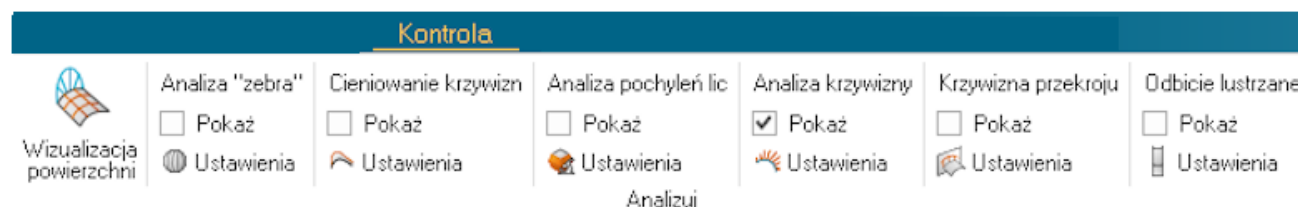
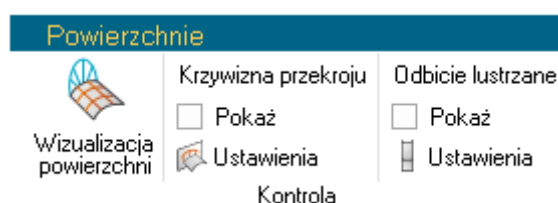


## Ćwiczenie 5. Analiza części, powierzchni i wizualizacja krzywizny

Weryfikacja powierzchni w Solid Edge polega na wykorzystaniu narzędzi do analizy i pomiarów, które pozwalają ocenić poprawność utworzonej geometrii. Przeprowadzone analizy umożliwiają sprawdzenie parametrów modelu, ocenę ich jakości i możliwości produkcyjnych przed fizycznym prototypowaniem. Weryfikacja polega na zastosowaniu narzędzi zgromadzonych w karcie **Kontrola** szczególnie w zakresie poleceń dotyczących oceny jakości stworzonych powierzchni.



Część z tych poleceń jest dostępna również z poziomu karty **Powierzchnie**.

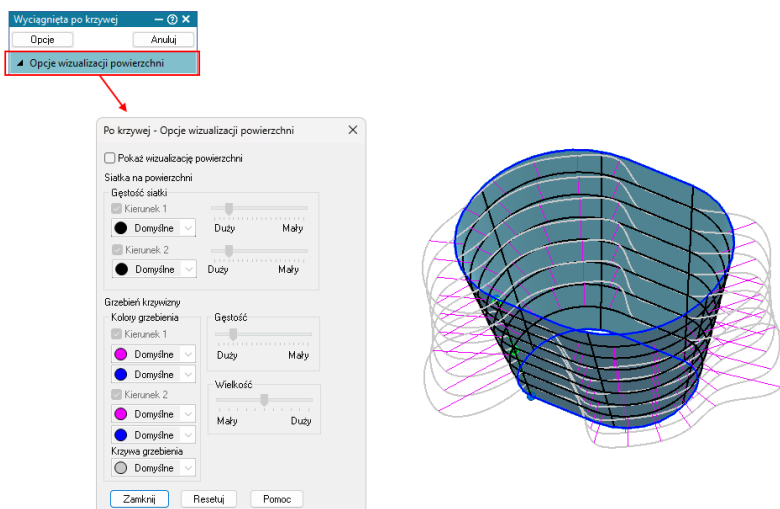


Narzędzie te, dostępne w karcie Kontrola, pomagają sprawdzić gładkość przejść między powierzchniami, co jest kluczowe na etapie projektowania powierzchniowego. Działanie poleceń kontroli oparte jest głównie na nakładaniu na powierzchnię modelu specjalnych pasków (analiza zebra), cieni krzywizn czy też krzywych przekroju. Te dodatkowe elementy pomagają ocenić utworzoną powierzchnię szczególnie jej gładkość oraz jakość przejść pomiędzy. Oceny tej dokonuje się poprzez ocenę gładkości, symetryczność elementów kontrolnych tzn. im bardziej gładkie i jednolite są paski, krzywe, tym większa gładkość powierzchni lub połączenia powierzchni. Przeprowadzenie analizy jakości powierzchni pozwala na wykrywanie defektów, nierówności czy wady w powłokach powierzchni, które mogą wpływać na właściwości projektowanej części tj.: własności aerodynamiczne lub strukturalne modelu.

