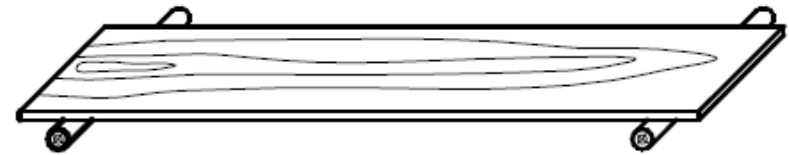
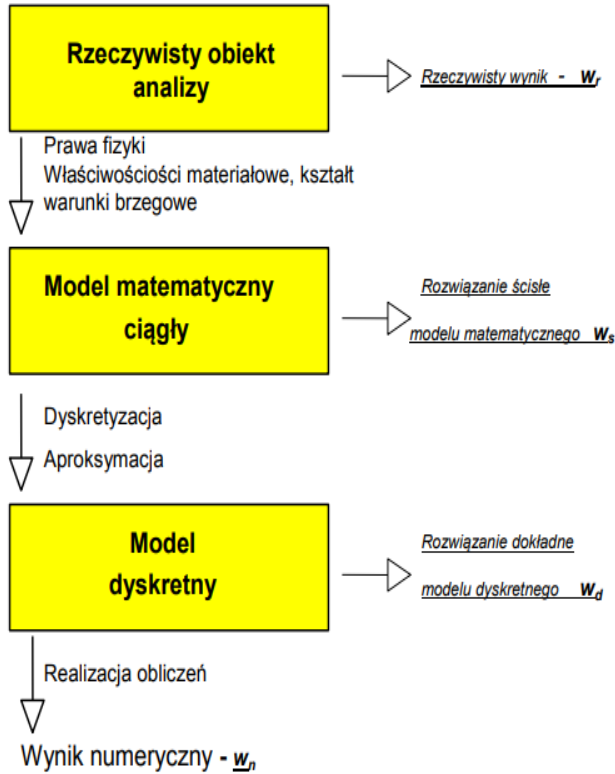


ZASADY BUDOWY I ANALIZY MODELI MES

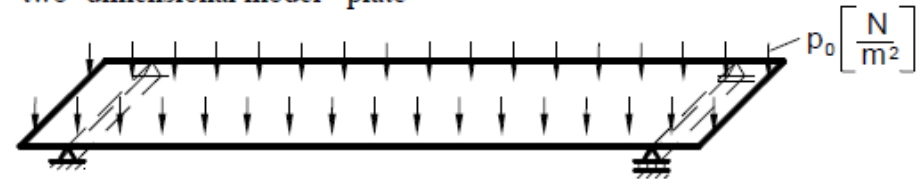
METODA ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH



one dimensional model - beam



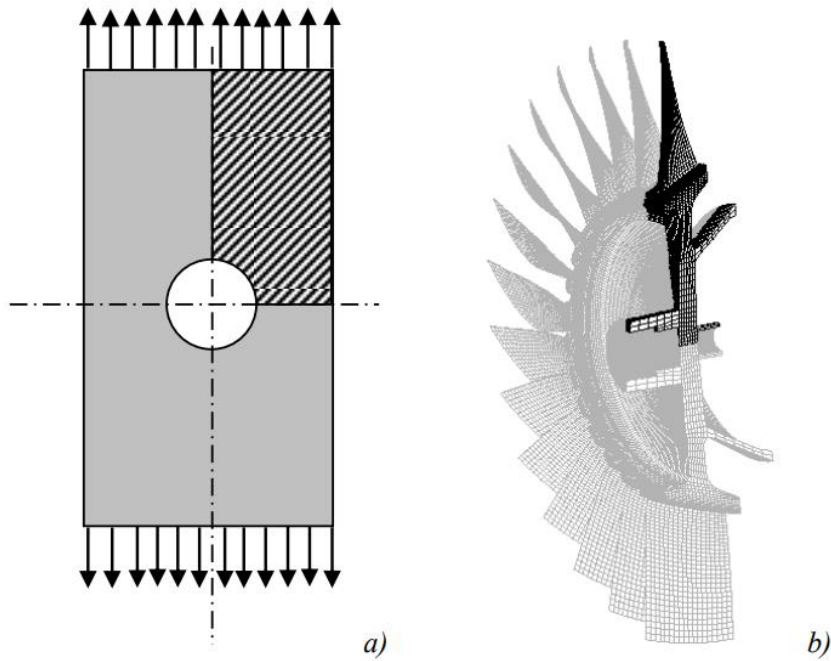
two- dimensional model - plate



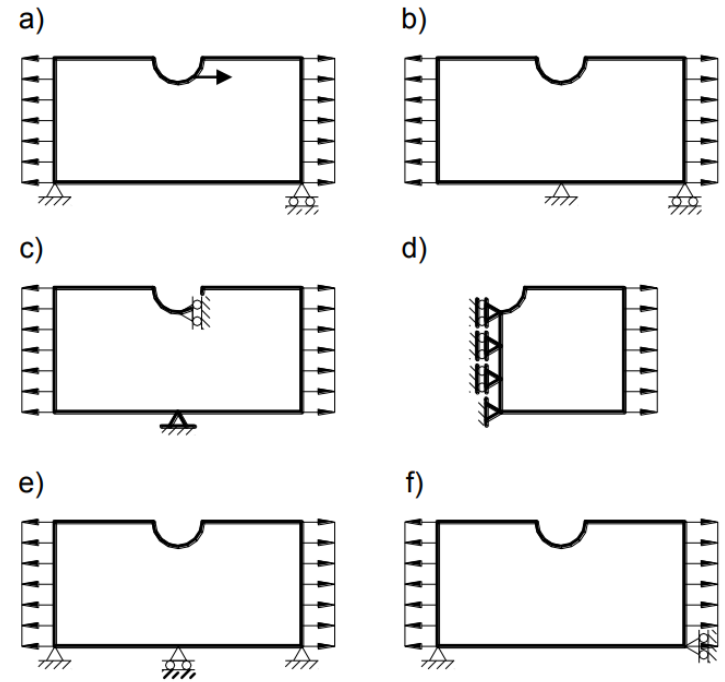
c) three dimensional model - solid volume



