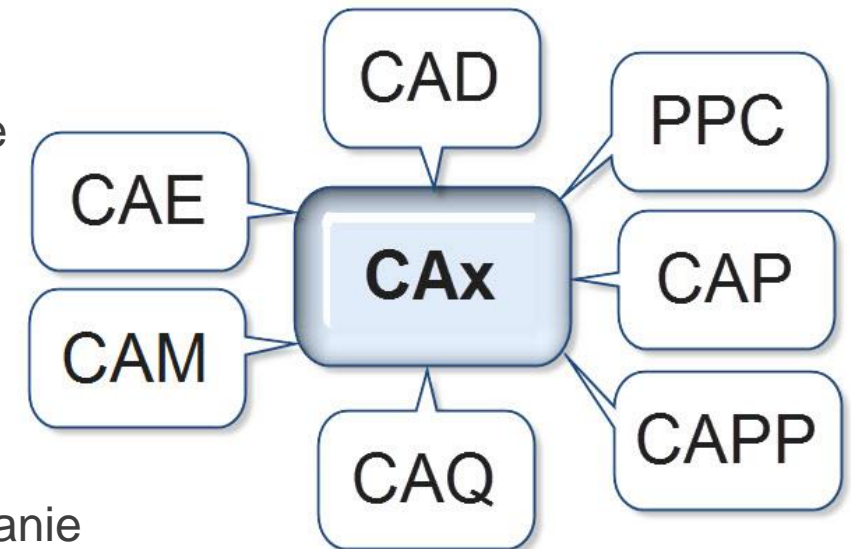

WSTĘP DO MODELOWANIA POWIERZCHNIOWEGO



SYSTEMY CAx - Computer Aided Technologies

- Computer Aided Design (CAD) – komputerowe wspomaganie projektowania,
- Computer Aided Engineering (CAE) – inżynierskie wspomaganie projektowania,
- Production Planning and Control (PPC) - planowanie i sterowanie produkcją,
- Computer Aided Planning (CAP) - komputerowo wspomagane planowanie,
- Computer Aided Process Planning (CAPP) – komputerowo wspomagane planowanie procesów,
- Computer Aided Manufacturing (CAM) – komputerowe wspomaganie wytwarzania,
- Computer Aided Quality-Control (CAQ) – komputerowe wspomaganie kontroli jakości.



SYSTEMY CAx - Computer Aided Technologies

- Systemy CAD zawierają narzędzia oraz techniki służące do wspomagania procesu projektowania części maszyn oraz mechanizmów. Modelowanie geometryczne odbywa się w dwóch środowiskach: 2D, w którym wykonywane są niezbędne szkice oraz 3D, służącym do nadawania trzeciego wymiaru. Wynikiem procesu projektowania jest uzyskanie wirtualnego modelu 3D lub dokumentacji 2D wykonanej na jego podstawie. Ponadto oprogramowanie CAD poza opracowaniem dokumentacji konstrukcyjnej w postaci grafiki dwuwymiarowej i grafiki trójwymiarowej może zawierać moduły analizy kinematycznej, optymalizacji oraz inne służące do wykonania finalnego wyrobu. Współczesne systemy CAD/CAE posiadają dodatkowo moduły do przeprowadzania analiz wytrzymałościowych modeli komputerowych w oparciu o metodę elementów skończonych (MES).
- W niniejszym wykładzie zajęto się tematem zaawansowanego projektowania powierzchniowego. Zagadnienie inżynierskie przedstawione zostanie w oparciu o jeden z najpopularniejszych systemów CAD, jakim jest CATIA V5 firmy *Dassault Systèmes*. Posiada on wyodrębniony moduł *Generative Shape Design* służący do tworzenia skomplikowanych geometrii powierzchniowych.



PODSTAWY PROJEKTOWANIA POWIERZCHNIOWEGO

- Współczesne systemy CAD oferują inżynierom wiele udogodnień związanych z procesem projektowania. Konstruktor ma możliwość tworzenia geometrii w sposób sparametryzowany bez konieczności bezpośredniej ingerencji w jej matematyczny zapis. Ponadto tworzenie obiektu przebiega w sposób asocjatywny, to znaczy wykonywana geometria powiązywana jest automatycznie z obiektami jej zależnymi i jakakolwiek zmiana parametrów pociąga za sobą globalne zmiany.
- Cechy te stają się niezastąpione w trakcie zaawansowanego modelowania powierzchniowego, podczas którego wiele krzywizn obarczonych jest błędem wyświetlania. Pozornie dobrze wyglądająca powierzchnia może być obciążona wieloma niedokładnościami niedopuszczalnymi w danym projekcie. Błędy tego typu wynikają w szczególności z ograniczeń graficznych systemów CAD oraz wykorzystywanego sprzętu komputerowego, jak również z niedoskonałości wzroku ludzkiego. Z tego powodu programy tego typu wyposażone zostały w zaawansowane narzędzia służące do analizy krzywizn, bez których bardzo trudne byłoby modelowanie poprawnych powierzchni.
- Jakość powierzchni wynika z doboru odpowiednich krzywych do jej zdefiniowania. Jeżeli podczas procesu projektowania zastosowane zostały złej klasy krzywe, to efektem tego kroku będzie powstanie elementu powierzchniowego słabej jakości. W celu uniknięcia nieświadomych błędów konstrukcyjnych systemy CAD w parze z poleceniami do modelowania 3D krzywizn oraz skomplikowanych powierzchni wyposażone zostały w narzędzia służące do analiz jakości wykonanych elementów.



KLASY CIĄGŁOŚCI

Określenie, czy dana krzywizna jest dobrej jakości, wiąże się ze znajomością terminu ciągłości krzywej. Głównym kryterium wykorzystywanym podczas oceny jakości krzywej wynikającej z teorii modelowania przestrzennego jest rodzaj ciągłości.

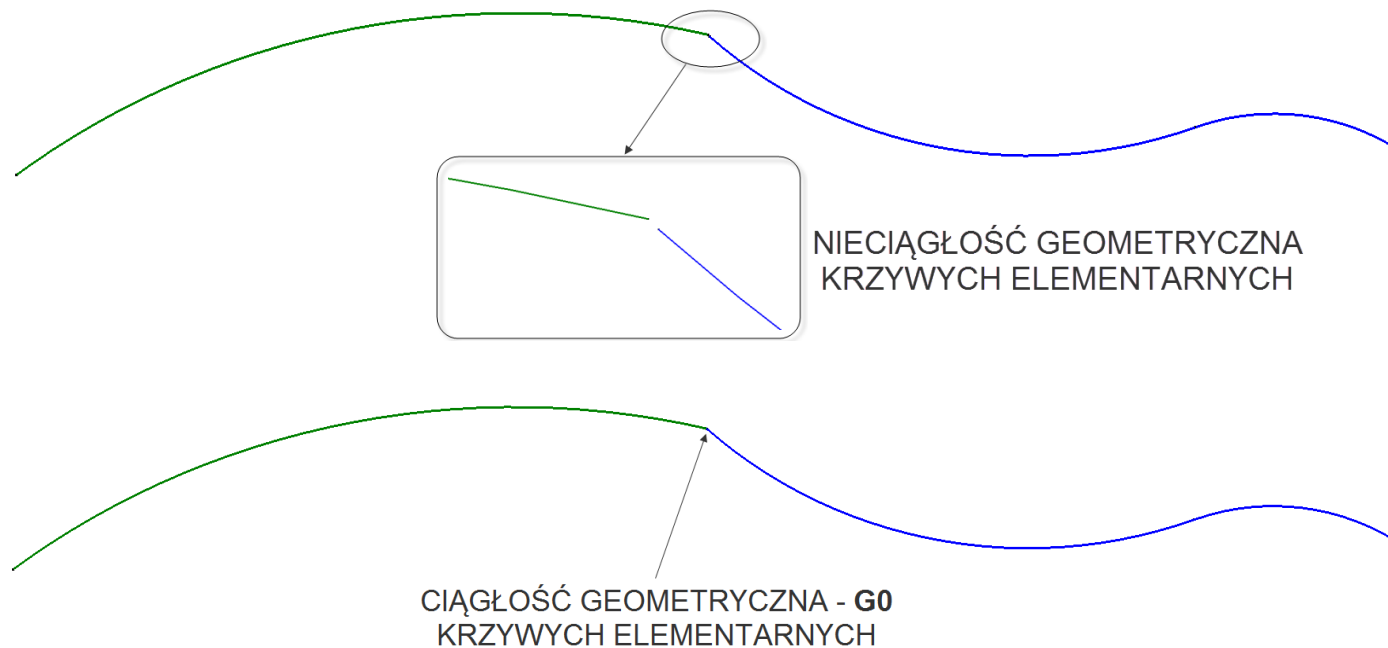
Wyróżnia się cztery klasy ciągłości:

- **Ciągłość geometryczna** – typ G0;
- **Ciągłość styczności** – typ G1;
- **Ciągłość krzywizny** – typ G2;
- **Ciągłość gradientu zmian krzywizny** – typ G3.



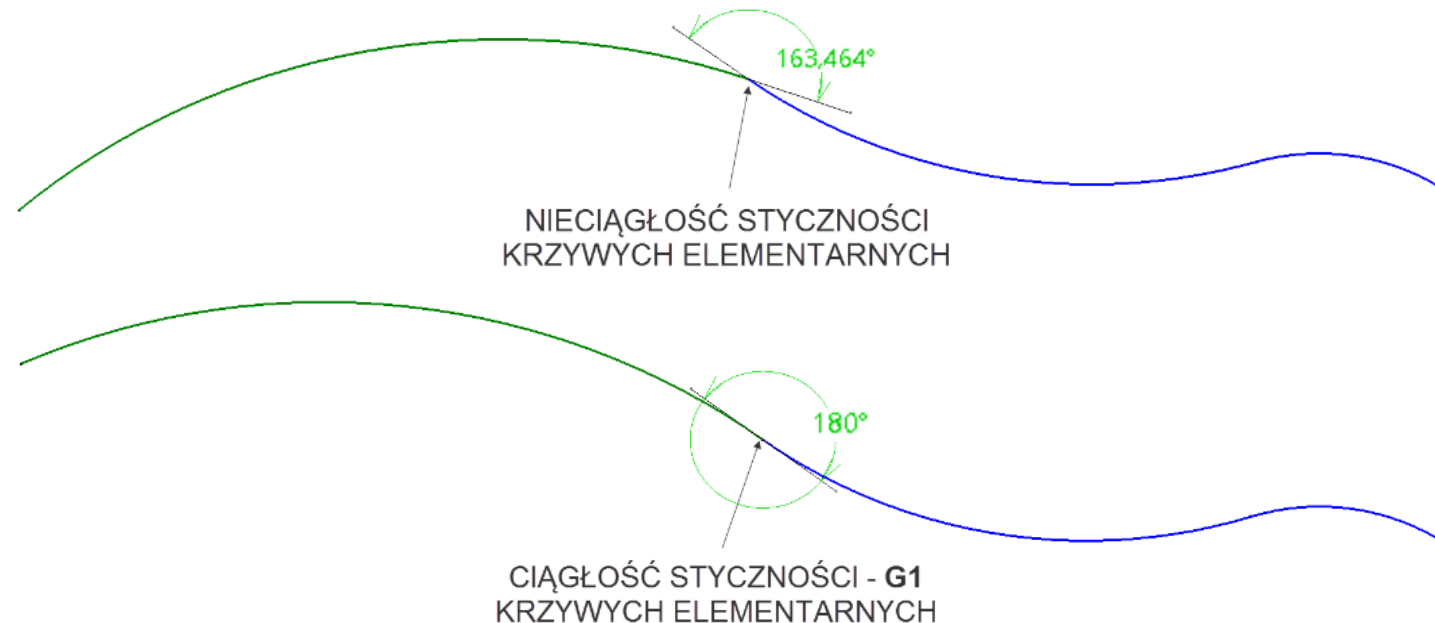
CIĄGŁOŚĆ GEOMETRYCZNA – TYP G0

- Występuje, gdy dane dwie krzywe charakteryzuje wspólny punkt. Na poniższym rysunku przedstawiono krok naprawy ciągłości dwóch krzywych, poprzez modyfikację wybranego punktu końcowego jednej z nich.