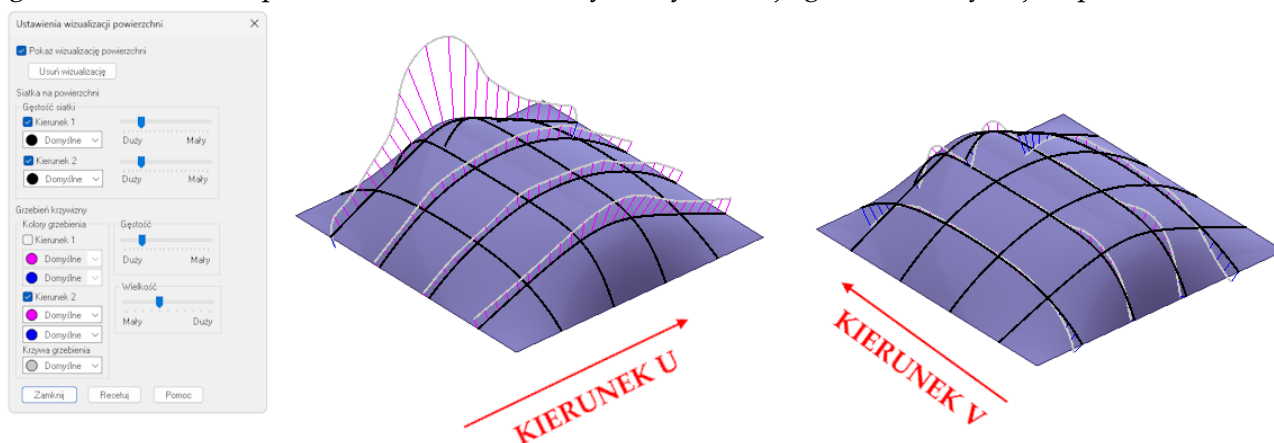
Działania takie są szczególnie przydatne przy projektowaniu elementów, gdzie ważne jest zachowanie estetyki i gładkości powierzchni, np. w motoryzacji czy projektowaniu powłok statków, samolotów. Dodatkowo pozwalają na kontrolę jakości, co pomaga w sprawdzeniu jakości realizowanego projektu i upewnieniu się, że wszystkie połączenia powierzchni są wykonane zgodnie z wymaganiami, co zapobiega problemom w dalszym procesie produkcyjnym.

Należy zwrócić uwagę, że niektóre polecenia są wyposażone w **Opcje wizualizacja powierzchni**, które są już dostępne na etapie tworzenia profili powierzchni. Opcje te znajdują się na pierwszej pozycji przed krokiem 1 polecenia. Jego użycie powoduje wyświetlenie okna dialogowego pozwalającego włączyć wykresy krzywizn elementów liniowych. Do włączenia/wyłączenia wizualizacji służy przycisk dwustanowy Pokaż wizualizację powierzchni. Pozostałe kontrolki określają parametry wyświetlania oraz kierunki które są brane pod uwagę. Po włączeniu wizualizacji na ekranie widoczne są tzw. *grzebienie krzywizn*. Orientacja odcinków grzebienia krzywizny pokazuje kierunek tzw. *binormalnej* do krzywej w danym punkcie zaś ich długości reprezentują wartości krzywizn. Krzywizna jest odwrotnością promienia okręgu ściśle stycznego do punktu krzywej lub powierzchni.

