423
 - przycisk z okna File View, 424
- Open Recent*
 - polecenie z menu File, 425
- oprofilowanie
 - podstawy skrzydła, 390
 - wiatrochronu, 356, 361
- OptiX*
 - włączanie w Blenderze, 434
- Orbit Around Selection*
 - przełącznik z sekcji Preferences
 - Navigation, 430
- orientacja

- projekcji ortograficznej, 96
 - origin
 - punkt odniesienia (środek) obiektu, 67
 - Origin to 3D Cursor*
 - polecenie z menu Object, 487
 - ornament
 - do wytłaczania, 504
 - obrotu, 66
 - okna 3D, 40, 53
 - przesunięcia, 65
 - skalowania, 70
 - Orphan Data*
 - tryb wyświetlania zawartości okna Outliner, 630
 - ortograficzna
 - projekcja, orientacja, 96
 - osi czasu
 - okno, 27
 - osie
 - symetrii modyfikatora Mirror, 548, 549
 - osłona
 - kabiny, geometria, 366, 401
 - kabiny, różnice między P-36 i P-40, 366
 - ostateczna
 - krzywa, linii podziałowych, 632
 - powierzchnia, powłok podziałowych, 638
 - ostra
 - krawędź (powłoki podziałowej), 643, 644
 - ostra krawędź
 - częściowo gładka, 646
 - wpływ na powierzchnię podziałową, 645
 - ostre
 - cieniowanie krawędzi, 541
 - krawędzie powierzchni podziałowych, 539
 - krawędzie w powierzchni podziałowej, 174, 175, 177
 - krawędzie, sprawdzanie, 540
 - ostrość
 - krawędzi powierzchni podziałowej, 164
 - oszklenie
 - za kabiną, formowanie szyby, 339, 340
 - za kabiną, geometria, 335, 399, 400, 401, 402
 - za kabiną, ramka szyby, 340, 341, 342, 343, 344
 - za kabiną, wgłębienie kadłuba, 336, 337, 338
 - oś
 - obrotu, 510
 - obrót wokół wybranej, 510
 - przesuwanie wzdłuż wybranej, 508
 - skalowania, 506
 - otwarcie
 - pliku Blendera, 423, 425
 - otwarta
 - krzywa podziałowa, 638
 - otwarte
 - powierzchnie podziałowe, 643
 - otwory
 - tymczasowe, w edycji siatki, 149
 - zamykanie w siatce, 153, 154
 - otwór
 - deformacje krawędzi powierzchni podziałowych, 643
 - Outliner*
 - okno, 27
 - użycie kolekcji, 231, 232
 - overlays, Patrz* nakładki (okna 3D)
- P**
- P, Patrz** Separate
 - Pan, Patrz* przesuwanie, widoku
 - panel
 - nagłówek, 72, 73
 - przesuwanie, 73
 - w oknie Properties, 72
 - zakładki w oknie Properties, 74
 - zawartość, 76
 - Parent*
 - submenu z menu Object, 479
 - pasek
 - wyboru (kontrolka), 76
 - pasek narzędzi
 - okna, 30
 - Path*
 - polecenie z submenu Curve, 490
 - Perspective*
 - (Auto) przełącznik z sekcji Preferences Navigation, 430
 - polecenie z menu View, 44
 - perspektywiczna
 - projekcja, właściwości, 649, 650
 - perspektywiczny
 - widok, 44
 - Pivot*
 - lista w oknie 3D, 506, 510
 - Plane*
 - polecenie z menu Add, 469
 - plik
 - Blendera, struktura, 437
 - lista ostatnich, 425
 - odzyskiwanie po awarii programu, 425
 - taktyka zapisywania, 426
 - plik Blendera