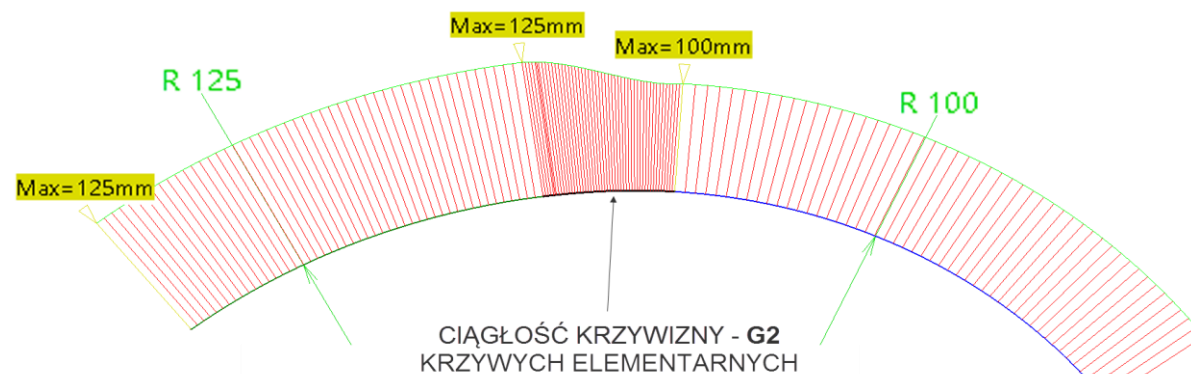
CIĄGŁOŚĆ STYCZNOŚCI – TYP G1

- Występuje, gdy para krzywych spełniająca klasę ciągłości G0 jest wzajemnie styczna w punkcie wspólnym. W celu spełnienia warunku G1 konieczne jest zachowanie styczności elementów wspólnych z czego wynika, że kąt pomiędzy wektorami stycznymi krzywych wynosi 0° lub 180° . Na poniższym rysunku przedstawiono modyfikację dwóch krzywych klasy G0 nadając im ciągłość styczności.



CIĄGŁOŚĆ KRZYWIZNY – TYP G2

- Występuje, gdy para krzywych spełniająca klasę ciągłości G1 ma w punkcie wspólnym taką samą wartość promienia krzywizny. Problem ciągłości krzywizny przedstawiony został na przykładzie krzywej składającej się z pary łuków scharakteryzowanych różnymi promieniami. W punkcie wspólnym danych łuków promień krzywej zmienia się skokowo, co wyklucza spełnienie klasy ciągłości krzywizny. Na poniższym rysunku przedstawiono modyfikację dwóch łuków klasy G1, nadając im ciągłość krzywizny poprzez zastosowanie krzywej przejścia gwarantującej ciągłość krzywizny.



CIĄGŁOŚĆ GRADIENTU ZMIAN KRZYWIZNY – TYP G3

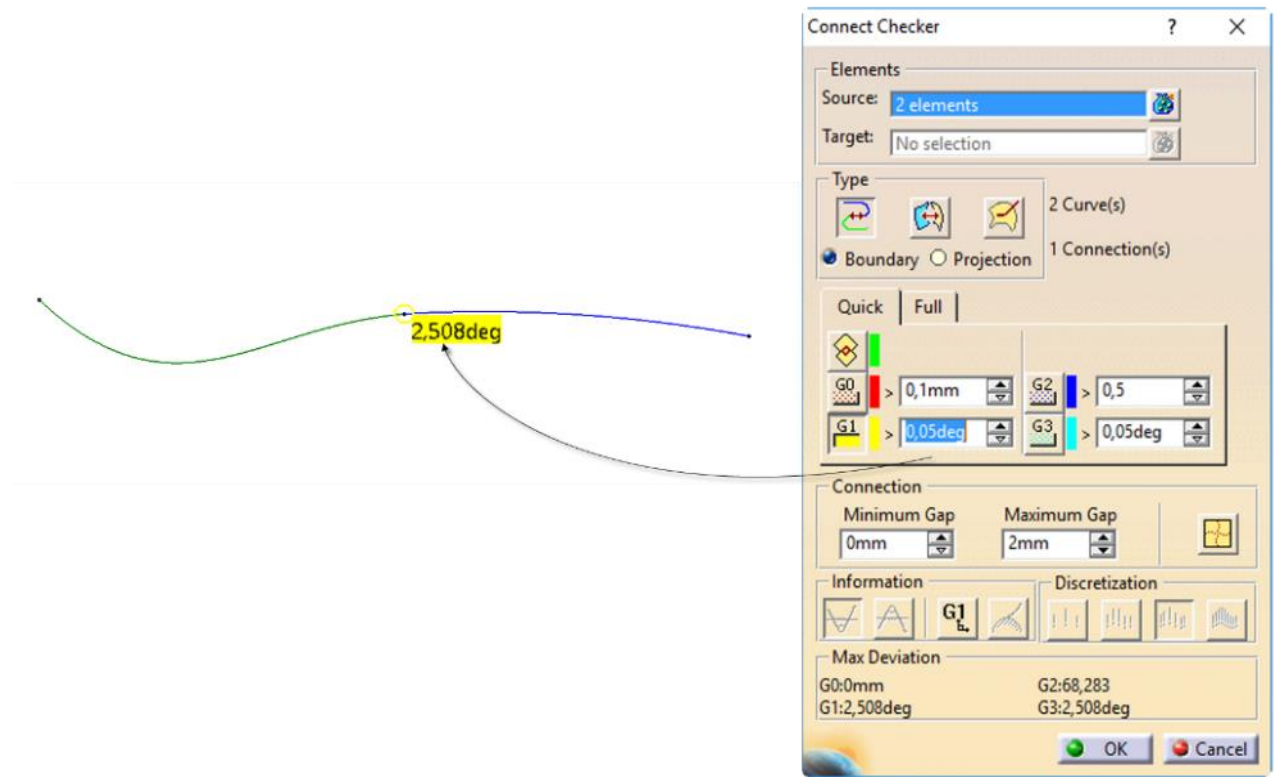
- Występuje, gdy para krzywych klasy G2 posiada w obszarze przyległych do punktu wspólnego podobny gradient – charakter zmian krzywizny. Programy CAD wykorzystują algorytm gwarantujący ciągły charakter krzywizny opisany równaniem lub układem równań parametrycznych, odnoszący się najczęściej do klasy G2, natomiast klasa G3 odnosi się do przypadków, gdy krzywa poddana analizie składa się z innych krzywych elementarnych. Są to szczególne przypadki powstałe w konsekwencji zastosowania danej operacji. Przykładowo dwie przecinające się powierzchnie powstałe na podstawie krzywych elementarnych spełniających klasę G2 tworzą krzywą gwarantującą tylko ciągłość G1 bądź w niektórych przypadkach nawet G0.



ANALIZA CIĄGŁOŚCI KRZYWYCH

- Analiza ciągłości styczności pary krzywych narzędziem *Connect Checker*.

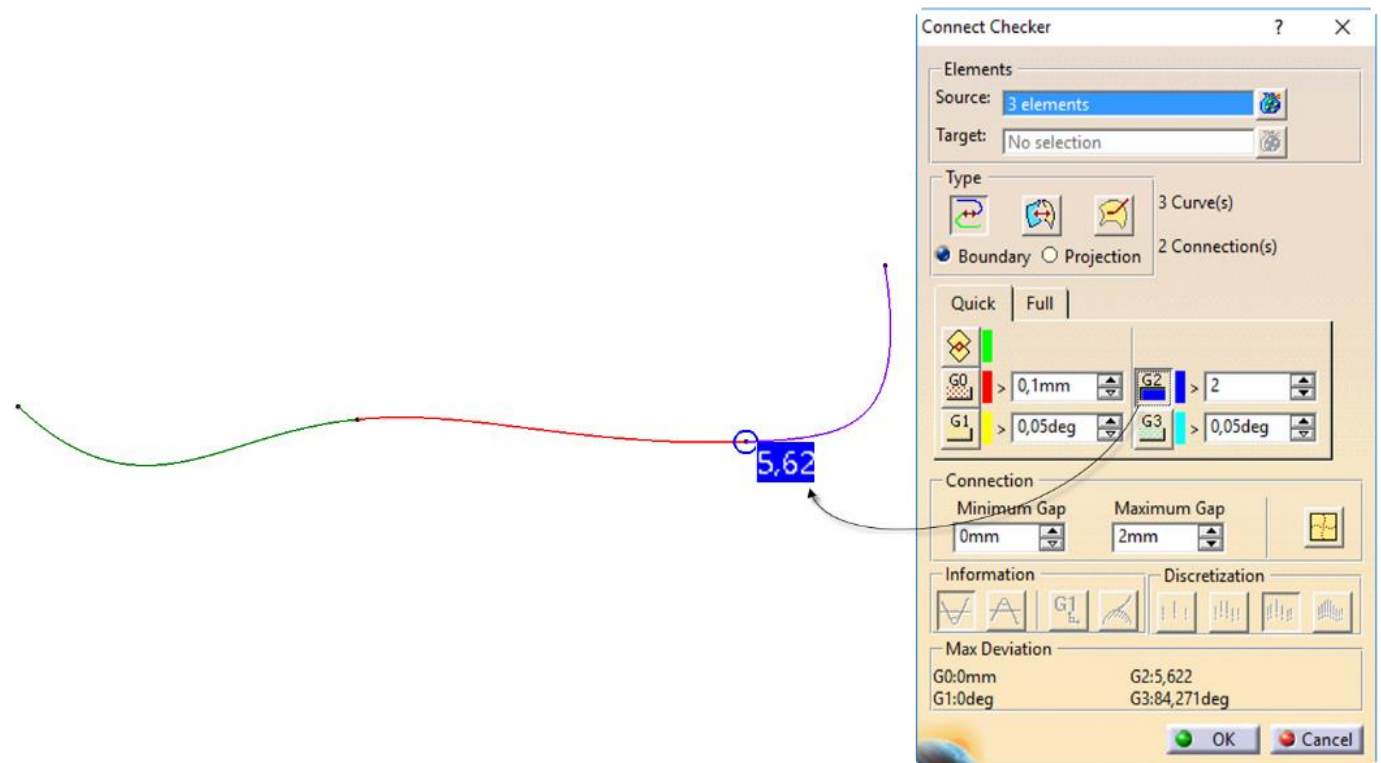
W celu sprawdzenia ciągłości należy wskazać jedną lub kilka krzywych oraz dla odpowiedniej klasy (G0, G1, G2 lub G3) wpisać ustaloną tolerancję. Poniżej zaprezentowano przykład zastosowania polecenia do analizy klasy ciągłości dwóch krzywych.



ANALIZA CIĄGŁOŚCI KRZYWYCH

- Analiza ciągłości styczności pary krzywych narzędziem *Connect Checker*.

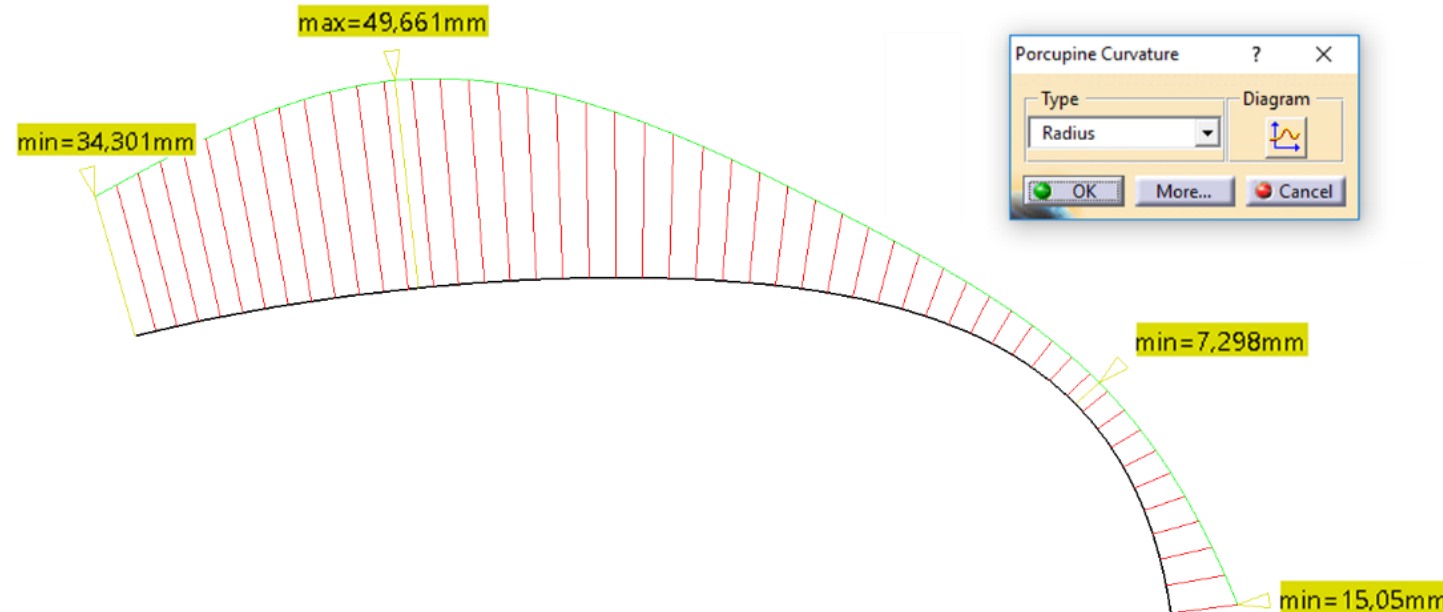
Należy pamiętać, że to konstruktor decyduje o jakości powierzchni oraz określa tolerancje danych krzywizn. Poniżej przedstawiono zmianę tolerancji dla klasy G2 oraz wynik analizy na przykładzie trzech krzywych. Przekroczenie zadanej wartości błędu w przypadku wskazanej pary krzywych powoduje niespełnienie warunku ciągłości krzywizny.



