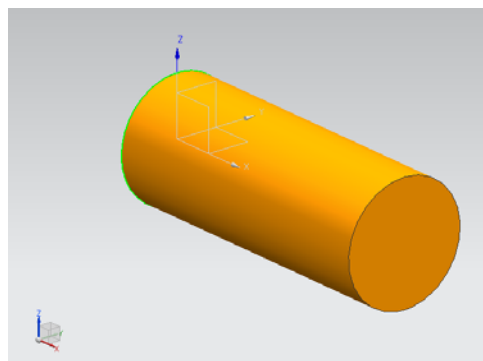


MES w NX 7.5

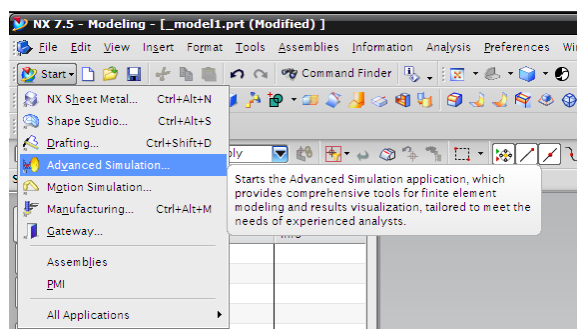
Michał Pura

1. Startujemy

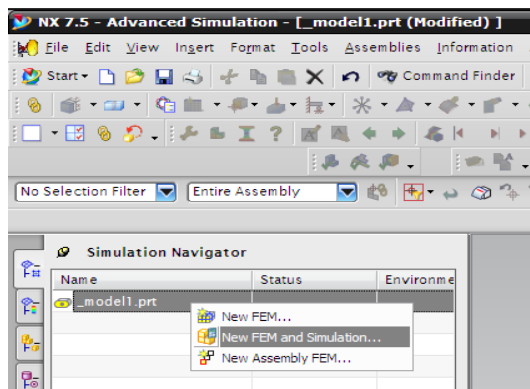
Aby rozpocząć analizę wytrzymałościową dowolnej części w NX 7.5 należy ją najpierw zamodelować. W naszym przypadku będzie to prosty pręt o średnicy $D=20[\text{mm}]$ oraz długości $L=50[\text{mm}]$. Taki element można łatwo zamodelować, policzyć analitycznie a następnie przeprowadzić obliczenia numeryczne celem np. porównania wyników.



Teraz przystąpimy do przeprowadzenia analizy wytrzymałościowej. Robimy to przez przejście do modułu *Advanced Simulation*. Tak jak to widać na poniższym rysunku wybieramy z menu Start -> Advanced Simulation.



Następnie w oknie *Simulation Navigator* klikamy prawym przyciskiem myszy (PPM) na pozycję zawierającą nazwę pliku z rozszerzeniem *.prt. W naszym przypadku jest to model1.prt i wybieramy pozycję *New FEM and Simulator*.

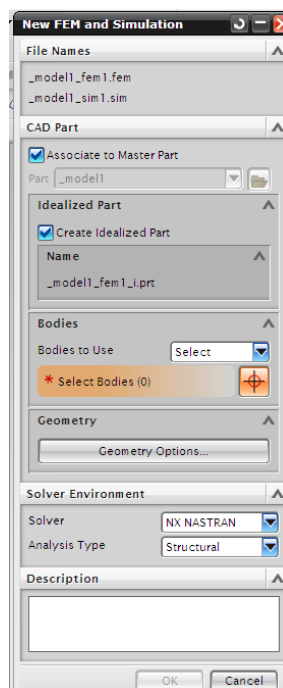


Model FEM i symulację można także utworzyć w następujący sposób:

- W panelu *Simulation File View*, który znajduje się w oknie *Simulation Navigator* (lewa strona) klikamy prawym przyciskiem myszy na nazwę części **_model1** i wybieramy także opcję *New FEM and Simulation*.

Pojawia się okno *New FEM and Simulation* więc wypadałoby omówić sobie znaczenie poszczególnych opcji.

- W polu z nagłówkiem *File Names* mamy dwa pliki:
 - **_model1_fem1.fem** – jest to nazwa pliku, która zawierać będzie strukturę obiektu podzielonego na elementy skończone, a także jego właściwości materiałowe,
 - **_model1_fem1.sim** – plik zawierający wszystkie dane potrzebne do przeprowadzenia symulacji takie jak typ i parametry solwera, obiekty symulacji, warunki brzegowe, a także obciążenie elementu. Można stworzyć wiele symulacji skojarzonych z konkretnym plikiem FEM,
- W polu *CAD Part* mamy zaznaczoną opcję *Associate to Master Part* która powoduje skojarzenie plików *.fem, *.sim, z głównym plikiem zawierającym analizowany obiekt,

