

Ćwiczenie 3-4. Modelowanie powierzchniowe i hybrydowe

W programie Solid Edge dostępne są dwie metody modelowania 3D: modelowanie bryłowe i modelowanie za pomocą powierzchni zwane dalej modelowaniem powierzchniowym. Modelowanie powierzchniowe ma zastosowanie przy tworzeniu brył o złożonym kształcie, których lica nie da się opisać regularnymi powierzchniami (płaszczyzny, cylindry, stożki, kule itp.) jak np. kadłuby samolotów lub statków czy łopatk turbin.

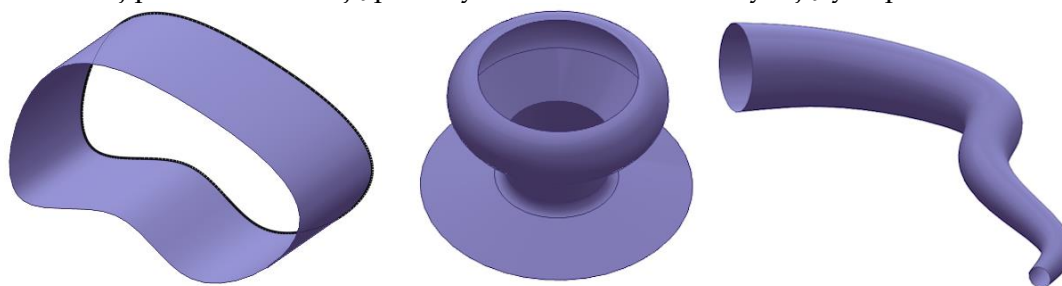
W modelowaniu bryłowym bryła tworzona jest operacyjnie a jej zmiana jest dokonywana poprzez edycję parametrów operacji. W modelowaniu powierzchniowym bryła jest składana z powierzchni konstrukcyjnych (zwanych dalej powierzchniami), które są tworzone i kontrolowane przez elementy liniowe, głównie splajny, dlatego w tej metodzie kontrola kształtu odbywa się za pośrednictwem więzów wymiarowych założonych na elementach liniowych. Matematycznie powierzchnia konstrukcyjna w SE jest płatem. Bryła w modelowaniu powierzchniowym powstaje poprzez ograniczenie przestrzeni płatami „zszytymi” wzdłuż krawędzi. Przypomina to modele sklepane z kartonu. Kluczowe dla modelowania powierzchniowego są narzędzia tworzenia płatów powierzchni, zwanych dalej krótko powierzchniami. W programie SE do tego celu służą polecenia zebrane na karcie Powierzchnie w sekcji Powierzchnie, gdzie można wyróżnić:

- Polecenia operacyjnego tworzenia powierzchni.
- Polecenia bezpośredniego tworzenia powierzchni z elementów liniowych.
- Polecenia tworzenia powierzchni z elementów powierzchniowych.

Narzędzia te są wspierane dodatkowo poleceniami tworzenia krzywych, szkiców 3D, 2D ułatwiających tworzenie i edytowanie powierzchni. Powierzchnie można tworzyć w trybie modelowania sekwencyjnego (TT) i synchronicznego (ST). Utworzone powierzchnie rysowane są kolorem fioletowym lub innym ustawionym w opcjach programu i widoczne są jako osobne pozycje w PF, które są umieszczone w odpowiednim węźle w zależności od metody tworzenia.

Operacyjne tworzenie powierzchni

Do tej grupy należą polecenia:  **Wyciągnięta**,  **Obrotowa** i  **Wyciągnięta po krzywej**. Polecenia te są odpowiednikami poleceń bryłowych, przebieg wykonania jest praktycznie taki sam, z wykorzystaniem prawie identycznych pasków poleceń. Główna różnica polega na tym, że nie tworzą one brył, ale płaty będące odpowiednikami lic. Poza tym mogą bazować na dowolnej liczbie profili otwartych (z wyjątkiem polecenia **Wyciągnięta po krzywej**), pod warunkiem, że nie przecinają się wzajemnie. Jeżeli wyciągany jest profil zamknięty, to w ostatniej fazie wykonania tych poleceń za przyciskiem **Zakończ** aktywne stają się przyciski  **Warunki zakończenia**, określające czy skrajne krawędzie (pętle) utworzonej powierzchni mają posłużyć do utworzenia zamykających płatów.



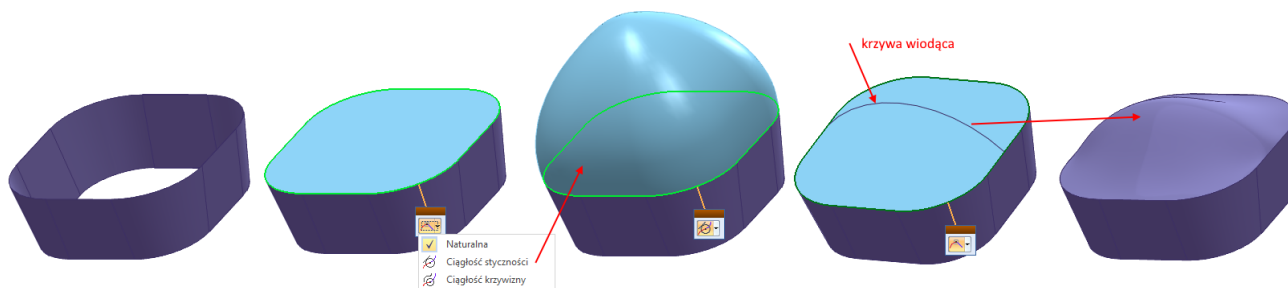
Polecenia tworzenia powierzchni z elementów liniowych

Do grupy tych poleceń zalicza się polecenia  **Powierzchnia BlueSurf** oraz  **Ograniczona**. Polecenia bazują na elementach liniowych (szkice, krzywe itp.), wykonanych dowolną metodą przed wydaniem polecenia, tak jak opisano to w ćwiczeniach poprzednich.

Powierzchnia ograniczona

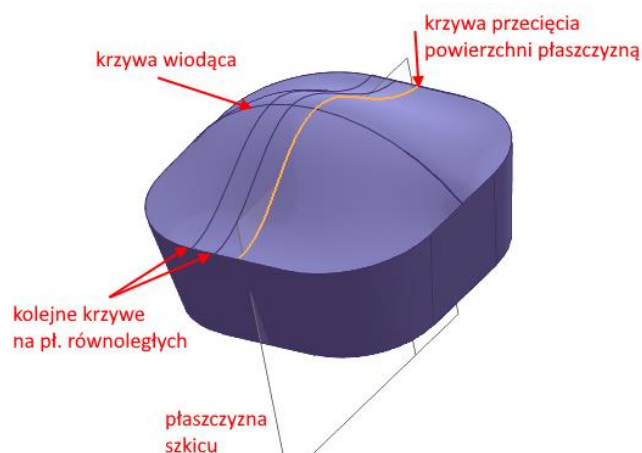
Polecenie służy do tworzenia powierzchni opartej na pojedynczej zamkniętej linii przestrzennej, która ma stanowić jej brzeg. Elementami brzegu mogą być dowolne elementy liniowe (w tym krawędzie brył), które muszą łączyć się końcami – spełnienie tego sygnalizuje symbol relacji połączenia w ich punktach końcowych. Brzeg trzeba zdefiniować przed wydaniem polecenia. Skutkiem wykonania polecenia jest płat rozpięty na zadanych liniach. Polecenie wykonywane jest w trzech krokach.

Krok 1 – wybór krawędzi polega na wskazaniu łańcucha linii/krzywych, które będą stanowić brzeg. Sposób wyboru ustala się na liście Wybierz: **Metoda zaznaczania**. Opcja  **Zamknij granicę** pozwala wskazać otwarty łańcuch, który będzie automatycznie domykany odcinkiem prostej łączącym jego skrajne punkty. Po zaakceptowaniu wyboru program proponuje zakończenie polecenia. Na tym etapie można ustalić warunki styczności na krawędziach powstałej powierzchni względem lic sąsiadujących.



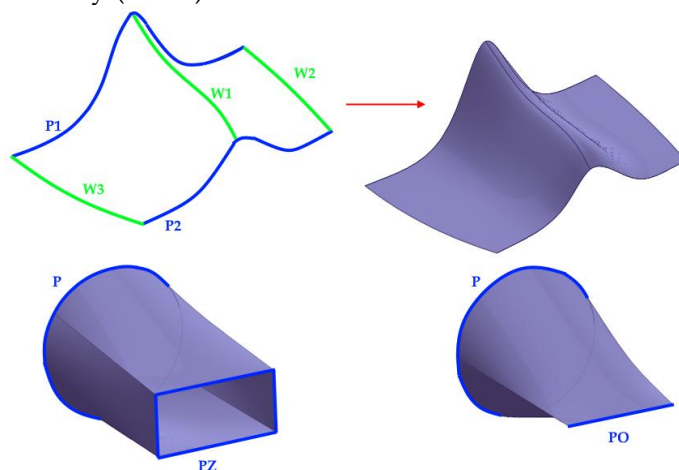
Krok 2 – krzywa wiodąca, to wskazanie JEDNEJ linii tzw. *krzywej wiodącej* kształtującej utworzoną powierzchnię. Końce krzywej wiodącej muszą łączyć się z linią brzegową wybraną w kroku 1. Krzywą tą jest dowolnym elementem liniowym utworzonym PRZED WYWOŁANIEM polecenia. Jeśli do jej tworzenia użyje się polecenie **Szkic**, to do umieszczenia jej końców na krawędziach bryły trzeba wykorzystać punkty przebicia (oznakowane ikoną ).

Krok 3 – wstaw szkic pozwala dodać szkice, które będą zawierać krzywe przecięcia tworzonej powierzchni z płaszczyznami tnącymi. Sposób definiowania płaszczyzny tnącej wybiera się z listy **Opcje Twórz-Od**. Ten krok można powtarzać wielokrotnie dodając za każdym razem nowy szkic. Szkice te są wstawiane do PF *przed* utworzoną tym poleceniem powierzchnią. Powstałe szkice plus ewentualna krzywa wiodąca tworzą siatkę, za pomocą której można kształtować później daną powierzchnię analogicznie jak powierzchnię *BlueSurf* (patrz „Powierzchnia *BlueSurf*”).



Powierzchnia BlueSurf

Powierzchnia *BlueSurf* jest powierzchnią rozpiętą na siatce składającej się z dwóch grup elementów liniowych. Linie jednej grupy zwane są *przekrojami*, a drugiej, biegnącymi poprzecznie do przekrojów *krzywymi wiodącymi*. Do utworzenia powierzchni *BlueSurf* potrzeba i wystarczy albo dwóch przekrojów (**P1**, **P2**), albo jednego przekroju **P1** i jednej krzywej wiodącej **W1**. *Krzywe wiodące muszą przecinać się z liniami przekrojów*, dlatego do ich prowadzenia często wykorzystuje się punkty przebicia  lub specjalny obiekt zwany *BlueDot* (patrz „Punkt *BlueDot*”). Dodatkowo można tworzoną powierzchnię ograniczyć na brzegach wskazując dodatkowe, skrajne krzywe wiodące (**W2**, **W3**). Istnieje również możliwość tworzenia płaszczyzn w oparciu o profile zamknięte - zamknięte (**P-PZ**) lub zamknięte – otwarte (**P-PO**)



Etapy polecenia powierzchnia *BlueSurf* podzielona jest na trzy etapy.