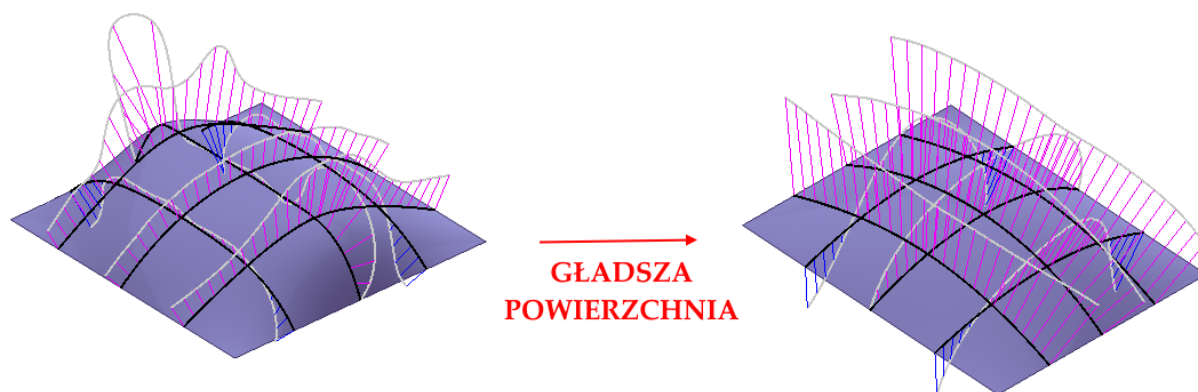
Wizualizacja znika po zamknięciu paska polecenia. Do trwałego włączenia wizualizacji krzywizn stosuje się polecenia z paska Kontrola sekcja Analizuj.



Polecenie  **Wizualizacja powierzchni** pozwala wyświetlić siatkę UV i analizę krzywizny na wybranej powierzchni zgodnie z definicją podaną w oknie dialogowym ustawień. Siatka UV lub siatka krzywych izoparametrycznych to linie biegnące wzdłuż powierzchni w kierunkach U i V zgodnie z kształtem powierzchni. Analiza krzywizny ukazuje gładkość krzywej na powierzchni.



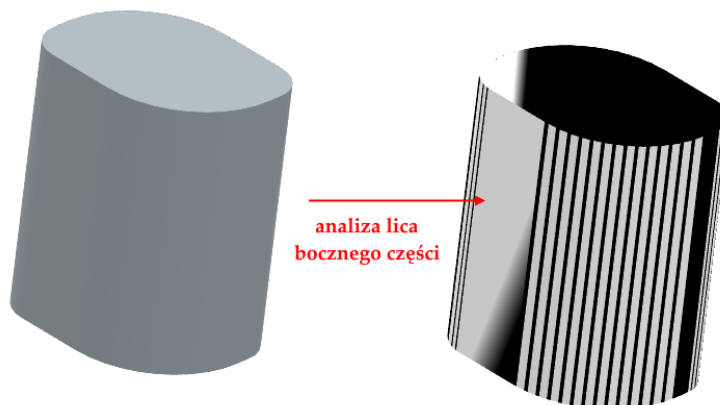
O wyświetlanym kierunku oraz ilości, gęstości, wielkości krzywych izoparametrycznych decydujemy posługując się suwakami w menu poleceni. Dodatkowo mamy możliwość oznaczenia kolorem kierunku krzywych izoparametrycznych, tak aby było widać przejście krzywej przez analizowaną powierzchnię.



Oceny dokonuje się na podstawie przebiegu krzywych względem powierzchni oraz względem poszczególnych krzywych w danym kierunku. Jeżeli krzywe izoparametryczne są bardzo gładkie, nie mają dużych i gwałtownych zmian kierunku oraz są względem siebie podobne oznacza to, że jakość analizowanej powierzchni jest duża i nie występują na niej pofałdowania, lokalne ekstrema, które mogą być trudno zauważalne, jeżeli obserwujemy powierzchnie cieniowaną standardowo (kolor fioletowy).

Zmiany przebiegu powierzchni można dokonywać zmieniając warunki styczności, edycję punktów *BlueDot* wstawiając dodatkowe krzywe wiodące lub wstawiając dodatkowe szkice (kontrolne), które są dostępne dla poleceń tworzenia powierzchni w ostatnim kroku polecenia. Tak utworzone krzywe mogą być edytowane w trybie dynamicznym, co pozwala na modyfikację powierzchni.

