

Część **C**

**MODELOWANIE**

## Spis treści części C

C28. Kilka słów wstępu .....	5
C29. Nieco teorii (łagodnie) .....	6
C30. Modelowanie powłoki .....	10
30.1. Obszar prosty .....	11
30.2. Obszar czworokątny .....	11
30.3. Obszar trójkątny .....	13
30.4. Obszar łukowy .....	13
30.5. Obszar kołowy .....	14
30.6. Obszar eliptyczny .....	16
30.7. Obszar drogowy .....	16
30.8. Czytanie z plików .....	17
30.9. Obszar walcowy .....	19
30.10. Obszar stożkowy .....	20
30.11. Obszar kulisty .....	21
30.12. Obszar prostopadłościenny .....	22
30.13. Podkład CAD .....	24
C31. Menu Elementy (powłokowe) .....	25
31.1. Opcja Dodaj ścianę .....	26
31.2. Opcja Dodaj słup .....	27
31.3. Opcja Dodaj obszar .....	28
31.3.1. Obszar Prosty .....	28
31.3.2. Opcja Czworokąt .....	29
31.3.3. Opcja Trójkątny .....	30
31.3.4. Opcja Łukowy .....	31
31.3.5. Opcja Wycinek .....	32
31.3.6. Opcja Kołowy .....	32
31.3.7. Opcja Pierścień .....	33
31.3.8. Opcje Walec, Stożek i Rura .....	34
31.3.9. Opcja Rura .....	34
31.3.10. Opcja Kolano .....	35
31.3.11. Opcja Króciec .....	36
31.3.12. Obszar drogowy .....	37
31.4. Dodanie elementu powłokowego .....	37
31.5. Opcja Dodaj z plików .....	38
31.6. Dodaj linie .....	38
31.7. Dodaj łuk .....	39
31.8. Dodaj otwór .....	39
31.9. Zagęszczanie siatki .....	40
31.10. Powielanie wybranego fragmentu .....	41
31.11. Usuwanie elementów .....	43
31.12. Opcja Cofnij o krok .....	43
31.13. Opcja Zmień stronę i Ustaw stronę .....	43
31.14. Opcja Obróć układ .....	44
31.15. Opcja Zapisz do plików .....	44
31.16. Opcja Podwójne .....	45
C32. Modelowanie Ramy3D .....	46
32.1. Czytanie z plików .....	48
32.2. Podkład CAD .....	49
C33. Menu Elementy (prętowe) .....	49

33.1. Opcja Dodaj pręty .....	49
33.2. Opcja Dodaj słup .....	50
33.3. Opcja Dodaj łuk .....	50
33.4. Opcja Dodaj Spirale .....	52
33.5. Opcja Dodaj z plików .....	53
33.6. Opcja Podziel pręty .....	54
33.7. Opcja Przedłuż pręty .....	54
33.8. Opcja Skrzyżowane .....	54
33.9. Opcja Obróć układ .....	54
33.10. Opcja Powiel elementy .....	55
33.11 Opcja Ciągna .....	56
33.12. Opcja Wsporniki .....	56
33.13. Opcja Końce belek .....	56
33.14. Opcja Podwójne pręty .....	57
33.15. Opcja Zapisz do plików .....	57
33.16. Opcja Długość minimalna .....	57
C34. Menu Elementy (model mieszany) .....	57
C35. Operacje na węzłach .....	58
35.1. Przesuwanie węzłów .....	58
35.2. Przesuwanie węzłów po prostej .....	59
35.3. Opcja Ustaw szerokość .....	59
35.4. Obracanie węzłów .....	59
35.5. Ręczne łączenie węzłów .....	60
35.6. Automatyczne łączenie węzłów .....	60
35.7. Lustrzane odbicie .....	60
35.8. Ustawianie węzłów na prostej .....	60
35.9. Ustawianie węzłów na łuku .....	61
35.10. Ustawianie węzłów na elipsie .....	62
35.11. Zbędne węzły .....	62
35.12. Układy współrzędnych węzłowych .....	62
35.13. Imperfekcje .....	63
C36. Dane materiałowe .....	64
C37. Menu Przekrój .....	67
C38. Menu Grubości .....	71
38.1. Grubość zmienna .....	72
C39. Menu Przeguby .....	73
39.1. Przegub Obiektowy .....	73
39.2. Przeguby w prętach .....	74
C40. Menu Podpory .....	76
40.1. Podpora sztywna .....	76
40.2. Podpora podatna .....	76
40.3. Podpory z pliku .....	77
40.4. Inne opcje menu Podpory .....	78
C41. Podłoże sprężyste .....	79
41.1. Podłoże uwarstwione .....	79
41.2. Półprzestrzeń sprężysta .....	81
41.3. Podłoże Winklera .....	81
41.4. Zakres menu podłoże .....	81
41.5. Wymiana podłoża .....	83
C42. Menu Więzy .....	84
42.1. Symetrie .....	84