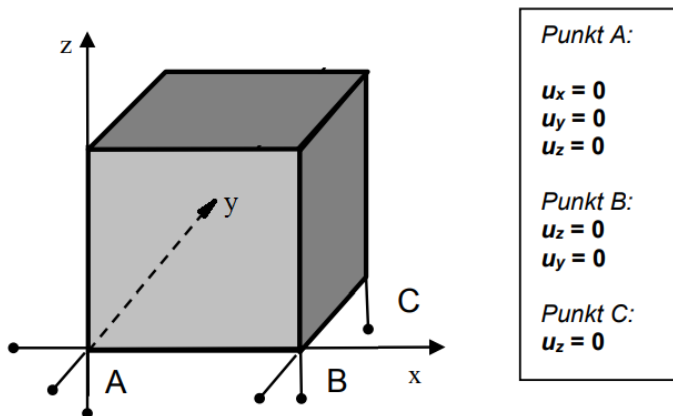
WARUNKI BRZEGOWE



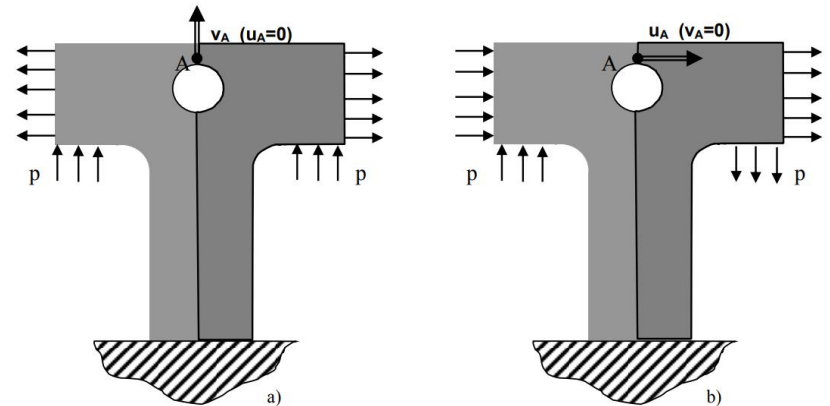
Rys. 3.2. Obszar analizy dla obiektu 2D z dwoma osiami symetrii i z symetrią cykliczną



Rys.3.3. Tarcza obciążona w sposób samowznoważony oraz prawidłowe (a, b, c, d) i błędne (e, f) przykłady podparć w modelach MES



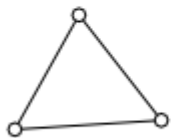
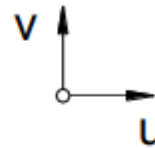
Rys. 3.4. Przykład statycznie wyznaczalnego podparcia obiektu trójwymiarowego



Rys. 3.5. Dwuwymiarowy model symetrycznej konstrukcji obciążonej: a) symetrycznie, b) antysymetrycznie

WYBÓR ELEMENTU SKOŃCZONEGO

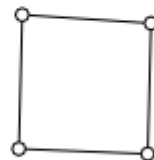
elementy dwuwymiarowe



LWE=3



LWE=6

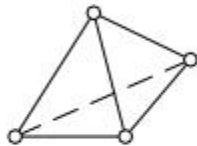
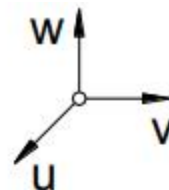