- struktura, 627
- plik startowy
 - Blendera, 428, 435
- plik ustawień
 - Blendera, 36, 428, 435
- płaszczyzna
 - przesuwanie po wybranej, 508
- podłużnice
 - dopasowanie do poszycia, 200
 - tworzenie, 199
- poduszkowe
 - zniekształcenie zdjęcia, 650
- podwozie
 - komora podwozia głównego, 221, 222, 223, 224, 225, 226
 - odchylane pokrywy goleni, 379, 405, 408
 - osłona goleni, 374, 376, 377, 378
 - rysunki osłony goleni, 375
- podziałowe
 - krzywe, 632
 - linie, *Patrz* krzywe podziałowe
- podziałowy
 - schemat, implementacja w Blenderze, 638
- pola
 - interfejs użytkownika, 76
- pole
 - numeryczne, 77, 78
 - tekstowe, 79
 - ze ścieżką do pliku, 79
- polecenie
 - obrót obiektu, 66
 - przesunięcie obiektu, 62
 - rezygnacja z, 62
 - skalowanie obiektu, 70
- połączony
 - obiekt, 123
- pomiar
 - kątów, 446
 - obiektów na scenie, 446
 - odległości, 446
 - użycie ‘kątomierza’, 446
 - użycie ‘linijki’, 446
 - widoczność, 447
- powiązanie
 - obiektu z wieloma kolekcjami, 451
- powiązany
 - obiekt, 464
- powierzchnia
 - odcinanie, 527
 - poziom podziału, 467, 514
 - rzutowanie siatki na, 565
 - wycięcia w, 552
- powierzchnia ostateczna
 - powłok podziałowych, 638
- powierzchnie
 - krawędź przecięcia — wyznaczanie, 482, 484
- powierzchnie podziałowe
 - a NURBS, 641
 - deformacja wokół otworu, 643
 - edycja, 101
 - krawędzie, 643
 - krawędzie częściowo ostre, 646
 - narożniki zewnętrzne, 644
 - odwzorowanie sfery, 642
 - ostre krawędzie, 643, 644
 - otwarte, 643
 - otwory prostokątne, 645
 - powierzchnia ostateczna, 638
 - projekcja na płaszczyznę, 158
 - przybliżenie sfery, 642
 - punkty krawędziowe, 640
 - punkty sterujące, 638
 - punkty środkowe, 639
 - punkty wierzchołkowe, 640
 - segmenty, 642
 - stałość rzutu na płaszczyznę, 647
 - ściany trójkątne, 518
 - wpływ ostrej krawędzi, 645
 - wprowadzenie, 638
 - wyszukiwanie nieregularności, 162
 - zakres wpływu, 642
- powiększanie
 - okna, 33, 40
 - w oknie 3D, 41, 45
 - efekt ‘niewidzialnej ściany’, 45, 46
 - widoku
 - blokada w widoku perspektywicznym, 45, 46
- powiększenie
 - zmiana w widoku perspektywicznym, 430
- poziom
 - powierzchni podziałowej Catmull-Clarka, 467, 514
- Preferences*
 - okno, 35, 428, 443
 - panel z sekcji Preferences
 - Keymap, 431
 - polecenie z menu Edit, 35
 - sekcja Editing, 429
 - sekcja File Paths, 440

- sekcja Input, 35, 430
 - sekcja Interface, 35, 36, 429
 - sekcja Save & Load, 440
 - sekcja System, 434
 - profil
 - modyfikacje współrzędnych, 138
 - skrzydła, 131
 - Project*
 - metoda projekcji siatki (modyfikator Shrinkwrap), 566
 - projekcja
 - atrefakty w perspektywie (okno 3D), 475, 476
 - ortograficzna, 96
 - perspektywiczna, 430, 649, 650
 - powierzchni podziałowej na płaszczyznę, 158
 - przełączenie na widok z kamery, 475
 - Properties*
 - kontrolka listy, 458
 - okno, 27, 72
 - zakładki (grupy paneli), 74, 75
 - prostowanie
 - linii wierzchołków, 523, 524
 - przecięcia
 - krawędź, 527, 531
 - krawędź, znajdowanie, 528
 - przecięcie
 - powłok
 - podział ścian, 484
 - wyznaczanie krawędzi, 482
 - przecinanie
 - siatki, 173
 - ścian siatki (Boolean), 531
 - znajdowanie krawędzi przecięcia, 173
 - przełącznik
 - Exclude from render, 450
 - Hide, 450
 - Selectable, 450
 - przenoszenie
 - kolekcji w hierarchii sceny, 449
 - przerywanie
 - krawędzi w wierzchołku, 520
 - przesunięcie
 - wzdłuż osi, 64
 - przesunięcie
 - dokładne, 65
 - granic okien, 27
 - kursora 3D, 67
 - linii wierzchołków, 513
 - na wskazanej płaszczyźnie, 508
 - nagłówka okn, 54
 - obiektu, 62
 - po wybranej płaszczyźnie, 65
 - skokowe, 64
 - w oknie 3D, 41
 - wierzchołka wzdłuż krawędzi, 537
 - wierzchołków (siatki), 508
 - wierzchołków wzdłuż indywidualnych krawędzi, 538
 - wykluczanie pojedynczej osi, 65
 - wzdłuż wybranej osi obiektu, 508
 - z użyciem ornamentu, 65
 - przybornik
 - okna, 30
 - wyciąganie (narzędzie), 504
 - przycisk
 - wyboru koloru, 455
 - punkt sterujący
 - krzywej podziałowej
 - zakres wpływu, 635
 - NURBS
 - zakres wpływu, 491
 - punkty kontrolne, *Patrz* punkty sterujące
 - punkty krawędziowe
 - krzywych podziałowych, 633
 - powierzchni podziałowych, 640
 - punkty sterujące
 - krzywych podziałowych, 632
 - powierzchni podziałowych, 638
 - przesunięcie, 490
 - skalowanie, 490
 - wyciąganie (Extrude), 490
 - zakres wpływu, 642
 - punkty środkowe
 - powierzchni podziałowych, 639
 - punkty wierzchołkowe
 - krzywych podziałowych, 633
 - powierzchni podziałowych, 640
 - purge*
 - usuwanie niepotrzebnych danych z pliku, 630
 - Purge*
 - przycisk z okna Outliner, 630
 - usuwanie niepotrzebnych danych z pliku, 628
 - Python Tooltips*
 - opcja z sekcji Interface okna Preferences, 36
- Q**
- Quit*
 - polecenie z menu File, 37

