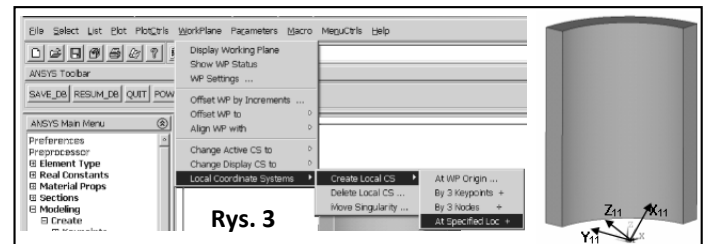
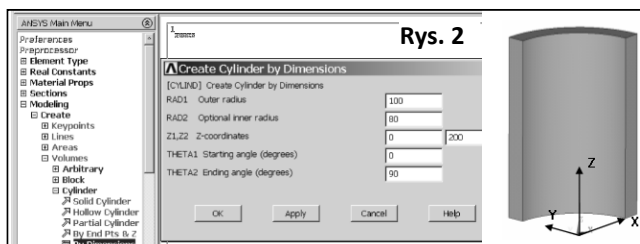
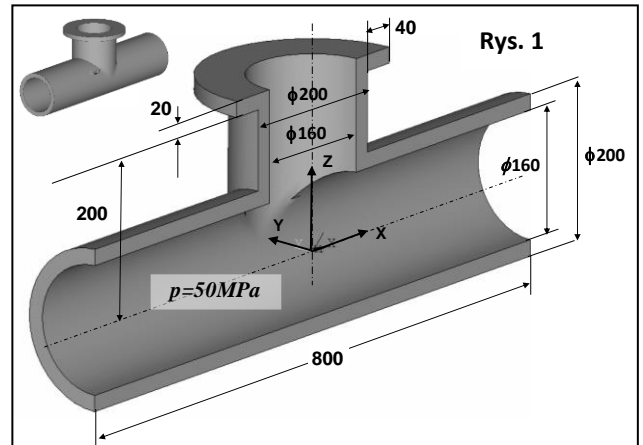


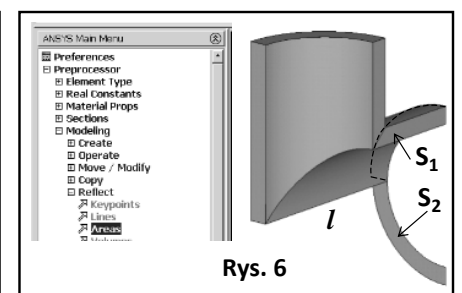
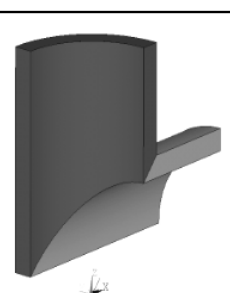
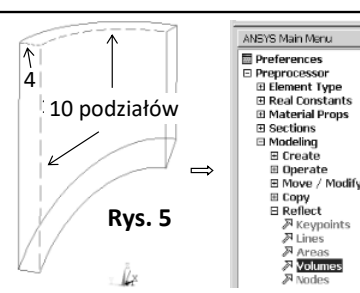
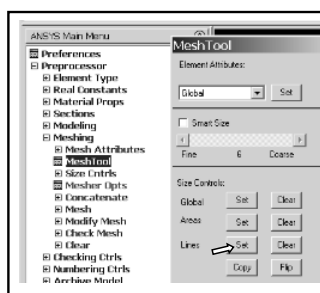
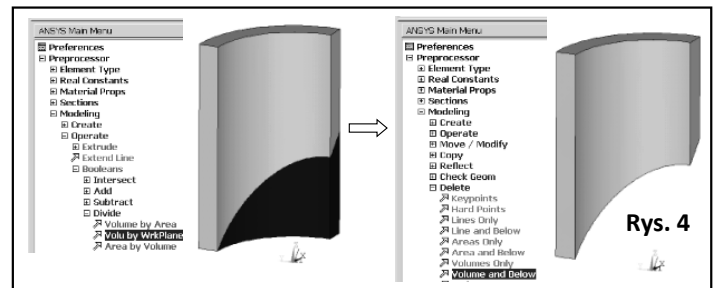
LAB 2. Trójwymiarowy model MES trójkąta. Stan naprężenia w rurze grubościenniej. Wpływ rodzaju dyskretyzacji