LWE=4

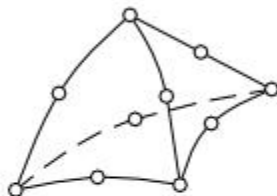


LWE=8

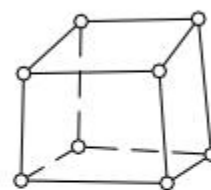
elementy trójwymiarowe



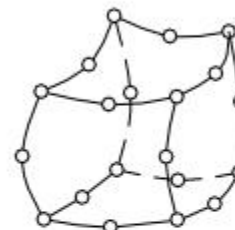
LWE=4



LWE=10



LWE=8

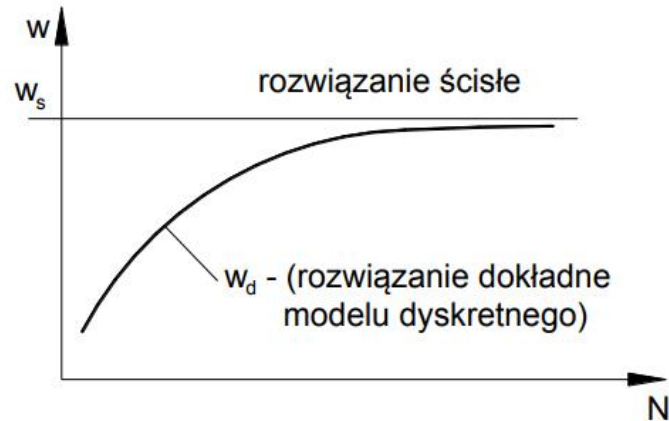


LWE=20

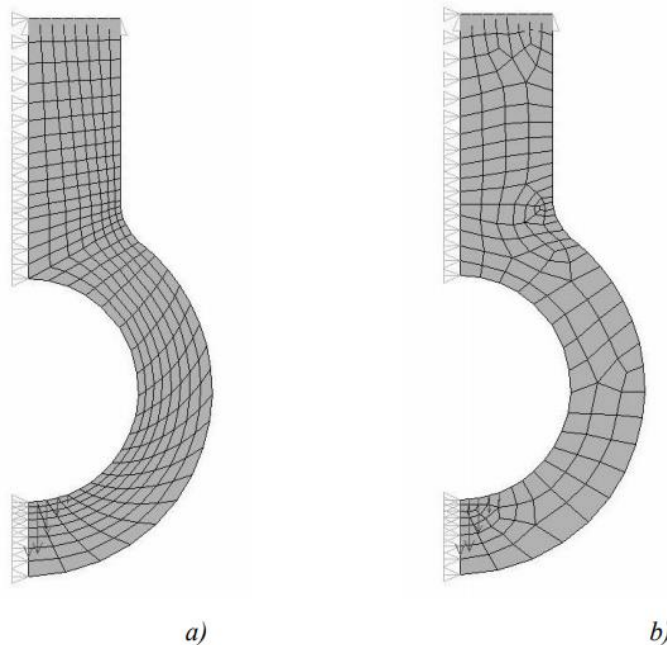
LWE - liczba węzłów elementu

Rys. 3.7. Wybrane elementy skończone dla zagadnień dwu- i trójwymiarowych

PODZIAŁ NA ELEMENTY SKOŃCZONE

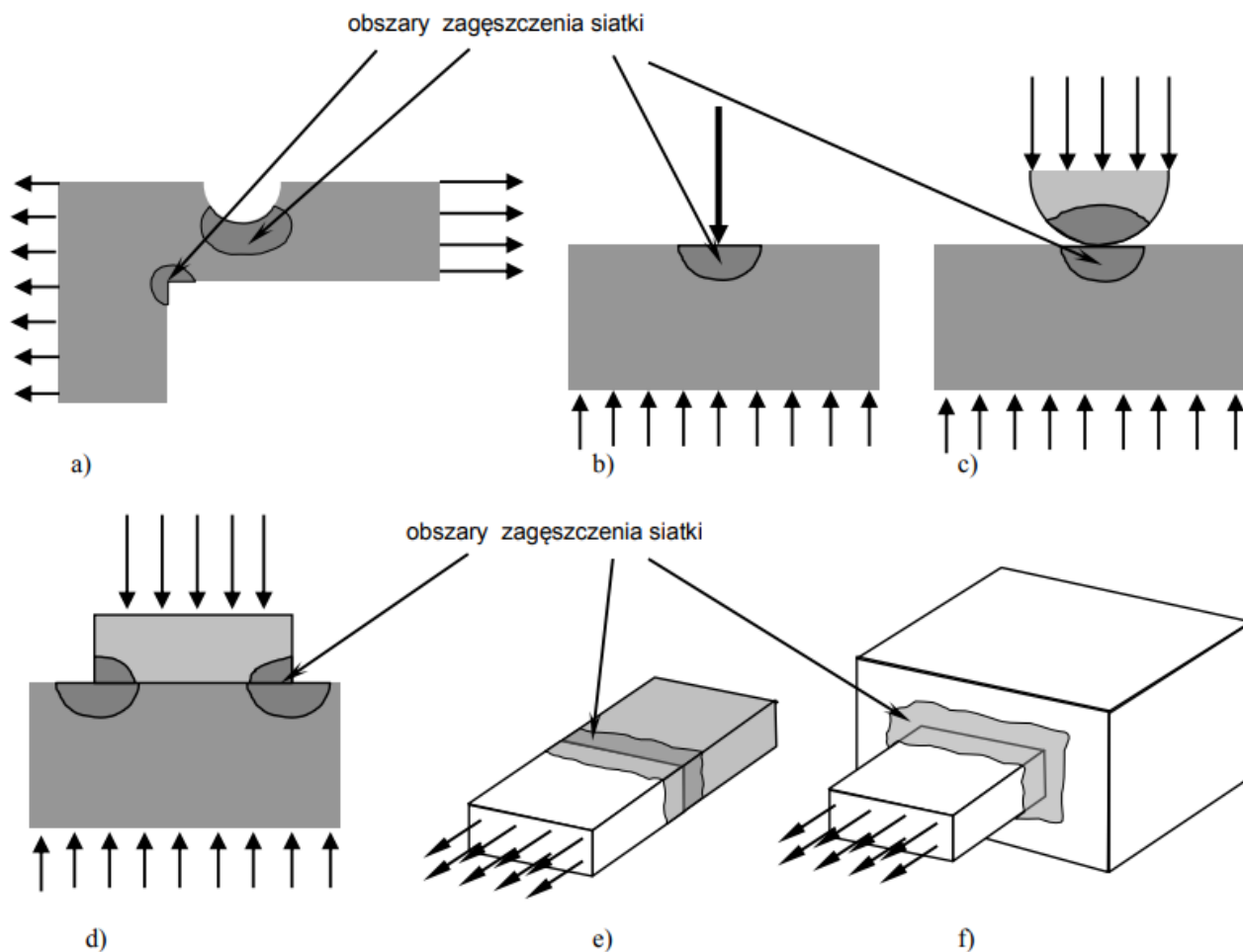


Rys. 3.8. Typowa zależność rozwiązania modelu dyskretnego w_d od liczby stopni swobody modelu N



Rys. 3.12. Podziały: regularny (a) i nieregularny (b) przeprowadzone przy tej samej dyskretyzacji konturu obszaru

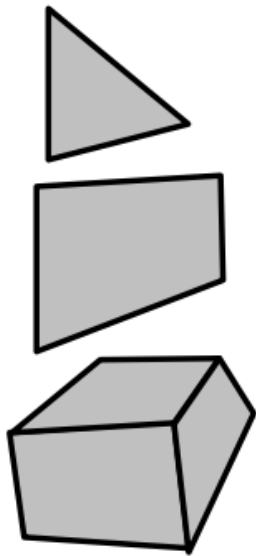
OBSZARY ZAGĘSZCZENIA SIATKI



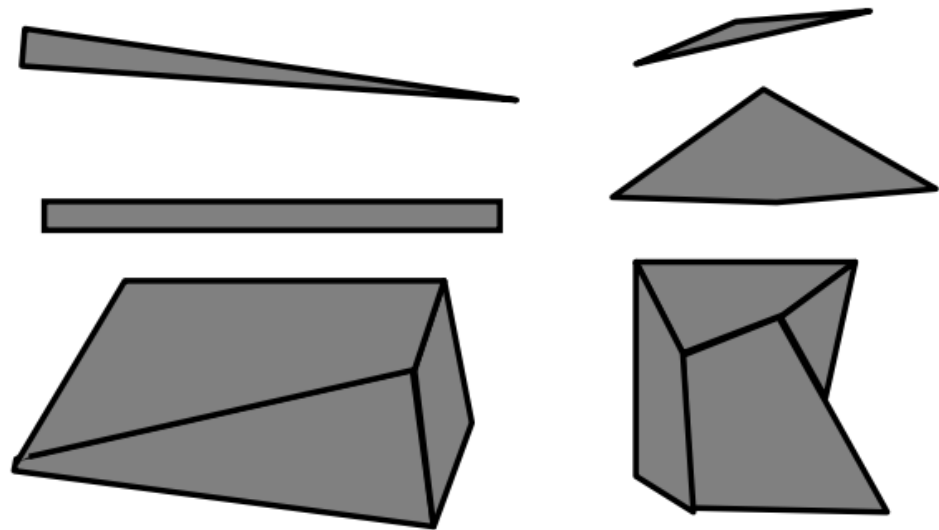
Rys. 3.10. Podobszary, w których wymagana jest zagęszczona siatka elementów skończonych:
a) karby, b) miejsca przyłożenia obciążeń skupionych, c), d) zadania kontaktowe,
e) granica między ośrodkami o różnych właściwościach, f) skokowa zmiana kształtu

KSZTAŁTY ELEMENTÓW

kształty prawidłowe

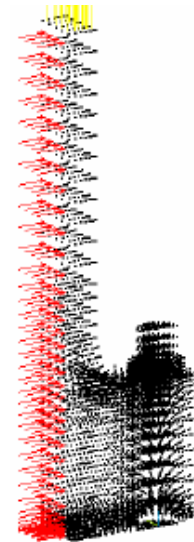
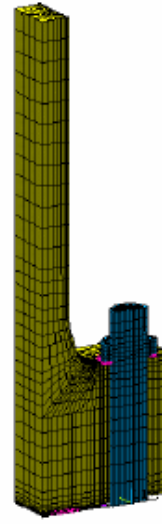
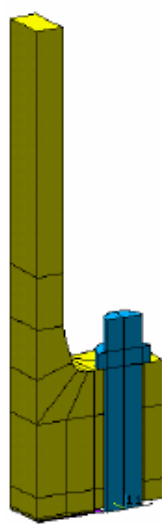
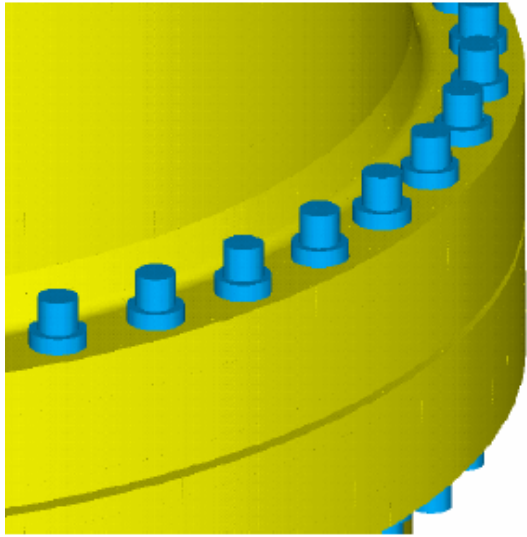


kształty nieprawidłowe



Rys. 3.13. Przykłady elementów skończonych o poprawnych kształtach i kształtach zdegenerowanych – prowadzących do dużych błędów obliczeń