Krok 1 – przekrój polega na wskazywaniu kolejnych przekrojów. Jeśli program uzna go, to zostanie on wyróżniony, a na najbliższym końcu pojawi się pogrubiony punkt jest to tzw. *punkt początkowy*. Kliknięcie LPM zatwierdza wybór elementu, ale nie akceptuje jeszcze wyboru przekroju. Dalej można wskazywać kolejne elementy liniowe, które mają stanowić dany przekrój. Muszą one łączyć się końcami. Pomyłkowo wskazany element usuwa się ze zbioru wyboru, klikając LPM z przytrzymanym CTRL. Przyciskiem  kasuje się cały zbiór wyboru, ale tylko dla aktualnego przekroju. Wszystkie wybrane przekroje kasuje się przyciskiem , ale wtedy trzeba cały proces wyboru powtórzyć. Ostateczny wybór danego przekroju kończy akceptacja. Punkt początkowy jaki ukazuje się po wyborze pierwszego elementu przekroju jest ważny, bo łączenie poszczególnych przekrojów rozpoczyna się od tych punktów. Program wyświetla na ekranie pomocniczą linię pokazującą sposób łączenia wierzchołków linii.

Krok 2 – krzywa wiodąca polega na wskazywaniu krzywych wiodących. Krok ten realizuje się identycznie jak krok poprzedni. Jedyna różnica to taka, że punkty początkowe krzywych są nieistotne i nie są wyświetlane.

Krok 3 – wstawienie szkicu działa tak samo jak opisano to przy omawianiu polecenia Powierzchnia ograniczona.

Edycja powierzchni *BlueSurf*

Zmianę kształtu powierzchni, a konkretnie jej krzywizny realizuje się edytując standardowymi metodami krzywe wiodące i przekroje – edycją dynamiczną lub edycją definicji. Jeżeli elementy liniowe są połączone punktem *BlueDot*, to edytuje się je za pośrednictwem punktu *BlueDot*. Krzywe wiodące, przekroje oraz szkice można usunąć zwykłym poleceniem usuwania. Po usunięciu kształt powierzchni zostanie przeliczony na nowo. Nowe krzywe wiodące, przekroje oraz szkice dodaje się

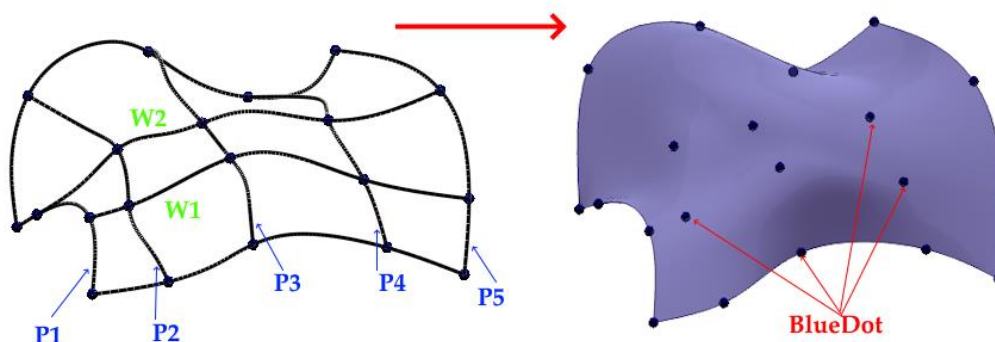
w ramach edycji definicji powierzchni. Dodawane krzywe powinny znajdować się na karcie PF przed operacją *BlueSurf*. Jeżeli elementy te utworzono po powierzchni *BlueSurf*, to można próbować przeciągnąć je myszą tak, by znalazły się gdzieś przed operacją *BlueSurf*.

Zmianę kolejności przekrojów wykonuje się w opcjach polecenia – **Opcje powierzchni *BlueSurf***. W wyświetlonym oknie, trzeba wybrać kartę Zaawansowane i kliknąć w przekrój do przesunięcia, a potem użyć przycisków **W górę**, **W dół**, aby ulokować go na właściwym miejscu listy. Zaznaczony na liście przekrój będzie dodatkowo wyróżniany na ekranie. Skutki edycji można podejrzeć przyciskiem **Zastosuj**.

Punkt *BlueDot*

Punkt *BlueDot* jest obiektem kontrolnym, który służy do połączenia: dwóch krzywych, dwóch elementów analitycznych (linia, okrąg, elipsa i ich łuki) albo jednej krzywej i jednego elementu analitycznego. Połączenie tym punktem może być konieczne dla utworzenia powierzchni *BlueSurf*. Punkt *BlueDot* jest nadrzędny w stosunku do wszystkich innych powiązań pomiędzy elementami. Edycja położenia punktu *BlueDot* pozwala na zmianę elementów, które łączy, bez względu na kolejność ich tworzenia. Punkt ten wstawia się poleceniem  **Punkt *BlueDot***, które działa **TYLKO W MODELOWANIU SEKWENCYJNYM**. Przy jego pomocy wszystkie elementy liniowe można połączyć w punktach kluczowych (końce), a krzywe w punktach dowolnych. Jest wykonywane bez nadzoru *SmartStep*. Po jego wywołaniu należy tylko wskazać punkty kluczowe lub krzywe – informacja w pasku podpowiedzi. Pamiętać należy, że tworząc siatkę płaszczyzny, krzywe wiodące muszą się stykać z profilami.

Aby edytować położenie punktu *BlueDot*, należy go zaznaczyć, a następnie użyć przycisku **Edycja dynamiczna**. Podczas edycji położenia punktu *BlueDot* można użyć narzędzia *OrientXpres*. Punkt *BlueDot* można przeciągnąć do nowego położenia albo wpisać jego współrzędne w pola X,Y,Z względem globalnego układu odniesienia, lub po aktywacji przycisku **Pozycjonowanie względne/bezwzględne**, w stosunku do aktualnego położenia w pola dX, dY, dZ. Zmiana położenia spowoduje aktualizację elementów liniowych oraz opartych na nich powierzchni.

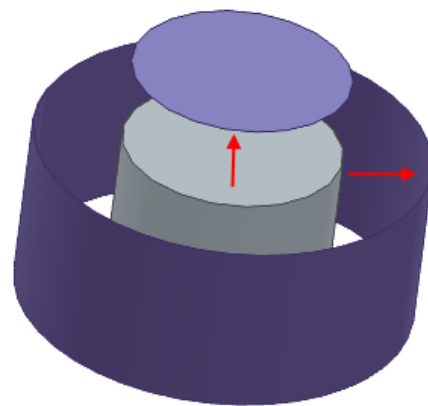


Tworzenie powierzchni na bazie elementów powierzchniowych

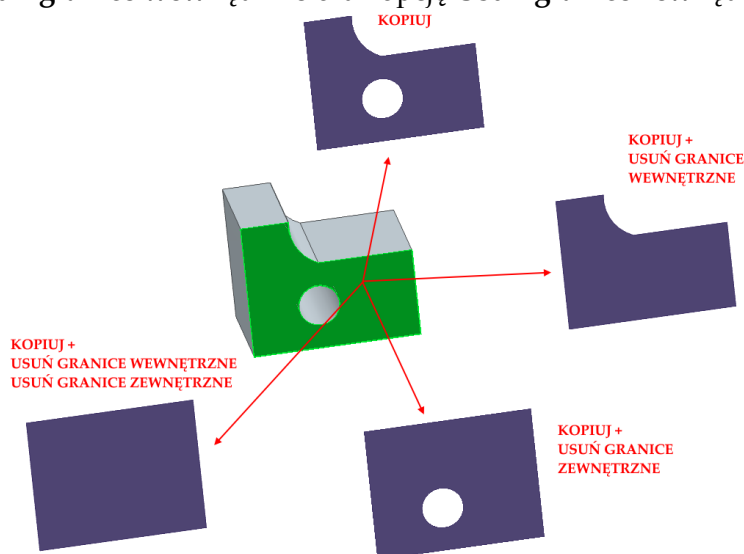
Polecenie  **Odsunięta** tworzy powierzchnię będącą odsuniętą kopią wskazanych elementów powierzchniowych. Wskazywane w jednym poleceniu elementy powierzchniowe muszą być ze sobą połączone. Realizowane jest to w dwóch krokach.

Krok 1 – Wybór wskazuje się elementy powierzchniowe, które mają być odsunięte (z listy Wybierz można wybrać metodę zaznaczania), krok ten kończy zaakceptowanie wyboru.

Krok 2 – Odsunięcie to wskazanie dynamiczną strzałką kierunku, a w polu Odległość wielkość odsunięcia. Jeżeli w odsuwanych elemencie są otwory, to można, za pomocą przycisków **Pokaż otwory** lub **Zakryj otwory**, wybrać czy tworzona powierzchnia ma je zawierać, czy nie. Wykonanie tego polecenia z podaniem wartości odsunięcia równej zero daje taki sam efekt jak polecenie **Kopiuuj**.

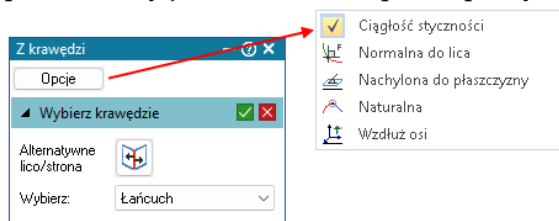


Polecenie  **Kopiuuj** służy do tworzenia elementu powierzchni konstrukcyjnej na podstawie co najmniej jednego lica wejściowego. Lica te nie muszą być do siebie przyległe. Można określić, czy wewnętrzne lub zewnętrzne granice kopiowanej powierzchni mają zostać usunięte. Polecenie oferuje dodatkowo opcje **Usuń granice wewnętrzne** oraz opcję **Usuń granice zewnętrzne**.