1. Opracowanie modelu geometrycznego trójkąta (jedna czwarta objętości) przy użyciu podstawowych brył, techniką "from the Top Down" (Rys.1):

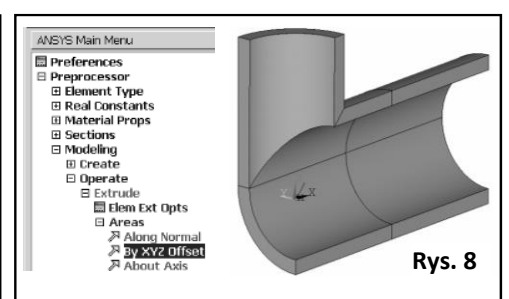
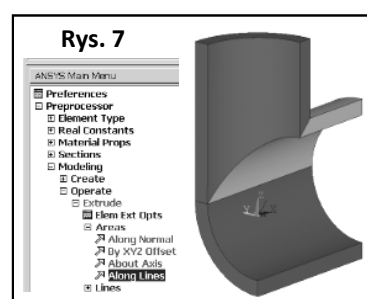
- utworzenie $\frac{1}{4}$ walca o promieniu zewnętrznym 100 mm, wewnętrznym 80 mm, wysokości 200 mm i kącie 90° (Rys. 2)
- utworzenie nowego, lokalnego kartezjańskiego układu współrzędnych (CS) o numerze 11 (Rys. 3): współrzędne środka: (0, 0, 0), obrót układu względem osi Y układu globalnego: -45° (należy wskazać dowolne miejsce w oknie *Graphics Window* (-> ok), a następnie skorygować wartości).
- dopasowanie płaszczyzny pracy (WP) do uprzednio utworzonego układu współrzędnych (*Working Plane > Align WP with > Specified Coordinate System*),



- podział wycinka walca za pomocą płaszczyzny pracy (*Working Plane*) i usunięcie dolnej objętości (Rys. 4),
- zadeklarowanie gęstości dyskretyzacji w postaci liczby podziałów na liniach i utworzenie kopii wycinka walca, odbitej względem płaszczyzny xy lokalnego układu współrzędnych (CS 11) (Rys. 5),
- ustawienie globalnego układu współrzędnych jako układu aktywnego: *Utility Menu > Work Plane > Change Active CS to > Global Cartesian* oraz utworzenie kopii powierzchni S_1 , odbitej względem płaszczyzny XY (Rys. 6): *Preprocessor > Modeling > Reflect > Area*
- scalenie punktów, linii i powierzchni o tym samym położeniu: *Preprocessor > Numbering Ctrl > Merge Items > All*

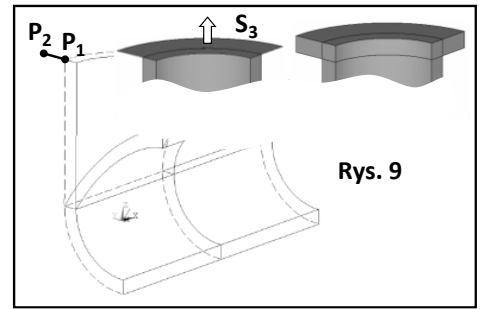


- wyciągnięcie powierzchni S_2 wzdłuż linii l (Rys. 6,7): *Preprocessor > Modeling > Operate > Extrude > Areas > Along Lines*
- wyciągnięcie powierzchni S_1 i S_2 o 200 mm wzdłuż osi X układu globalnego (Rys. 8): *Preprocessor > Modeling > Operate > Extrude > Areas > By XYZ Offset*