Polecenie  **Pokaż analizę zebra** jest efektywnym narzędziem do wizualizacji zmian gładkości powierzchni. Jak wszystkie polecenia z tej grupy podzielone jest na dwa etapy: *Ustawienia* i przycisk *Pokaż*. Paski analizy "zebra" pomagają zwizualizować krzywiznę powierzchni, dzięki temu można łatwiej stwierdzić, czy w powierzchni występują nieciągłości lub przegięcia. Paski analizy "zebra" to pasy pełnego koloru (sferyczne lub liniowe) nakładane na jedno lico lub zestaw powierzchni i są wyświetlane w regularnych odstępach (ustawienie kontrolowane przez użytkownika). Wyświetlane pasy podążają za konturem odpowiednich lic. Gładkie paski występują na gładkich, ciągłych powierzchniach (tj. bez guzków lub zmarszczeń), natomiast paski z ostrymi zagięciami wskazują na nagłe zmiany krzywizny powierzchni (tj. nieciągłość).

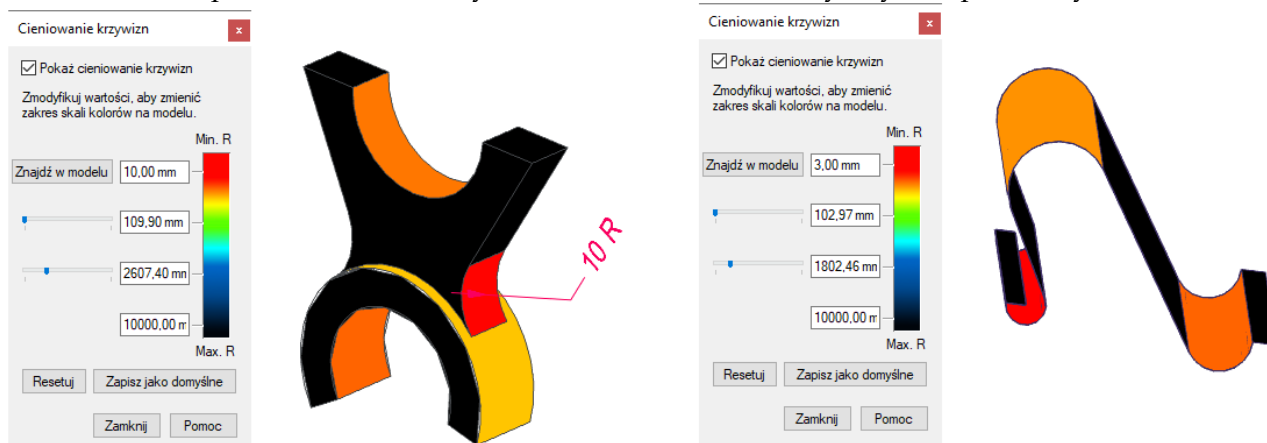


Można zauważyć (dwa środkowe rysunki), że paski odzwierciedlają sferyczną wypukłość powierzchni, jednocześnie są równe i w równych odstępach, co pokazuje, że powierzchnia jest gładka. W przypadku skrajnej prawej powierzchni dodano centralnie pofałdowanie, co odzwierciedla się niesymetrią pasków i ich nieregularnym kształtem (zwiększona również ilość pasków w celu lepszej wizualizacji zmian).



Polecenie **Ustawienia cieniowania krzywizn** służy do wyświetlania kolorów na modelu w zależności od promienia krzywizny powierzchni modelu. Polecenie umożliwia wizualizację promienia krzywizny modelu i aby wyświetlić kolory cieniowania krzywizny, należy mieć włączone **Cieniowanie** lub **Cieniowanie z widocznymi krawędziami** dla projektowanej części. W celu poprawnego wyświetlenia cieniowania niezbędne jest ustawienie wartości minimalnych i maksymalnych krzywizn w ustawieniach:

- Min. R - pokazuje najmniejszy promień (największą krzywiznę) w modelu, w celu znalezienia najmniejszego promienia w modelu można kliknąć przycisk *Znajdź w modelu*.
- Max. R - wyświetla maksymalny promień w modelu, który może być przyjmowany arbitralnie. Wartość ta przeważnie przekracza największy promień w modelu i oznacza w praktyce powierzchnie płaskie.
- Wartości pośrednie dobieramy ręcznie suwakami, tak aby uzyskać pożądany efekt.