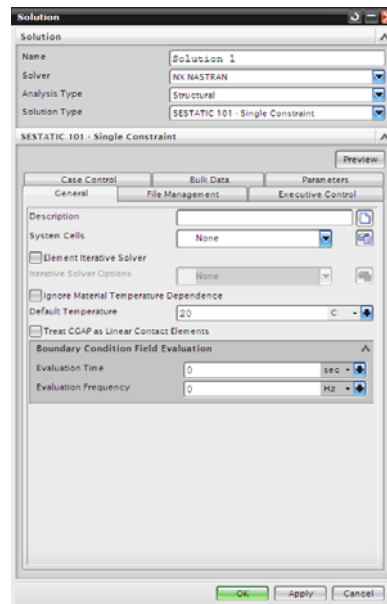


- Opcja *Create Idealized Part* tworzy plik zawierający kopie analizowanego obiektu, gdzie można będzie dokonywać pewnych uproszczeń związanych z jego geometrią takich jak usuwanie małych otworów, zaokrągleń, faz itd. celem uproszczenia obliczeń i skrócenia czasu ich trwania,
- *Select Bodies* – tutaj wybieramy elementy potrzebne do analizy. Mamy do wyboru trzy drogi albo wybieramy z menu rozwijalnego opcję *Select*, która pozwala nam wybrać konkretne elementy które zostaną poddane analizie, symulacji a także z których zostanie stworzony plik z wyidealizowaną częścią (a co za tym idzie obiekty zostaną dodane do odpowiednich plików *.fem, *.sim, *.prt). Można także wybrać opcję *All*, która włączy wszystkie obiekty lub *None* która nie dołączy żadnych obiektów z głównego pliku (Master part). My wybieramy Select i zaznaczamy nasz pręt.
- *Solver* – tutaj wybieramy typ solvera, zostaje standardowo NX NASTRAN,
- *Analysis Type* – tu typ analizy,
- *Description* – opcjonalnie opis.

2. Wybór solvera, typu analizy oraz typu rozwiązania

Po kliknięciu przycisku OK. pojawia nam się okienko *Solution*, które wygląda dla wersji 7.5 mniej więcej tak jak poniżej.

Przy tworzeniu rozwiązania (ang. Solution) wybieramy solver, typ analizy oraz typ rozwiązania (wyboczenie pręta, analiza linowa, nieliniowa, statyczna, dynamiczna itd.). Ponadto solucja zawiera także informacje odnośnie naszych warunków brzegowych, obciążeń oraz obiektów symulacji, a wszystkie te dane zapisane są jak już wcześniej wspomniałem w pliku symulacji. Całą hierarchię przedstawia okienko *Simulation Navigator'a*. Ważną rzeczą jest, że dla danej animacji możemy tworzyć właściwie nieskończenie dużo rozwiązań – ograniczeniem tutaj są jedynie zasoby naszego komputera.



W tym okienku nie zmieniamy nic ponieważ są to już bardziej zaawansowane opcje i opisanie ich wymaga szerszej wiedzy i doświadczenia dotyczących zagadnień MES w NX 7.5.

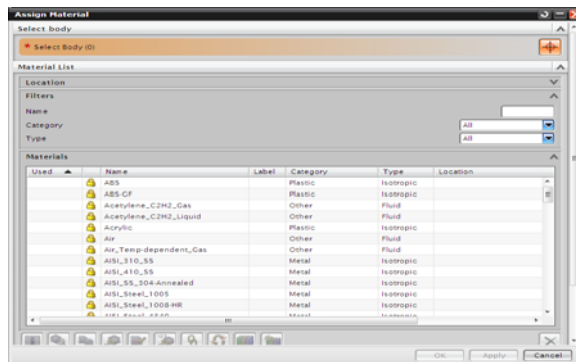
Kolejnym krokiem jaki należy zrobić jest przejście do okna *Simulation File View*, a następnie dwukrotne kliknięcie LPM na obiekt FEM. Widzimy także, że w oknie *Simulation Navigator'a* został zaktualizowany widok.

3. Przypisujemy cechy materiałowe

Przypiszemy teraz do naszego pręta materiał, który zostanie przyjęty do obliczeń wytrzymałościowych. Na pasku *Advanced Simulation* klikamy ikonę *Material Properties*, która powinna wyglądać mniej więcej jak poniżej.



Pojawia się okno *Assign Material*

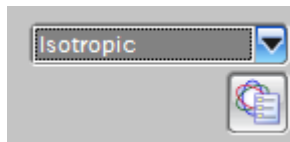


jak można się łatwo domyślić, w okienku:

- *Select Body* – wybieramy element do jakiego chcemy przypisać materiał,
- *Material List* – lista z dostępnymi materiałami,
- *Filters* – służy do sortowania materiałów z listy,
 - *Name* – według nazwy,
 - *Category* – metal, tworzywa sztuczne, ceramiczne,
 - *Type* – typ materiału
 - izotropowy – własności mechaniczne materiału są niezależne od kierunków,
 - anizotropowy – odwrotność materiału izotropowego,
 - ortotropowy – mówimy, że materiał jest ortotropowy, jeżeli jego właściwości mechaniczne lub termiczne są różne i niezależne w trzech prostopadłych do siebie kierunkach,
 - fluid – płyny lub gazy,
 - inne

Aby przypisać materiał należy zaznaczyć nasz obiekt, a następnie z listy wybrać *Steel* i nacisnąć przycisk *Apply*. W lewej kolumnie *Used* powinien pojawić się zielony znaczek, który oznacza, że materiał został przypisany. Możemy teraz opuścić okno, więc klikamy *Cancel*.