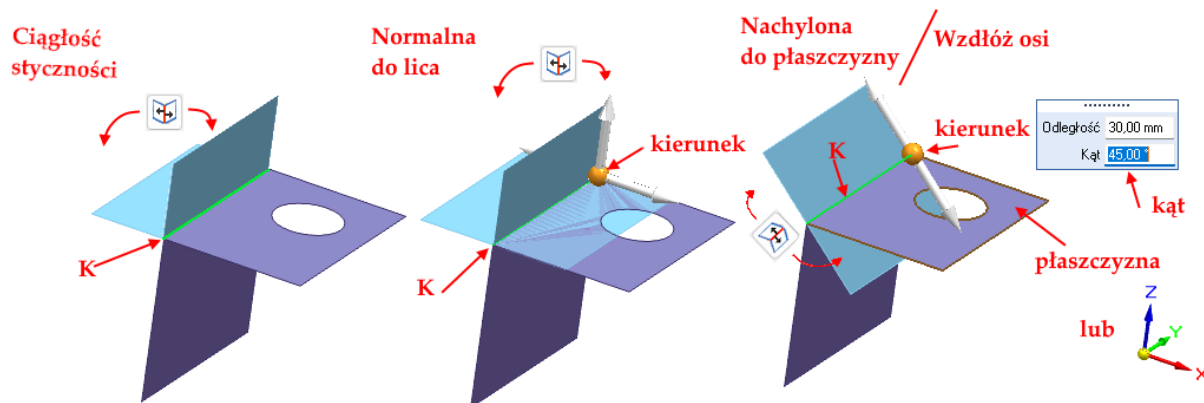


Polecenie  **Z krawędzi** służy do tworzenia powierzchni rozciągającej się od wybranej krawędzi w określonym kierunku.

Dla opcji **Ciągłość stycznej** każdy punkt krawędzi (K) przesuwany jest w kierunku prostopadłym do stycznej w tym punkcie, dla opcji **Normalna do lica** punkty krawędzi przesuwane są w kierunku prostopadłym do przylegającego lica – stronę wyciągnięcia ustala się klikając w białą strzałkę. Dla opcji **Nachylona do płaszczyzny** oraz **Wzdłuż osi** punkty krawędzi przesuwane są w kierunku

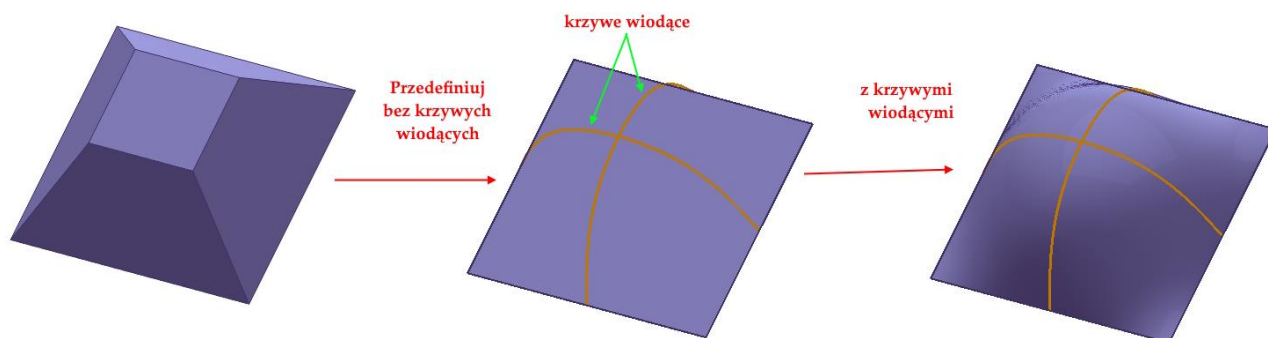


wyznaczonym przez normalną do wskazanej płaszczyzny lub równoległą do wskazanej osi pod podanym w pływającym oknie kątem – stronę ustala się klikając w białą strzałkę. Opcja **Naturalna określa**, że nie istnieją warunki brzegowe na krawędzi. W przypadku, gdy krawędź jest wspólna dla dwóch lic przyciskiem **Alternatywne lico/strona** , można wybrać, do którego lica odnoszą się kierunki wyciągania.



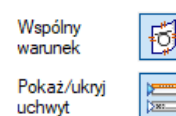
Polecenie  **Przededefiniuj** służy do tworzenia nowych powierzchni poprzez zastąpienie istniejących lic modelu powierzchnią ograniczoną. Ważne jest, by powierzchnia powstała z połączenia lic, posiadała tylko jedną linię brzegową (czyli nie posiadała otworów). Jeśli warunek ten nie jest spełniony, to zostanie zgłoszony błąd i polecenie nie zostanie wykonane. Zastosowanie polecenia do pojedynczego lica daje efekt identyczny jak w poleceniu kopiuj z usuniętymi granicami wewnętrznymi. Polecenie wykonywane jest w trzech krokach.

Podczas używania polecenia **Przededefiniuj powierzchnię w modelu bryłowym**, gdy ta opcja jest zaznaczona, lica wejściowe są zastępowane nowymi licami powierzchni, a model bryłowy pozostaje bryłowy. Jeśli ta opcja nie jest zaznaczona, lica wejściowe są zastępowane powierzchnią.

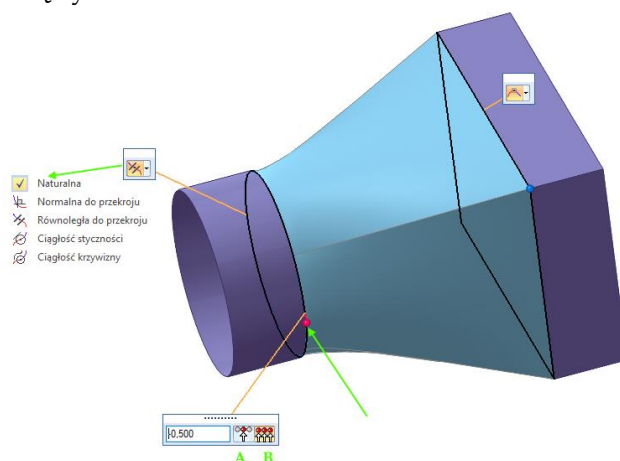


Kontrola styczności

Polecenia tworzenia powierzchni oraz krzywych przestrzennych posiadają w pasku dwa przyciski uaktywniane przed zakończeniem polecenia i są to: **Pokaż/ukryj uchwyt kontroli styczności** oraz **Wspólny warunek styczności**. Zmiana warunku styczności wpływa na kształt powierzchni. Po włączeniu widoczność *uchwyty kontroli styczności* (lista rozwijana), połączonych linią odniesienia poprowadzoną do krawędzi powierzchni lub końca krzywej. Okienka te zawierają listę, z której wybiera się warunek styczności krzywej lub powierzchni w danym miejscu. W zależności od wybranego warunku, na ekranie mogą pojawić się tzw. *uchwyty wielkości styczności* (czerwone odcinki zakończone kulka) skojarzone z pływającym polem wprowadzenia danych. Pole to pojawia się po kliknięciu w uchwyt, wariant **A** –



określa, że edycji podlega wartość zaznaczonego wektora stycznego. Ta opcja wyświetla wektor styczny na każdym wierzchołku przekroju/krzywej wiodącej. Natomiast opcja **B** – określa, że styczność elementu jest kontrolowana przez edycję wartości jednego wspólnego wektora stycznego. Ta opcja wyświetla wspólny wektor styczny dla całego przekroju/krzywej wiodącej. Rozmiar wektora ustala się przeciągając uchwyt za kulkę lub wprowadzając jego wartość w polu danych. Przeciąganie powoduje dynamiczne dopasowanie powierzchni. Wprowadzenie niewłaściwych wartości może generować błędy.

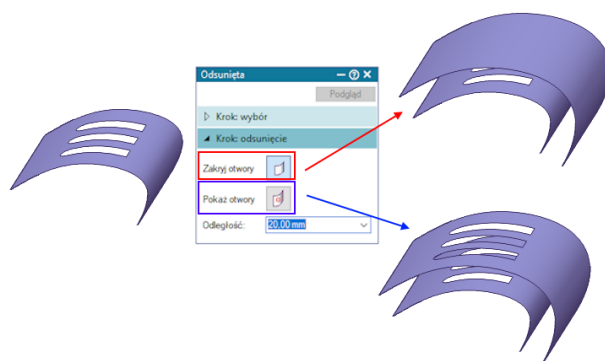


Opcje styczności określają, jak ma być zorientowany wektor styczności i są to:

- **Naturalna** – nie są narzucane żadne warunki dotyczące przekroju końcowego. Jest to opcja domyślna i może być stosowana dla każdego rodzaju przekroju.
- **Normalny do przekroju** – wektor prostopadły do przekroju, płaskie przekroje końcowe spełniają warunek zakończenia Normalna do przekroju.
- **Równoległy do przekroju** – wektor równoległy do przekroju, płaskie przekroje końcowe spełniają warunek zakończenia Równoległa do przekroju.
- **Ciągłość styczna** – wektor styczny do lica, przekroje końcowe zdefiniowane przez krawędzie części i krzywe konstrukcyjne spełniają warunek styczności. Wektor styczności powierzchni jest określany przez sąsiadujące powierzchnie.
- **Naprzemienna ciągłość styczna** – przekroje końcowe zdefiniowane przez krawędzie części i powierzchnie konstrukcyjne spełniają warunek wewnętrznej styczności. Opcja ta wymusza styczność lic wewnętrznych i powierzchni.
- **Ciągłość krzywizny** – wektor styczny do lica, przekroje końcowe zdefiniowane przez krawędzie części i powierzchnie konstrukcyjne spełniają warunek ciągłości krzywizny. Wektor styczności powierzchni jest określany przez sąsiadujące powierzchnie.
- **Naprzemienna ciągłość krzywizny** – przekroje końcowe zdefiniowane przez krawędzie części i powierzchnie konstrukcyjne spełniają warunek naprzemiennej ciągłości krzywizny. Wektor styczności powierzchni jest określany przez alternatywne lico na końcu.

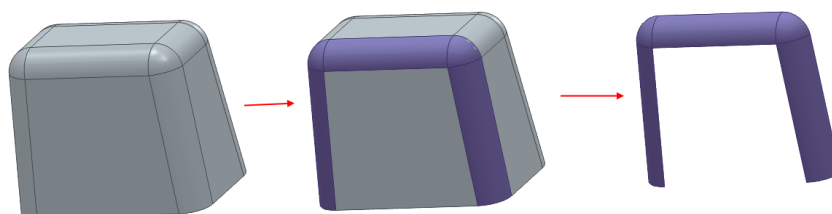
Powierzchnia odsunięta

Polecenie  **Odsunięta** umożliwia utworzenie powierzchni konstrukcyjnej poprzez odsunięcie lica modelu, płaszczyzny odniesienia lub innej powierzchni konstrukcyjnej. Nowa powierzchnia jest odsunięta od źródłowej na określoną odległość i pozostaje z nią powiązana. W zależności od wybranych opcji powierzchnia odsunięta może zawierać lub nie zawierać otwory.