ANALIZA CIĄGŁOŚCI KRZYWYCH

- Analiza rozkładu krzywizny narzędziem *Porcupine Curvature*.

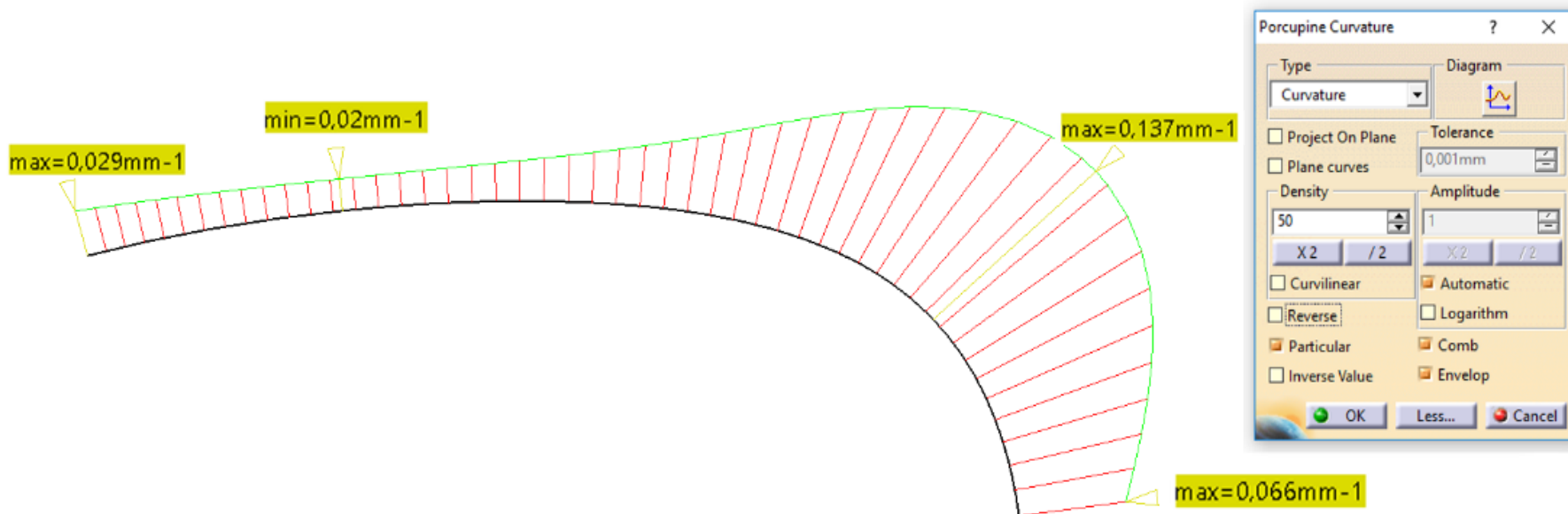
Zapewnienie odpowiedniej klasy ciągłości krzywej nie zawsze oznacza, że jest ona najlepsza z możliwych oraz posiada optymalną geometrię. Polecenie *Porcupine Curvature* służy do wyświetlania przebiegu zmiany krzywizny.



ANALIZA CIĄGŁOŚCI KRZYWYCH

- Analiza rozkładu krzywizny narzędziem *Porcupine Curvature*.

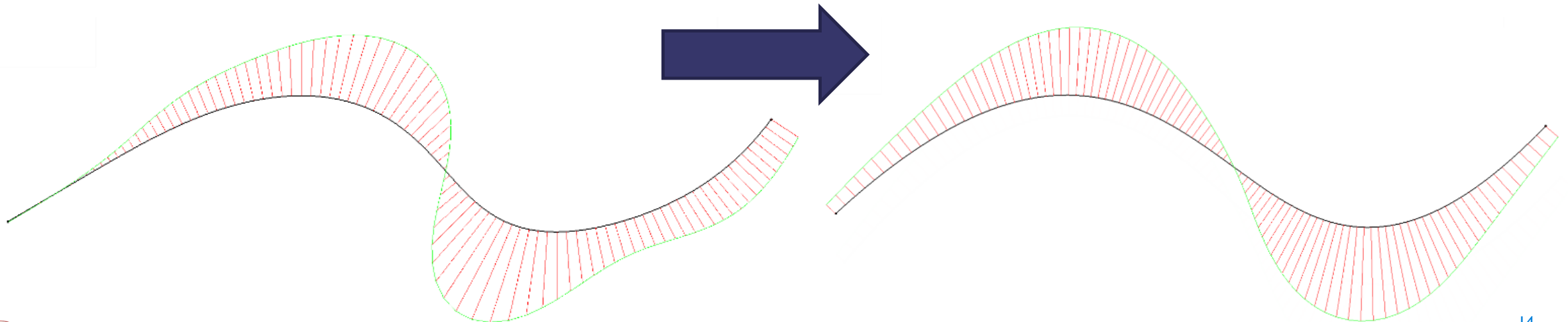
Analizę przebiegu krzywizny można przeprowadzić w dwojaki sposób, jako przebieg promienia krzywizny lub zmian krzywizny wzdłuż krzywej z możliwością identyfikacji punktów przegięcia krzywej.



ANALIZA CIĄGŁOŚCI KRZYWYCH

- Analiza rozkładu krzywizny narzędziem *Porcupine Curvature*.

Sposób wyświetlania wykresu krzywizny zależy od wskazań konstruktora i może składać się z prostopadłych (czerwone linie na wykresie), obwiedni (zielona krzywa) lub prostopadłych oraz obwiedni. Dodatkowo narzędzie posiada funkcję wyświetlania wartości ekstremów oraz możliwość sprawdzenia krzywizny w określonym punkcie badanej krzywej. Poniżej przedstawiono problem na przykładzie krzywej charakteryzującej się zmianami znaku krzywizny, która pozornie wygląda na prawidłowo zdefiniowaną.

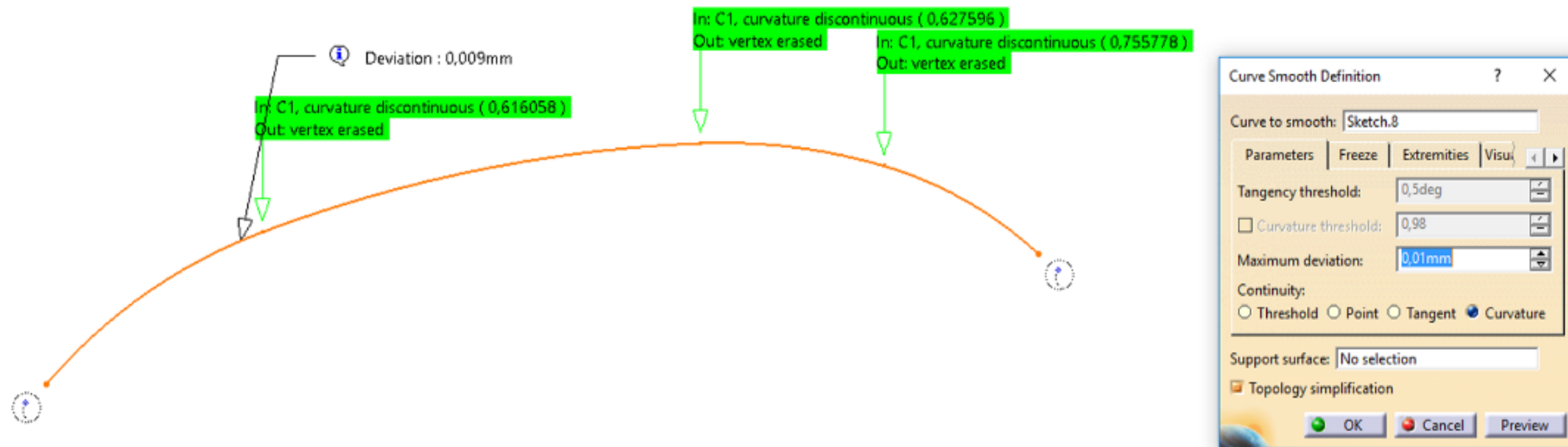


ANALIZA CIĄGŁOŚCI KRZYWYCH

■ Zmiana przebiegu krzywizny za pomocą narzędzia *Curve Smooth*.

Polecenie *Curve Smooth* umożliwia lokalne wygładzanie krzywizny według wybranej klasy ciągłości G0 – Point, G1 – Tangent, lub G2 – Curvature. Dodatkowo konstruktor może określić wartość maksymalnej deformacji modyfikowanej krzywej w polu Maximum deviation. Narzędzie informuje, co dzieje się w danym punkcie łączącym krzywe:

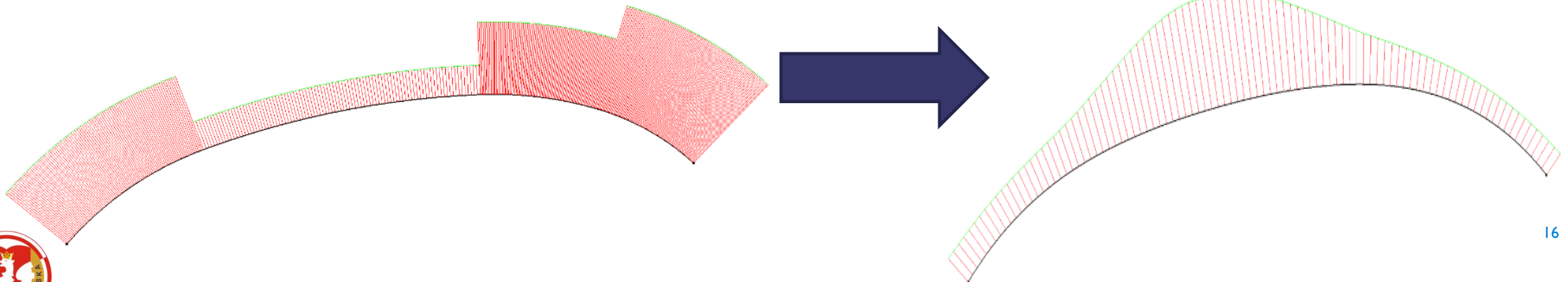
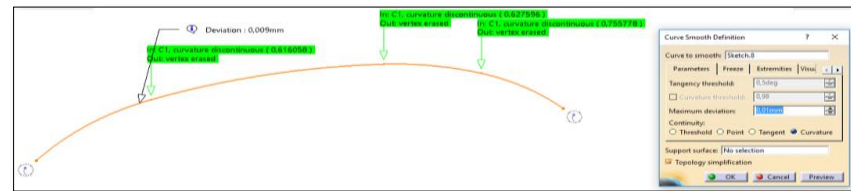
In - mówi o aktualnej niedokładności, natomiast Out - o sposobie modyfikacji. Komunikaty podświetlane są na trzy kolory: zielony - zastosowanie narzuconej ciągłości, żółty – częściowa poprawa ciągłości, czerwony – określona ciągłość dla danych parametrów nie może być osiągnięta.



ANALIZA CIĄGŁOŚCI KRZYWYCH

- Zmiana przebiegu krzywizny za pomocą narzędzia *Curve Smooth*.

Curve Smooth jest bardzo pomocnym narzędziem w przypadku zagwarantowania określonej klasy ciągłości rozpatrywanej krzywej. Poniżej przedstawiono przykład nadania ciągłości G2 czterem łukom o zmiennym promieniu przy zastosowaniu *Curve Smooth*.