Istnieje także możliwość zdefiniowania swojego własnego materiału, aby to zrobić w powyższym oknie (prawy, dolny róg) należy wybrać typ materiału np. izotropowy i kliknąć ikonę *Create Material*,



pojawi się okno *Isotropic Material*, gdzie definiujemy takie własności materiałowe jak gęstość, moduł Younga, Kirchoffa, wsp. Poissona, a także wiele innych.

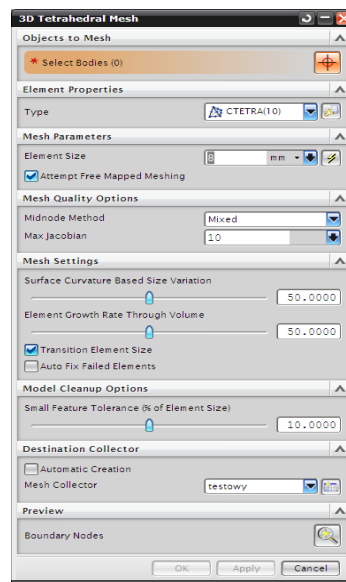
4. Podział na elementy skończone

Następnym krokiem jaki należałoby wykonać jest podział obiektu na elementy skończone. Dokonujemy tego wybierając z okienka *Simulation File View* obiekt FEM. Następnie wystarczy już tylko przejść do paska *Advanced Simulation* i wybrać ikonę jak poniżej.



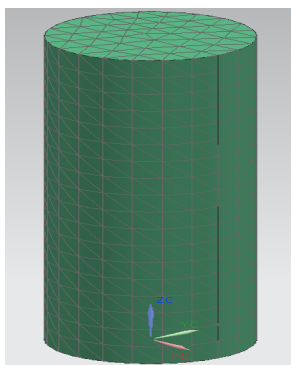
Pojawia się następujące okno, gdzie:

- *Select Body* – wybieramy obiekt do meszowania
- *Type* – określa typ elementów
 - CTETRA(4) – elementem będzie czworościan z czterema Węzłami,
 - CTETRA(10) – jak wyżej z tym, że czworościan będzie posiadał 10 węzłów,
- *Element Size* – tutaj określamy średnią wielkość krawędzi czworościanu (~ -10%). Im mniejsza tym dokładniejszy model lecz dłuższy czas obliczeń. Klikając na ikonę *Automatic Element Size* program wskazuje nam proponowaną wielkość. Standardowo można tego używać ponieważ dobór siatki oraz podział na elementy skończone jest bardzo złożoną procedurą wymagającą dużej wiedzy i doświadczenia.
- *Attempt Free Mapped Meshing* – opcja pozwalająca tworzyć bardziej regularną i elastyczną siatkę co przyczynia się do lepszego odwzorowania obiektu po podziale,

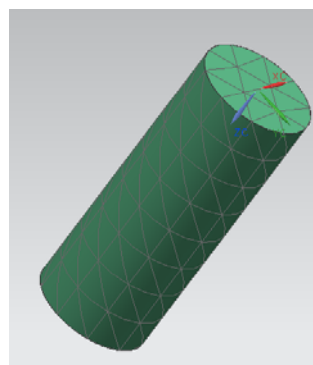


- *Mesh Quality Options* – opcje związane z dokładnością odwzorowania siatki, w przypadku, gdy zaznaczona będzie opcja *Curved* obiekty o parabolicznych powierzchniach zostaną lepiej odwzorowane ponieważ elementy skończone będą miały dodatkowy węzeł na krzywiznie. Natomiast w przypadku opcji *Linear* tego węzła nie będzie co spowodzi w rezultacie do bardzo uproszczonej siatki. Jak można się domyślić opcja *Mixed* jest to kompromis między tymi dwoma powyższymi. Należy mieć także świadomość, że więcej węzłów to większe zużycie zasobów komputera. Wybieramy *Mixed*,
- *Max Jakobian* – określa maksymalny możliwy rozmiar Jakobianu
- *Surface Curvature Based Size Variation* – suwakiem tym regulujemy względną wielkość elementów. Przy pozycji skrajnie lewej elementy pozostaną w wielkości bliskiej 100% określonej wyżej. W przeciwnym razie będzie ich więcej lecz stosunkowo mniejszych. Opcja przeznaczona do powierzchni zakrzywionych – także przyczynia się do lepszego odwzorowania elementu,
- *Element Growth Rate Through Volume* – przesunięcie suwaka w lewą skrajną pozycję spowoduje, że elementy pozostaną w przybliżeniu jednakowe w całej objętości obiektu, natomiast w odwrotnym przypadku elementy będą zwiększać się w miarę możliwości w kierunku środka,
- *Transition Element Size* – przechodzimy stopniowo od pojedynczego elementu do całego obiektu,
- *Auto Fix Failed Elements* – pozwala programowi zmniejszyć wielkość elementu (do około 10%) jeżeli jakość siatki będzie odbiegać od normy,
- *Small Feature Tolerance* – przy standardowo ustawionych 10%, algorytmy meszowania pominą elementy (np. otwory), które będą mniejsze od 10% wielkości zdefiniowanej w *Element Size*.

Po wybraniu odpowiednich opcji i dostosowaniu siatki do swoich potrzeb klikamy OK. lub Apply. Ja ustawiłem sobie siatkę mniej więcej tak jak po prawej stronie. Jednakże przedstawiając odpowiednio suwaki *Element Growth Rate Through Volume*, *Surface Curvature Based Size Variation* można uzyskać efekt jak z lewej.