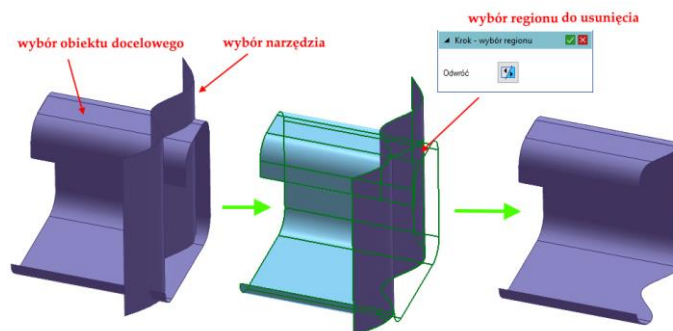
Polecenie Kopiuuj

Polecenie  **Kopiuuj** służy do tworzenia elementu powierzchni konstrukcyjnej na podstawie co najmniej jednego lica wejściowego lub powierzchni. Lica te nie muszą być do siebie przyległe. Można określić, czy wewnętrzne lub zewnętrzne granice kopiowanej powierzchni mają zostać usunięte.



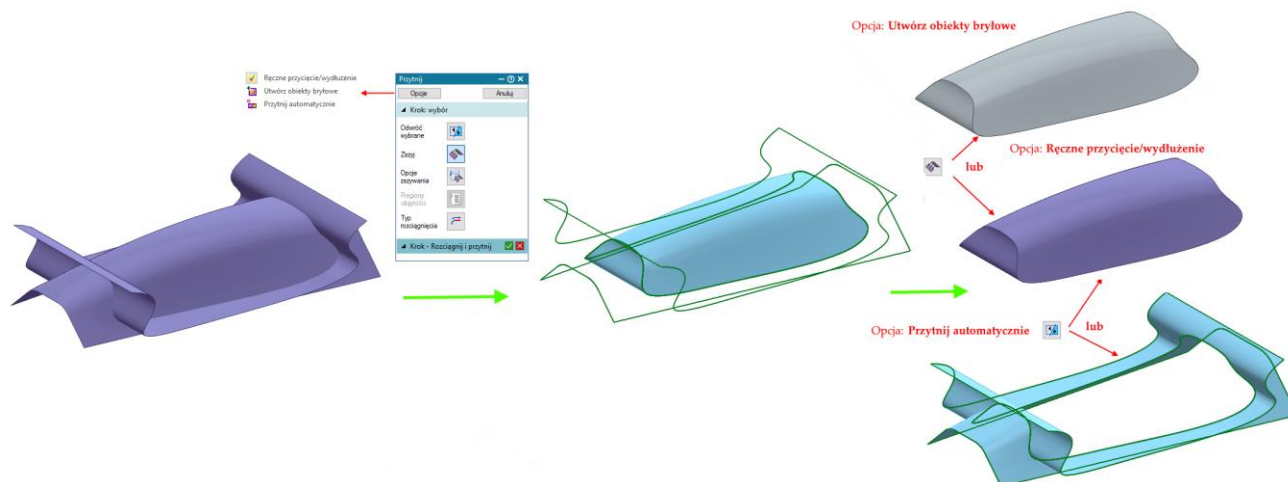
Modyfikacja powierzchni

Utworzone powierzchnie można zmodyfikować do czego służą polecenia zebrane w sekcji Modyfikuj powierzchnie i są to  **Przytnij** [**PrzYtnij**  **Przytnij** (ang. *Trim*)], oraz  **Przytnij** (**PrzEtnij** (ang. *Intersect*)). W SE występuje taka sama nazwa polecenia **Przytnij**, ale są to odrębne procedury, przy czym  **Przytnij** należy traktować jako *Część wspólna*). Polecenie  **Przytnij** służy do obcinania wybranych powierzchni przez inne elementy powierzchniowe lub krzywe. W poleceniu tym należy wskazać w kroku 1 element docelowy, a następnie narzędzie tnące, a w kroku ostatnim zdecydować, które elementy mają zostać usunięte (krok - **Wybór regionu**). Wybór można odwrócić przyciskiem **Odwróć**.



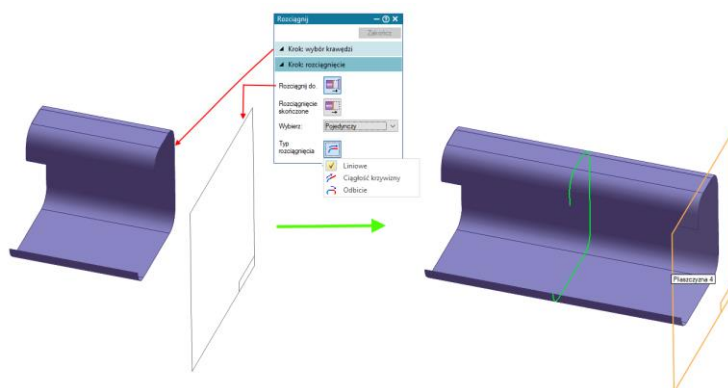
Polecenie  **Przytnij** może być stosowane tylko do obiektów powierzchniowych, a wszystkie obiekty powierzchniowe pełnią rolę zarówno elementów docelowych, jak i narzędzi. Polecenie  **Przytnij** ma trzy opcje i w zależności od wyboru możemy otrzymać różny efekt końcowy polecenia. Dodatkowo w **Krok – Rozciągnij i przytnij** wskazują się regiony do usunięcia. Można odwrócić wybór przyciskiem **Odwróć** oraz uaktywnić opcję **Zszyj**, która sprawi, że po zakończeniu polecenia

przecięte powierzchnie zostaną zszyte i jeżeli tworzą zamkniętą bryłę to ostatecznie rezultatem polecenia będzie bryła.



Opcja trzecia **Przytnij automatycznie** działa jak pierwsza, tyle tylko, że dokonuje automatycznego wyboru regionów do usunięcia, który możemy zmienić przyciskiem **Odwróć**.

Polecenie  **Rozciągnij** służy do rozciągania powierzchni przez przesunięcie wybranych krawędzi do danej powierzchni lub na zadaną odległość.



Tworzenie regionu bryłowego przez łączenie powierzchni

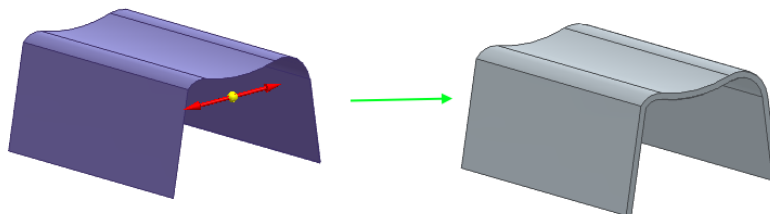
Tworząc model powierzchniowy należy pamiętać, że stykające się powierzchnie nie tworzą jednolitego obiektu. Aby połączyć stykające się lub przecinające powierzchnie stosuje się polecenie

 **Zszywana**, które łączy zestaw powierzchni w jedną całość. Można również użyć polecenia

 **Przytnij**, które automatycznie lub z udziałem użytkownika wyizoluje z przestrzeni bryłę. Użyte w obu przypadkach powierzchnie muszą wydzielić ograniczony obszar przestrzeni tzw. *region bryłowy*. Jeżeli to nie zachodzi, to konieczne jest dodanie powierzchni „domykających” opisanymi wcześniej poleceniami. Jeżeli zestaw połączonych powierzchni wydzieli region bryłowy, to program proponuje zamienić go na obiekt podstawowy. W razie rezygnacji program utworzy konstrukcyjny obiekt bryłowy, który później można zamienić na podstawowy obiekt bryłowy. Do utworzenia bryły projektowej na bazie konstrukcyjnego obiektu bryłowego służy polecenie  **Przełącz na obiekt bryłowy**, wydawane z menu kursora, po zaznaczeniu zestawu powierzchni.

Pogrubienie powierzchni

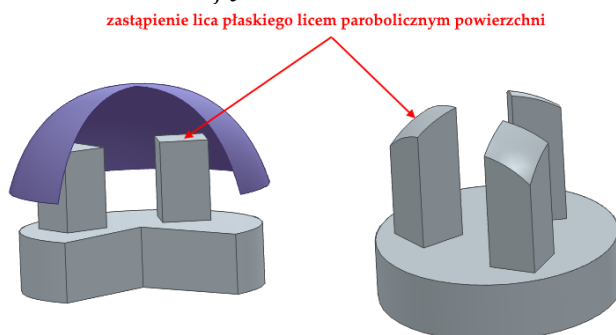
Gdy do dyspozycji są tylko powierzchnie nie wydzielające ograniczonego obszaru przestrzeni możemy przekształcić je w bryły podstawowe stosując polecenie  **Pogrubienie** znajdujące się w pasku *Narzędzia główne* panel *Bryły*.



Polecenie to spowoduje utworzenie bryły przez odsunięcie powierzchni konstrukcyjnej na zadaną odległość i w zadanym kierunku (jednym lub dwóch przeciwnych) i wypełnienie przestrzeni między nimi materiałem.

Polecenia hybrydowe

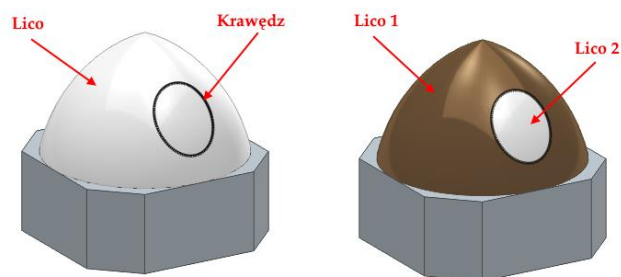
Polecenia hybrydowe dotyczą operacji, które mogą być wykonywane zarówno na powierzchni jak i na obiekcie podstawowym. Do poleceń tych zaliczamy  **Zastąp lico** oraz  **Podziel**. W przypadku polecenia  **Zastąp lico** z wykorzystaniem odpowiednio uformowanej powierzchni możemy zmodyfikować powierzchnię bryły. Polecenie działa w dwóch etapach, ale najpierw musi być wykonana bryła oraz powierzchnia formująca.



Po uruchomieniu polecenia wskazujemy lico/lica do modyfikacji a w kroku drugim powierzchnię formującą. Należy zaznaczyć, że jeżeli powierzchnia formująca znajduje się w pewnej odległości od wskazanego lica, to program dokona dodatkowo jego wyciągnięcia.

W przypadku  **Podziel** podział lica może być zrealizowany w bryle, ale polecenie działa również w przypadku powierzchni. Jego efektem jest podzielenie wskazanego lica/powierzchni z wykorzystaniem krawędzi (dla brył) lub płaszczyzny (dla płaszczyzn). Należy pamiętać o:

- Jako elementy dzielące powierzchnię można wybrać krzywe, powierzchnie, płaszczyzny odniesienia lub obiekty bryłowe.
- Gdy rolę elementu dzielącego pełni powierzchnia, to musi ona fizycznie przecinać dzieloną powierzchnię. Gdy rolę elementu dzielącego pełni płaszczyzna odniesienia, to jej przedłużenie musi przecinać dzieloną powierzchnię.
- Gdy rolę elementów dzielących pełnią krzywe lub krawędzie, to muszą one znajdować się na dzielonym lico. Można skorzystać z polecenia *Rzutuj krzywą*.