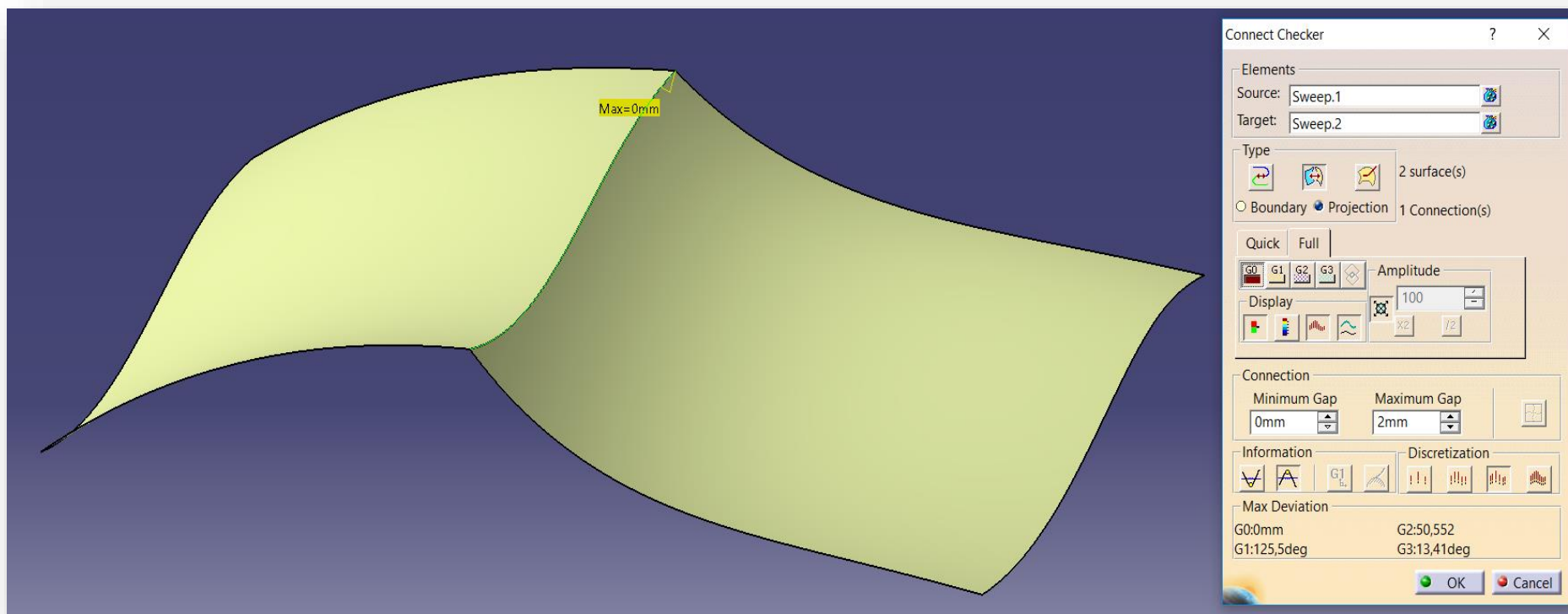
CIĄGŁOŚCI POWIERZCHNI

- Proces modelowania powierzchniowego polega na tworzeniu odpowiednich krzywych, na podstawie których definiowane są powierzchnie. Można więc stwierdzić, że jakość powierzchni oraz jej klasa ciągłości uzależnione są od rodzaju wykonanych szkiców (krzywych). Modelowanie skomplikowanych powierzchni wymaga od konstruktora wykorzystywania wielu narzędzi do definiowania obiektów 3D, które są ze sobą przycinane, łączone itd., co umożliwia uzyskanie właściwego kształtu modelu. W związku z tym, tak jak w przypadku krzywych, konieczna jest analiza powierzchni z uwagi na warunek ciągłości.



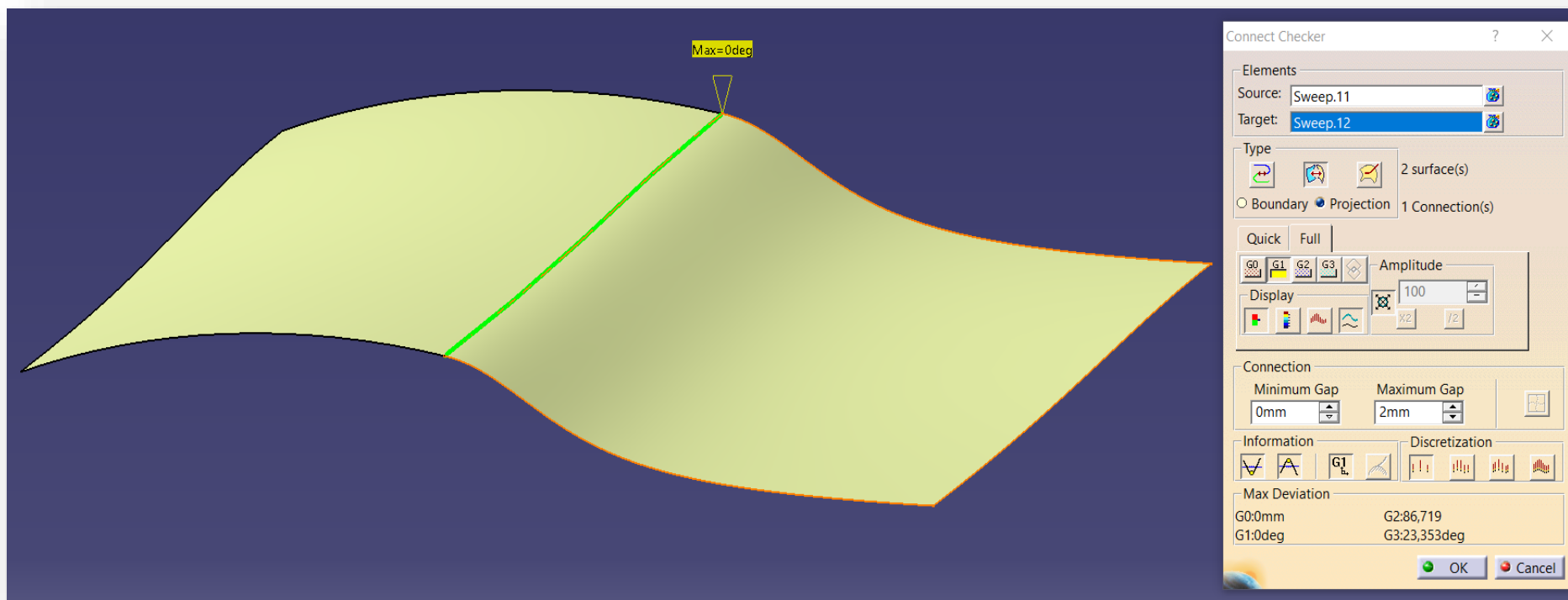
CIĄGŁOŚĆ GEOMETRYCZNA POWIERZCHNI - TYP G0

- Występuje, gdy para powierzchni połączona jest ze sobą wzdłuż wspólnej krawędzi w sposób ciągły.



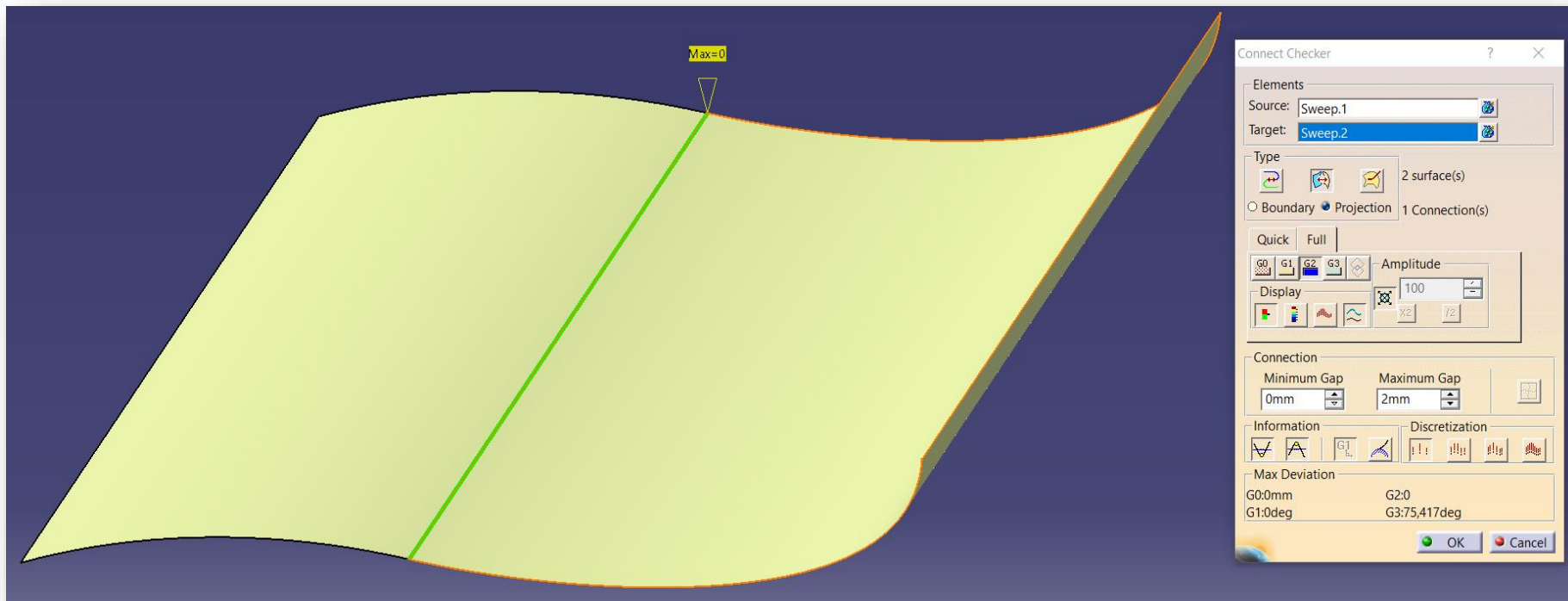
CIĄGŁOŚĆ STYCZNOŚCI POWIERZCHNI – TYP G1

- Występuje, gdy para powierzchni spełniająca kryterium G0 posiada styczność w każdym punkcie leżącym na krawędzi wspólnej.



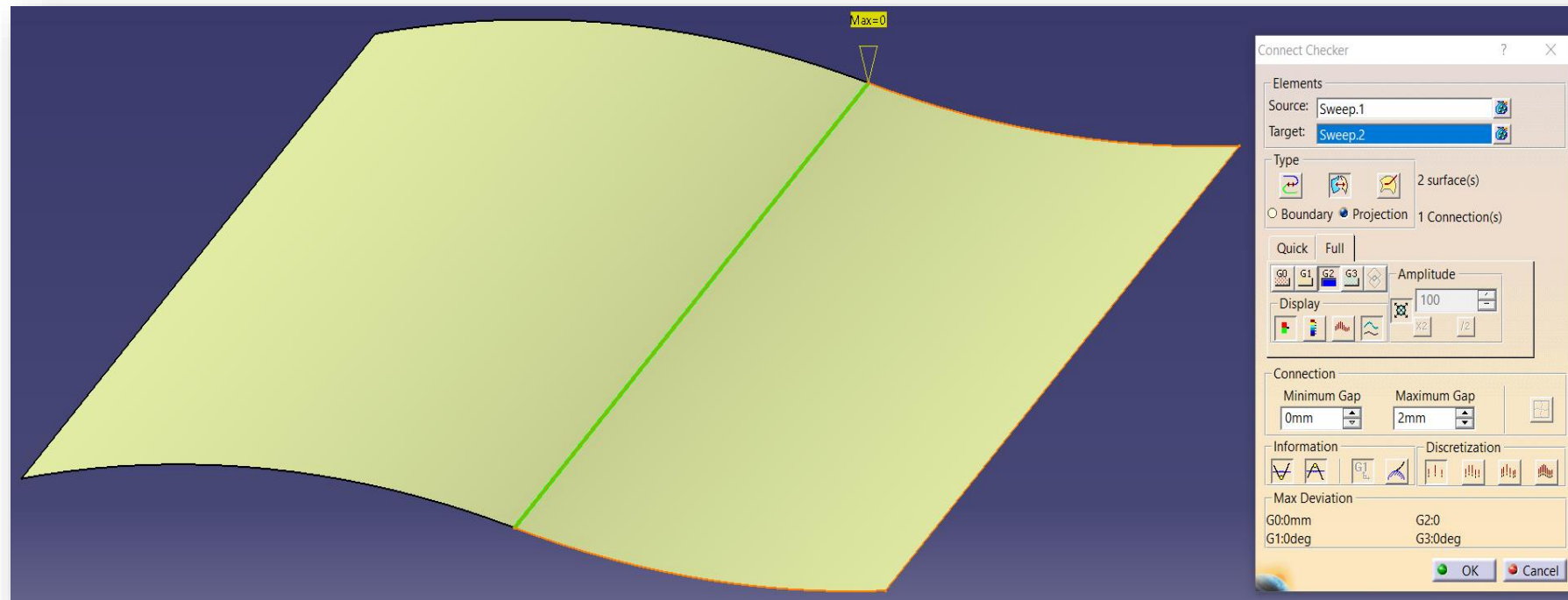
CIĄGŁOŚĆ KRZYWIZNY POWIERZCHNI – TYP G2

- Występuje, gdy para powierzchni spełniająca kryterium G1 charakteryzuje się stałym promieniem krzywizny w każdym punkcie należącym do części wspólnej.



CIĄGŁOŚĆ GRADIENTU ZMIAN KRZYWIZNY POWIERZCHNI – TYP G3

- Występuje, gdy para powierzchni spełniająca kryterium G2 posiada podobny charakter zmian krzywizny w rejonie części wspólnej.



ANALIZA CIĄGŁOŚCI POWIERZCHNI

Podobnie, jak w przypadku ciągłości krzywych, powierzchnie nie w każdym przypadku muszą spełniać klasę ciągłości najwyższego rzędu. To konstruktor na etapie modelowania bazując na wymaganiach projektowych decyduje o jakości powierzchni. Ze względu na zastosowanie modeli powierzchniowych można je podzielić na trzy rodzaje:

- inżynierskie (mechaniczne) – klasy ciągłości G0/G1: są to wszelkiego rodzaju części stanowiące element danego układu (krzywki, ślizgi, prowadnice, usztywnienia), będące zazwyczaj niewidoczne;
- ozdobne (estetyczne) – klasy ciągłości G2/G3: elementy upiększające, zwiększające walory wizualne obiektów (elementy karoserii samochodu, obudowy telefonów komórkowych), często polerowane w znacznym stopniu odbijające światło;
- mechaniczno-estetyczne – klasy ciągłości G2/G3: różnego rodzaju elementy spełniające walory mechaniczne oraz estetyczne, na przykład: obudowy suszarek, odkurzaczy.