R**R**, *Patrz* Rotate*radial buttons*

kontrolka panelu, 76

Radius

parametr polecenia Add Cylinder, 470

parametr polecenia Add Empty, 472

Rear

polecenie z menu View, 43

Recalculate Outside

polecenie z menu Normals, 515

Recover Auto Save

polecenie z menu File, 425

Reference

polecenie z submenu Image, 461

referencyjny

obraz, położenie, 85

obraz, przejrzystość, 85, 86

obraz, skala, 86

obraz, ustawianie w Blenderze, 84

Relations

panel z zakładki Properties

Object, 480, 631

Relative Offset

współczynniki modyfikatora Array, 564

Relative Paths, *Patrz* ścieżka, względna*Remove*

przycisk z panelu dodatku (Add-on), 445

render

pasek postępu, 82

przerywanie procesu, 82

wybór renderera, 81

zapisywanie rezultatu, 81

Render Image

polecenie menu Render, 80

Rendered

tryb cieniowania w oknie 3D, 52

renderowanie

modelu Ła-5, 80

ostatecznego obrazu, 25

wykluczanie obiektów i kolekcji, 450

zapisanie rezultatu, 427

Reset to Default Value

polecenie z menu kontekstowego formantu, 32

retopologia

przykład, 145, 146, 147

Reveal Hidden

polecenie z submenu Show/Hide, 525

rezygnacja

z polecenia, 28, 62, 506, 508, 510

RGB

tryb wyboru koloru, 455

Right

polecenie z menu View, 43

Rip Vertices

polecenie z menu Vertex, 520

Rotate

narzędzie z paska, 66

polecenie z submenu Transform, 66, 510

rozmiar

kamery (obiektu), 476

rozszerzanie

siatki, 140, 538

rozwijalna

lista, 76, 77

rysunek

oprofilowania skrzydła, 390, 391, 395

oprofilowania steru kierunku, 267

oprofilowania steru wysokości, 245

osłona goleni podwozia, 375

osłony silnika, 287

profile statecznika pionowego, 259

profile statecznika poziomego, 235

referencyjny, ustawianie w Blenderze, 84

ster kierunku (z boku), 264

steru wysokości, 245

rysunki referencyjne

lotki, 167, 168

łopaty śmigła, 104, 105

rzut na płaszczyznę

powierzchni podziałowej, 647

S**S**, *Patrz* Scale

nasycenie koloru, 455

Save

polecenie z menu File, 426

Save & Load

sekcja okna Preferences, 440

Save As

polecenie z menu File, 426

polecenie z menu Image, 81

Save As Image

polecenie z menu Image, 427

Save Screenshot

zapisanie obrazu ekranu, 427

Save Startup File

polecenie z menu Defaults, 435

- polecenie z menu File, 428
- polecenie z submenu Defaults, 37
- scalanie
 - obiektów, 485
 - okna, 28, 29
- Scale*
 - narzędzie z paska, 70
 - polecenie z menu Mesh, 506
 - polecenie z submenu Transform, 70, 490
 - przykład użycia, 98
- scena
 - opcje tworzenia, 453
 - skala modelowanego obiektu, 86
 - usuwanie, 453
 - utworzenie nowej, 453
 - użycie wielu scen, 631
 - zarządzanie, 453
 - zmiana nazwy, 453
- Scene, Patrz scena*
- scripts
 - folder konfiguracji Blendera, 435
- segmenty
 - krzywych podziałowych, 634, 635
 - powierzchni podziałowych, 642
- sekcja, *Patrz także*:zakładki, paneli
 - Modifiers, 514, 521, 548, 552, 554, 555, 560, 564, 565, 570
- Select Hierarchy*
 - polecenie z menu kontekstowego obiektu, 481
- selekcja, *Patrz wybór*
- Separate*
 - polecenie z menu Mesh, 547
 - przykład użycia, 172
- Set Active Object as Camera*
 - polecenie z menu View, 474
- Set Parent To*
 - menu, 479
 - przykład użycia, 124
- sfera
 - odzworowanie w powierzchni podziałowej, 642
 - przybliżenie powierzchnią podziałową, 642
- Shade Auto Smooth*
 - polecenie z menu kontekstowego obiektu, 517
- Shade Flat*
 - polecenie z menu Face, 517
 - polecenie z menu kontekstowego obiektu, 517
- Shade Smooth*
 - polecenie z menu Face, 515
 - polecenie z menu kontekstowego obiektu, 517
 - przykład użycia, 98
 - tryb cieniowania siatki, 541
- Shift**, *Patrz transformacja, dokładna*
- Shift-D**, *Patrz Duplicate*
- Shift-E**, *Patrz Edge Crease*
- Shift-K**, *Patrz Knife*
- Shift-N**, *Patrz Recalculate Outside*
- Shift-S**, *Patrz Snap, Patrz Snap*, menu myszki
- Shift-V**, *Patrz Slide Vertices*
- Show In*
 - opcje z panelu Object Data
 - Empty, 463
- Shrinkwrap*
 - modyfikator, 565
 - przykład użycia, 222
- siatka, *Patrz Mesh*
 - 'czyszczenie' rezultatu operacji Boole'a, 529
 - cięcie (boolowskie), 144, 145
 - dodadnie modyfikatora, 514, 521, 548, 552, 554, 555, 560, 564, 565, 570
 - fazowanie krawędzi, 560
 - grupy wierzchołków, 458
 - kopiowanie fragmentów, 520
 - krawędź przecięcia, 531
 - nacięcie nowej krawędzi, 532
 - normalne, 150
 - normalne (ścian), 154
 - odcinanie (Boolean), 173
 - odcinanie części, 527
 - odślanianie tymczasowo ukrytych fragmentów, 525
 - odwracanie zwrotu normalnych, 569
 - ostre krawędzie, 539, 540, 541
 - podział krawędzi, 535, 536
 - powielenie fragmentu, 534
 - profil zaokrąglenia krawędzi, 562
 - przecinanie nakładających się ścian (Knife), 533
 - retopologia, 145, 146, 147
 - rozszerzanie, 140, 538
 - rzutowanie na inny obiekt, 565
 - scalanie wierzchołków, 518
 - skok do, 67
 - spłaszczanie krawędzi, 507
 - stworzenie krawędzi, 545, 546
 - stworzenie ściany, 545
 - topologia końcówki skrzydła, 143
 - tymczasowe ukrywanie fragmentów, 525
 - ustalenie szerokości fazki, 560
 - usunięcie krawędzi, 544
 - usunięcie wierzchołków, 543