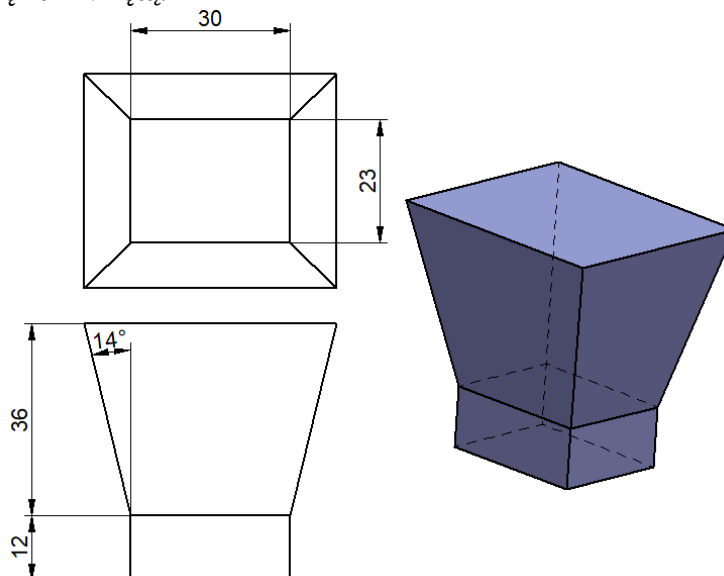


Polecenie **t** może być wykorzystane do wydzielenia fragmentu lica, do którego będzie przyłożone np. obciążenie w czasie wykonywania analizy MES.

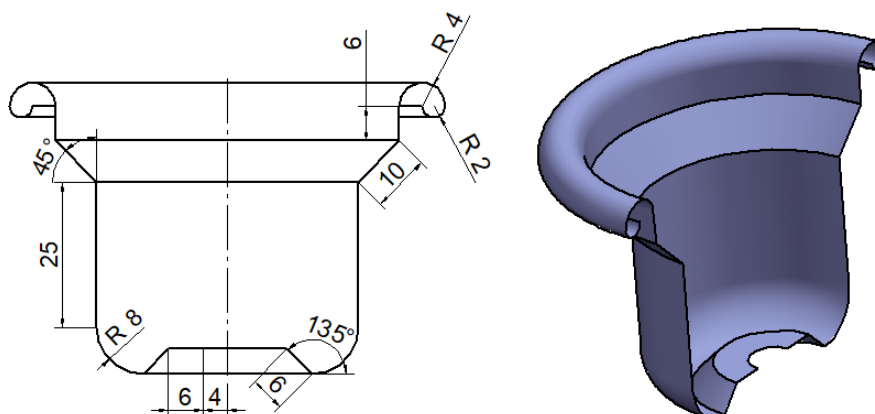
Ćwiczenie 3-4 – zadania do wykonania

Korzystając ze środowiska Część (moduł par) wykonaj zadania w trybie sekwencyjnym (TT)

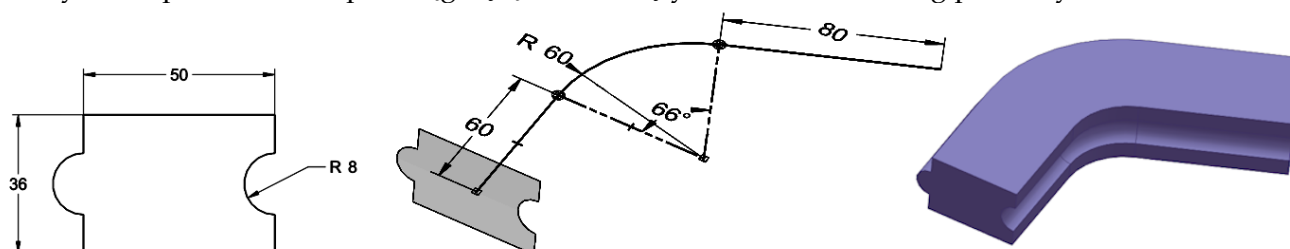
1. Wykonać powierzchnie wyciągniętą według poniższych schematów. Edycją definicji przekształcić go w powierzchnię zamkniętą.



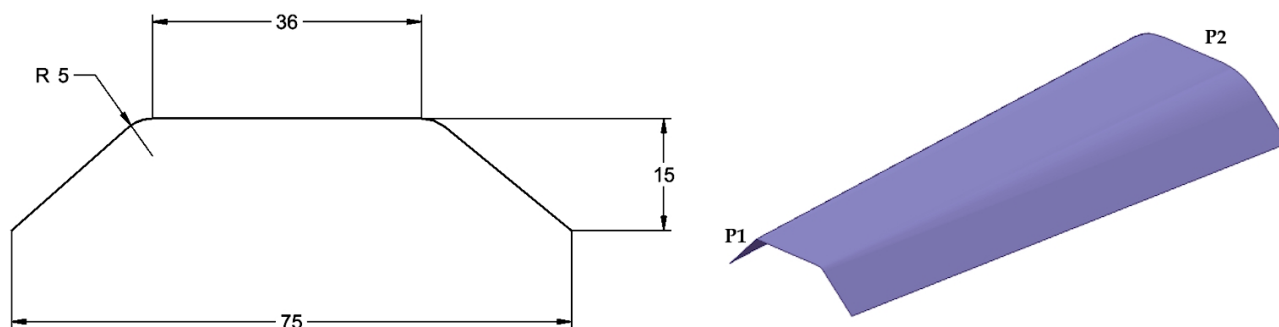
2. Wykonać powierzchnie obrotową według poniższych schematów. Kąt obrotu 180°.



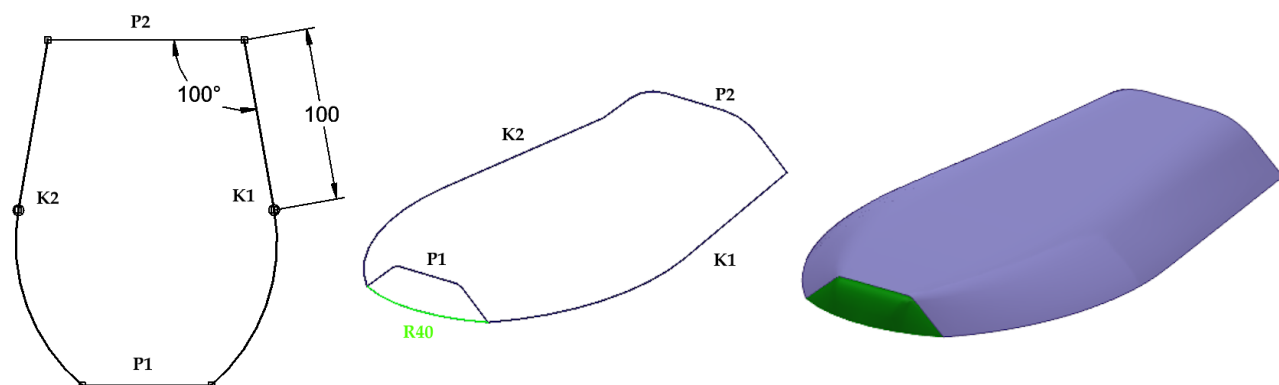
3. Wykonać powierzchnie przeciągniętą z zamkniętymi końcami według poniższych schematów.



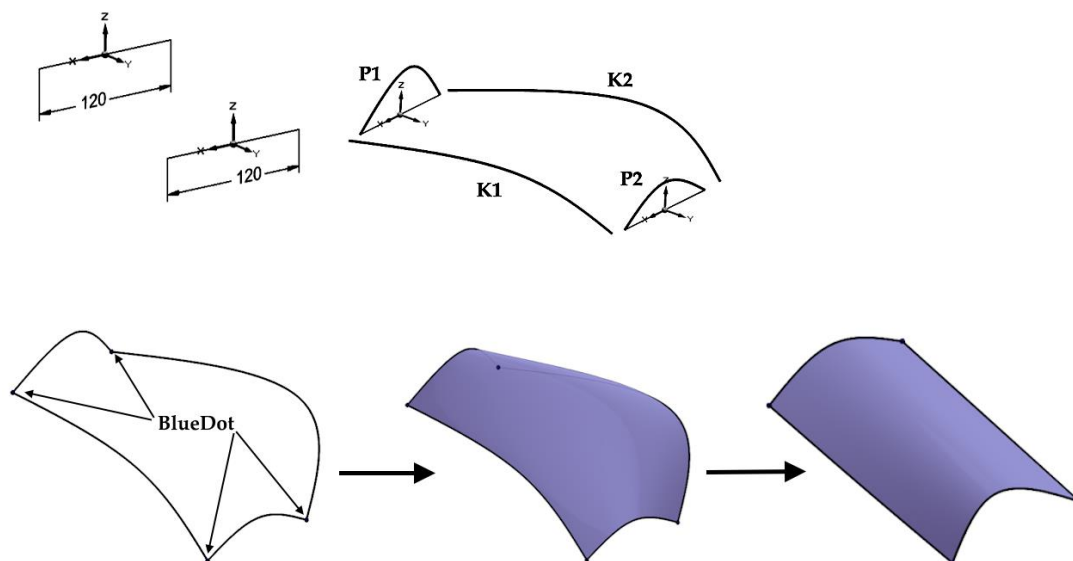
4. Korzystając z powierzchni *BlueSurf* wykonać element bazujący na dwóch równoległych szkicach (odsuniętych od siebie o 200 mm) profili P1, P2. Drugi szkic względem pierwszego odsunięty jest o 30 mm.



5. Do powierzchni z zadania 4 dodać krzywe wiodące na płaszczyźnie łączącej oba końce profili.
- Ze względu na to, że powierzchnia *BlueSurf* została wykonana wcześniej (zad. 4) to po narysowaniu nowego szkicu z profilami należy ją przeciągnąć na koniec drzewka PF aby utworzone szkice były dla niej widoczne (można również skorzystać z opcji *Idź do przed przystąpieniem do tworzenia nowego szkicu*).
 - Wykreślić krzywą wiodącą K1 oraz K2 składającą się z linii prostej o długości 100 mm odchylonej na zewnątrz o 10° oraz stycznego do niej łuku łączącego się z końcem drugiego profilu. **PAMIĘTAJ**, że krzywe wiodące muszą się stykać z każdym profilem (należy łączyć elementy korzystając z punktów przebicia )
 - Dodać łuk R40 mm i domknąć profil P1 powierzchnią *BlueSurf* z warunkiem styczności *Ciągłość styczności*.