42.2. Definicja stopni swobody .....	84
42.3. Opcje menu Więzy .....	85
42.4. Węzły zależne .....	85
C43. Obciążenia w obiekcie .....	86
43.1. Opis obciążenia .....	86
43.2. Obciążenie ciężarem własnym .....	87
43.3. Obciążenie siłami skupionymi .....	87
43.4. Obciążenie siłami liniowymi .....	90
43.4.1. Siły liniowe typu Ciężar .....	90
43.4.2. Siły liniowe typu Śnieg .....	90
43.4.3. Siły liniowe typu Lód .....	91
43.4.4. Siły liniowe typu Wiatr .....	91
43.4.5. Menu Siły liniowe .....	91
43.5. Obciążenie ciśnieniem .....	92
43.5.1. Ciśnienia .....	92
43.5.2. Obciążenie hydrostatyczne .....	93
43.5.3. Lepkość cieczy .....	93
43.5.4. Materiał sypki .....	94
43.5.5. Silos kołowy .....	94
43.5.6. Warstwa Śnieg .....	94
43.5.7. Warstwa Ciężar .....	94
43.5.8. Wiatr na walec .....	95
43.5.9. Wiatr na kulę .....	95
43.5.10. Ciśnienie w Ramie3D .....	95
43.5.11. Menu Ciśnienie .....	96
43.6. Termika .....	97
43.7. Skurcz .....	98
43.8. Montaż .....	98
43.9. Przemieszczenia wstępne .....	99
43.10. Siły dynamiczne ruchu obrotowego .....	100
43.11. Menu Obciążenia .....	100
43.12. Rozkładanie obciążeń .....	101
43.13. Obciążenie z pliku .....	103
43.14. Obciążenie ruchome .....	104
43.14.1. Obciążenie drogowe .....	104
43.14.2. Obciążenie kolejowe .....	105
43.14.3. Obciążenie dowolne .....	105
43.15. Zmienna struktura .....	107
C44. Masy skupione .....	109
C45. Obliczenia liniowe .....	110
C46. Obliczenia nieliniowe .....	112
46.1. Cechy nieliniowe ciągłych .....	113
46.2. Cechy nieliniowe podpór sztywnych .....	113
46.3. Cechy nieliniowe podpór podatnych .....	115
46.4. Cechy nieliniowe podłoża .....	115
C47. Obliczenia dynamiczne .....	117

## C 28. Kilka słów wstępu

Programy ABC analizę numeryczną prowadzą Metodą Elementów Skończonych (MES), jednak wszystkie etapy tej metody zostały tak oprogramowane, że użytkownik nie musi dysponować głęboką wiedzą w tym zakresie. Właściwie jest mu potrzebna jedna informacja, że MES jako metoda wykorzystująca interpolację jest wrażliwy na gęstość podziału modelu na obszary elementarne (elementy skończone). Stąd też dla tego samego obiektu, ale różnie podzielonego otrzymuje się zawsze różne wyniki. Oczywiście przy odpowiednio gęstym podziale różnice będą znikome, ale zawsze będą.

Obliczenia programem ABC składają się z trzech etapów: przygotowania danych, samych obliczeń i analizy wyników. Pierwszy i ostatni etap wymaga osobistego zaangażowania użytkownika, same obliczenia odbywają się od początku do końca samodzielnie i użytkownik może, co najwyżej śledzić stopień ich zaawansowania. Przy obecnych mocach obliczeniowych nie ma za wiele czasu na to śledzenie.