- utworzenie kwadratu, 469
- utworzenie okręgu, 466
- utworzenie sześciangu, 473
- utworzenie walca, 470
- używanie modyfikatorów w Edit Mode, 101
- wpływ normalnych ścian, 541
- wybór linii wierzchołków, 499
- wybór wierzchołka, 498
- wyciąganie (rozbudowa), 503
- wydzielenie fragmentu w nowy obiekt, 547
- wygładzanie za pomocą Slide Vertices, 153
- wyjaśnienie pojęcia, 496
- wyświetlenie normalnych, 568
- zaokrąglanie krawędzi, 561
- zaokrąglanie narożników (wierzchołków), 563
- zaokrąglanie wybranych krawędzi, 562
- siatki
 - krawędź przecięcia, 482, 484
- Side*
 - pasek wyboru z panelu Object Data
 - Empty, 463
- Sideabar*
 - przybornik (okna), 31
- Simple Deform*
 - modyfikator, 554
 - modyfikator, przykład użycia, 186
 - skręcanie obiektów, 554
- Single*
 - opcja z arkusza Viewport Shading, 50
- Size*
 - kontrolka z panelu Object Data
 - Empty, 463
 - parametr polecenia Add Cube, 473
 - parametr polecenia Add Plane, 469
 - pole panelu Viewport Display z zakładki Object Data, 476
- skala
 - modelu 3D, 86
- skalowanie
 - na wybraną płaszczyznę, 507
 - obiektu, 70
 - wierzchołków (siatki), 506
 - wzdłuż osi, 506
 - z użyciem ornamentu, 70
- skok
 - do najbliższego wierzchołka, 250
 - do węzła siatki, 67
 - łopaty śmigła, 125, 126, 128
 - Vertex, przykład użycia, 250
- skręcanie
 - obiektów modyfikatorem Curve, 558
 - obiektów modyfikatorem Simple Deform, 554
- skrót
 - definiowanie nowych skrótów klawiatury, 431, 432
 - klawiatury, 431
 - przypisanie polecenia do klawisza spacji, 431
 - znajdowanie na liście, 431
- skrót klawiatury
 - kiedy stosować?, 33
- skrypty
 - Blendera, 443
- skrzydło
 - formowanie, 132
 - formowanie oprofilowania podstawy, 390
 - geometria ukośnych krawędzi, 189
 - kąt wzniosu, 229
 - kąt zaklinowania, 229
 - klapa, dźwigar, 213
 - klapa, kontur, 208
 - klapa, otwór na, 187
 - klapa, podłużnica, 214
 - klapa, poszycie, 206, 207
 - klapa, rysunki referencyjne, 184, 203, 219
 - klapa, tylna krawędź, 209, 215, 216, 217
 - klapa, zamykanie wycięcia na, 190
 - klapa, zawiasy, 204, 205, 208
 - klapa, żebra, 210, 211, 212, 218
 - kolekcje (w oknie Outliner), 230, 231, 232
 - komora podwozia, 223, 224, 225, 226
 - kontur końcówki (w rzucie z góry), 142, 143
 - kończówka, 135
 - dolna powierzchnia, 151, 152
 - formowanie, 140
 - otwory tymczasowe, 149, 153, 154
 - pomocniczy kontur, 142, 143
 - poprawianie kształtu, 156, 157, 159, 160, 161, 163, 164, 165
 - retopologia, 145, 146, 147
 - topologia siatki, 143, 148
 - wycinanie, 144, 145
 - zaokrąglenie krawędzi, 149, 150, 151, 152, 153
- krawędź natarcia, 134
- krawędź spływu, 133, 136, 160, 162, 163, 165
- kształt podstawowy, 136
- lotka
 - otwór dla, 169, 171
 - rysunki referencyjne, 167
 - typu Frise, 167