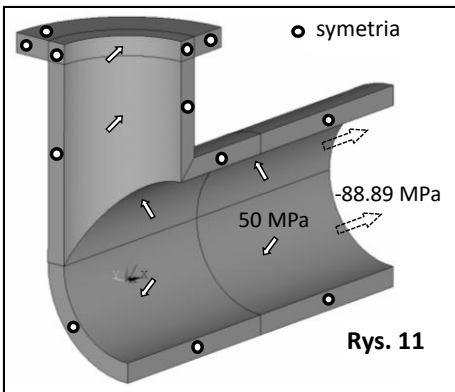
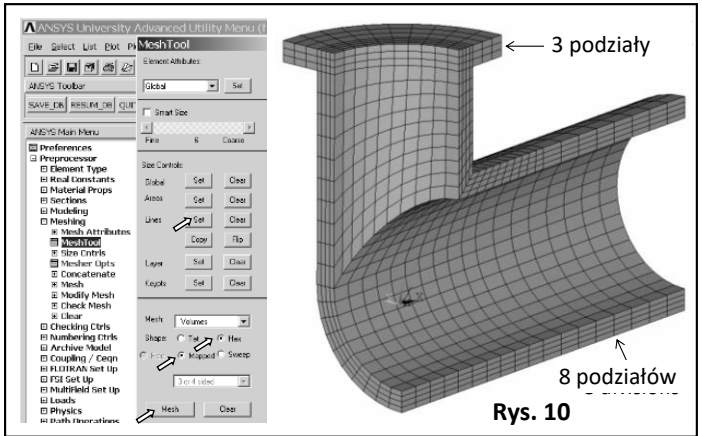


- utworzenie kołnierza (Rys. 9):
 - skopiowanie punktu P_1 o 40 mm wzdłuż osi Y układu globalnego: *Preprocessor > Modeling > Copy > Keypoints*,
 - utworzenie linii pomiędzy punktami P_1 i P_2 : *Preprocessor > Modeling > Create > Lines > Straight Line*,
 - wyciągnięcie linii wzdłuż łuku: *Preprocessor > Operate > Extrude > Lines > Along Lines*,
 - wyciągnięcie powierzchni S_3 o 20 mm wzdłuż osi Z układu globalnego i powtórne scalenie modelu komendą *Merge Items > All*

- k) zapisanie bazy danych (Utility Menu> File> Save As..., np.: trojnik.db)
2. Wybór elementu: SOLID185 (Brick 8 node, simplified enhanced strain)
3. Zdefiniowanie liniowo sprężystych, izotropowych właściwości materiału: $E = 2 \cdot 10^5$ MPa (moduł Younga), $\nu = 0.3$ (liczba Poissona)
4. Zadeklarowanie liczby podziałów na pozostałych liniach i utworzenie regularnej siatki z sześciokątnymi elementami skończonymi (Rys. 10)
5. Zapisanie siatki elementów w postaci obrazu (Plot> Elements, PlotCtrls> Redirect Plots-> To JPEG File ...)



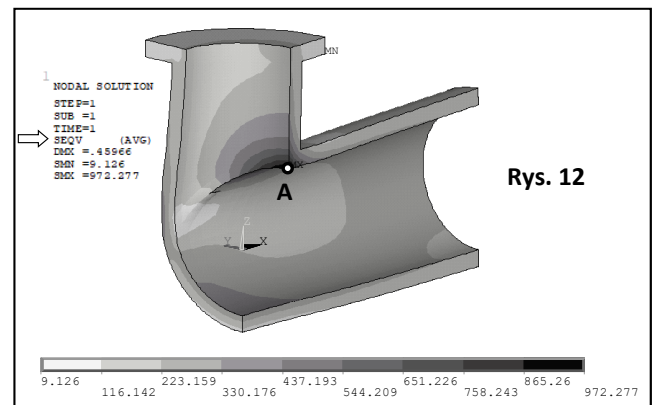
6. Zapisanie liczby węzłów i elementów w Tab. 1, dla przypadku I (Utility Menu> List> Status> Global Status)
7. Zadanie warunków brzegowych: symetria i ciśnienia na powierzchniach (Rys. 11), Solution> Apply> Structural> Displacement> Symmetry B.C.> On Areas oraz: Apply> Structural> Pressure> On Areas
8. Obliczenie modelu (Solution-> Solve-> Current LS)



Ujemne ciśnienie o wartości -88.89 MPa, zadane na swobodnych powierzchniach rury pokazanych z prawej strony na Rys. 11, odpowiada składowej osiowej naprężenia w ścianie na skutek ciśnienia wewnętrznego 50 MPa. Założono, że tylko zewnętrzna powierzchnia kołnierza jest podparta, ponieważ na powierzchni wewnętrznej znajduje się podatna uszczelka.