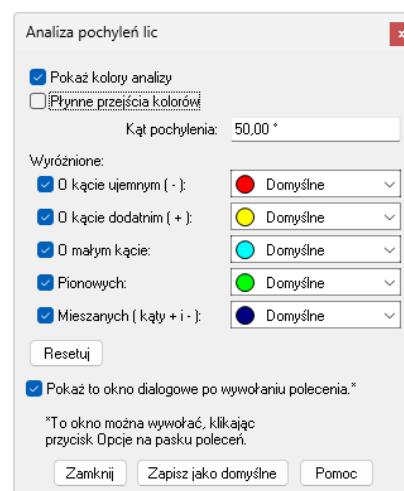


Dla powyższego przykładu (część – rys. lewy) kolorem czarnym oznaczone zostały powierzchnie płaskie, natomiast czerwonym powierzchnia o minimalnym promieniu (w tym przypadku  $R=10$  mm) a pozostałe kolory to wartości pośrednie. Podobne obserwacje można poczynić dla elementu powierzchniowego (rys. prawy).

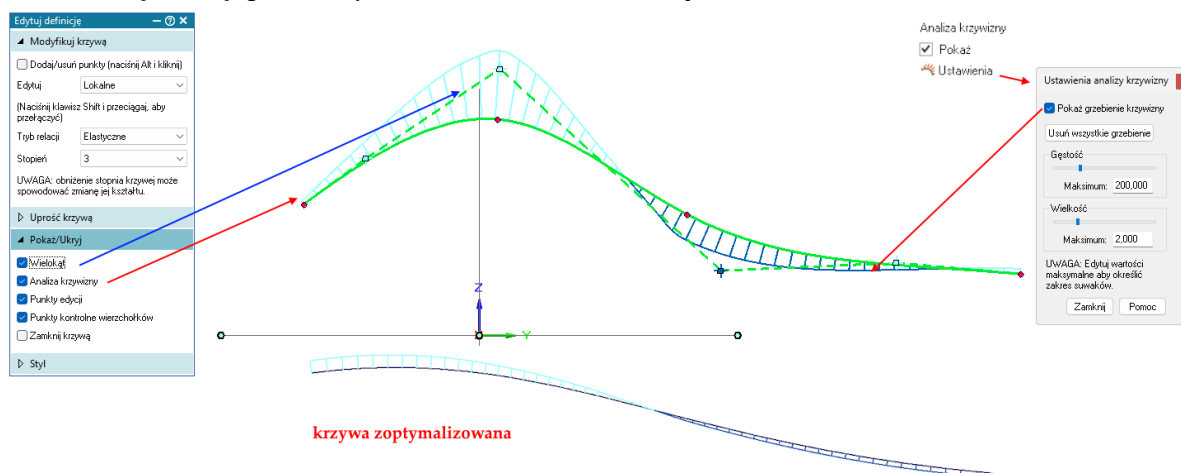
Polecenie **Pokaż Analizę pochyłeń lic** służy do wyświetlania kolorów na modelu w zależności od krzywizny powierzchni względem zdefiniowanej płaszczyzny pochylenia. Umożliwia to sprawdzenie za pomocą wizualizacji, czy dana część może zostać usunięta z formy lub matrycy. Aby wyświetlić kolory analizy pochyłeń lic, należy zastosować cieniowanie do aktywnego okna za pomocą polecenia **Cieniowanie** lub **Cieniowanie z widocznymi krawędziami**.