- wydzielenie, 172
- modyfikacje profili, 138
- oprofilowanie podstawy
 - formowanie stożka, 392, 393, 394
 - kontury, 391
 - krawędź natarcia, 396
 - krawędź spływu, 395, 397
 - rysunki, 390, 395
- osłona goleni podwozia, 374, 376, 377, 378, 379, 405, 408
- otwór na koło, 221, 222
- podłużnice, 199
- podłużnice, dopasowanie, 200
- położenie, 229
- pomocnicze rysunki referencyjne, 131, 168, 172
- pomocniczy obiekt bazy, 228
- pomocniczy obiekt nadrzędny, 171
- profil (przekroju), 131
- profil końcówki, 137
- profil podstawy, 132, 133, 134
- przycinanie podstawy, 229
- punkt odniesienia, 228
- tworzenie prawej strony, 230, 232
- wycięcie na lotkę, 179, 180, 181
- wydłużanie, 140
- wyszukiwanie nieregularnych powierzchni, 162
- zakończenie krawędzi spływu, 185, 186
- żebra, 141
- żebra krawędzi spływu, formowanie, 194
- żebra krawędzi spływu, tworzenie, 191, 193, 195, 196, 197, 198
- żebra krawędzi spływu, wymiary, 191
- Slide Vertices*
 - polecenie z menu Vertex, 537
 - wygładzanie kształtu siatki, 153
- slider*
 - typ pola numerycznego, 77
- Snap*
 - menu myszki, 67, 454
 - polecenie z menu Object, 67
 - Vertex (tryb), 250
- Solid*
 - tryb cieniowania w oknie 3D, 48, 50, 51, 119
- Solidify*
 - grubość powierzchni, 521
 - modyfikator, 521
 - położenie względem powierzchni, 522
 - przykład użycia, 102
- spacja
 - przypisana funkcja, 22
- Specials*
 - podręczne menu edycji siatki, 535
- sRGB
 - tryb konwersji barw, 456
- stacja
 - wyjaśnienie pojęcia, 137
- startup.blend
 - ustawienia Blendera, 428, 435
- statecznik pionowy
 - formowanie konturu końcówki, 260
 - formowanie końcówki, 261
 - formowanie profilu podstawy, 260
 - formowanie segmentu głównego, 260
 - formowanie wycięcia, 261
 - formowanie żeber, 261
 - obiekt bazowy, 260
 - odchylenie dźwigara, 262
 - rysunki referencyjne, 259
 - topologia siatki (szkic), 260
 - współrzędne profili, 259
- statecznik poziomy
 - formowanie dźwigara, 241
 - formowanie konturu końcówki, 236
 - formowanie końcówki, 237, 238
 - formowanie profilu podstawy, 236
 - formowanie segmentu głównego, 237
 - formowanie wycięcia, 239
 - formowanie żeber, 239, 240
 - obiekt bazowy, 236
 - rysunki referencyjne, 235
 - topologia siatki (szkic), 236
 - tworzenie prawej strony, 242
 - współrzędne profili, 235
- ster kierunku
 - baza (obiekt), 264
 - klapka trymera, formowanie, 272
 - kontur dźwigara, formowanie, 267
 - kontury, 267
 - kończówka, formowanie, 270
 - krawędź spływu, formowanie, 268
 - oprofilowanie (rysunki), 267
 - oprofilowanie, formowanie, 268
 - profil bazowy, formowanie, 267
 - przeciwwaga, formowanie, 270
 - rysunki referencyjne, 264
 - rzut z boku, 264
 - segment główny, formowanie, 269
 - współrzędne profili, 265, 266

- wycięcia, formowanie, 271
 - żebra wzorcowe, 265, 266
 - żebra, formowanie, 272
 - ster wysokości
 - baza (obiekt), 244
 - klapka trymera, formowanie, 255, 256
 - kontur dźwigara, formowanie, 246
 - kontury, 246
 - końcówka, formowanie, 248, 249
 - krawędź natarcia, formowanie, 252
 - oprofilowanie (rysunki), 245
 - oprofilowanie, formowanie, 249, 250, 252
 - plany, 245
 - profil bazowy, formowanie, 246
 - przeciwwaga, formowanie, 253, 254
 - rysunki referencyjne, 243
 - segment główny, formowanie, 247
 - topologia siatki (szkic), 246
 - tworzenie prawej strony, 257
 - współrzędne profili, 243
 - zdjęcia, 243
 - żebra (wzorcowe), 243
 - sterujące
 - punkty, krzywych podziałowych, 632
 - punkty, powierzchni podziałowych, 638
 - sterujący
 - wielobok, krzywych podziałowych, 632
 - struktura
 - pliku Blendera, 437, 627
 - struktury
 - okno, 27
 - Studio*
 - lista oświetleń z arkusza Viewport Shading, 50
 - stworzenie
 - krawędzi, 545, 546
 - ściany, 545
 - Subdivide*
 - Number of Cuts*
 - parametr polecenia, 535
 - polecenie z menu Edge, 535
 - subdivision curves*, *Patrz* krzywe podziałowe
 - Subdivision Surface*
 - bezpośrednia modyfikacja, 101
 - modyfikator, 467, 514
 - przykład użycia, 97
 - ukrywanie rezultatów modyfikatora, 142
 - usage example, 101
 - Surface Offset*
 - modyfikator, 570
 - parametr, 570
 - suwak
 - typ pola numerycznego, 77
 - Swap*
 - przełącznik parametrów Intersect (Boolean), 527
 - Switch Direction*
 - polecenie z menu Segment, 556
 - system
 - nazewnictwa, 477
 - sześcian
 - utworzenie, 473
 - szkło
 - materiał, 340
- Ś
- ściana
 - kierunek normalny do, 568
 - podział, 535, 536
 - siatki, wyjaśnienie pojęcia, 496
 - stworzenie, 545
 - środek, 502
 - trójkatna w powierzchni podziałowej, 518
 - wyciąganie, 503
 - zaznaczanie w trybie X-Ray, 502
 - ścieżka
 - edycja, 490
 - tworzenie, 490
 - waga węzła, 491
 - wielobok sterujących, 490
 - współrzędne węzłów, 491
 - względna (do plików), 79
 - śmigło
 - geometria łopaty, 104
 - środek
 - 3D Cursor, 506, 510
 - Active Element, 506
 - Bounding Box Center, 506
 - obiektu (kursor 3D), 67
 - obiektu (origin), 67
 - zmiana dla obiektu, 487
 - środkowe
 - punkty, powierzchni podziałowych, 639
- T
- T**, *Patrz* Toolbar
 - Tab**, *Patrz* tryb edycji)
 - Target*
 - obiekt docelowy modyfikatora Shrinkwrap, 565
 - text field*