Rys 1b. Element Growth Rate Through Volume=0
Surface Curvature Based Size Variation = 32.0



Rys 1a. Siatka obiektu dla Element Growth Rate Through Volume=0
oraz Surface Curvature Based Size Variation = 78.5

Proces tworzenia siatki jest złożonym procesem, w którym oprogramowanie:

1. Tworzy przybliżoną geometrie siatki z pominięciem małych elementów (krawędzi, powierzchni) według opcji zdefiniowanych w *Element Size, Small Feature Tolerance* w oknie 3D Tetrahedral Mesh,
2. Parametryzuje obiekty płaskie i przygotowuje do utworzenia z nich obiektów 2D,
3. Generuje siatkę trójkątnych obiektów 2D na każdej płaszczyźnie obiektu,
4. Z poprzednio utworzonych obiektów 2D generuje siatkę 3D w głąb obiektu,
5. W przypadku, gdy tworzymy siatkę dla obiektów o kształtach parabolicznych, oprogramowanie dodaje środkowy węzeł, aby wierniej oddać kształt dzielonego obiektu,
6. Oprogramowanie sprawdza jakość wygenerowanej siatki i w przypadku wykrycia błędu podejmuje próbę jej naprawy (opcja *Auto Fix Failed Elements*),
7. Program wyświetla siatkę obiektu w oknie graficznym.

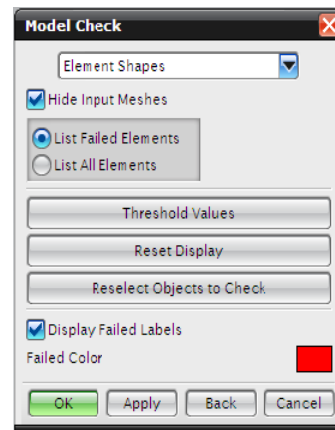
Ostatnim etapem tworzenia siatki powinno być jeszcze uruchomienie *Model Check*, który ostatecznie sprawdza czy siatka nadaje się do obliczeń. Możemy ją testować pod różnym kątem, przykładowo:

- Kształtu elementów - *Element Shapes* – gdzie program sprawdza czy elementy skończone nie są zbyt bardzo odkształcone i czy w efekcie wyniki nie będą przekłamane,
- *Element Outlines* – wyświetlamy krawędzie (2D) lub ścianki (3D), które nie są połączone z żadnymi innymi,
- Węzłów - *Nodes* – do wykrywania zbieżnych węzłów i ich łączenia. Przydatne podczas analizy złożonych modeli.



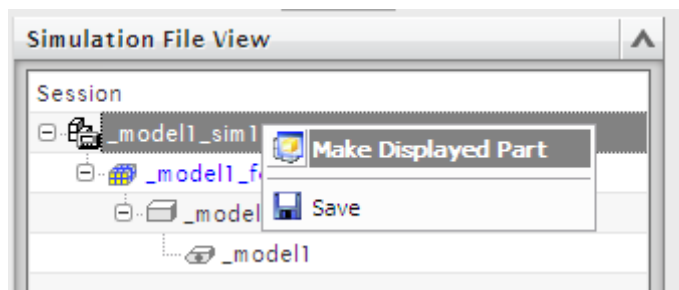
My do analizy wybieramy *Element Shapes* i zaznaczamy nasz pręt po czym klikamy OK. Pojawi się okno raportu gdzie najbardziej istotna informacja to liczba elementów ogólnie i tych nieprawidłowych.

Number failed Number checked
0 429

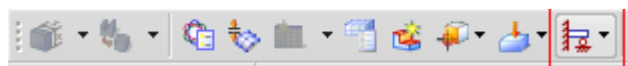


5. Ustalamy warunki brzegowe

Kolejnym krokiem do stworzenia symulacji i animacji jest już tylko dodanie warunków brzegowych i obciążeń. Przechodzimy do *Simulation File View*, klikamy PPM na obiekt z symulacją i wybieramy *Make Displayed Part*.

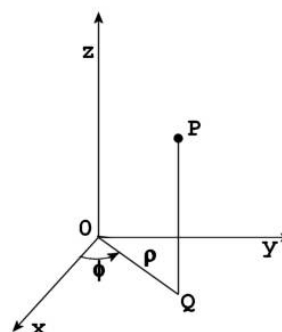


Aby odebrać jakiegokolwiek stopnie swobody naszemu obiektowi musimy przejść kursorem do paska *Advanced Simulation* i wybrać opcje *Constraint Type*. Na pasku wygląda to mniej więcej jak poniżej.