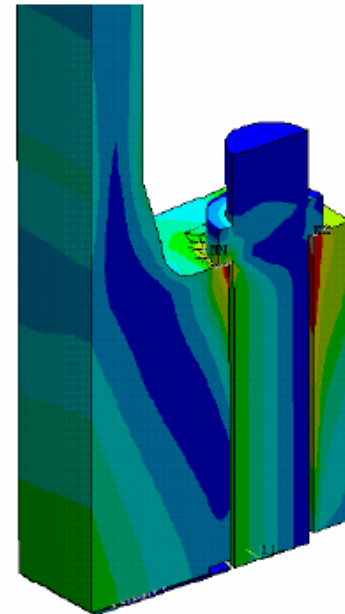
PODSTAWOWE KROKI W BUDOWIE MODELU



Preprocessor - budowa modelu,

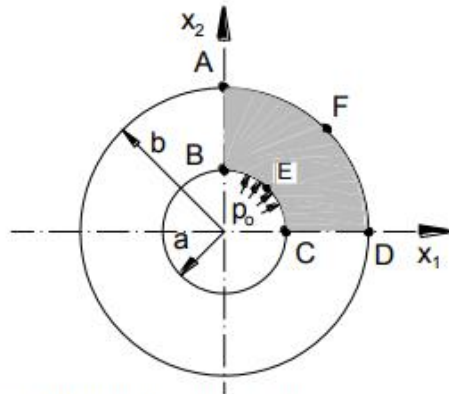
Solver - wprowadzanie obciążeń i rozwiązanie,

Postprocessor - analiza wyników,



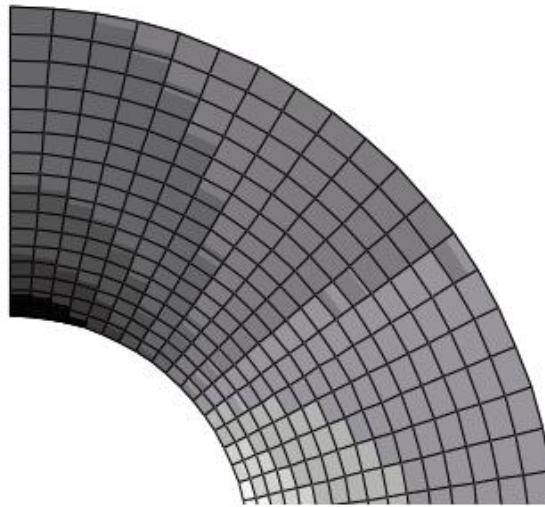
```
ANSYS 5.5.0  
FEB 1 2001  
00:55:59  
ELOP NO. 6  
NODAL SOLUTION  
STEP=3  
SUB =2  
TIME=3  
SEQV (AVG)  
PowerGraphics  
EFACET=1  
AVRES=Mat  
DMX =8.539  
SMN =.201396  
SMX =319.499  
      .201396  
20  
40  
60  
80  
100  
150  
200  
300
```

INTERPRETACJA WYNIKÓW

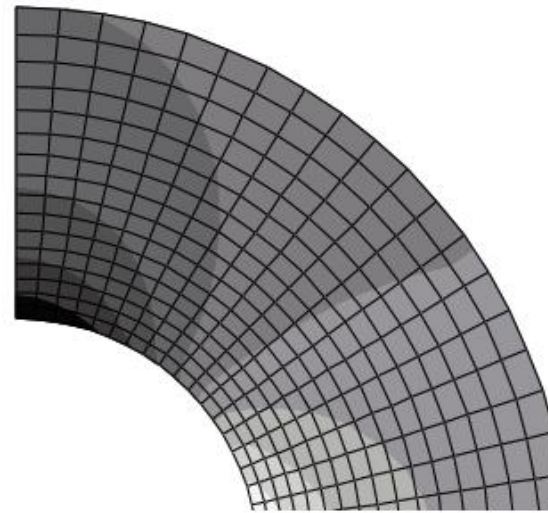


$$\begin{aligned} a &= 1 \cdot 10 \text{ m}^{-2} \\ b &= 2.5 \cdot 10 \text{ m}^{-2} \\ E &= 2 \cdot 10^5 \text{ MPa} \\ \nu &= 0.3 \\ p_0 &= 100 \text{ MPa} \end{aligned}$$

naprężenie σ_x w elementach skończonych

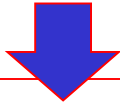


naprężenie σ_x uśrednione w węzłach



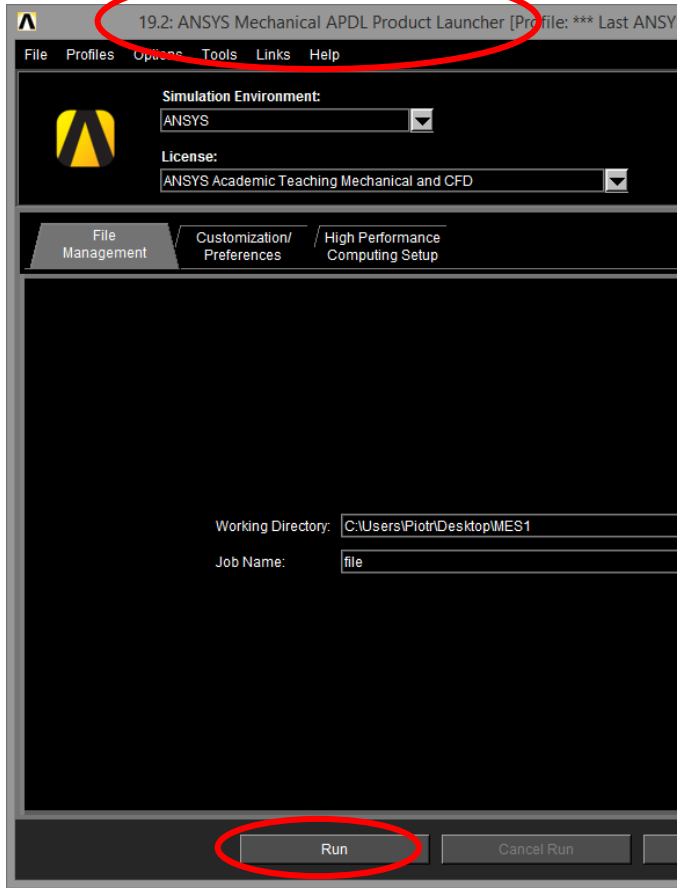
Rys. 3.14. Przybliżony charakter rozwiązania MES ilustrowany przez rozkład naprężenia σ_x . Naprężenia w elementach skończonych i naprężenia uśrednione