Najważniejszym ustawieniem polecenia jest *Kąt pochylenia*, który określa wartość kąta pochylenia, według którego kolor każdego z lic jest determinowany przez wprowadzoną wartość. Oznacza to, że jeżeli określi się wartość kąta pochylenia na  $10^\circ$ , wtedy wyświetlone zostaną tylko kolory lic (dla dodatnich i ujemnych kątów), których kąt pochylenia jest większy niż  $10^\circ$ . Licom, których kąt pochylenia jest mniejszy niż określona wartość, zostanie przypisany kolor jednego z wariantów:

- **O kącie ujemnym** - wyróżnia lica, które mają ujemny kąt pochylenia, mierzony względem normalnej do płaszczyzny pochylenia, większy niż wartość określona w polu *Kąt pochylenia*.
- **O kącie dodatnim** - wyróżnia lica, które mają dodatni kąt pochylenia, mierzony względem normalnej do płaszczyzny pochylenia, większy niż wartość określona w polu *Kąt pochylenia*.
- **O małym kącie** - wyróżnia lica, których kąt pochylenia, mierzony względem normalnej do płaszczyzny pochylenia, jest mniejszy niż wartość określona w polu *Kąt pochylenia*.
- **Pionowe** - kąt pochylenia, mierzony względem normalnej do płaszczyzny pochylenia, wynosi zero.
- **Mieszane (kąty + i -)** - wyróżnia lica, które mają zarówno dodatni jak i ujemny kąt pochylenia, mierzony względem normalnej do płaszczyzny pochylenia, większy niż wartość określona w polu *Kąt pochylenia*.



Polecenie  **Ustawienia analizy krzywizny** służy do włączania i wyłączania wyświetlania analizy krzywizny danej krzywej na etapie jej tworzenia w szkicowniku. Analiza krzywizny obrazuje gładkość krzywej, ułatwia określanie szybkości i poziomu stopniowania zmian krzywych, a także miejsca zmiany kierunków. Za pomocą analizy krzywizny można szybko określić, czy dana obróbka jest wykonalna, a także przewidywać wygląd powierzchni generowanych za pomocą krzywej. Wprowadzanie zmian w geometrii krzywej za pomocą narzędzia *Edycja dynamiczna* przy włączonej **analizie krzywizny** powoduje, że analiza zostanie natychmiast zaktualizowana o nowe zmiany.

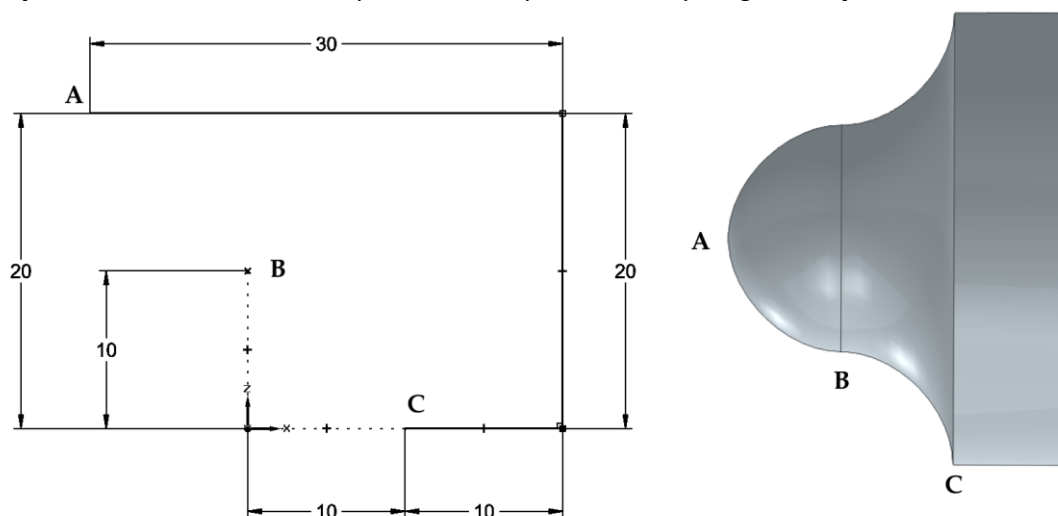


Opcję tą można włączyć również z poziomu polecenia splajn – *Analiza krzywizny*, ocena jakości gładkości polega na takim doborze nastaw krzywej, aby przebieg grzebienia kontrolnego był jak najbardziej równomierny wzdłuż splajnu. Na rysunku przedstawiona jest krzywa zoptymalizowana, przy tych samych nastawach parametrów wyświetlanego grzebienia. Łatwo można zauważyć, że jej gładkość jest znacznie lepsza, a przebieg zmian równomierny.