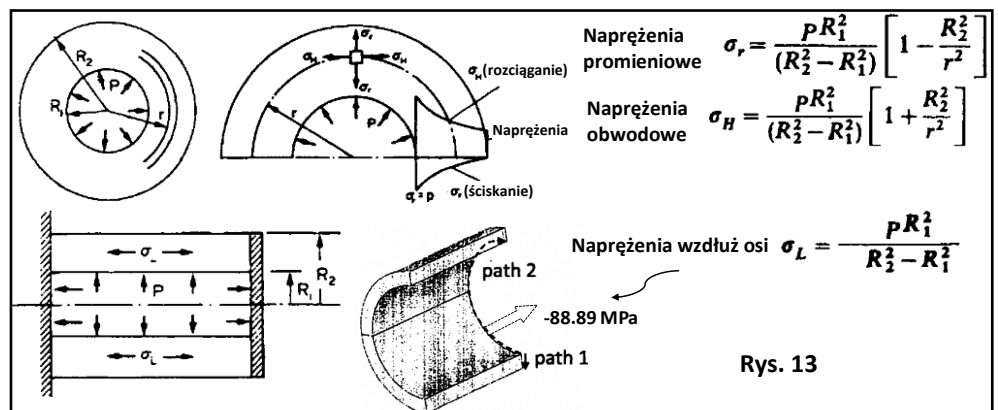
9. Wyświetlenie mapy konturowej przemieszczeń sumarycznych (Main Menu> General Postproc> Read Results> First Step i Main Menu> General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu> DOF Solution> Displacement Vector sum 'USUM'), zapisanie mapy jako obrazu i wpisanie maksymalnej wartości USUM w Tab. 1.
10. Wyświetlenie i zapisanie w postaci obrazów map konturowych składowych naprężeń: SX, SY, SZ, SXY, SYZ, SXZ i naprężenia zredukowanego według hipotezy Hubera (Von Mises stress SEQV) (Main Menu> General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu> Stress...)

11. Znalazienie uśrednionych wartości naprężeń w węzle w punkcie A (Rys. 12) (Main Menu>General Postproc> Query Result> Subgrid Solu) i zapisanie wyników w Tab. 1:
12. Utworzenie nowego, lokalnego cylindrycznego układu współrzędnych 12 (jak w punkcie 1.b): współrzędne środka: $(200, 0, 0)$, obrót względem osi Y układu globalnego: -90°
13. Wybór cylindrycznego układu 12 do prezentacji wyników (Main Menu> General Postproc> Options for Output> [RSYS]-> Local system, Local system reference no.-> 12)



14. Zaznaczenie dwóch objętości pokazanych na Rys. 13: Select> Entities, Volumes, By Num/Pick, From Full, Apply, ...

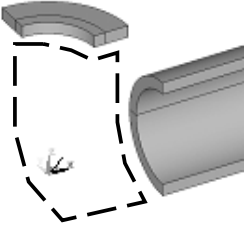
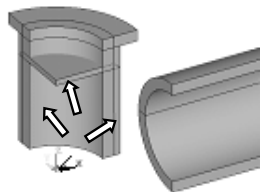
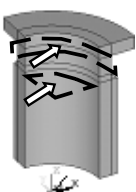
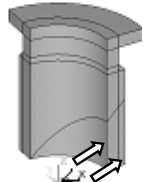
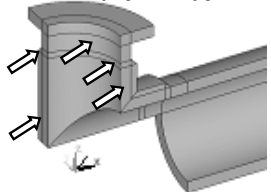
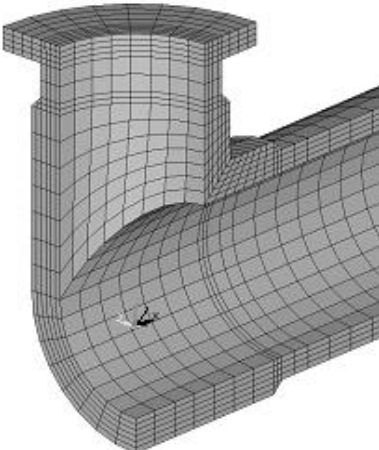
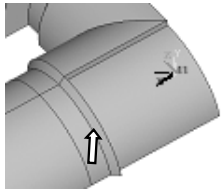
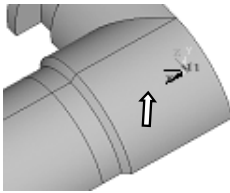
- a następnie: Select> Everything Below> Selected Volumes
15. Zapisanie map konturowych naprężeń: SX (promieniowe), SY (obwodowe) i SZ (po osi rury)
16. Wyświetlenie i zapisanie wykresów SX, SY i SZ wzdłuż ścieżek: path 1 i 2 (Rys. 13) i porównanie wyników z teorią Lamé, dla $r = R_1$ and R_2 .
17. Zaznaczenie całego modelu: Select> Everything