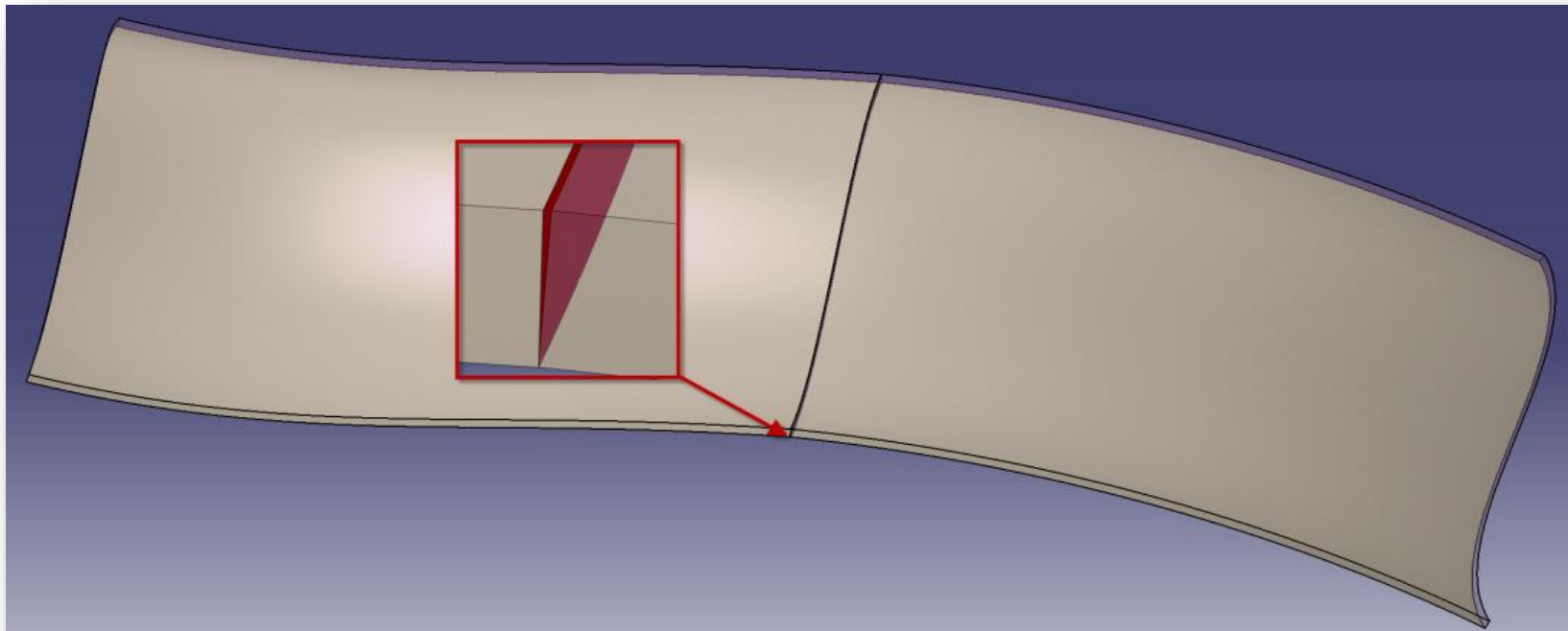
Analiza jakości powierzchni przebiega w dwóch następujących krokach:

- 1 – określenie ciągłości powierzchni,
- 2 – zbadanie charakteru rozkładu krzywizny.



ANALIZA CIĄGŁOŚCI POWIERZCHNI

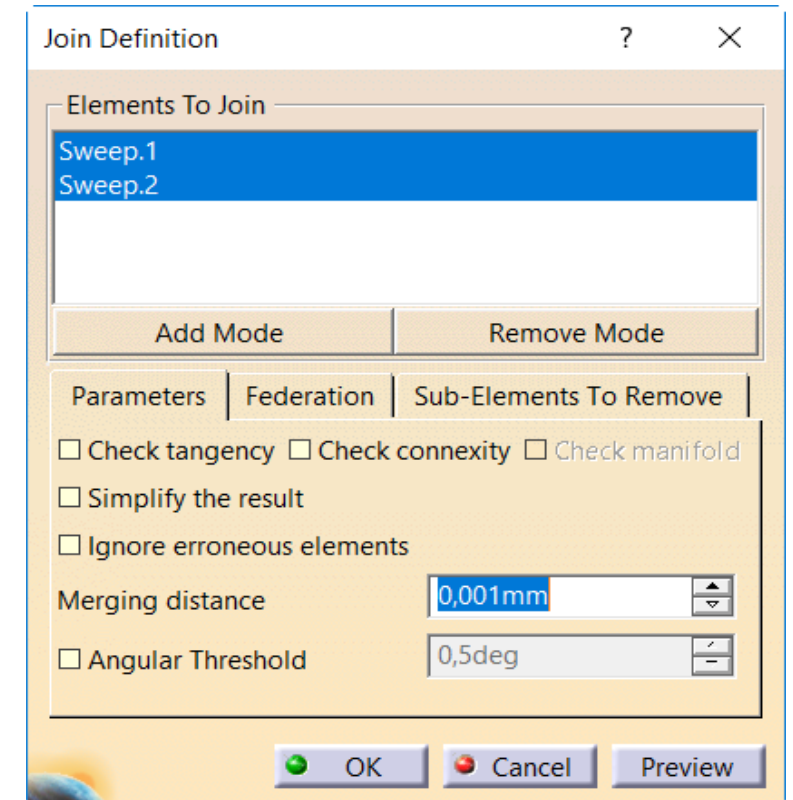
- Proces modelowania powierzchniowego kończy się wykonaniem elementu bryłowego. Odbywa się to poprzez nadanie grubości (*Thick Surface*) lub zamknięcie modelu powierzchniowego (*Closed Surface*). Często nieumiejętnie wykonane geometrie na tym etapie generują błędy nawet nieciągłości klasy G0. Powstają one wskutek przeprowadzenia najmniej efektywnej analizy powierzchni – oceny wizualnej.



ANALIZA CIĄGŁOŚCI POWIERZCHNI

- Zastosowanie narzędzia *Join* do naprawy ciągłości geometrycznej.

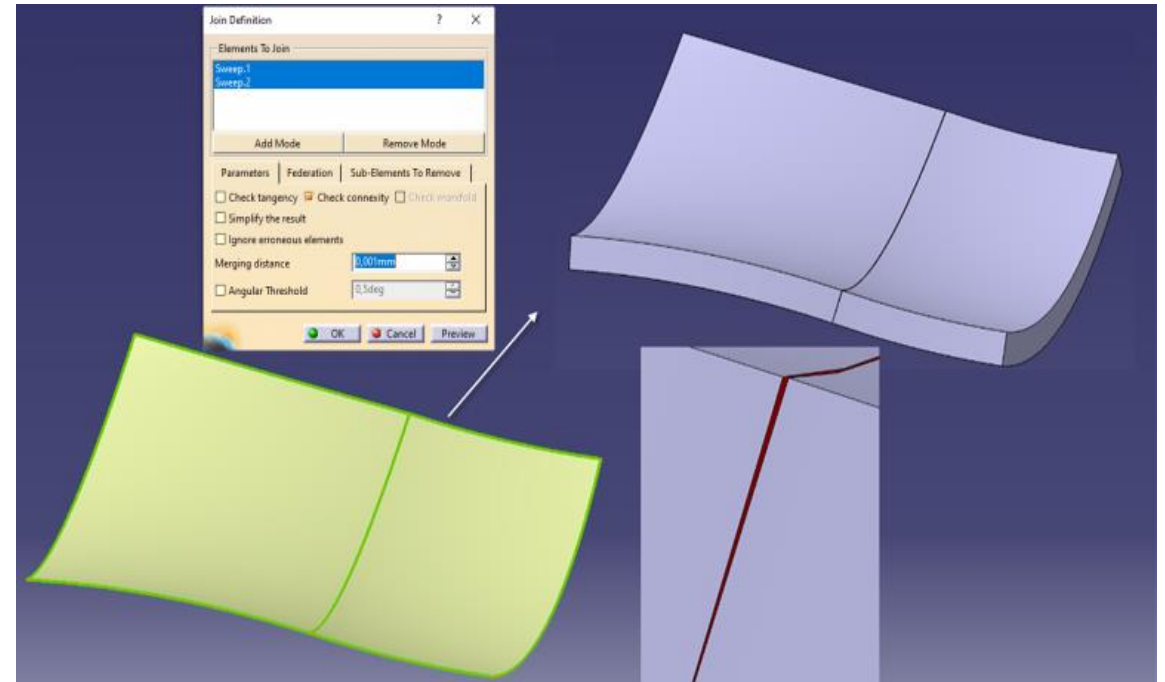
Model powierzchniowy w większości przykładów składa się z wielu składowych powierzchni, które na poszczególnych etapach modelowania łączone są w powierzchnię monolityczną. W systemie Catia V5 do tej operacji wykorzystywane jest narzędzie *Join*, które poza spajaniem powierzchni umożliwia naprawianie niewielkich błędów nieciągłości geometrycznych w definiowanym zakresie tolerancji od 0,001mm do 0,1mm (*Merging distance*), definiowanie kąta załamania na geometrii krawędzi wspólnej (*Angular threshold*), korygowanie styczności (*Check tangency*), wypukłości (*Check connexity*), upraszczanie geometrii (*Simplify the result*) oraz ignorowanie błędów powierzchni (*Ignore erroneous elements*).



ANALIZA CIĄGŁOŚCI POWIERZCHNI

- Zastosowanie narzędzia *Join* do naprawy ciągłości geometrycznej.

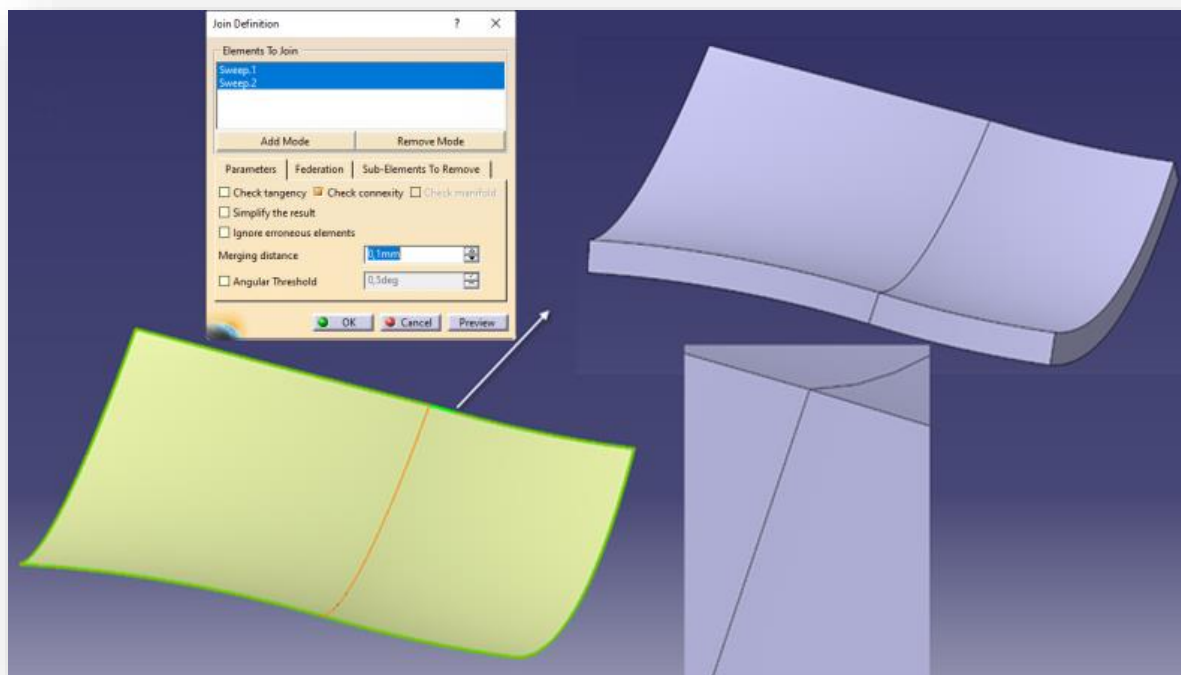
Na poniższym rysunku przedstawiono model bryłowy wykonany na podstawie połączonych powierzchni z domyślną tolerancją (*Merging distance 0,001mm*). W efekcie otrzymano defekt w postaci szczeliny w miejscu styku geometrii – dwie powierzchnie nie mają wspólnej krawędzi. Taki model można naprawić na etapie spajania powierzchni narzędziem *Join* poprzez zawężenie pola tolerancji do 0,1mm (*Merging distance*).



ANALIZA CIĄGŁOŚCI POWIERZCHNI

- Zastosowanie narzędzia *Join* do naprawy ciągłości geometrycznej.