- pole tekstowe, 79
- Thickness*
 - parametr modyfikatora Solidify, 521
- Tile Area*
 - polecenie z menu Header, 33
- Timeline*
 - okno, 27
- Timer*
 - interwał tworzenia kopii bezpieczeństwa, 440
- To Scene*
 - polecenie z menu Object, 453
- Toolbar*
 - pasek narzędzi, 30
- Tools*
 - domyślna funkcja klawisza spacji, 22
- Tooltips*
 - opcja z sekcji Interface okna Preferences, 36
- Top*
 - polecenie z menu View, 43
- Track To*
 - opis ograniczenia, 488
- Target Z*
 - podążanie za orientacją 'celu', 488
 - usunięcie ograniczenia, 489
- Track To Constraint*
 - utworzenie ograniczenia, 488
- Trackball*
 - opcja z sekcji Preferences
 - Navigation, 430
- Transform*
 - panel (dla węzłów krzywej), 491
- W*
 - waga węzła (NURBS), 491
- transformacja
 - dokładna, 65
 - na wybranej płaszczyźnie, 65
 - rezygnacja (z polecenia), 506, 508, 510
 - środek (punkt odniesienia), 67
 - wykluczanie pojedynczej osi, 65
 - względem pojedynczej osi, 64, 66
- Transformation Pivot Point*
 - lista rozwijalna z menu okna 3D, 67
- trójkątne
 - ściany, w powierzchni podziałowej, 518
- trójkąty
 - ściany, znajdowanie w siatce, 550
- tryb
 - edycja krzywej, włączanie, 490
 - edycji, włączanie, 497
- układ ekranu
 - Animation*, 34
 - kopiowanie, 441
 - Layout*, 34
 - predefiniowany, 34
 - UV Editing*, 34
 - wybór, 34
 - zmiana nazwy zakładki, 441
- ukrywanie
 - części siatki (tymczasowe), 525
 - pojedynczego obiektu, 450
 - zawartości kolekcji w oknie 3D, 449
- umieszczanie
 - kursora 3D, 454
- Undo*
 - limit (ustawianie), 434
 - polecenie z menu Edit, 69
 - ustawienia, 434
- upgrade
 - importowanie ustawień z poprzedniej wersji, 23
- Use Limit Surface*
 - opcja modyfikatora Subdivision Surface, 638
- userpref.blend
 - ustawienia Blendera, 36, 428, 435
- ustawienia
 - Blendera dla tej książki, 436
 - Editing, 429
 - File Paths, 440
 - folder config, 435
 - folder scripts, 435
 - funkcja spacji, 22
 - import z poprzedniej wersji, 23
 - Input, 430
 - Interface, 429
 - kopie bezpieczeństwa, 440
 - nadpisanie istniejących, 436
 - plik startowy, 428, 435
 - plik startup.blend, 428, 435
 - plik userpref.blend, 36, 428, 435
 - plik z konfiguracją programu, 36, 428, 435
 - położenie katalogu, 435
 - Save & Load, 440
 - System, 434
 - Undo, 434
 - użycia karty graficznej, 434
 - zapisywanie, 435, 436
- usterzenie
 - oprofilowanie, asymetria, 387

oprofilowanie, część główna, 383, 384
 oprofilowanie, część przednia, 384, 385, 386
 oprofilowanie, przycinanie krawędzi, 387
 oprofilowanie, rysunki, 382, 407
 oprofilowanie, zaokrąglenia, 384, 385, 386
 usuwanie
 aktualnej sceny, 453
 danych z pliku Blendera, 628
 dodatków, 445
 kolekcji, 452
 krawędzi, 544
 linii wierzchołków, 542
 menu Delete, 542, 543, 544
 modyfikatora, 515
 narzędzi pomiarowych, 447
 niepotrzebnych danych z pliku Blendera, 629, 630
 ograniczenia, 489
 okno opcji, 542, 543, 544
 układu ekranu, 442
 wierzchołków, 543
 utworzenie
 linii wierzchołków, 511
 nowego materiału, 575
 nowej sceny, 453

UV Editing

układ ekranu, 34

V

V, *Patrz* Rip Vertices

intensywność koloru, 455

Vertex Group

pole w panelu modyfikatora, 566, 567

Vertex select

opcja w trybie edycji, 502

Vertex Slide

skrzydło — wstawianie żeber, 140

Vertex Tools

instalacja, 524

włączanie, 524

wtyczka, 524

Vertical Split, Patrz nowe:okno (Blender)