18. Przeprowadzenie analizy MES dla przypadku II, z zastosowaniem elementu skończonego SOLID186 (Brick 20 node, uniform reduced integration) oraz regularnej siatki z elementów sześciociennych. Wpisanie wyników do Tab. 1 i zapisanie map konturowych dotyczących przemieszczeń sumarycznych (USUM) i naprężenia zredukowanego Von Mises stress (SEQV).

19. Przeprowadzenie symulacji numerycznej dla przypadku III, po zmianie elementu skończonego na SOLID185 (Brick 8 node, simplified enhanced strain), z zastosowaniem siatki typu *free* z elementów czworociennych. Wpisanie wyników do Tab. 1 i zapisanie map konturowych USUM i SEQV.

20. Poprawienie modelu geometrycznego (opis poniżej) i przeprowadzenie obliczeń dla przypadku IV, z zastosowaniem regularnej siatki z elementów sześciociennych SOLID185. Wpisanie wyników do Tab. 1 i zapisanie map konturowych USUM i SEQV.

<p>A. wyczyszczenie siatki oraz usunięcie trzech objętości</p>  <p>Main Menu> Preprocessor> Meshing> Clear> Volumes Main Menu> Preprocessor> Modeling> Delete> Volume and Below</p>	<p>B. utworzenie dwóch walców i stożka, a następnie zastosowanie funkcji <i>overlap</i> dla utworzonych objętości</p>  <p>Utility Menu>WorkPlane > Align Working Plane with> Global Cartesian Menu>Preprocessor>Modeling>Create>Volumes>Cylinder>By Dimensions RAD1=100, RAD2=80, Z1=0, Z2=200, THETA1=0, THETA2=90 RAD1=100+a, RAD2=100, Z1=0, Z2=200, THETA1=0, THETA2=90 Main Menu>Preprocessor>Modeling>Create>Volumes>Cone>By Dimensions RBOT=100+a, RTOP=100, Z1=b, Z2=b+a, THETA1=0, THETA2=90 Main Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Booleans>Overlap>Volumes</p>	
<p>C. usunięcie dwóch objętości</p>  <p>Main Menu> Preprocessor> Modeling> Delete> Volume and Below</p>	<p>D. podział płaszczyzną pracy (WP) i usunięcie dwóch objętości</p> <p>Utility Menu>WorkPlane > Change Active CS to> Specified Coordinate System > 11 Utility Menu>WorkPlane > Align Working Plane with> Active Coordinate System Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide>Volu by WrkPlane Main Menu>Preprocessor>Modeling>Delete>Volume and Below</p> 	
<p>E. utworzenie kopii przez odbicie pięciu objętości</p>  <p>Menu>Preprocessor>Modeling >Reflect> Volumes => X-Y plane</p>	<p>F. utworzenie trzech objętości</p>  <p>Menu>Preprocessor>Modeling >Operate>Extrude>Areas> Along Lines</p>	<p>Model MES</p>  <p>Menu>Preprocessor>Numbering Ctrl's> Merge Item > All Menu>Preprocessor>Meshing > Mesh Tool</p>
<p>G. utworzenie kopii przez odbicie jednej objętości</p>  <p>Utility Menu>WorkPlane > Change Active CS to> Global Cartesian Menu>Preprocessor>Modeling >Reflect> Volumes => X-Y plane</p>	<p>H. utworzenie jednej objętości</p>  <p>Menu>Preprocessor>Modeling >Operate>Extrude>Areas> Along Lines</p>	

21. Dyskusja wyników i sformułowanie wniosków