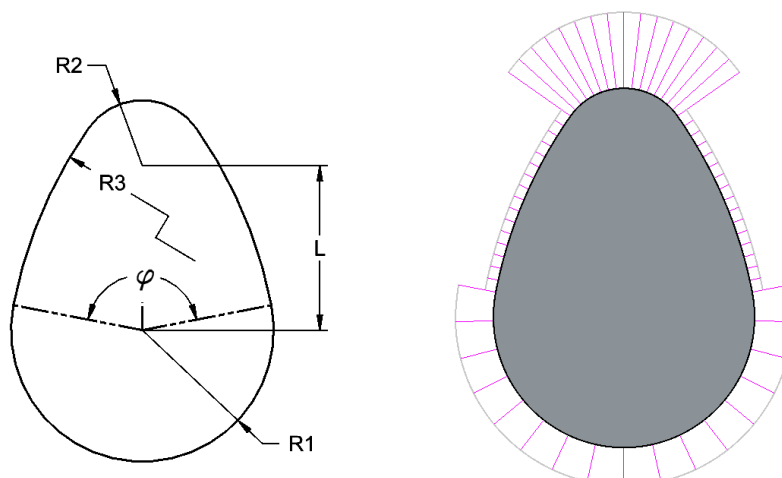
## Ćwiczenie 5 – zadania do wykonania

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

1. Utworzyć dwie osobne części (z1.par oraz z1.1.par) zawierające poniższy szkic.

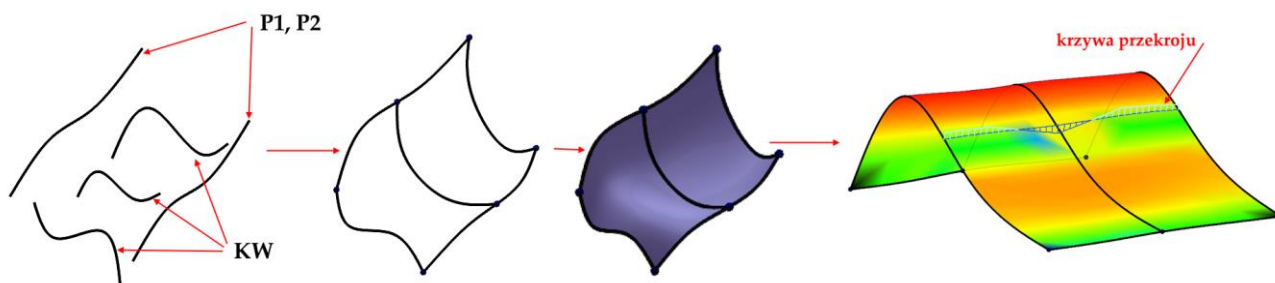


- w pliku z1.par punkty A, B, C połączyć dwoma łukami R10, włączyć uruchomić opcję Analiza krzywizn, przeanalizować uzyskane połączenie punktów A, B, C. Na bazie szkicu wykonać część obrotową, przy pomocy Analizy „zebra” przeanalizować przebieg płaszczyzn łączących punkty A, B, C (parametry analizy: jakość = wysoka, odwzorowanie = linowe oraz sferyczne, liczba pasków = 10, grubość paska 0,5).
  - w pliku z1.1.par punkty A, B, C połączyć dwoma osobnymi splajnami, włączyć uruchomić opcję Analiza krzywizn, przeanalizować uzyskane połączenie punktów A, B, C. Na bazie szkicu wykonać część obrotową, przy pomocy Analizy „zebra” przeanalizować przebieg płaszczyzn łączących punkty A, B, C (parametry analizy: jakość = wysoka, odwzorowanie = linowe oraz sferyczne, liczba pasków = 10, grubość paska 0,5).
  - modyfikując położenie punktów kontrolnych splajnu wygładzić uzyskaną krzywą łączącą punkty A, B, C, aby uzyskać efekt jak w pliku z1.par (skorzystać z Analizy „zebra”).
2. Zaprojektować krzywkę harmoniczną wg. poniższego schematu ( $R1 = 20$  mm,  $R2 = 10$  mm,  $L = 25$  mm).