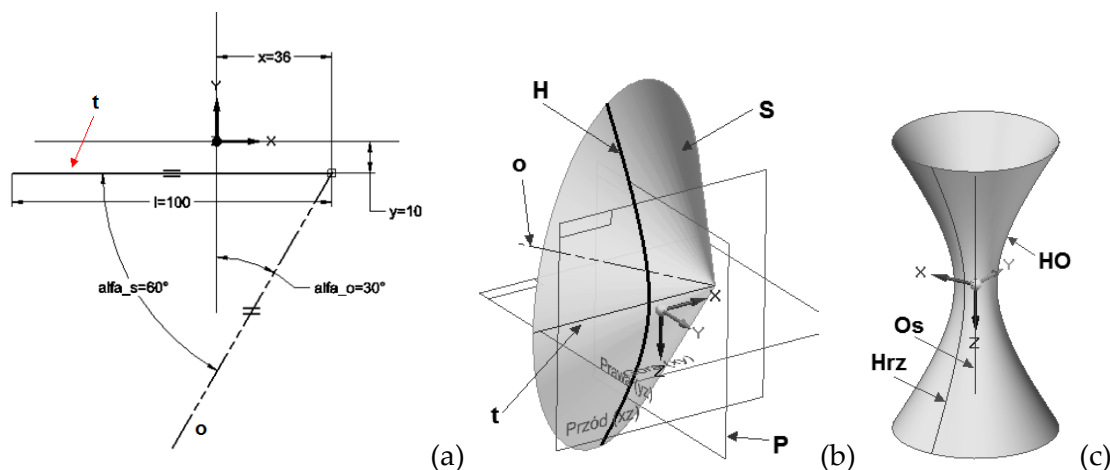


6. Wykonać płaszczyznę o profilach parabolicznych oraz parabolicznych krzywych wiodących. W tym celu:
- utworzyć szkic 3D i narysować w nim dwa odcinki o długości 120 mm w odległości 200 mm od siebie.
 - po poleceniu *Krzywa wg. punktów charakterystycznych* na odcinkach narysować profil P1 oraz P2.
 - utworzyć dwie krzywe wiodące K1 oraz K2.
 - korzystając z punktu *BlueDot* połączyć profile i krzywe wiodące.
 - Utworzyć powierzchnię *BlueSurf*.
 - korzystając z edycji dynamicznej punktów „wyprostować” do odcinków prostych krzywe wiodące K1 oraz K2.



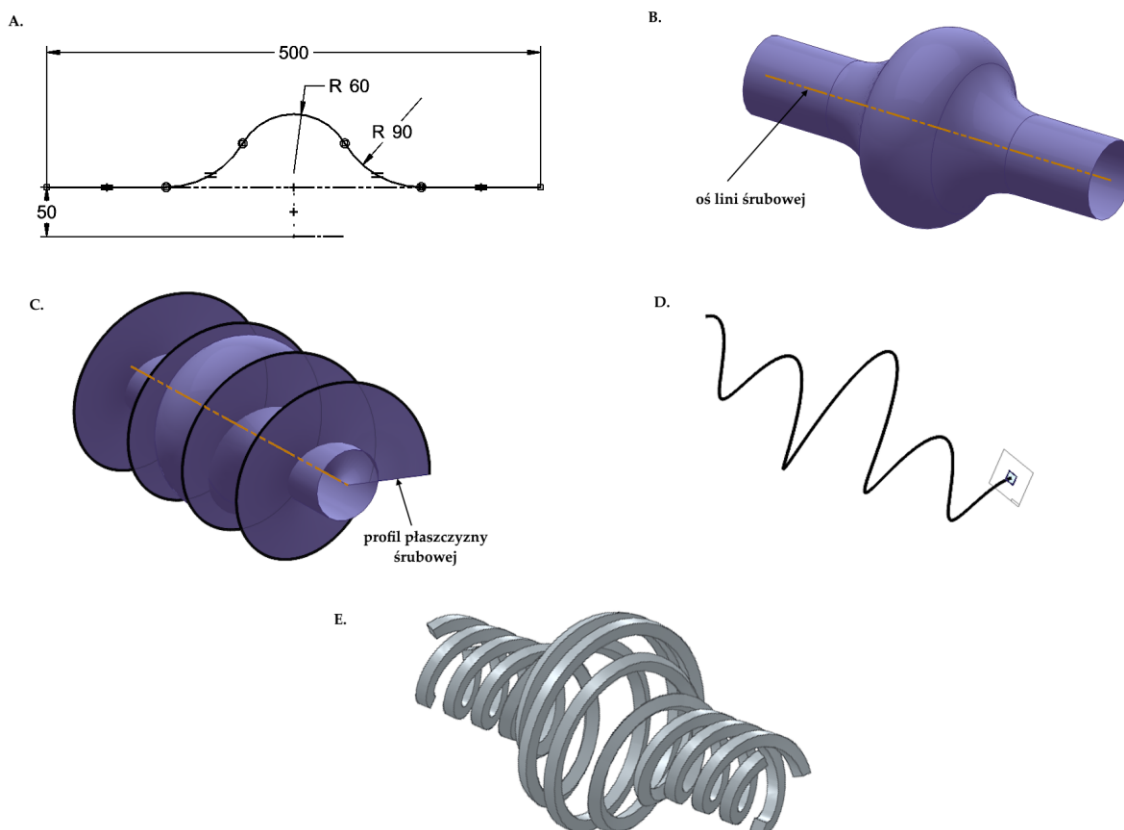
7. Wykonać powierzchnię hiperboliczną – hiperboloidę jednopowłokową. Zadanie to demonstruje wykorzystanie powierzchni konstrukcyjnych do tworzenia innych powierzchni konstrukcyjnych a potem brył. Wykonać:

- na pł. XY szkic (a) składający się z dwóch odcinków równej długości odcinka „t”, który będzie tworzącą stożka oraz „o”, który będzie jego osią. Zwymiarować szkic jak na rys. a.
- poleceniem **Obrotowa** utwórz pow. stożkową S przekraczając o kąt pełny tworzącą „t” wokół osi „o” (rys. b).
- poleceniem **Przenikanie** między pow. stożkową S a pł. P utwórz linię H, która będzie hiperbolą.
- wyłączyć widoczność szkicu i pow. stożkowej.
- na pł. YZ utworzyć nowy szkic (rys. c), do którego rzutować (**Rzutuj do szkicu**) linię H, która utworzy linię Hrz (będzie się pokrywać z linią H) oraz ślad pł. XZ, który utworzy linię Os, którą należy wskazać jako oś obrotu.
- ukryć linię H.
- wykonać powierzchnię obrotową (**Obrotowa**) obracając linię Hrz wokół linii Os. Wynikiem operacji będzie hiperboloida jednopowłokowa HO.
- wyłączyć widoczność wszystkiego z wyjątkiem pow. HO. **Uwagi.** Bez utworzenia dodatkowego szkicu nie dałoby się wykonać hiperboloidy obrotowej, bo warunkiem wykonania pow. obrotowej jest to, by oś i tworząca były zawarte w tym samym szkicu.



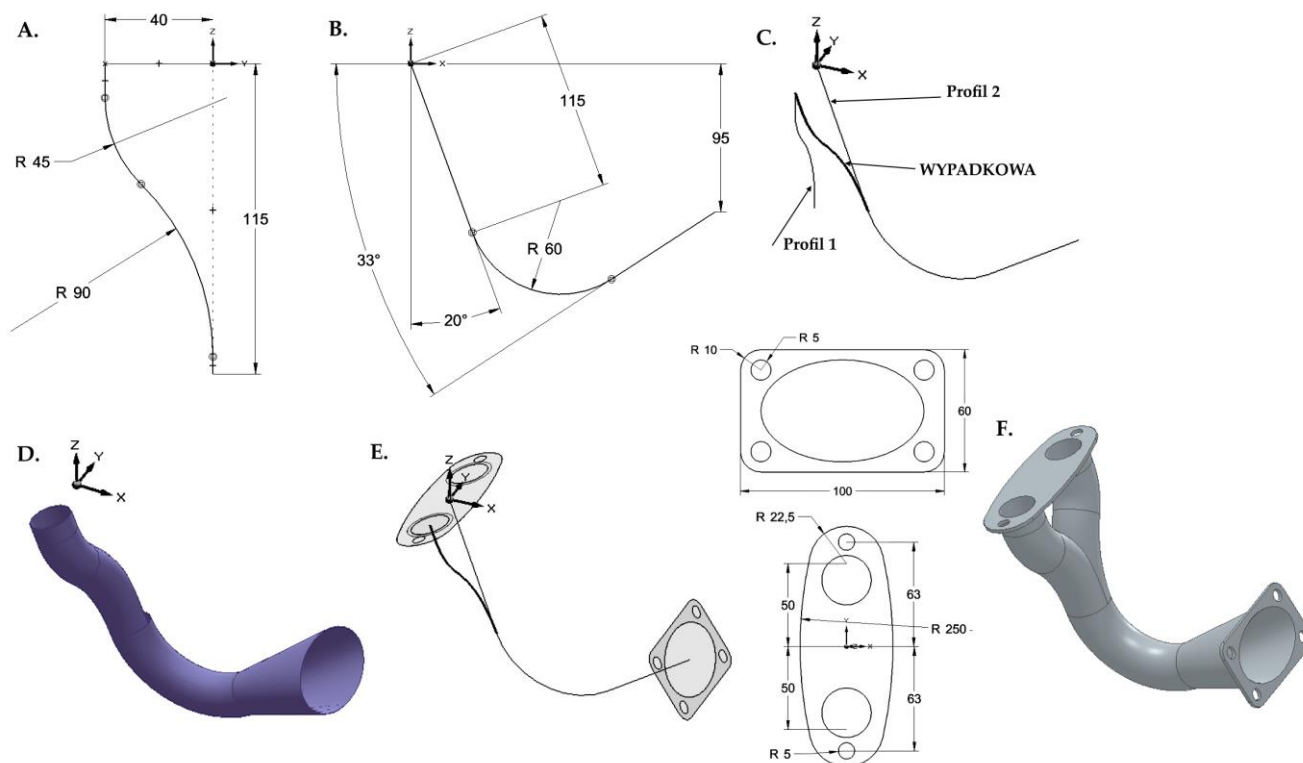
8. Wykonać wyciągnięcie śrubowe o zmiennym przekroju, w tym celu:

- wykonać powierzchnię obrotową o profilu wg. rys. a.
- wykonać krzywą śrubową, dla ułatwienia w kroku pierwszym narysować oś linii śrubowej (rys. b). Parametry linii to $L = 500$ mm, ilość zwoi 4. Średnica linii śrubowej powinna być większa od średnicy powierzchni obrotowej.
- stworzyć płaszczyznę śrubową, w tym celu narysować odcinek łączący oś obrotu z początkiem linii śrubowej. Następnie go wyciągnąć po krzywej (rys. c).
- wykonać profil przecięcia się obu płaszczyzn (rys. d), następnie utworzyć szkic zawierający kwadrat 20×20 mm na końcu profilu przecięcia i wyciągnąć go wzdłuż profilu z opcją *Łączenie lic – Wzdłuż ścieżki*.
- wykonać szysk kołowy 3 powtórzeń utworzonego elementu (rys. e).