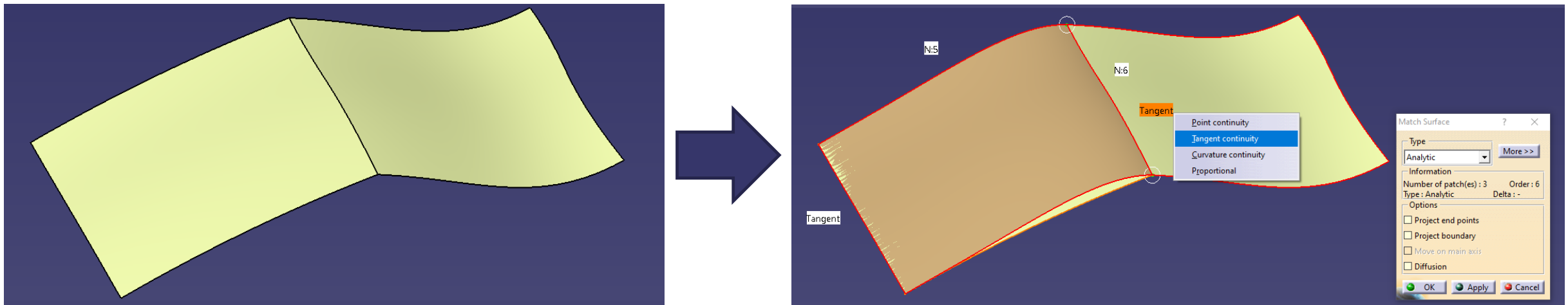
Na poniższym rysunku przedstawiono wynik naprawy ciągłości geometrii – wszystkie nieciągłości na styku powierzchni mniejsze od 0,1mm zostały domknięte. Opisany przypadek jest operacją topologiczną, która nie modyfikuje składowych powierzchni. Z tego powodu zaleca się unikanie takiego sposobu naprawiania powierzchni. W tym przypadku rozsądnym rozwiązaniem jest skorygowanie składowych krzywych.



ANALIZA CIĄGŁOŚCI POWIERZCHNI

- Wykorzystanie narzędzia *Match Surface* do naprawy ciągłości dwóch powierzchni.

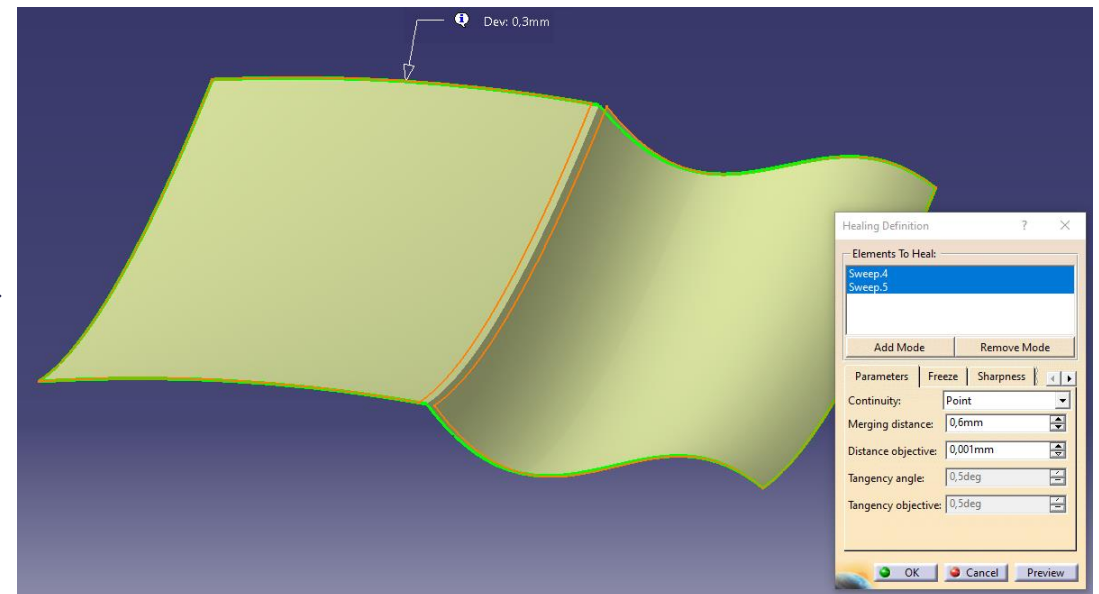
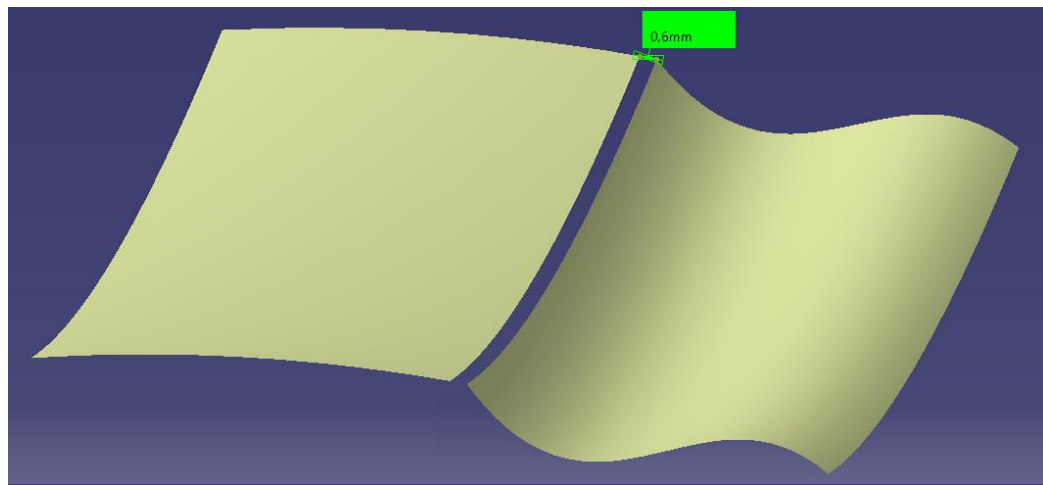
Podczas procesu modelowania mogą wystąpić nieoczekiwane niedokładności powierzchni. W takim przypadku do naprawy kształtu powierzchni można wykorzystać narzędzie *Match Surface* występujące w module *FreeStyle*. Za pomocą wspomnianego narzędzia można zmodyfikować geometrię lub wymusić określony warunek ciągłości powierzchni.



ANALIZA CIĄGŁOŚCI POWIERZCHNI

- Zastosowanie polecenia *Healing* do naprawy deformacji powierzchni.

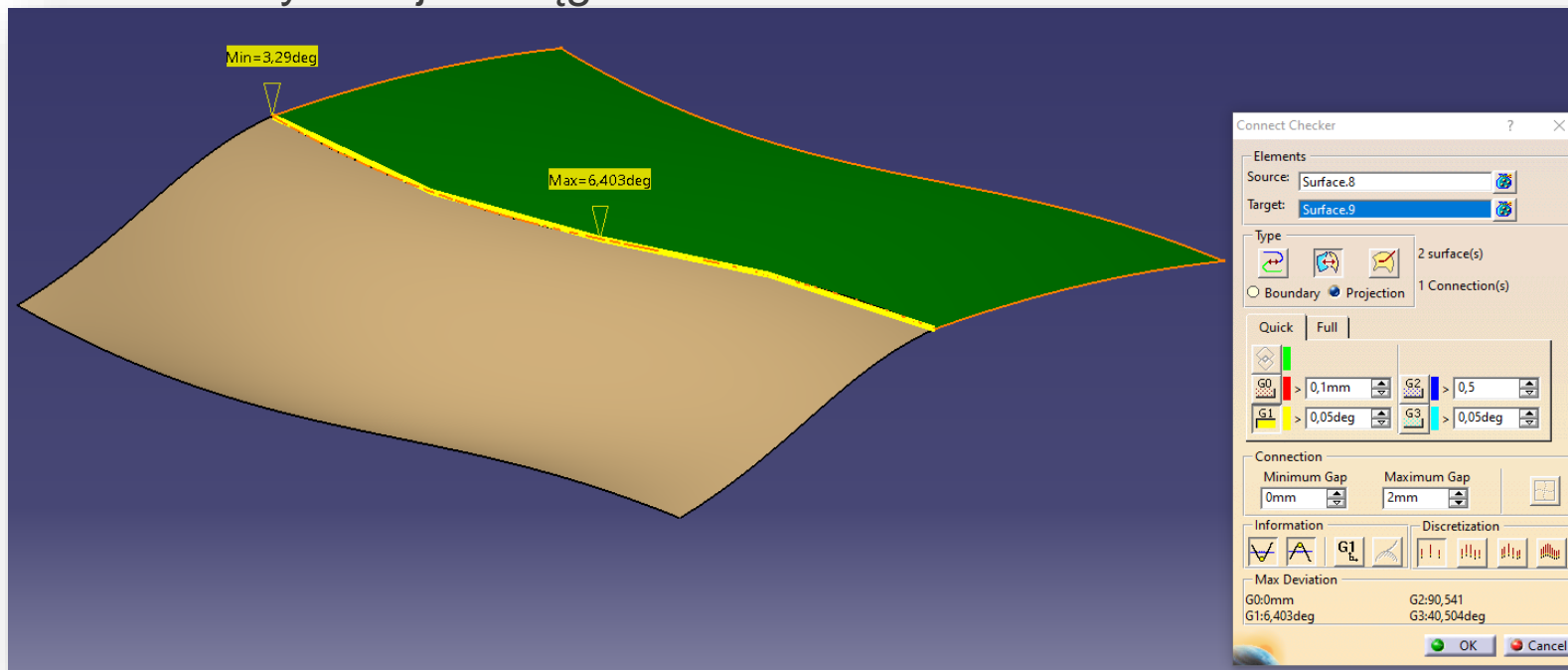
Polecenie *Healing* służy do modyfikacji lokalnej lub globalnej deformacji powierzchni. Wykorzystanie narzędzia *Healing* do naprawy ciągłości powierzchni przedstawiono poniżej.



ANALIZA CIĄGŁOŚCI POWIERZCHNI

- Określenie nieciągłości powierzchni za pomocą polecenia **Connect Checker**.

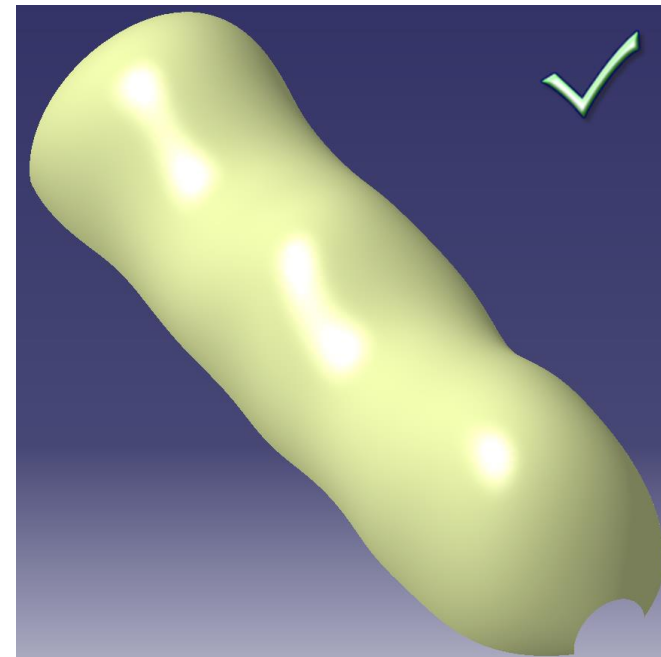
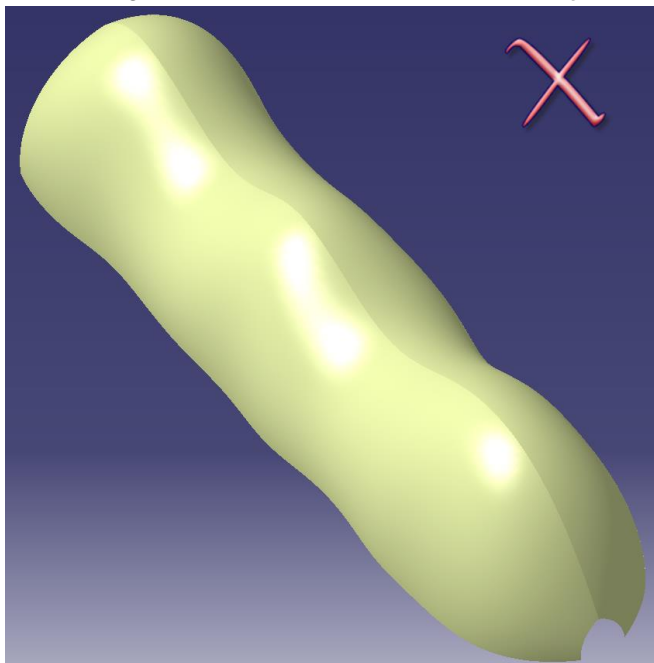
Za pomocą narzędzia *Connect Checker* możliwe jest określenie niewrażliwych krzywizn zgodnie z następującymi kryteriami ciągłości: G0, G1 oraz G2. Dodatkowo polecenie dysponuje możliwością zdefiniowania zakresu wskazywanej nieciągłości.