Sam proces przygotowania danych też składa się z kilku stałych kroków, które same w sobie, przy różnych obiektach mogą być zróżnicowane, ale zawsze trzeba wprowadzić dane opisujące geometrię obiektu, sposób jego podparcia i sposób obciążenia. Te trzy kroki należy zrobić dla każdego analizowanego obiektu i to w takiej, a nie innej kolejności. W wyniku tych działań powstaną odpowiednie grupy danych wzajemnie powiązanych i wewnętrznie spójnych, które do tego w procesie analizy mogą być zmieniane i modyfikowane. Jeśli chodzi o warunki podporowe i obciążenia, tok postępowania jest zasadniczo stały i niezależny od obiektu. Inaczej ma się sprawa z opisem geometrii obiektu. Narzędzia programowe, które są do dyspozycji użytkownika, oraz różnorodność analizowanych obiektów powodują, że nie ma jednej uniwersalnej drogi prowadzącej do celu. Można jednak wyróżnić dwie generalne tendencje, które krótko można opisać jako tworzenie modelu od ogółu do szczegółu i odwrotnie, od wymodelowania szczegółu do całego modelu. Oczywiście w trakcie modelowania często te postępowania będą się przeplatać. Zawsze jednak należy zastanowić się nad strategią postępowania, tak, aby osiągnąć cel minimalnym nakładem wysiłku. Warto w tym miejscu ustosunkować się do pewnych rozwiązań oferowanych przez inne programy, gdzie etap modelowania geometrii ograniczony jest do zadania brzegów, a podział na elementy skończone odbywa się automatycznie. Nawiązując do informacji podanych w pierwszym akapicie, należy zauważyć, że im siatka podziału na elementy skończone jest regularniejsza tym wyniki są wyznaczone z większą dokładnością. Stąd też oferowane w programie ABC narzędzia opierają się na tworzeniu obszarów o regularnym podziale. Obszary mogą obejmować cały obiekt lub tylko niewielki fragment, ale zawsze będą regularnie podzielone. Zapewnia to większą dokładność rozwiązania niż przy podziałach nieregularnych, a przede wszystkim ciągłość przebiegów, zwłaszcza sił wewnętrznych. W połączeniu z narzędziami pozwalającymi lokalnie zagęszczać podział np. w miejscu spodziewanych koncentracji sił wewnętrznych, programy ABC pozwalają przygotować model, w którym można osiągnąć rozsądny kompromis pomiędzy dokładnością obliczeń, a kosztami zależnymi wprost od czasu poświęconego na modelowanie, obliczanie i analizę wyników. Należy podkreślić, że obecna wersja nie ma praktycznych ograniczeń liczby elementów, na które podzielono model, czyli można sobie wyobrazić analizę prowadzoną na obiekcie podzielonym równomiernie o gęstości podziału wynikającym z miejsca o największej koncentracji sił wewnętrznych. Takie postępowanie technicznie możliwe jest jednak uzasadnione tylko w wyjątkowych przypadkach i nie powinno być przyjmowane jako reguła. Badania przeprowadzone przez prof. Wł. Starosolskiego i opublikowane w książce: „Komputerowe modelowanie ustrojów inżynierskich” wyraźnie wskazują na związek między wielkością elementu podziału, miejscem w modelu i dokładnością otrzymanych wyników.

## C 29. Nieco teorii (łagodnie)

Rozdział ten wprowadza pobieżnie do zagadnień MES w kontekście programu ABC Obiekt3D. Ze względu na specyfikę elementów powłokowych *powinien być przeczytany*. Natomiast osobom, które chciałyby głębiej poznać przyjęte rozwiązania teoretyczne poleca się książkę O. C. Zienkiewicza pt.: „Metoda elementów skończonych” wydaną przez Arkady w 1972 roku. Ta książka stanowiła główne źródło wiedzy, która jest podstawą „kuchni” programu ABC Obiekt3D.