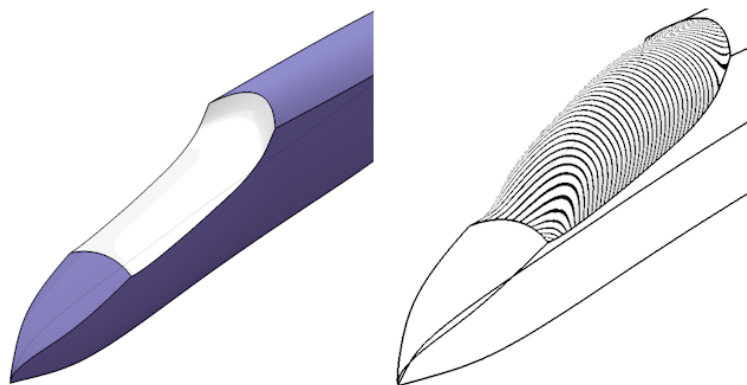


- dobrać odpowiednie relacje geometryczne położenia poszczególnych łuków.

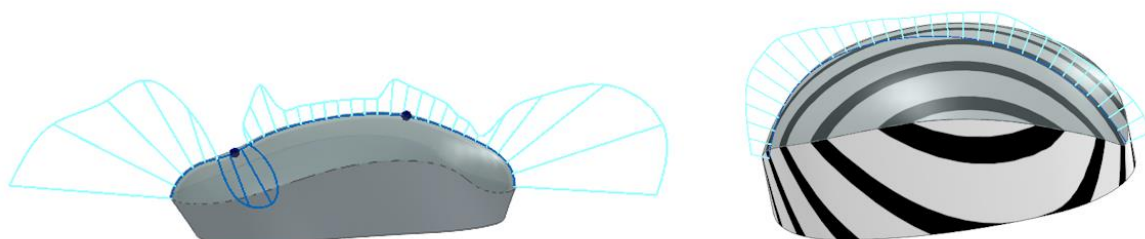
- jaka powinna być wartość kąta rozwarcia  $\phi$  łuku R1 oraz wartość promienia R3, aby uzyskana krzywka miała przebieg zmiany krzywizny jak najbardziej równomierny (rys. po prawej)? Skorzystać z narzędzi tj. *Analizy „zebra”*, *Wizualizacja powierzchni* lub *Krzywa przekroju*.(15870)
3. Utworzyć powierzchnię *BlueSurf* bazującą na dwóch profilach (P1, P2) oraz trzech krzywych wiodących (KW). Elementy wykonać poleceniem *Krzywa wg. punktów*, przy czym profile rysować w oparciu o cztery punkty charakterystyczne, a krzywe wiodące o trzy punkty charakterystyczne.



- punktami *BlueDot* połączyć elementy (rys.).
  - w trybie edycji dynamicznej dokonać edycji uzyskanej powierzchni *BlueSurf* do zbliżonej na rys. prawym. W celu obserwacji zmian jakości powierzchni skorzystać z narzędzi kontroli: *Cieniowanie krzywizn*, *Krzywa przekroju* oraz *Odbicie lustrzane*.
4. Dla modelu kadłuba samolotu (plik *Lab.5\_Airbus-AFJT.par* pobrać ze strony www) zaprojektować owiewkę kabiny pilotów, która będzie zoptymalizowana pod kątem jakości powierzchni (symetryczna i o równomiernym profilu zmian powierzchni). Na etapie projektowania skorzystać z narzędzi kontroli.



5. Zoptymalizować pod kątem jakości powierzchni mysz komputerową z Lab. 3-4 zadania 12. Wykorzystać *Krzywiznę przekroju* i pozostałe narzędzia do wyrównania górnego lica myszy.



6. Zoptymalizować pod kątem jakości powierzchni maskę samochodu z Lab. 3-4 zadania 13.