ANALIZA CIĄGŁOŚCI POWIERZCHNI

- **Ocena wizualna powierzchni.**

Model powierzchniowy można wstępnie poddać analizie wizualnej. Na podstawie takiej analizy możliwe jest określenie wyraźnych niedoskonałości ciągłości powierzchni. Ocena wizualna pozwala maksymalnie na wskazanie nieciągłości typu G1. Poniżej przedstawiono model powierzchniowy z widocznym defektem w postaci ostrej krawędzi oraz model wolny od defektów.



ANALIZA CIĄGŁOŚCI POWIERZCHNI

■ Zastosowanie kryterium *Gaussa* do analizy jakości powierzchni.

W większości przypadków modeli powierzchniowych ocena wizualna jest niewystarczająca. Z tego powodu systemy CAD wyposażone są w zaawansowane narzędzia do tego typu analiz. Za pomocą wspomnianych poleceń możliwe jest wyznaczenie niewralgicznych obszarów powierzchni. Do tego typu analiz wykorzystywane jest najczęściej kryterium Gaussa określające wartość średnią krzywizny. Kryterium *Gaussa* można przedstawić za pomocą następującego algorytmu:

- W każdym punkcie powierzchni można zdefiniować prostą do niej prostopadłą.
- Przez tak wyznaczoną linię można poprowadzić nieskończenie wiele płaszczyzn.
- Płaszczyzny te mogą posłużyć do wyznaczenia nieskończenie wielu krzywych = przekrojów powierzchni, a każda z tych krzywych ma określony rozkład krzywizny.
- Dla każdego punktu powierzchni (dla różnych przekrojów) można znaleźć największy promień krzywizny (R_1) i najmniejszy promień krzywizny (R_2).
- Krzywizna Gaussa (KG) może być obliczona zgodnie z równaniem:

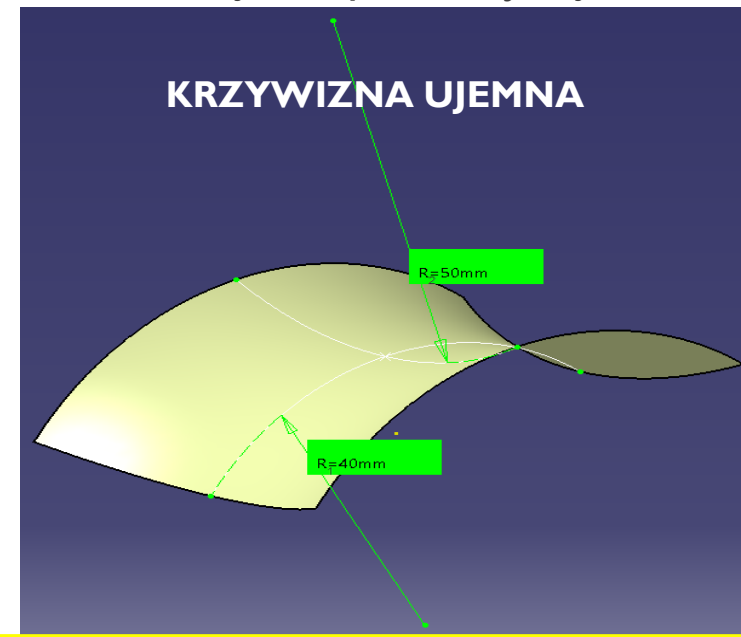
$$KG = \sqrt{R_1 + R_2}$$



ANALIZA CIĄGŁOŚCI POWIERZCHNI

- **Podział krzywizny powierzchni ze względu na znak.**

Należy dodać, że krzywiznę powierzchni można podzielić ze względu na znak. Rozróżnia się krzywiznę dodatnią charakteryzującą się kształtem powierzchni zbliżonym do „miski” oraz ujemną o kształcie powierzchni zbliżonym do „siodła”. Krzywizna jest dodatnia, jeśli łuki R_1 i R_2 mają środki po tej samej stronie analizowanej powierzchni, natomiast jeżeli ten warunek nie jest spełniony, ujemna.



ANALIZA CIĄGŁOŚCI POWIERZCHNI

- **Analiza krzywizny powierzchni za pomocą *Surfacic Curvature Analysis*.**

Podstawowym narzędziem pozwalającym na analizę krzywizny powierzchni w systemie Catia V5 jest *Surfacic Curvature Analysis*. Za pomocą tego polecenia możemy przeprowadzić ocenę charakteru powierzchni na kilka sposobów:

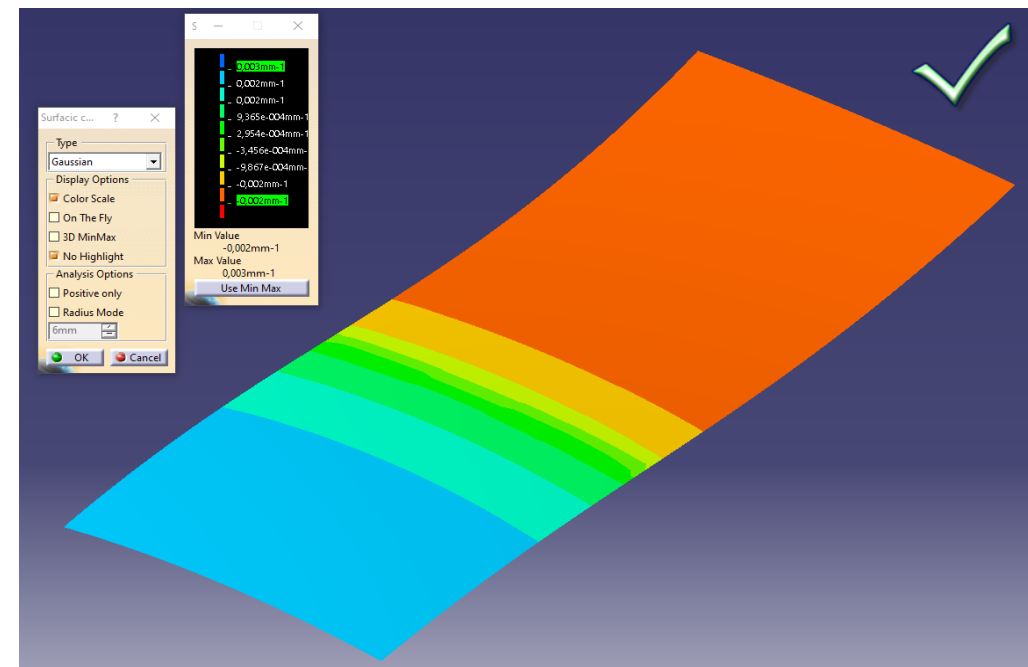
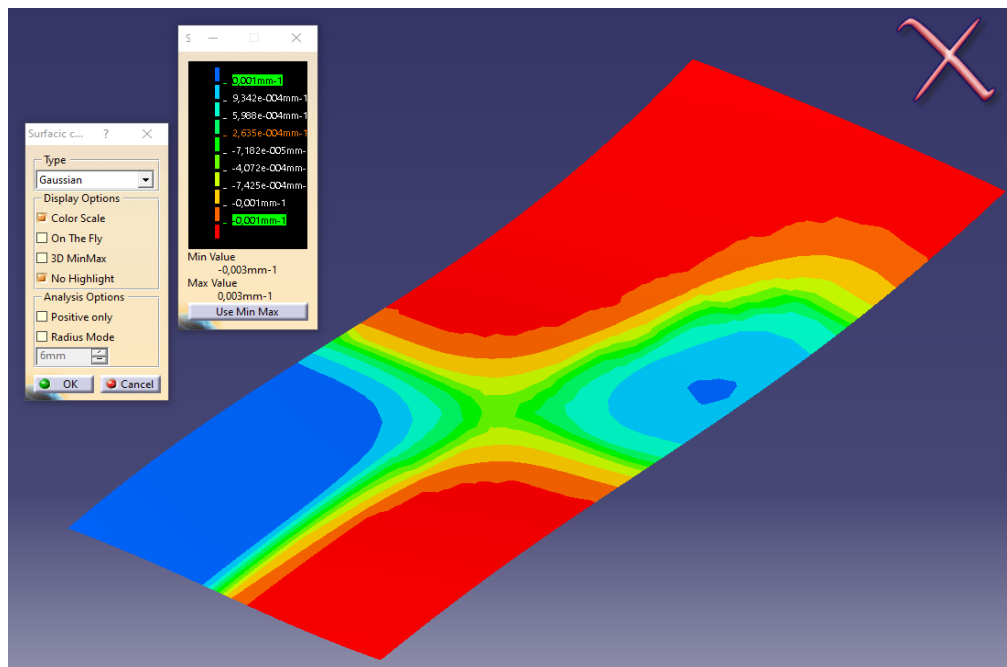
- *Gaussian* – otrzymując wspomniany wcześniej rozkład Gaussa,
- *Minimum* – minimalne załamania powierzchni,
- *Maximum* – maksymalne załamania powierzchni,
- *Limited* – krzywiznę zawartą we wskazanym zakresie oraz
- *Inflection Area* – uproszczoną mapę wskazującą dodatni i ujemny charakter powierzchni.



ANALIZA CIĄGŁOŚCI POWIERZCHNI

- Analiza krzywizny powierzchni za pomocą *Surfacic Curvature Analysis* - rozkład *Gaussa*.

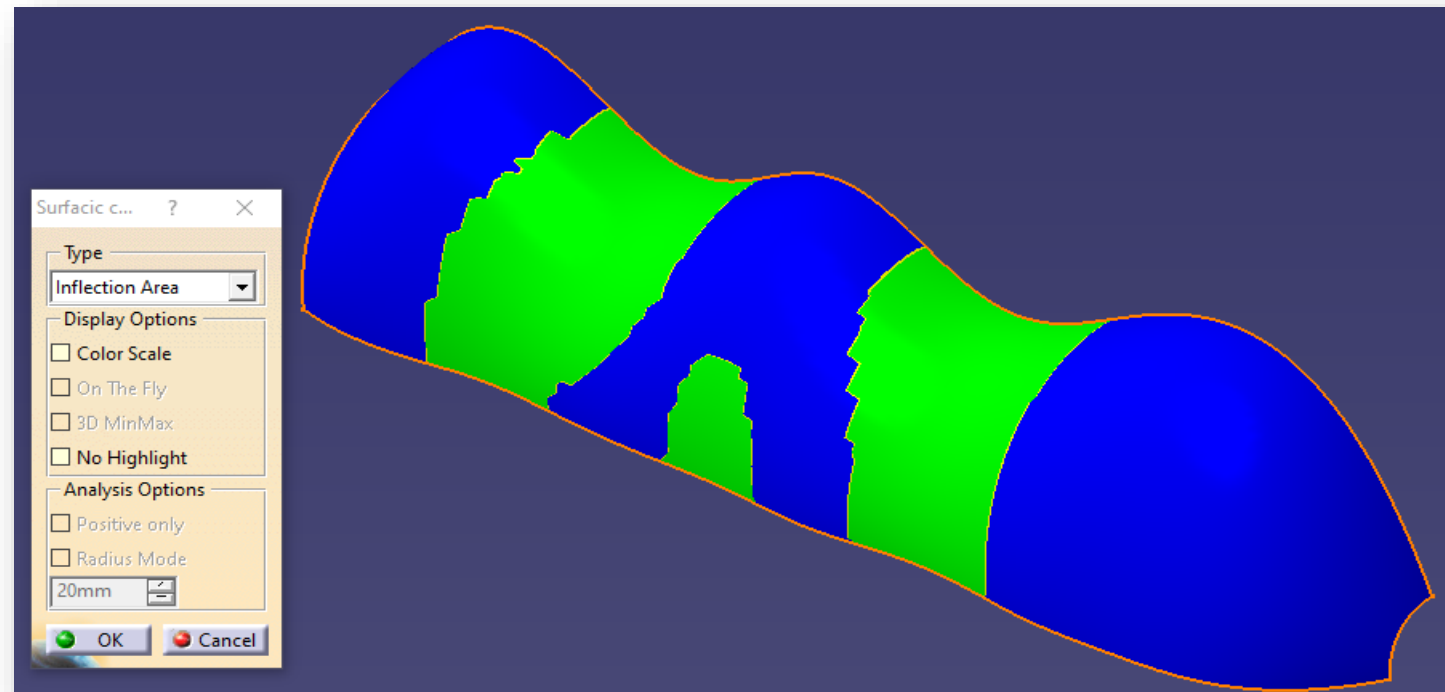
Narzędzie *Surfacic Curvature Analysis* przedstawia krzywiznę bezwymiarowo, jako charakter zmian geometrii całej powierzchni. Należy dodać, że poprawnie wykonana powierzchnia nie posiada lokalnych obszarów, w których zachodzi zmiana znaku krzywizny.



ANALIZA CIĄGŁOŚCI POWIERZCHNI

- Analiza krzywizny powierzchni za pomocą *Surface Curvature Analysis* – zmiana znaku krzywizny.