Vertices

opcja z menu Delete, 543

parametr polecenia Add Cylinder, 470

View

(Align To) opcja z sekcji Preferences

Editing, 429

panel z przybornika (View), 45

Viewport Display

panel z zakładki Material, 576

Viewport Overlays

panel rozwijalna (nagłówek okna 3D), 555

panel rozwijalna okna 3D, 568

W

walec

interaktywna zmiana parametrów, 470

parametry domyślne, 470

utworzenie, 470

wąsy

zniekształcenie zdjęcia, 651

wiatrochron

geometria, 346

otwór inspekcyjny, 361, 362, 363

różnice między P-36 i P-40, 359, 361

widoczność

narzędzi pomiarowych, 447

widok

atrefakty w perspektywie (okno 3D), 44

efekt 'niewidzialnej ściany' (w oknie 3D), 45, 46

obracanie (w oknie 3D), 42

ogniskowa, 45

okno, 27

perspektywiczny, 44

powiększanie (w oknie 3D), 41, 45, 46

przesuwanie (w oknie 3D), 41

wizualizacja normalnych, 568

z boku, 43

z dołu, 43

z góry, 43

z kamery, 56

z prawej, 43

z przodu, 43

z tyłu, 43

zakres głębokości, 45

widok z przodu

problemy z dokładnością, 160

wielobok oryginalny, *Patrz* wielobok sterujący

wielobok sterujący

krzywą, 490

krzywych podziałowych, 632

wierzchołek

aktywny, 496, 498

dodanie przez podział krawędzi, 535, 536

kopiowanie, 520

linia (na siatce), 499

obrót, 510

powielenie na siatce, 534

- przesunięcie, 508
 - przesunięcie linii, 513
 - przesunięcie wzdłuż wybranej krawędzi, 537, 538
 - scalenie duplikatów, 518
 - usuwanie, 543
 - utworzenie linii (wierzchołków), 511
 - wybór, 498
 - wybór linii (siatki), 499
 - wybór obszarem prostokątnym, 500
 - wybór okręgiem, 500
 - wybór wielokrotny, 498
 - wyciąganie, 505
 - wyjaśnienie pojęcia, 496
 - zaokrąglanie (w narożniku), 563
 - zmiana skali, 506
 - wierzchołki
 - grupy, 458
 - wierzchołkowe
 - punkty, krzywych podziałowych, 633
 - punkty, powierzchni podziałowych, 640
 - Wireframe*
 - tryb cieniowania w oknie 3D, 49
 - właściwości
 - krzywych podziałowych, 635
 - ograniczenia (obiektu), 488
 - okno, 27, 72
 - workspace*
 - zarządzanie (układami ekranu), 441
 - wprowadzanie
 - dokładnych wartości parametrów transformacji, 69
 - wręgi
 - kadłuba, 275
 - osłony silnika, 287
 - rysunki referencyjne, 276, 360
 - wskazanie
 - koloru na ekranie, 455
 - współrzędne
 - kursora 3D, 68, 86, 454
 - obiektu aktywnego, 68
 - transformacji
 - wpisywanie dokładnych wartości, 69
 - współrzędne lokalne
 - transformacja układu, 173
 - wtyczka
 - Intersection, 531
 - Vertex Tools, 524
 - wybór
 - grupy obiektów, 58, 59
 - linii wierzchołków, 499
 - obiektu, 56
 - obszarem prostokątnym, 500
 - okręgiem, 500
 - typowe błędy, 501
 - typu okna, 31
 - wielu wierzchołków (siatki), 498
 - wierzchołka (siatki), 498
 - wskazówki, 501
 - wykluczanie linii wierzchołków, 499
 - wykluczenie grupy obiektów z, 58
 - wyłączenie, 499
 - zaznaczenie wszystkiego, 499
 - wyciąganie
 - krawędzi, 490, 503
 - metoda rozbudowy siatki, 503
 - narzędzie z przybornika, 504
 - ścian, 503
 - wierzchołków, 505
 - wycinanie
 - części powłoki (Boolean), 552
 - wycofywanie
 - ostatniej operacji, 69
 - wydłużanie
 - skrzydła, 140
 - wydzielenie
 - fragmentu siatki w nowy obiekt, 547
 - wykluczenie
 - obiektu z renderowania, 450
 - wyłączenie
 - obiektów z selekcji, 58
 - wymiary
 - bazy wymiarowe skrzydła, 228
 - kąt zaklinowania skrzydła, 229
 - położenia skrzydła, 229
 - wznios skrzydła, 229
 - wyszukiwanie
 - elementów na liście, 459
 - nieregularności na powierzchni podziałowej, 162
 - wznios
 - kąt, dla skrzydła, 229
 - wzory
 - algebraiczne, krzywych podziałowych, 634
- X**
- X**, *Patrz* transformacja względem osi, *Patrz* Delete
- X-Ray*
 - opcja cieniowania, 48, 49
 - używanie w trybie edycji, 501
 - w zaznaczaniu ścian, 502