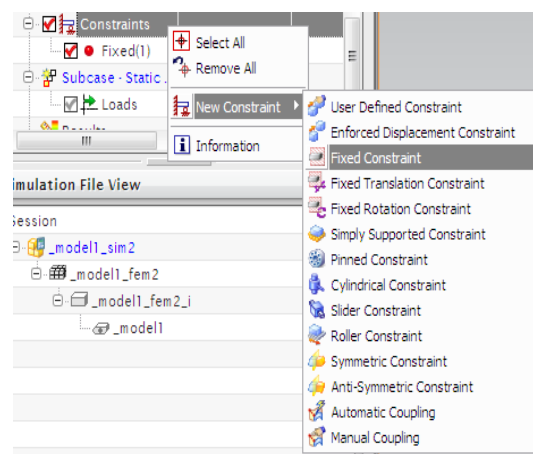


Do dyspozycji mamy:

- *Fixed Constraint* – odbieramy wszystkie 6 stopni swobody (utwierdzenie stałe),
- *Fixed Translation Constraint* – odbieramy możliwość przesunięcia w 3 osiach,
- *Fixed Rotation Constraint* – odbieramy możliwość obrotu w 3 osiach,
- *User Defined Constraint* – ręcznie definiujemy przesunięcie i obrót w 3 osiach, w polu *Direction* definiujemy układ współrzędnych – wybieramy albo istniejący albo tworzymy nowy – gdzie wiązanie zostanie dodane,
- *Roller Constraint* – tu definiujemy płaszczyznę i kierunek osi, względem której obiekt będzie mógł się obracać i przesuwać. Pozostałe stopnie swobody są odebrane,
- *Pinned Constraint* – do obiektów walcowych. Automatycznie zostanie utworzony nowy cylindryczny układ współrzędnych dla tego wiązania, w którym dwie współrzędne – z oraz ρ dla każdego punktu zostaną zablokowane. W efekcie możliwy będzie tylko obrót wokół osi z ,

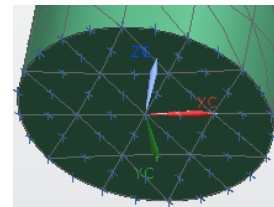


- *Cylindrical Constraint* – definiujemy wiązania według cylindrycznego układu współrzędnych, czyli obrót względem osi Z, odsunięcie po promieniu od osi Z oraz odsunięcie po osi z od płaszczyzny XY,
- *Simply Supported Constraint* – unieruchamiamy przesunięcie względem osi Z,
- *Slider Constraint* – odbieramy 5 stopni swobody zostawiając możliwość przesunięcia względem osi X,
- *Symmetric Constraint* – stosujemy do modeli, w których można wyróżnić symetrię obciążenia. Prowadzi do uproszczenia obliczeń ponieważ obliczana jest tylko jedna część modelu,
- *Anti-symmetric Constraint* – tak jak wyżej z tym, że dla obiektów, w których znaki obciążenia po jednej i drugiej stronie płaszczyzny symetrii są przeciwne,
- *Enforced Displacement Constraint* – definiujemy przesunięcie, a program określa nam naprężenia przy których takie przesunięcie obiektu nastąpi,
 - *Magnitude and direction* – określamy przesunięcie i kierunek przesunięcia, wybieramy także obiekt do którego odnosi się to przesunięcie,
 - *Components* – definiujemy przesunięcie dla każdego stopnia swobody osobno,
 - *Normal* – zdefiniujemy przesunięcie normalne do wybranej powierzchni o określonym kierunku (+/-),
 - *Normal - spatial* – jak wyżej z tym, że definiujemy pole w układzie współrzędnych do którego miałby zostać obiekt przesunięty,
 - *Magnitude and direction-spatial* – analogicznie.



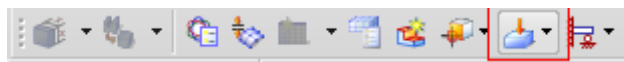
My wybieramy utwierdzenie stałe, więc wybieramy PPM w *Simulation Navigator* na obiekt *Constraints*. Następnie *New Constraint* -> *Fixed Constraint* i definiujemy sobie płaszczyznę, którą chcemy utwierdzić.

Całość wyglądać powinna mniej więcej jak na rysunku poniżej.



5. Obciążamy obiekt

Teraz zajmiemy zadaniem obciążeń. Robimy to za pomocą opcji *Load Type*, którą wybieramy z paska *Advanced Simulation*. Całość przedstawia rysunek poniżej.



Do wyboru mamy następujące opcje:

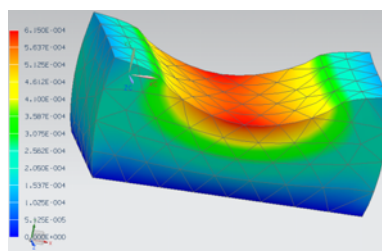
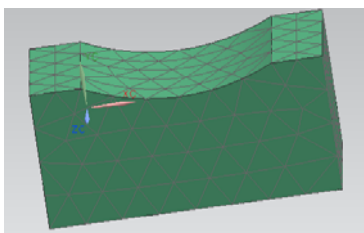
- *Force* – w zależności od opcji wybieranej z menu rozwijalnego, definiujemy wartość siły kierunek i powierzchnie przyłożenia,
 - *Magnitude and Direction* – definiujemy wartość siły, powierzchnie przyłożenia i wybieramy zwrot,
 - *Normal* – wybieramy płaszczyznę do której siła będzie prostopadła, zwrot definiujemy poprzez znak w jej wartości (+/-),
 - *Components* – definiujemy układ współrzędnych i punkt przyłożenia siły, a także jej wartości w osi x,y,z.