9. Zaprojektować kolektor wydechowy, w tym celu:

- wykonać Profil 1 wyciągnięcia rozgałęzienia kolektora w płaszczyźnie ZY wg. rys a.
- w płaszczyźnie prostopadłej do ZY (ZX) wykonać Profil 2 wyciągnięcia całego kolektora wg. rys. b
- utworzyć krzywą wypadkową profilu wyciągnięcia dla rozgałęzienia kolektora wg. rys. c.
- na obu końcach profilu wyciągnięcia utworzyć płaszczyzny normalne do profilu. Na jeden narysować okrąg $\phi 30$ mm, a na drugiej elipsę o ramionach 40×25 mm. Na bazie profili wykonać osobno wyciągnięcie po krzywej profilu rozgałęzienia, kolanka oraz powierzchnię *BlueSurf* pomiędzy okręgiem i elipsą wg. rys. d.
- poleceniem przytnij (część wspólna) wykonać przycięcie rur rozgałęzienia.
- zaprojektować kołnierze mocujące wg. rys. e.
- pogrubić uzyskany model powierzchniowy – rys. f. Grubość ścianki 3 mm.



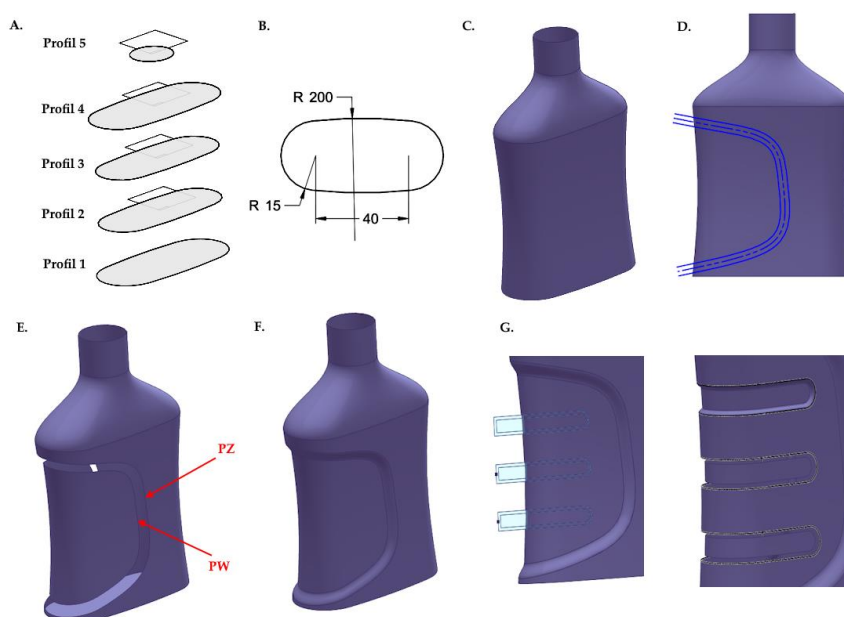
10. Zaprojektować butelkę, w tym celu:

- utworzyć cztery płaszczyzny równoległe oddalone od siebie o 25 mm – rys. a.
- na dolnej płaszczyźnie utworzyć profil 1 butelki pokazany na rys. b.
- na kolejnych płaszczyznach wykonać profil 2 oraz profil 3 odsunięty do wewnątrz o 2 mm.
- na płaszczyźnie 4 wykonać taki sam profil jak na płaszczyźnie 1.
- na płaszczyźnie 5 wykonać profil korka – symetrycznie umieszczony okrąg $\phi 20$ mm.
- w oparciu o profil 1-2-3-4 utworzyć powierzchnię *BlueSurf* - rys. c.
- w oparciu o profil 4-5 utworzyć powierzchnię *BlueSurf* z warunkiem styczności – *Normalna do przekroju* - rys. c,
- w oparciu o profil 5 utworzyć powierzchnię wyciągniętą na 16 mm - rys. c.
- w oparciu o profil 1 wykonać powierzchnię ograniczoną (dno butelki).

Aby wykonać uchwyt butelki:

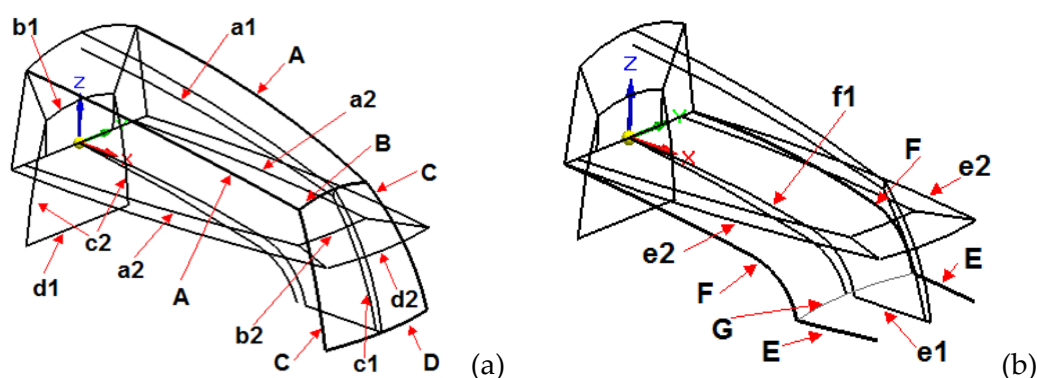
- wykonać odsunięcie powierzchni *BlueSurf* (profil 1-2-3-4) do środka na 2 mm.
- na płaszczyźnie symetrycznej butelki wykonać zarys dwóch profili (splajn o podobnym kształcie) - rys. d.
- na bazie szkicu utworzyć dwie powierzchnie wyciągnięte, które będą wycinały *BlueSurf* (profil 1-2-3-4) – krzywa górna oraz powierzchnię odsuniętą do środka – krzywa dolna. Polecenie *Przytnij* (część wspólna) wykonać odpowiednio cięcia osobno dla każdej z powierzchni butelki - rys. e.
- na bazie profilu wycięcia powierzchni zewnętrznej PZ butelki oraz profilu po wycięciu PW utworzyć powierzchnie *BlueSurf* z warunkiem styczności – *Ciągłość styczności* rys. f.

Podobną techniką można wykonać dodatkowe wycięcia w uchwycie. W tym celu należy przygotować szkic wycięcia oraz ich rzuty na powierzchnię butelki. Odsunąć powierzchnię, wykonać odpowiednie cięcia i połączyć powierzchnie *BlueSurf* utworzone wycięcia dobierając warunek styczności.



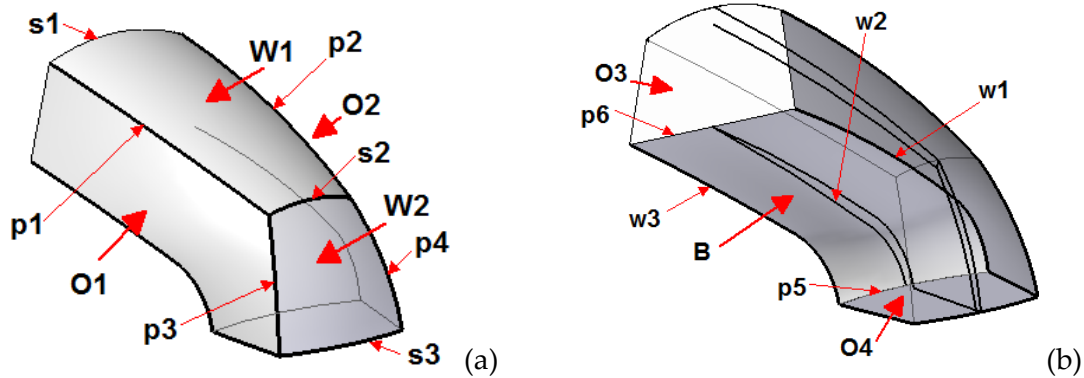
11. Modelowanie wylewki do kranu na podstawie jej widoków głównych z zastosowaniem krzywych konstrukcyjnych i powierzchni – **PLIK DO POBRANIA** ze strony www.fuel.pwr.edu.pl.

- Orientacja i położenie względem pł. głównych pokazane jest na rys. a.



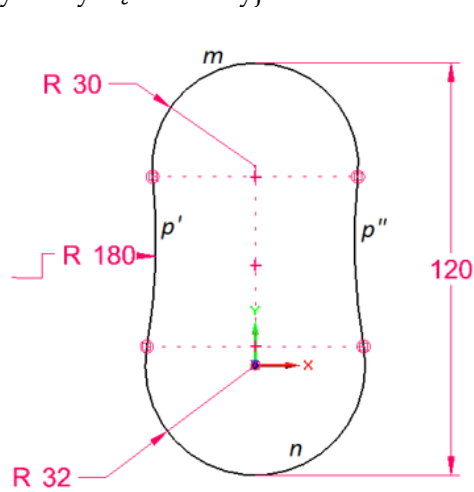
Utworzyć krzywe oznakowane na rys. b dużymi literami. Do ich wykonania użyć polecenia **Wypadkowa** i najlepiej wykonać je w kolejności alfabetycznej. Wykorzystaj linie oznakowane małymi literami – tymi samymi, co krzywe wynikowe. Cyfry 1 i 2 przy symbolach linii wskazują nr krzywej jaką trzeba użyć. **Wyjątkiem** są krzywe *F*, które powstają z linii *f1* oraz obu linii *e2* oraz krzywa *G* (łuk), którą trzeba utworzyć jako osobny szkic – pamiętając o połączeniu go z innymi krzywymi.

- Utworzyć powierzchnie zaznaczone na rys. a dużymi literami. Do utworzenia powierzchni oznaczonych literą *W* użyj polecenia **Wyciągnięta po krzywej**; do pow. oznakowanych literą *O* użyj polecenia **Ograniczona**; a do pow. *B* polecenia powierzchnia **BlueSurf**. Dla pow. *W1* ścieżkami są linie *s1* i *s2* a rzekrojami linie *p1* i *p2*. Dla pow. *W2* ścieżkami są linie *s2* i *s3* a rzekrojami linie *p3* i *p4*. Dla pow. *B* (**BlueSurf**) przekrojami są linie *p5*, *p6* a krzywymi wiodącymi linie *w1*, *w2* i *w3*.

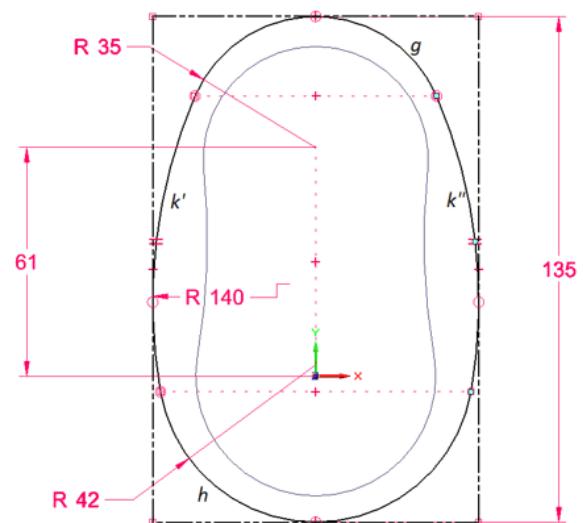


- Zszyć wszystkie utworzone powierzchnie poleceniem **Zszywana** pozwalając na utworzenie obiektu bryłowego.