zalecane

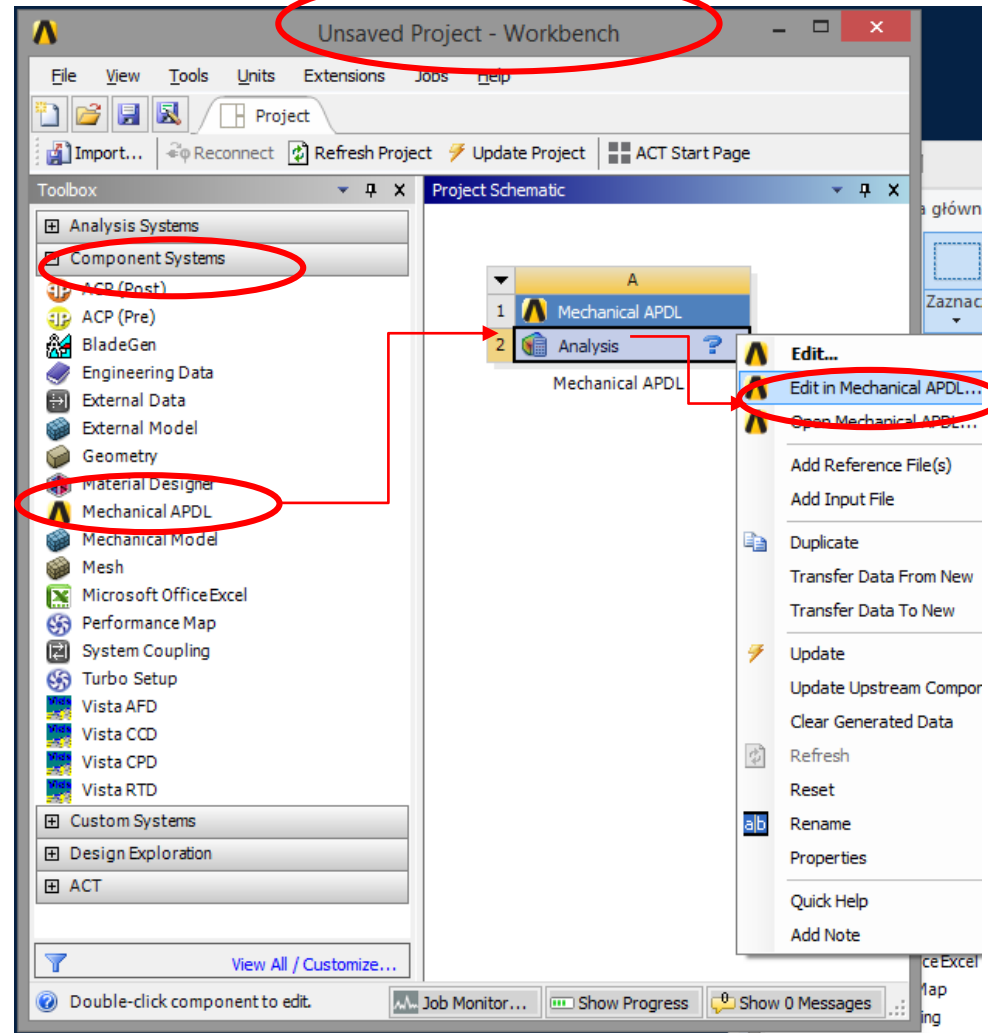


Uruchamianie ANSYS Mechanical APDL

Uruchamiania spod Launchera:



Uruchamiania spod Workbencha



Struktura programu ANSYS Mechanical APDL

- **General Preprocessor (PREP7)** budowa modelu,
- **Solution Processor (SOLUTION)** wprowadzanie obciążeń i rozwiązanie,
- **General Postprocessor (POST1)** analiza wyników,
- inne procesory.

Wybrane procesory dostępne w programie ANSYS Mechanical APDL

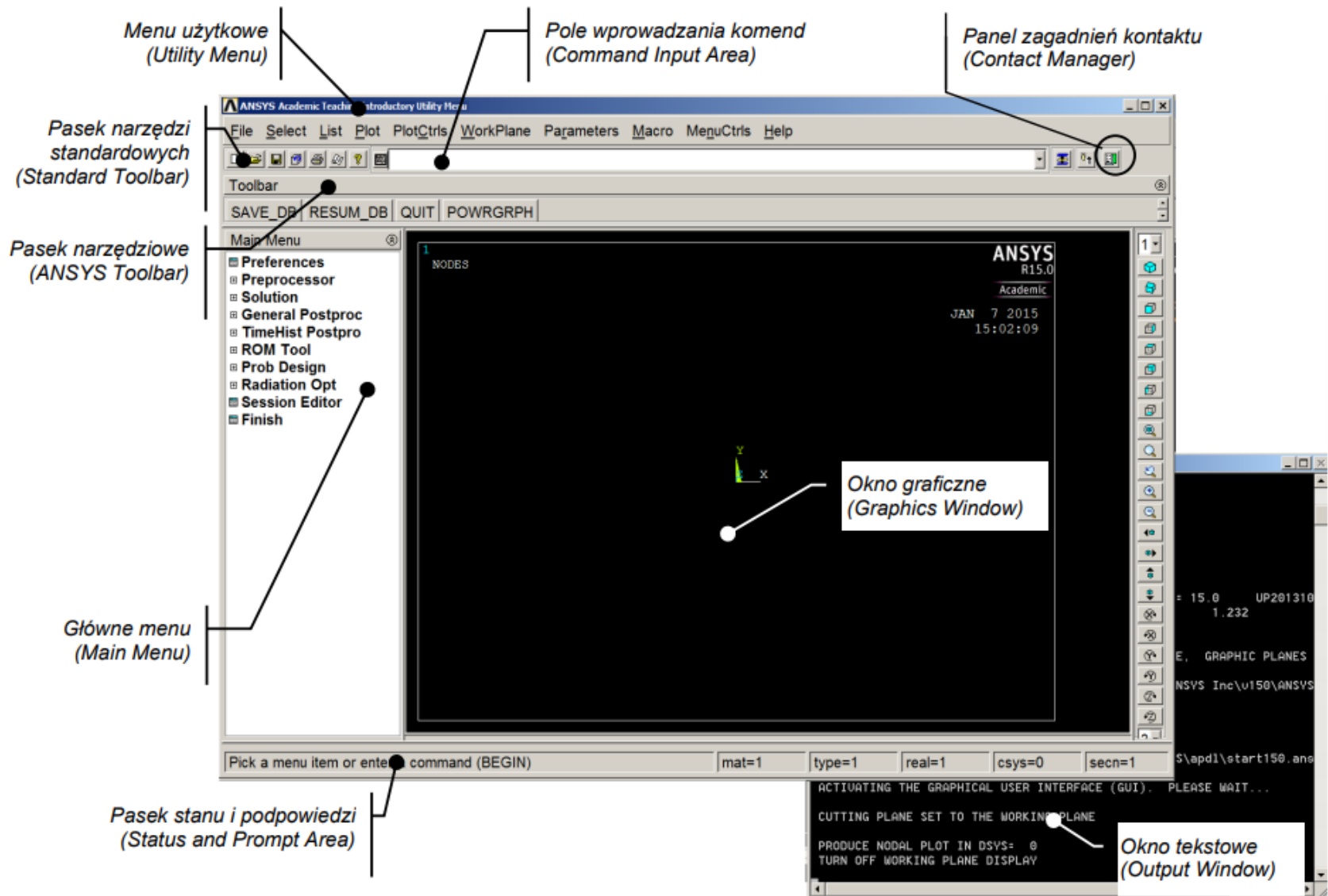
Processor	Funkcja	Ścieżka dostępu w GUI	Komenda
PREP7	Budowa modelu (geometria, materiały, itd.)	<i>Main Menu>Preprocessor</i>	/PREP7
SOLUTION	Wprowadzenie obciążeń i uzyskanie rozwiązania	<i>Main Menu>Solution</i>	/SOLU
POST1	Przeglądanie wyników w całym modelu w wybranej chwili czasu	<i>Main Menu>General Postproc</i>	/POST1
POST26	Przeglądanie wyników w wybranym punkcie modelu jako funkcji czasu	<i>Main Menu>TimeHist Postpro</i>	/POST26
PDS	Oszacowuje wpływ rozrzutu i niepewności danych na wyniki analizy MES	<i>Main Menu>Prob Design</i>	/PDS
AUX2	Przedstawianie zbiorów binarnych w postaci tekstowej	<i>Utility Menu>File>List>Binary Files</i> <i>Utility Menu>List>Files>Binary Files</i>	/AUX2
AUX12	Wyznaczanie współczynników radiacji i generacja macierzy radiacyjnej w analizie termicznej	<i>Main Menu>Radiation Matrix</i>	/AUX12
AUX15	Tłumaczenie zbiorów z programów CAD i innych	<i>Utility Menu>File>Import</i>	/AUX15