W polu *Distribution* z listy rozwijalnej mamy do wyboru następujące opcje:

- *Geometric Distribution* - dzielimy wartość siły na wybrane płaszczyzny, tak aby w sumie się wszystko zgadzało,
- *Total per Object* – każda wybrana płaszczyzna z osobna będzie miała zadaną wartość siły,
- *Spatial* – tutaj możemy sobie rozmieścić wartość siły tak, aby spełniała ona określone równanie w zależności od wsp. x,y,z.

Dodatkowo wybierając w polu *Magnitude* z listy rozwijalnej opcję *Field* i następnie *Formula Constructor* możemy opisać sobie zmianę siły w zależności od temperatury czy czasu.

- *Moment* – obciążenie momentem, opcje jak wyżej,
- *Bearing* – do weryfikacji powierzchni tocznych, elementów tocznych, dokładnie obrazują to poniższe elementy,



- *Torque* – obciążamy momentem skręcającym, definiujemy obiekt oraz wartość momentu skręcającego,

- *Pressure* – definiujemy naciski powierzchniowe na dowolnej płaszczyźnie w kierunku prostym jak również dowolnym w 3 osiach,
- *Hydrostatic Pressure* – ciśnienie hydrostatyczne, definiujemy gęstość cieczy, a także wysokość słupa cieczy oraz kierunek, przyspieszenie ziemskie i naprężenia wstępne,
- *Centrifugal Pressure* – ciśnienie odśrodkowe jakie wytwarza wirująca ciecz na ścianki obiektu. Można łatwo zobrazować obserwując wirnik pralki do prania ubrań. Wybieramy oś obrotu oraz inne opcje opisane poniżej. Program oblicza ciśnienie według wzoru:

$$P_i = P_s + \rho \times \omega^2 \times [(R_i)^2 - (R_s)^2] * K$$

gdzie:

- P_s – ciśnienie hydrostatyczne, definiujemy w polu *Static Pressure*,
- ω – prędkość kątowna, definiujemy w polu *Angular Velocity*,
- ρ – gęstość cieczy, definiujemy w polu *Liquid Density*,
- R_i – odległość obliczanego punktu od osi obrotu,
- R_s – korekta promienia, definiujemy w polu *Inlet Radius*,
- K – stała obliczana na podstawie kilku wartości między innymi przyspieszenia ziemskiego,
- Gravity – definiujemy wektor przyspieszenia ziemskiego, a także jego wartość,
- Centrifugal – siła odśrodkowa. Definiujemy oś obrotu, a także prędkość i przyspieszenie kątowe,
- Temperature Load- definiujemy temperaturę środowiska,

My obciążymy obiekt w dość specyficzny sposób, aby pokazać ciekawą opcję programu. Wybieramy *Force* i w polu *Distribution* z listy rozwijalnej wybieramy *Spatial*, a w polu *Type* z listy wybieramy *Normal*. Jako wartość siły dajemy 1000[N]. Następnie wybieramy przycisk *Formula Constructor* jak na rysunku poniżej.

Naszym oczom ukazuje się okno *Formula Field*, które wypełniamy tak:

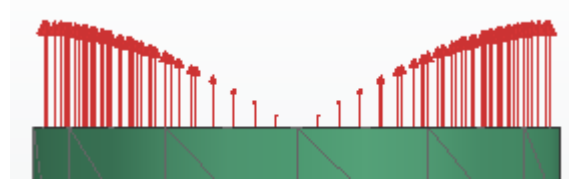
Po czym klikamy na zielony ptaszek, aby zatwierdzić.

Wartość 20 dlatego, że nasz pręt ma średnicę 20[mm], a zmienna $ug_var("x")$ będzie zawierać kolejne współrzędne na osi x. Po podzieleniu tej zmiennej przez 20 otrzymamy zbiór wartości $<-0.5...0.5>$. Sinus przyjmuje argument w stopniach ($\cdot 180$), więc ostatecznie otrzymamy sinusoidalny rozkład sił na powierzchni.

Jak nietrudno zauważyć po zatwierdzeniu zmian poprzez dwukrotne wybranie przycisku O.K pojawia się zdefiniowany rozkład sił. Układ współrzędnych znajduje się w osi pręta w miejscu utwierdzenia więc naturalnie nie mamy tam sił, gdyż wartość x w tym miejscu jest równa 0. W przypadku gdy wartości $x < 0$, zmienia się zwrot siły, więc aby temu zapobiec wystarczy użyć funkcji $abs()$. Gęstość wektorów możemy sobie określać zmieniając wartość pola *Grid Points - U* oraz *Grid Points - V* wybierając *Edit Display* po uprzednim kliknięciu PPM na wektorach sił.

Grid Points - U	25
Grid Points - V	25

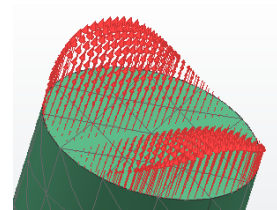
Ostatecznie całość powinna wyglądać jak poniżej.