Y

Y, *Patrz* transformacja względem osi

Z

Z, *Patrz* transformacja względem osi

zagubione

wierzchołki i krawędzie siatki, 550

zaklinowanie

kąt, dla skrzydła, 229

zakładka

Modifiers, 467

zakładki

okna Properties, 74, 75

paneli w oknie Properties, 74

zakres

wpływu węzła krzywej NURBS, 491

zakres wpływu

punktów sterujących, 642

punktu sterującego w krzywych podziałowych, 635

zamiana

obrazów w obiektach Empty, 91

zaokrąglenie

krawędzi, 561

narożnika (wierzchołka), 563

profil zaokrąglenia, 562

wybranych krawędzi, 562

zaokrąglenie

czubka, 98

zapisanie

okna Blendera, 427

pliku Blendera, 426

wyniku renderowania, 427

zapisywanie

konfiguracji, 435, 436

resultatu renderowania, 81

stanu pracy, 426

zarządzanie

kolekcjami (sceny), 448

scenami, 453

układem okien na ekranie, 441

zasięg

kamery, 475, 476

zastąpienie

konfiguracji Blendera, 436

zaznaczanie, *Patrz* wybór

n-gonów (ścian), 551

ścian w trybie cieniowania X-Ray, 502

trójkątów, 550

wskazywanie obiektu do kontrolki GUI, 552

wyboru, 56

wykluczenie obiektów i kolekcji, 450

wykluczenie z, 450

zaznaczenie

zagubionych wierzchołków i krawędzi, 550

zdjęcia

korekta zniekształceń, 652

projekcja perspektywiczna, 649

wykrywanie zniekształceń, 651

zniekształcenie ‘w wąsy’, 651

zniekształcenie beczkowate, 650

zniekształcenie poduszkowe, 650

zmiana

typu edytora, 31

zmniejszenie okna, 40

zniekształcenie

korygowanie na zdjęciach, 652

wykrywanie na zdjęciu, 651

zdjęcia, 650, 651

Zoom, *Patrz* powiększanie, widoku

Zoom In

polecenie z menu View, 41

Zoom Out

polecenie z menu View, 45

Ż

żebra

krawędzi spływu, 191

tworzenie, 191, 193, 194, 195, 196, 197, 198

żebro

skrzydła, 141

O autorze

Nazywam się Witold Jaworski i odkąd skończyłem 10 lat jestem fanem lotnictwa oraz modelarzem. Zaczynałem od plastikowych zestawów do sklejania (1:72), potem wycinanek z „Małego Modelarza” (1:33), by skończyć na budowie modeli od podstaw (1:24). Te zainteresowania zaprowadziły mnie na Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej, który ukończyłem w 1994 r. W 1987 r. przerysowywałem w tuszu plany samolotów, m.in. do książki „Samoloty bombowe września” (te prace zlecał Andrzej Glass). Potem p. Andrzej zaproponował mi samodzielne opracowanie rysunku przekrojowego i kilku arkuszy planów do nowo powstającego magazynu. Mogłem wybrać dowolny samolot. W ten sposób powstały dokładne rysunki myśliwca F-4 Phantom II, opublikowane w 1990 r. w pierwszym numerze miesięcznika „Aero HOBBY”. Nadal można znaleźć ich kopie w Internecie, na różnych portalach z planami. Podczas studiów na MEiL zainteresowałem się także grafiką komputerową i systemami CAD. W 1991 r. miałem okazję po raz pierwszy wykorzystać tę wiedzę, pomagając w budowie prototypu szybowca PW-5 (zwycięzcy konkursu na tzw. szybowiec światowy w 1992 r.).



Obecnie pracuję jako specjalista IT. Mieszkam wraz z żoną i trójką dzieci w Poznaniu. Od czasu do czasu piszę artykuły dla czasopism lotniczych. W tej książce połączyłem swoje dwie pasje: grafikę komputerową i lotnictwo, w nowy rodzaj modelarstwa: budowę realistycznych, cyfrowych modeli historycznych samolotów.

W XX wieku można było robić miniatury samolotów z kartonu lub z plastiku. Na początku wieku XXI przyszedł czas na jeszcze jedną odmianę tego hobby: modele komputerowe. Ta nowa gałąź modelarstwa redukcyjnego rodziła się „po cichutku”. Dwadzieścia lat temu mało kto mógł wydać (prywatnie!) parę tysięcy dolarów na odpowiedni program. A tymi „nieodpowiednimi” nie było się co chwalić... Nieliczni zapaleńcy siedzieli więc przy monitorach i tworzyli pierwsze modele, ucząc się na własnych błędach.

Obecnie niezbędne oprogramowanie jest dostępne za darmo (na licencji Open Source). Jeżeli jeszcze Twój komputer ma mniej niż 6 lat, to masz już wszystko, czego potrzeba, by zacząć! Ta książka dostarcza niezbędnego *know how*. Pokazuje krok po kroku, jak zrobić takie modele, jak na ilustracjach obok. I, podobnie jak oprogramowanie które opisuje, także jest bezpłatna!

„Wirtualne modelarstwo” jest kierowane nie tylko do modelarzy. Może zainteresować wszystkich tych, którzy chcą się poznać takie ogólnodostępne programy, jak Blender, GIMP, czy Inkscape.



ISBN: 978-83-941952-5-0

Bezpłatna publikacja elektroniczna, udostępniana na licencji *Creative Commons*



Samolot z 3-go dywizjonu AVG („Hell's Angels”), Kunming 1942, wg opracowania Janusza Świątłonia. (Tło: © Tomo Yun, www.yunphoto.net)