RODZAJE PLIKÓW

Rodzaje zbiorów używanych przez program ANSYS Mechanical APDL

Typ zbioru	Nazwa pliku	Format Pliku
Zbiór komend (Log file)	Jobname.LOG	ASCII
Zbiór błędów (Error file)	Jobname.ERR	ASCII
Zbiór wyjściowy (Output file)	Jobname.OUT	ASCII
Zbiór bazy danych (Database file)	Jobname.DB	Binarny
Zbiór wyników (Result file): strukturalnych termicznych magnetycznych	Jobname.xxx Jobname.RST Jobname.RTH Jobname.RMG	Binarny
Kroki obciążenia	Jobname.Sn	ASCII
Zbiory graficzne	Jobname.GRPH	ASCII (format specjalny)
Macierze elementów	Jobname.EMAT	Binary

Układ interfejsu graficznego GUI



Przebieg typowej analizy MES

Preprocessor

1. Wybór typu elementu i ustalenie jego opcji
2. Ustalenie parametrów dodatkowych elementu (**A**, **Jy**, **Js**, **grubość** itd.)
3. Wprowadzenie danych materiałowych
4. Budowa modelu geometrycznego
5. Ustalenie parametrów siatki i budowa siatki

Solver

1. Ustalenie warunków zamocowania (symetria, antysymetria, itd.)
2. Ustalenie obciążenia (skupione, powierzchniowe, objętościowe, inercyjne)
3. Ustalenie opcji rozwiązania
4. Rozwiązanie

Postprocessr

1. Prezentacja rozkładów: przemieszczenia, naprężenia, odkształcenia itd.
2. Prezentacja wykresów

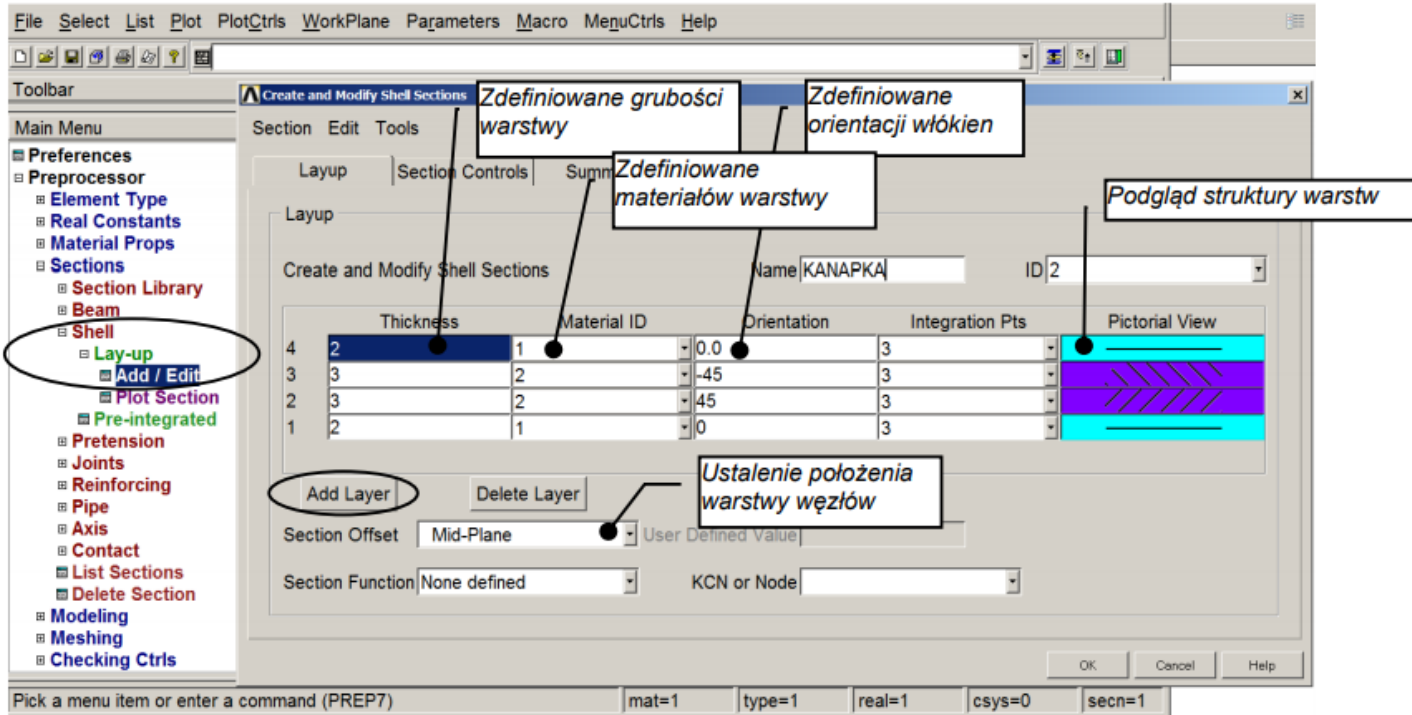
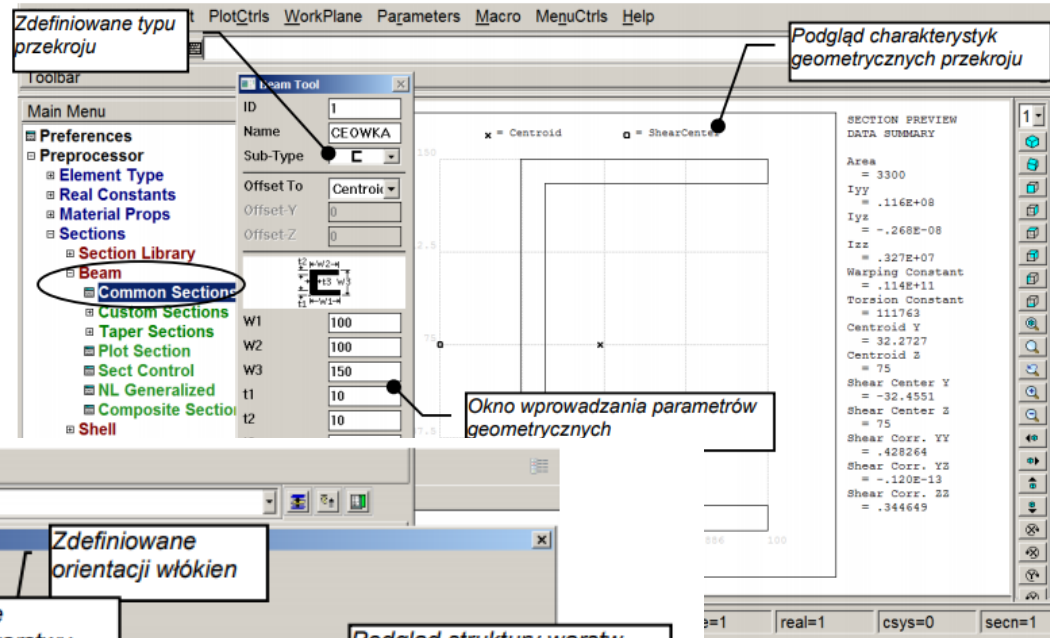
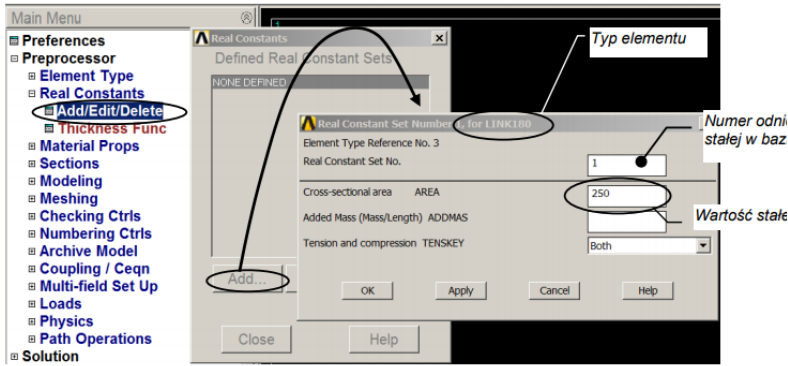
Wybór elementu