Możemy także sobie poeksperymentować zmieniając wyrażenie, aby uzyskać na przykład:

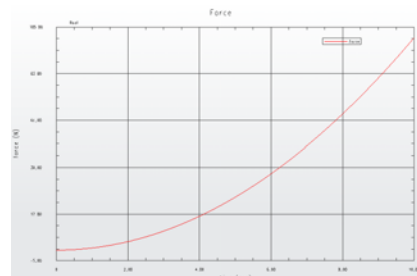
$$abs(sin(180*(ug_var("x")/20))) * abs(cos(180*(ug_var("y")/20)))$$

co zaowocuje takim rozkładem sił jak na rysunku obok. Jak widać w jednej osi mamy rozkład sinusoidalny sił, a w drugiej cosinusoidalny.



Warto także zapoznać się z możliwościami zmiany wartości siły np. w czasie, co możemy zrobić poprzez zabawę z opcją *Field* znajdującą się w polu *Magnitude*.

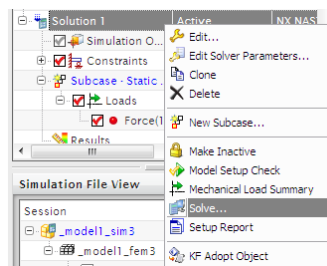
Magnitude	
Force	Field
✓ Force	
Scale Factor	1.000000000000
Distribution	



5. Wynik

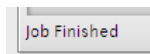
Końcowym etapem naszej analizy jest wykonanie obliczeń na uprzednio przygotowanym modelu. W tym celu należy kliknąć PPM w oknie *Simulation Navigator'a* nad pozycją *Solution_1* wygląda to mniej tak.

Jak widać z menu rozwijalnego wybieramy pozycję *Solve* po czym pojawia nam się następujące okienko, gdzie ostatecznie możemy jeszcze wprowadzić zmiany do parametrów solvera czy symulacji.



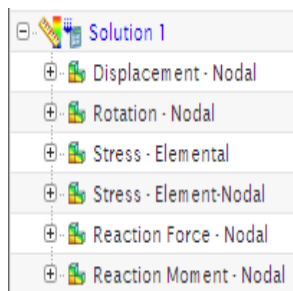
Zamykamy je klikając przycisk OK. Program rozpoczyna obliczenia. Na zakończenie dostajemy kilka okien *Analysis Job Monitor*, *Information*, *Solution Monitor*. W tym ostatnim w prawym dolnym rogu

powinien widnieć napis, obliczenia i można przejść gąszcz okien przyciskiem



który poinformuje nas, że program skończył do analizy wyników. Robimy to zamykając Cancel, Close itd. Teraz kolejno przechodzimy do okienka *Simulation Navigator* i dwukrotnie klikamy na pozycji *Results* po czym rozwijamy listę klikając na krzyżyk obok pozycji *Solution 1*. Powinniśmy zastać mniej więcej taki widok jak poniżej.

Te 6 zakładki zawiera posortowane wyniki. I tak pozycja,

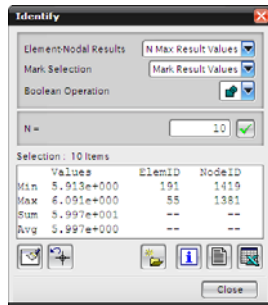


- *Displacement - Nodal* – tutaj możemy zaobserwować przemieszczenia w poszczególnych węzłach,
- *Rotation - Nodal* – obrót w węzłach,
- *Stress - Elemental* – naprężenia dla poszczególnych elementów,
- *Stress -Element-Nodal* – jest to średnia wartość naprężenia dla węzła w przypadku gdy jest on wspólny dla kilku elementów,
- *Reaction Force-Nodal* – reakcje sił,
- *Reaction Moment- Nodal* – reakcje momentów,

Czasem zająć może potrzeba, że użytkownik będzie chciał poznać wartości naprężeń dla wybranych węzłów czy elementów. Program umożliwia nam to w bardzo prosty sposób. Wystarczy wybrać opcję *Identify*, pojawi się poniższe okno, w którym mamy do wyboru

kilka opcji. Między innymi *Element-Nodal Results*, gdzie,

- *Pick from Model* – wybieramy element z okna,
- *By Element ID's* – wpisujemy ID elementu,
- *By Results Range* – określamy zakres naprężeń,
- *N Max Result Values* – n elementów o największych naprężeniach,
- *N Min Result Values* – co wyżej z tym, że najmniejsze naprężenia

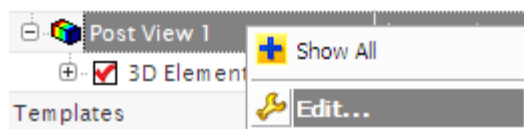


Możemy także wybrać co chcemy wyświetlić bezpośrednio w oknie obiektu (nr. elementów, wartości naprężeń itd.) odpowiada za to opcja *Mark Selection*.

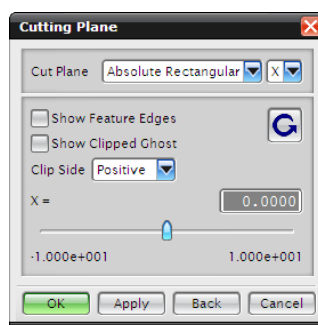
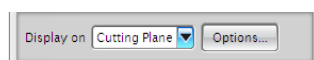
Inne opcje to także *Clear Highlights* i *Clear Selection*, które odpowiadają za oczyszczanie z informacji naszego obiektu. Interesujące wyniki pojawiają się w okienku, a NX 7.5 umożliwia także ich wyeksportowanie do Excela czy pliku. Odpowiada za to szereg opcji których ikony wyglądają jak na obrazku obok.