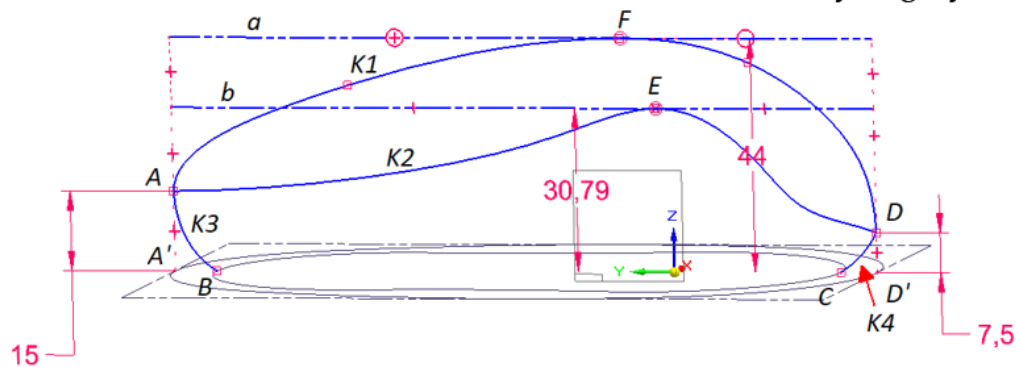
12. Wykonać obudowę myszy wg poniższego opisu (**model niezbędny do Lab. 5**). Podane na rys. wymiary są orientacyjne.



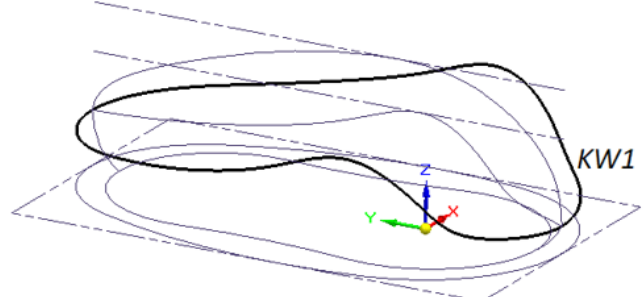
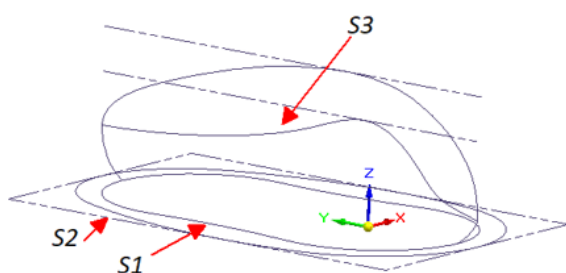
S1 – podstawa



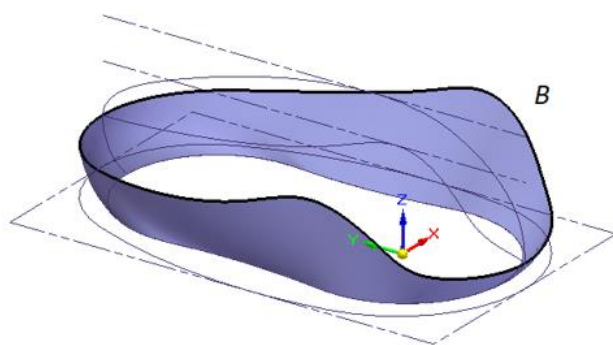
S2 – zarys z góry



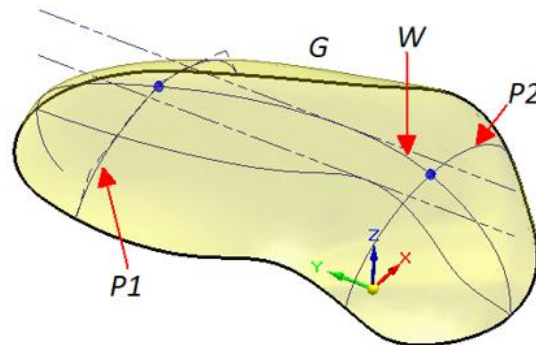
S3 – zarys z boku



- Najpierw utworzyć szkice $S1$ na pł. XY , $S2$ na pł. XY oraz $S3$ na pł. YZ . Szkic $S3$ składa się linii $K1 \dots K4$ utworzonych poleceniem **Krzywa**. Proste a i b pełnią funkcje pomocnicze dla zapewnienia styczności $K1$ i $K2$ w punktach F i E . Zwrócić uwagę na relację pionowości między $A-A'$ i $D-D'$, gdzie A' i D' są punktami przebicia szkicu $S2$ – rys. powyżej.
- Utworzyć krzywą $KW1$ (polecenie **Wypadkowa** – szkic $S2$ oraz krzywa $K2$ z $S3$)
- Na bazie szkicu $S1$ oraz krzywej $KW1$ utworzyć powierzchnię boczną B (rys. a poniżej)

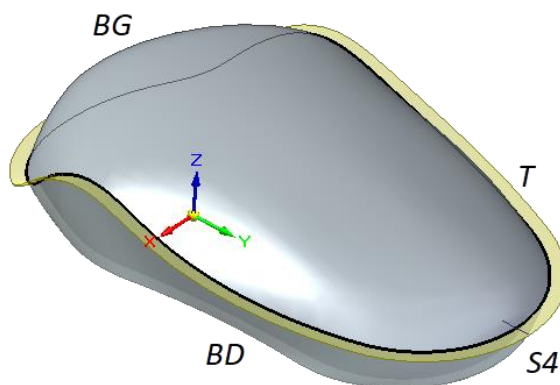


(a)



(b)

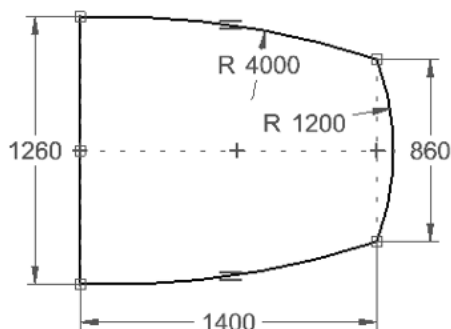
- Na bazie krzywej $KW1$ oraz linii W ze szkicu $S3$ poleceniem **Ograniczona** utworzyć pow. G . Krzywą W użyć jako krzywą wiodącą. Wstaw szkice $P1$ i $P2$. Powiązać je potem punktami *BlueDot* z krzywą W .
- Poleceniem **Ograniczona** utworzyć na bazie szkicu $S1$ pow. domykającą od dołu i zszyć ją z pow. B .
- Poleceniem **Pogrubienie** na bazie zszytych pow. utworzyć dolną część myszy – grubość 2 mm.
- Poleceniem **Dodaj obiekt** a potem poleceniem **Pogrubienie** na bazie pow. G utworzyć górną część myszy o tej samej grubości.
- Utworzyć na krzywej $KW1$ szkic $S4$ na pł. normalnej do niej przechodzącej przez „czubek myszy” punkt D na szkicu $S3$. Szkic ma zawierać odcinek równoległy do podstawy i przechodzący przez punkt D .
- Poleceniem **Wyciągnięta po krzywej** utworzyć powierzchnię tnącą T (rysunek).



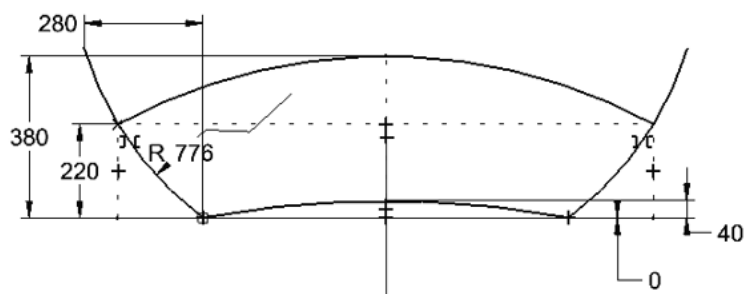
- Poleceniem **Różnica** przyciąć za pomocą pow. T górną BG i dolną BD część, tak by łączyły się bez przenikania.

13. Wykonać maskę samochodu (**model niezbędny do Lab. 5**).

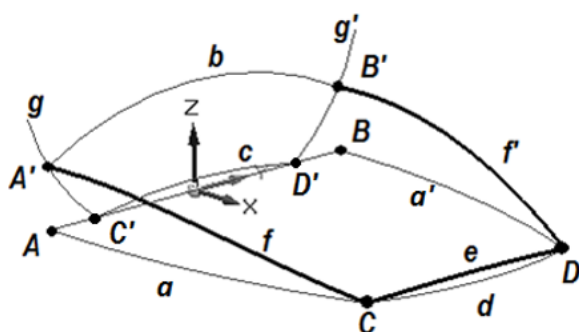
- Na pł. XY wykonać szkic wg rys. a, na pł. YZ wg rys. b. Rysując je wspierać się widokiem z rys. c. Zadać by końce łuku b (punkty A' i B') leżały na łukach g i g' .



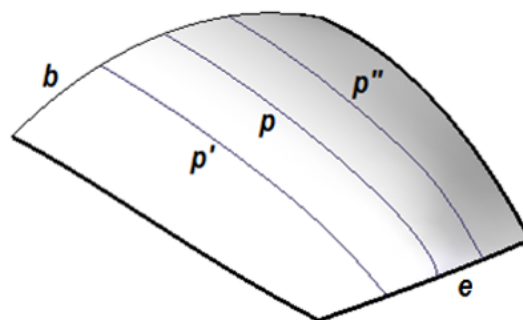
(a)



(b)



(c)



(d)

- Poleceniem **Wypadkowa** utworzyć krzywe f i f' na bazie łuków a i a' i łuków g i g' .
- Poleceniem **Wypadkowa** utworzyć krzywą e na bazie krzywych d i c .
- Poleceniem **Ograniczona** utworzyć z powierzchnię na bazie krzywych e, f, b, f' . W poleceniu użyć kroku wstawianie szkicu i wstawić krzywe p', p i p'' w pozycjach odpowiednio 0,3; 0,5 i 0,7 odmierzanym wzdłuż krawędzi b . Krzywa p powinna wypaść na pł. XZ.
- Edytować krzywą p i ewentualnie p' i p'' by uzyskać wypukłość na powierzchni blisko krawędzi e .
- Polecenie **Pogrubienie** utwórz na bazie wykonanej powierzchni bryłę (model maski) o grubości 3 mm. Wyłącz widoczność wszystkich linii z wyjątkiem linii p .
- Na pł. stycznej do maski w punkcie przecięcia linii p z łukiem b utwórz szkic zwierający cyfry o wysokości 300 mm. Napis wyśrodkować względem linii p .
- Poleceniem **Rzutowana** rzutować napis na górne lico maski.
- Poleceniem **Podziel**, podzielić rzutowanymi liniami cyfr lico maski.
- Poleceniem **Malarz części** pokolorować cyfry.