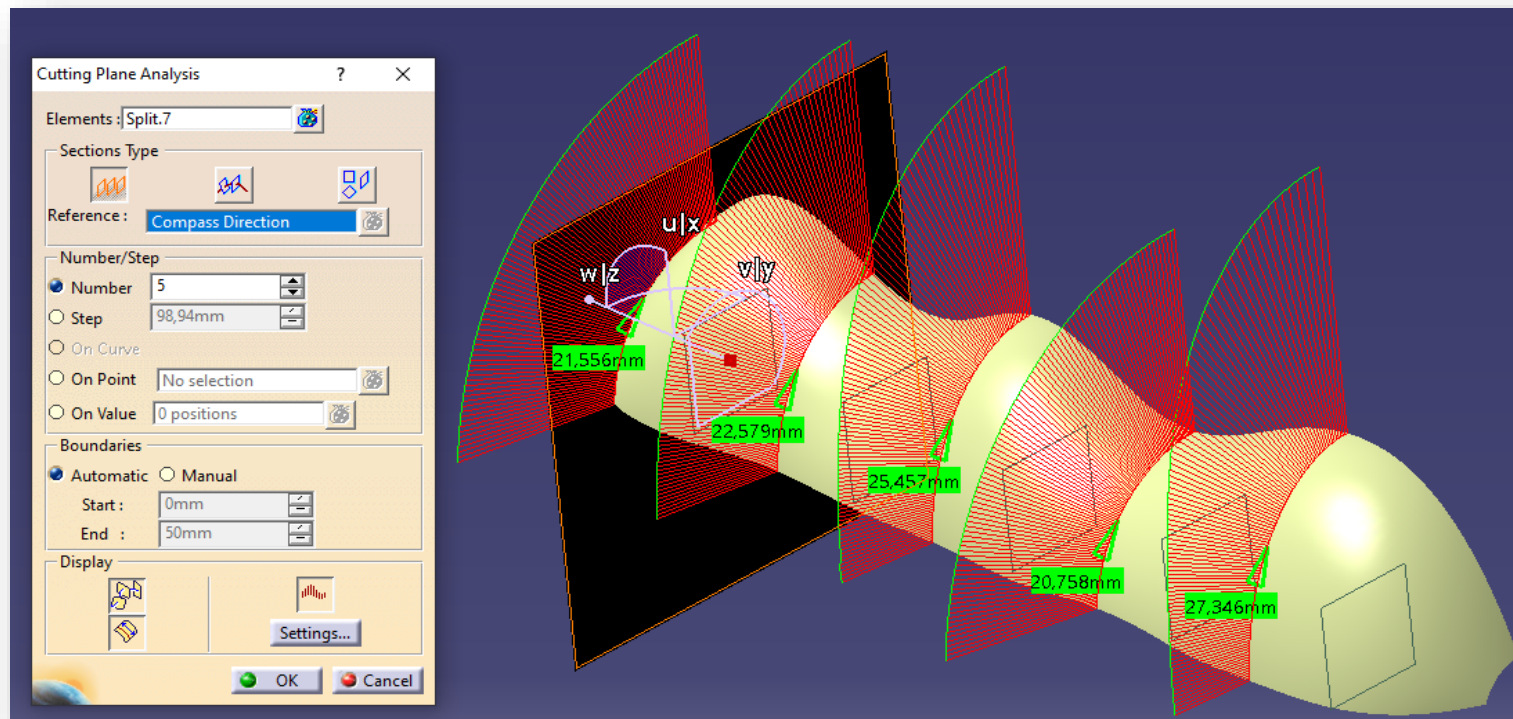
Nagłe zmiany znaku krzywizny uznawane są za wady powierzchni. W rzeczywistości to lokalne wgłębienia lub wybrzuszenia, które są niedopuszczalne na przykład podczas projektowania karoserii. Ważne jest, żeby tego typu defekty zostały zidentyfikowane na etapie projektowania powierzchni (k. dodatnia - kolor niebieski, k. ujemna – kolor zielony).



ANALIZA CIĄGŁOŚCI POWIERZCHNI

- Analiza powierzchni otrzymana przy wykorzystaniu polecenia *Cutting Planes*.

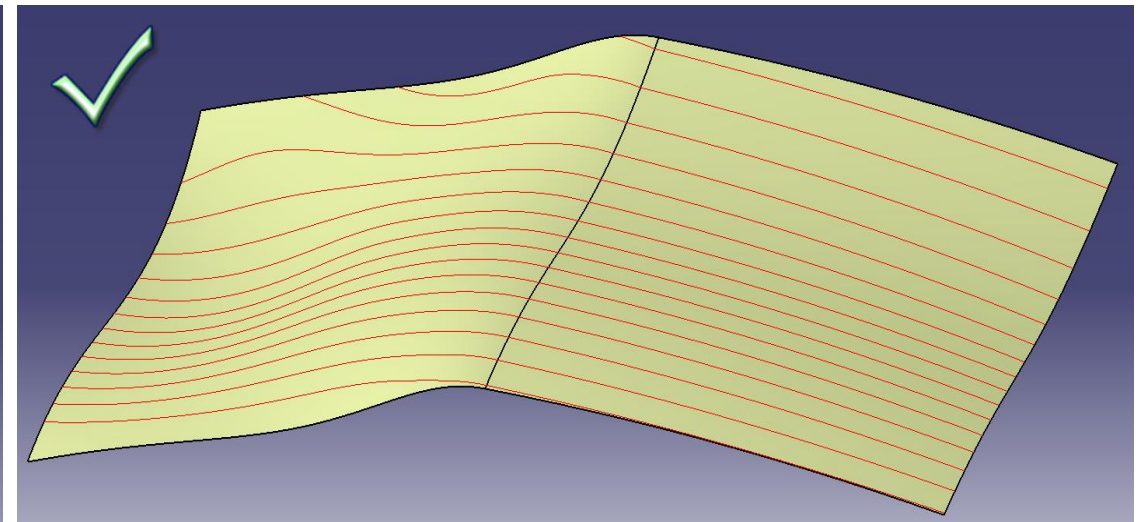
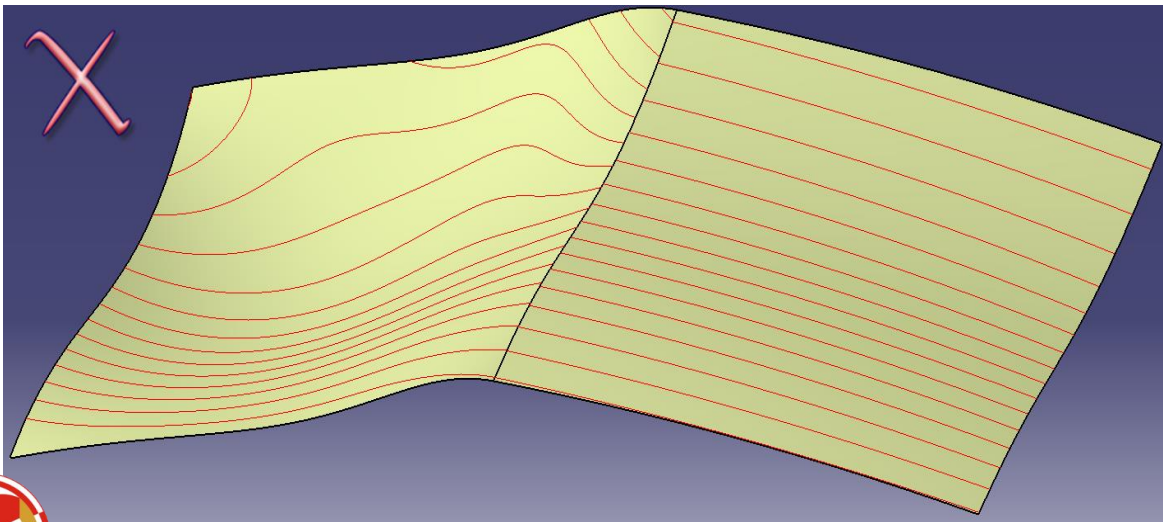
W przypadkach gdy konieczna jest szczegółowa analiza krzywizny powierzchni pomocnym narzędziem staje się *Cutting Planes Analysis* (moduł *FreeStyle*). W przypadku tego polecenia analiza powierzchni sprowadza się do oceny krzywych powstałych wskutek wykonania szeregu przekrojów tnących definiowanych przez konstruktora.



ANALIZA CIĄGŁOŚCI POWIERZCHNI

- Ocena wizualna powierzchni otrzymana przy wykorzystaniu polecenia *Reflection Lines*.

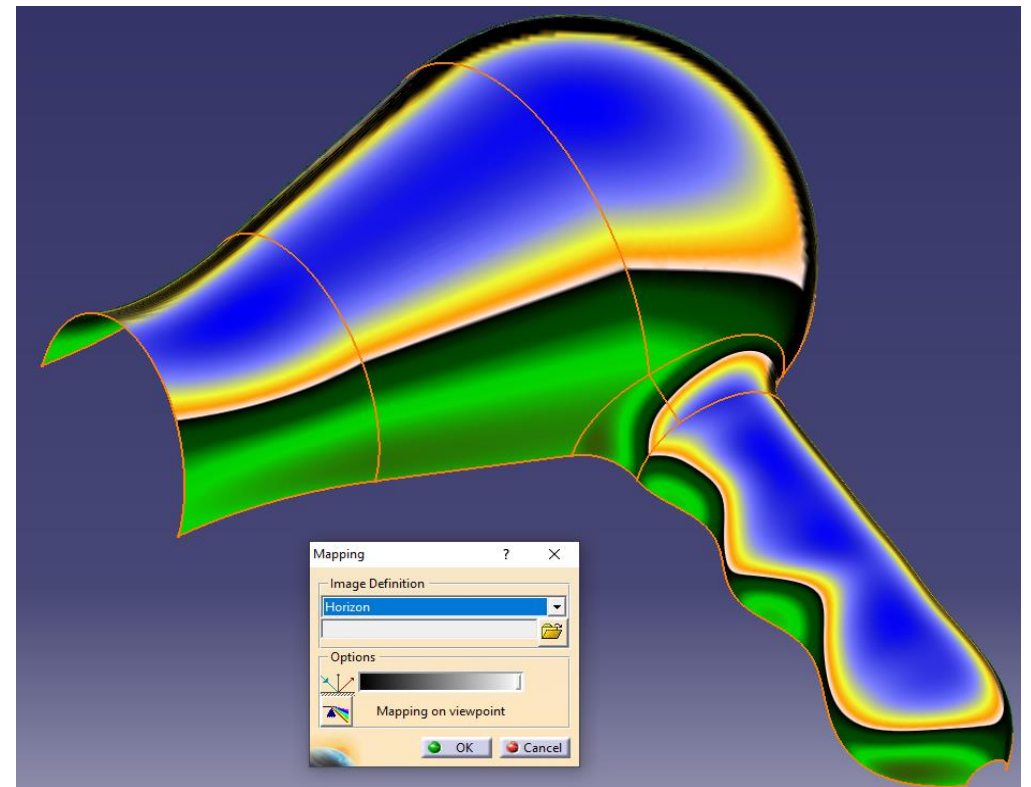
Moduł *FreeStyle* oferuje narzędzia do oceny estetycznej modeli powierzchniowych, które ze względu na swoje walory wizualne powinny spełniać kryterium ciągłości G2. Do tej grupy zalicza się narzędzie *Reflection Lines* wykorzystujące odbicia refleksów świetlnych na analizowanej powierzchni. Identyfikacja ciągłości powierzchni polega na wizualnej ocenie liniowych refleksów. Warunkiem spełnienia kryterium typu G2 jest zachowanie ciągłości refleksów na analizowanych powierzchniach.



ANALIZA CIĄGŁOŚCI POWIERZCHNI

- Analiza estetyczna powierzchni otrzymana przy wykorzystaniu polecenia *Environment Mapping*.

Ostatnim omawianym narzędziem do oceny estetycznej modelu powierzchniowego jest *Environment Mapping*. Ocena wizualna krzywizny powierzchni odbywa się na modelu ze zdefiniowanym materiałem, od którego odbijany jest wybrany obraz płaski. W efekcie taką powierzchnię można w sposób wizualny ocenić pod kątem jakości i zlokalizować jej obszary newralgiczne.



PODSUMOWANIE

W podsumowaniu należy stwierdzić, że modelowanie powierzchniowe wymaga od konstruktora zaawansowanego przygotowania merytorycznego, jak również umiejętności praktycznych. Jakość wykonywanych powierzchni wiąże się ściśle z ich przeznaczeniem, zatem przed przystąpieniem do procesu modelowania należy jasno określić, jakiego typu ciągłości są wymagane. Takie podejście umożliwi uproszczenie modelu powierzchniowego, a tym samym przyspieszy proces modelowania. Większość defektów ciągłości powierzchni można przy zastosowaniu odpowiednich narzędzi zidentyfikować na etapie projektowania. Należy jednak pamiętać, że wielokrotnie poprawiany model powierzchniowy komplikuje się i może to wpływać negatywnie na jego jakość.



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ !!!

WSTĘP DO MODELOWANIA POWIERZCHNIOWEGO

POLITECHNIKA LUBELSKA
Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn
i Mechatroniki
dr inż. Paweł Wysmulski

Projekt „Politechnika Lubelska – Regionalna Inicjatywa Doskonałości”
– finansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego



Ministerstwo
Nauki
i Szkolnictwa
Wyższego