Program NX 7.5 pozwala nam także na zjrzenie „do wnętrza” obiektu. Możemy zdefiniować sobie dowolną płaszczyznę, która podzieli nam obiekt i dzięki temu uzyskać wgląd do wyników. Robimy to przechodząc kursorem do okna znajdującego się po lewej stronie o nazwie *Post Processing Navigator* i wybierając opcję *Edit* po uprzednim kliknięciu PPM nad pozycją *Post View1*. Obrazuje to poniższy screen.

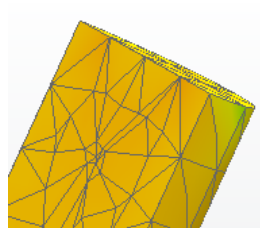


Pojawia się okienko *Post View*, na którym znajduje się szereg suwaków, list rozwijalnych czy przycisków jednak na razie interesować nas będzie opcja *Display On*.

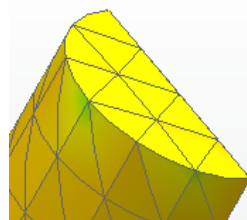


Z listy rozwijalnej wybieramy *Cutting Plane* i klikamy na przycisk *Options*. Pojawia się kolejne okienko, gdzie opcja *Cut Plane* odpowiada za wybór układu współrzędnych (prostokątny, cylindryczny, sferyczny), a obok znajduje się lista rozwijalna, z której wybieramy zmienną np. dla układu prostokątnego mamy do wyboru x,y,z co skutkować będzie przesunięciem płaszczyzny w wybranej osi. Aby oglądać efekt na bieżąco w oknie głównym trzeba teraz kliknąć na przycisk z charakterystyczną niebieską strzałką o nazwie *Automatic Update*. Współrzedną dla płaszczyzny regulujemy suwakiem lub podając ręcznie w polu edycji. Do dyspozycji mamy także opcję *Clip Side* z wartościami *Positive Negative i Both*, które kolejno pokazywać będą widok od przodu po ucięciu, od tyłu i

razem. Poniższe rysunki dobrze to zobrazują.



Rys. Positive



Rys2. Negative

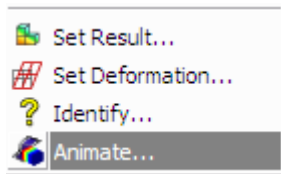


Rys3. Both

Show Feature Edges – tutaj możemy włączyć kontury wyjściowego obiektu,
Show Clipped Ghost – tutaj jego geometrie.

6. Symulacja odkształcenia

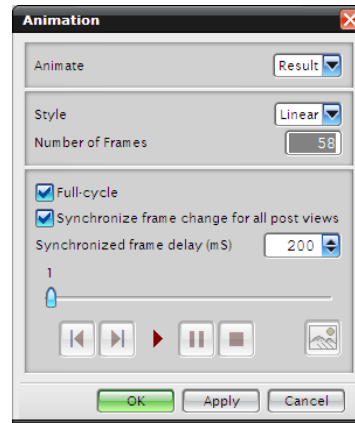
Ostatnim etapem naszej symulacji jest animacja. Uruchamiamy ją klikając PPM na *Post View* (okno *Post Processing Navigator*) i wybierając następnie *Animate*.



Pojawia się okno sterowania animacją, gdzie możemy bezpośrednio wpływać na jej przebieg. I tak kolejno opcją *Number of Frames* sterujemy liczbą klatek animacji, im większa wartość tym animacja będzie bardziej płynna.

Możemy sterować także czasem przejścia kolejnych klatek *frame delay*. Im większy czas tym przerwa będzie dłuższa oraz cyklem animacji, w przypadku gdy zaznaczymy *Full-cycle* będzie przebiegała w sposób „początek – koniec – początek”, w przeciwnym razie będzie zapętłona w formie „początek-koniec, początek koniec”.

Jak łatwo można się domyślić przyciski sterowania przebiegiem animacji są umieszczone na samym dole okna.



Z listy rozwijalnej *Style* wybrać możemy dwa typy analizy tj. *Linear* – w tym przypadku program wygeneruje animację, w której wartości przemieszczeń będą jednostajnie zmieniać się w czasie, od wartości 0 do maksymalnych. Zaś opcja *Modal* w przeciwieństwie do poprzedniej uwzględni zmianę przemieszczeń w czasie, dla naszego przypadku wyglądać to będzie tak, że wydłużenia w początkowej fazie nie będą tak duże jak później.

7. Zakończenie

Na koniec należy dodać, że przedstawione opcje to tylko podstawy analizy MES w programie NX 7.5. Wygenerowanie dobrej siatki, dobranie odpowiednich wiązań oraz wykonanie potrzebnych uproszczeń modelu to zdecydowanie sztuka wymagająca sporego doświadczenia i wiedzy. Jednocześnie należy zaznaczyć, że na rynku książek nie ma aktualnie zbyt wielu pozycji traktujących o samym programie NX nie wspominając o konkretnych aspektach jego użycia. Myślę więc, że te krótkie wprowadzenie pomoże początkującym zainteresowanym tą dziedziną.

8. Bibliografia

1. NX 6.0 Documentation