W programach ABC geometrię obiektu zadaje się w układzie opisowym, zwanym też głównym, opisanym trzema osiami X, Y i Z. Jest to układ prawoskrętny, w którym osią pionową jest oś Z, a osie X i Y wyznaczają płaszczyznę poziomą. Oś Z jest skierowana do góry. Jest to domyślny układ współrzędnych, który nie musi być zachowany (głównie chodzi o pionową oś), ale warto go stosować ze względu na różnorodność miejsc w programie gdzie na tej konwencji oparto wartości podpowiadane. Konsekwencją przyjęcia zwrotu osi Z do góry są ujemne wartości wszystkich obciążeń pochodzących od grawitacji.

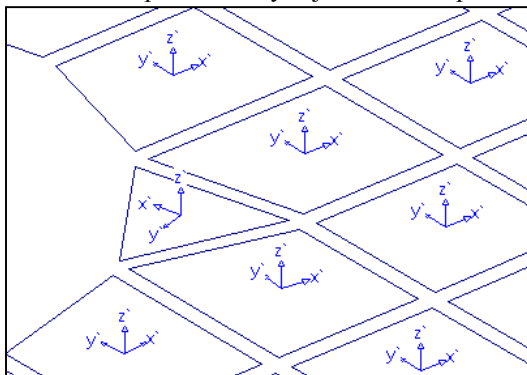
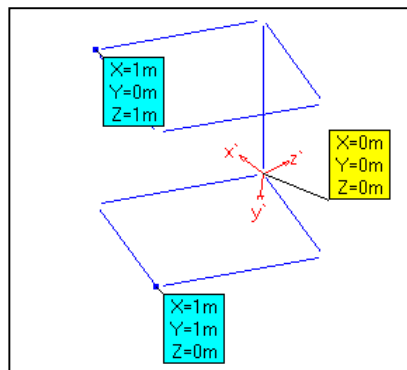
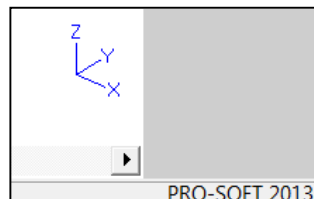
W węzłach modelu jest przyjętych sześć stopni swobody, trzy przemieszczenia liniowe i trzy przemieszczenia kątowe. Te sześć stopni swobody (sześć przemieszczeń) są opisane w głównym układzie współrzędnych X, Y i Z. Można jednak w każdym węźle wprowadzić węzłowy układ współrzędnych ( $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$ ). Będzie to też układ prawoskrętny, który będzie zorientowany względem układu głównego dwoma punktami kierunkowymi. Pierwszy punkt kierunkowy wraz z węzłem określa kierunek i zwrot węzłowej osi  $x'$ , drugi punkt określa płaszczyznę, w której będzie leżała węzłowa oś  $y'$  i do której będzie prostopadła oś  $z'$ . Oś  $y'$  będzie skierowana w stronę drugiego punktu kierunkowego, ale nie musi przechodzić przez niego.

Podstawowym elementem skończonym w modelowaniu przestrzennym jest element powłokowy. W odróżnieniu od elementów przyjętych w programach ABC Płyta i ABC Tarcza element powłokowy jest opisany w lokalnym, własnym układzie współrzędnych. W każdym elemencie układ współrzędnych jest umieszczony w środku ciężkości. Sam element leży w płaszczyźnie  $x'$   $y'$  układu, a oś  $z'$  jest do niego prostopadła. Układ  $x'$ ,  $y'$  i  $z'$  tworzy układ prawoskrętny.

Oś  $z'$  określa dodatnią i ujemną stronę elementu. **W programie stronie dodatniej przyporządkowano żółty kolor, a ujemnej zielony.** Strona elementu jest dość ważnym pojęciem i będzie o niej mowa dalej.

W elemencie trójkątnym lokalna oś  $x'$  jest równoległa do kierunku wyznaczonego węzłami I oraz J, a oś  $y'$  leży w płaszczyźnie elementu i jest skierowana w kierunku węzła K. Element trójkątny będzie zawsze leżał w płaszczyźnie  $x'$  -  $y'$ .

W elemencie czterowęzłowym są wyznaczane trzy pomocnicze punkty: pierwszy na środku boku I-L, drugi na środku boku J-K i trzeci na środku boku K-L. Oś  $x'$  jest wyznaczona pierwszym i drugim punktem, a oś  $y'$  leży w płaszczyźnie wyznaczonej przez te trzy węzły i jest skierowana do



trzeciego punktu pomocniczego. Dzięki takiej definicji układu współrzędnych możliwe są odchylenia węzłów elementu od płaszczyzny  $x' - y'$ .