The screenshot displays the ANSYS Academic Teaching interface. The main menu on the left shows the 'Preprocessor' section expanded to 'Element Type', where 'Add/Edit/Delete' is highlighted. The 'Element Types' dialog box is open, showing a list of defined element types: Type 1 (BEAM188) and Type 2 (SOLID185). Below this is the 'Library of Element Types' with a scrollable list of options: Structural Mass, Link, Beam, Pipe, Solid, and Shell. The 'Solid' option is selected. To the right, a detailed view of the 'Brick 8 node 185' element is shown, including its node configuration and material properties. The 'Element type reference number' field contains the value '3'. At the bottom of the dialog, the 'Add...' button is circled. The status bar at the bottom shows parameters: mat=1, type=1, real=1, csys=0, secn=.

Annotations:

- Biblioteka typów elementów** (Library of element types)
- Rodzina elementów** (Element family)
- Wybrany element (Nr 185 jest numerem w bibliotece)** (Selected element (No. 185 is the number in the library))
- Numer odniesienia w bazie danych** (Reference number in the database)
- Usuń wybrany element** (Delete selected element)
- Opcje elementu (np. funkcje kształtu, zachowanie elementu)** (Element options (e.g., shape functions, element behavior))
- Dodaj typ elementu** (Add element type)
- Zamknij okno** (Close window)

Ustalenie parametrów dodatkowych elementu



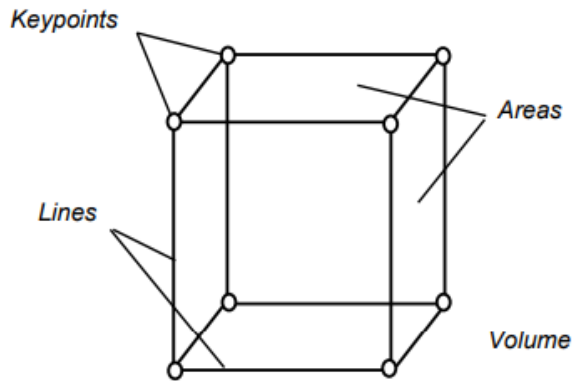
Wprowadzenie danych materiałowych

The image shows a screenshot of the ANSYS software interface with several callouts in Polish explaining different parts of the material definition process.

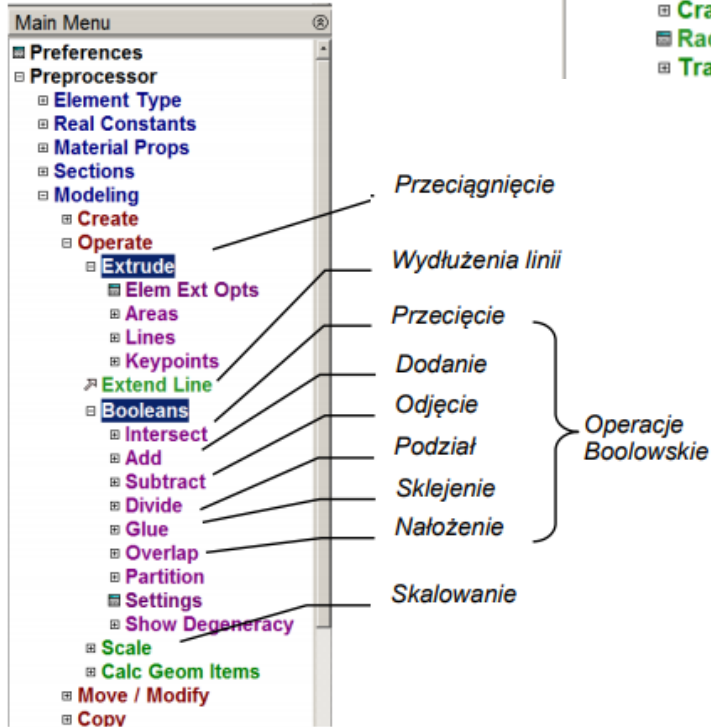
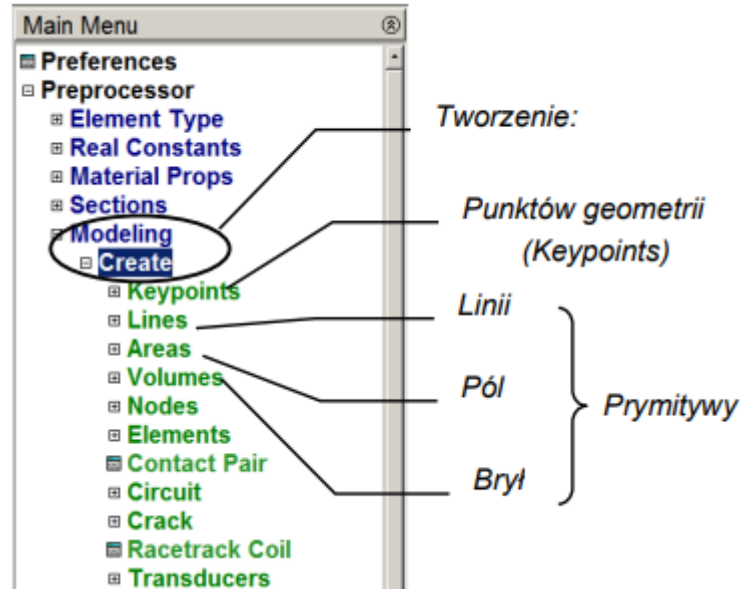
- Main Menu:** A list of menu items is shown on the left. The **Material Models** option is circled in blue. A callout box points to it with the text "Zdefiniowane modele materiałowe".
- Define Material Model Behavior:** The main dialog box is open. It has two panes: "Material Models Defined" and "Material Models Available".
 - The "Material Models Defined" pane shows a dropdown menu with "Material Model Number" selected. A callout box points to it with the text "Możliwość wprowadzenia danych w funkcji temperatury".
 - The "Material Models Available" pane shows a tree structure: Favorites > Structural > Linear > Elastic > Isotropic. The "Isotropic" option is highlighted in blue. A callout box points to it with the text "Możliwe modele materiałowe".
- Linear Isotropic Properties for Material Number 1:** A sub-dialog box is open, showing input fields for material properties.
 - Under the heading "Temperatures", there is a table with a column header "T1".
 - The table has two rows: "EX" with a value of "3e5" and "PRXY" with a value of "0.3". A callout box points to the "EX" field with the text "Okno wprowadzania danych materiałowych".
 - At the bottom of the dialog, the "Add Temperature" button is circled in blue.