W elemencie pięciowęzłowym są wyznaczane dwa punkty pomocnicze: na środku boku I-J i na środku boku K-L. Punkty te wyznaczają lokalną oś  $x'$ . Oś  $y'$  leży w płaszczyźnie wyznaczonej przez te dwa punkty pomocnicze i piąty węzeł elementu. Oś  $y'$  jest skierowana do piątego węzła elementu. Również w tym przypadku taka definicja układu współrzędnych pozwala na odchylenia węzłów elementu od płaszczyzny  $x' - y'$ .

W lokalnym układzie współrzędnych  $x', y'$  w każdym węźle przyjęto sześć stopni swobody; trzy przemieszczenia liniowe ( $u, v, w$ ) i trzy przemieszczenia kątowe ( $\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$ ).

$$\{q\} = \{u, v, w, \varphi_x, \varphi_y, \varphi_z\}^T$$

Przemieszczenia  $\{u, v\}^T$  są odpowiedzialne za stan tarczowy, a przemieszczenia  $\{w, \varphi_x, \varphi_y\}^T$  za stan płytowy (zgięciowy). Kąt  $\varphi_z$  nie jest związany z żadnym stanem, jest niezależny. Macierz sztywności elementu powłokowego można, zatem wyznaczyć przez odpowiednie złożenie wyrazów macierzy sztywności elementu tarczowego i elementu płytowego. Niezależnemu kątowi  $\varphi_z$  przyporządkowano sieć sztucznych sztywności zależnych od wielkości elementu, jego grubości i danych materiałowych. Takie podejście pozwala dokonać transformacji macierzy sztywności wyznaczonej w lokalnym układzie do układu globalnego ( $X, Y, Z$ ) bez wprowadzania liniowej zależności wyrazów macierzy sztywności. Macierz posiadająca liniową zależność wyrazów jest macierzą osobliwą i jako taka nie pozwala rozwiązać układu równań.

$$[k_e^G] = [T]^T [k_e] [T]$$

gdzie:

$[T]$  – macierz transformacji z układu elementowego do globalnego.

Po transformacji do układu globalnego macierze sztywności kolejnych elementów mogą być agregowane do macierzy sztywności struktury, a po dodaniu warunków brzegowych do macierzy układu.

Wprowadzenie sieci sztucznych sztywności odpowiadających kątowi  $\varphi_z$  narzuca pewne ograniczenia modelowe. Mianowicie do węzła leżącego wewnątrz płaskiego fragmentu nie można przykładać skupionego momentu o kierunku prostopadłym do tego miejsca. Podobnie w takim miejscu nie można wprowadzać podpory o składowej odbierającej obrót wokół osi prostopadłej do tego fragmentu.

Wprowadzenie opisu elementu powłokowego w jego własnym układzie powoduje, że siły wewnętrzne też będą opisane w układzie elementowym. Dla stanu tarczowego będą to trzy składowe tensora naprężeń. Naprężenia te będą stałe na grubości elementu.

$$\{\sigma^t\} = \begin{Bmatrix} \sigma_{x'}^t \\ \sigma_{y'}^t \\ \tau_{x'y'}^t \end{Bmatrix}$$

Dla stanu płytowego siłami wewnętrznymi są trzy momenty też tworzące tensor.

$$\{m^p\} = \begin{Bmatrix} m_{x'} \\ m_{y'} \\ m_{x'y'} \end{Bmatrix}$$

Momenty te wywołują naprężenia, które na grubości elementu zmieniają się liniowo:

$$\{\sigma^p(z)\} = \begin{Bmatrix} \sigma_{x'}^p(z) \\ \sigma_{y'}^p(z) \\ \tau_{x'y'}^p(z) \end{Bmatrix} = \frac{12z}{g^3} \begin{Bmatrix} m_{y'} \\ m_{x'} \\ m_{x'y'} \end{Bmatrix}$$

gdzie:

$g$  - grubość elementu,

$z$  - współrzędna w układzie elementowym,

Wzór pokazano w konwencji wektorowej momentów.