At the bottom of the interface, there is a status bar with the text "Pick a menu item or enter a command" and a "real=1" indicator.

Budowa modelu geometrycznego



Rys. 4.8. Składowe modelu *solid*



Ustalenie parametrów siatki i budowa siatki

The screenshot shows the 'Mesh Tool' dialog box with the following sections and controls:

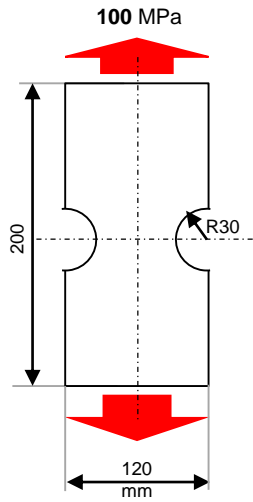
- Element Attributes:** A dropdown menu set to 'Global' and a 'Set' button.
- Smart Size:** A checkbox that is currently unchecked.
- Size Controls:** A section with several controls:
 - Global: 'Set' and 'Clear' buttons.
 - Areas: 'Set' and 'Clear' buttons.
 - Lines: 'Set' and 'Clear' buttons.
 - Copy and Flip buttons.
 - Leyer: 'Set' and 'Clear' buttons.
 - Keypis: 'Set' and 'Clear' buttons.
- Mesh:** A dropdown menu set to 'Areas'.
- Shape:** Radio buttons for 'Tri' and 'Quad', with 'Quad' selected.
- Free, Mapped, Sweep:** Radio buttons, with 'Mapped' selected.
- 3 or 4 sided:** A dropdown menu set to '3 or 4 sided'.
- Mesh and Clear buttons:** Two buttons at the bottom of the meshing section.
- Refine at:** A dropdown menu set to 'Elements'.
- Refine button:** A button below the 'Refine at' dropdown.
- Close and Help buttons:** Buttons at the very bottom of the dialog.

Annotations in Polish point to specific features:

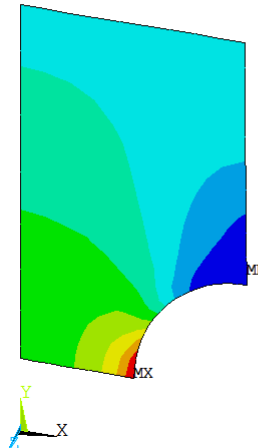
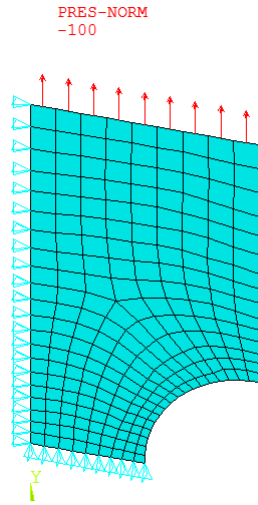
- Definiuj atrybuty* (Define attributes) points to the 'Element Attributes' section.
- Sterowanie podziałami* (Control divisions) points to the 'Size Controls' section.
- Czyść siatkę* (Clean mesh) points to the 'Mesh' and 'Clear' buttons.
- Generuj siatkę* (Generate mesh) points to the 'Mesh' button.
- Popraw siatkę* (Improve mesh) points to the 'Refine' button.

Podsumowanie

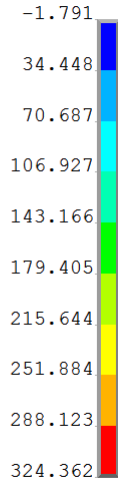
Płaski Stan Naprężenia



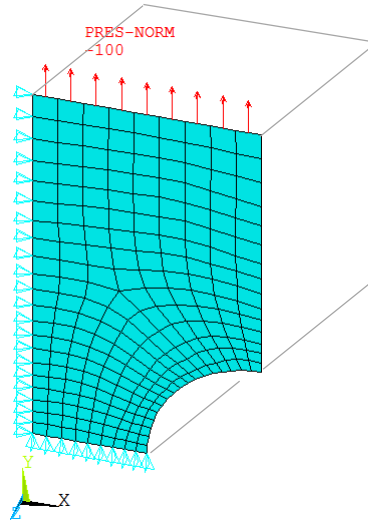
$E=2 \cdot 10^5 \text{ MPa}$
 $\nu = 0.3$



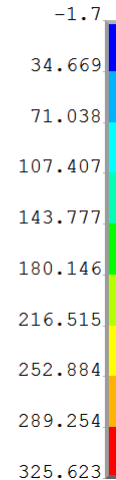
NODAL SOLUTION
SY
(AVG)



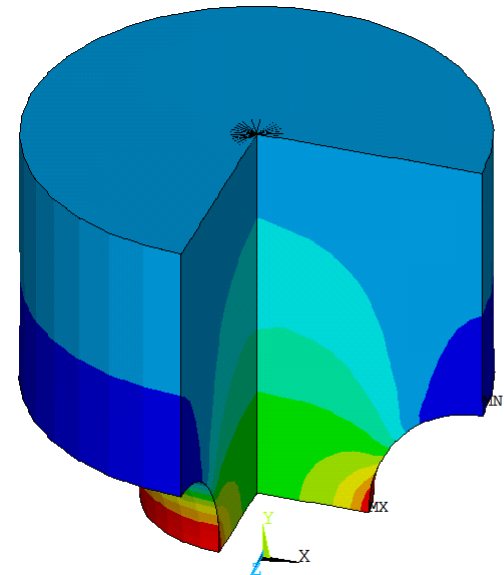
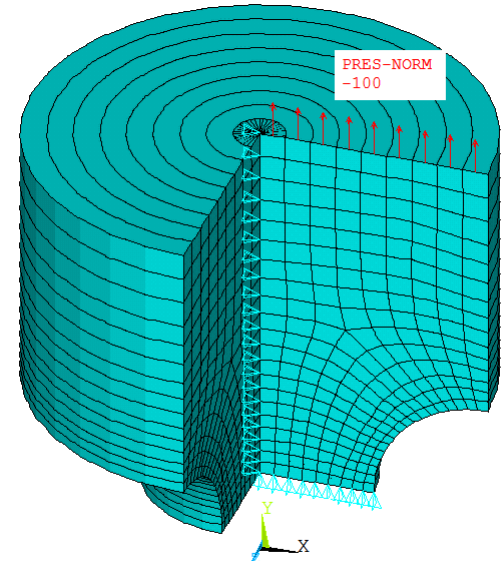
Płaski Stan Odkształcenia



NODAL SOLUTION
SY
(AVG)



Osiowa symetria



NODAL SOLUTION
/EXPANDED
SY
(AVG)