Maksymalne naprężenia stanu płytowego będą na powierzchniach elementu o współrzędnych  $+g/2$  i  $-g/2$ . Naprężenia można zsumować ze stanem tarczowym otrzymując osobny tensor naprężeń dla strony (+) i strony (-) elementu powłokowego.

$$\{\sigma^{(+)}\} = \begin{Bmatrix} \sigma_{x'}^{(+)} \\ \sigma_{y'}^{(+)} \\ \tau_{x'y'}^{(+)} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \sigma_{x'}^t + \frac{6m_{y'}}{g^2} \\ \sigma_{y'}^t + \frac{6m_{x'}}{g^2} \\ \tau_{x'y'}^t + \frac{6m_{x'y'}}{g^2} \end{Bmatrix}$$

$$\{\sigma^{(-)}\} = \begin{Bmatrix} \sigma_{x'}^{(-)} \\ \sigma_{y'}^{(-)} \\ \tau_{x'y'}^{(-)} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \sigma_{x'}^t - \frac{6m_{y'}}{g^2} \\ \sigma_{y'}^t - \frac{6m_{x'}}{g^2} \\ \tau_{x'y'}^t - \frac{6m_{x'y'}}{g^2} \end{Bmatrix}$$

Ponieważ składowe stanu naprężenia są zależne od przyjętego układu współrzędnych, a w każdym elemencie może być on inaczej ustawiony, stąd w programie Obiekt3D przewidziano definiowanie wspólnego układu współrzędnych dla wybranych fragmentów modelu.

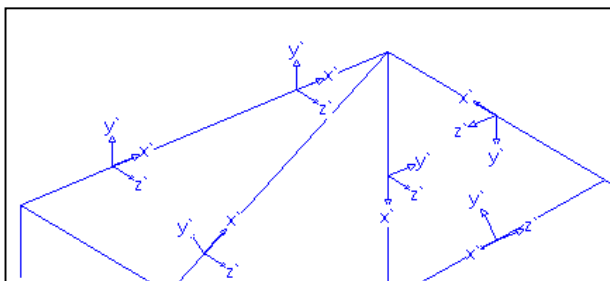
Na powierzchniach elementu panuje Płaski Stan Naprężenia, dla którego można wyznaczyć naprężenia główne oraz naprężenia redukowane np. wg hipotezy Hubera – Missesa.

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_{x'}^2 + \sigma_{y'}^2 - \sigma_{x'}\sigma_{y'} + 3\tau_{x'y'}^2}$$

W programie ABC Obiekt3D naprężenia są pokazywane osobno dla strony (+) i strony (-) elementu, stąd ważna jest spójność stron. W programie stronom przyporządkowano kolory: stronie (+) kolor żółty, a stronie (-) kolor zielony. Przygotowując dane użytkownik musi zadbać o to, aby kolory wszystkich elementów od wnętrza np. zbiornika były jednakowe. Sprawa komplikuje się w przypadku przegród, ale i wtedy przynajmniej w elementach przegrody musi być spójność stron.



Drugim typem elementu, który może być używany w modelowaniu obiektowym jest element prętowy. On też jest opisany w elementowym układzie współrzędnych. Elementowa oś  $x'$  jest skierowana wzdłuż elementu od węzła I do węzła J. Elementowe osie  $y'$  i  $z'$  są z kolei głównymi, centralnymi osiami bezwładności przekroju. Ich położenie ustala użytkownik w trakcie zadawania przekroju elementom



prętowym. W przypadku elementu prętowego wszystkie sześć stopni swobody są opisane odpowiednimi wyrazami macierzy sztywności i dlatego transformacja do układu głównego jest wykonywana bez kłopotu. Ponieważ ugięcia elementu prętowego i elementu powłokowego są opisane wielomianami tego samego rzędu można elementy prętowe łączyć z elementami powłokowymi prowadząc je po krawędziach elementów powierzchniowych. Elementy prętowe tworzą wtedy użebrowanie powłoki. Niezależnie od tego można z elementów prętowych tworzyć układy prętowe współpracujące z elementami powłokowymi np. prętowy układ wsporczy zbiornika zamodelowanego powłokowo.

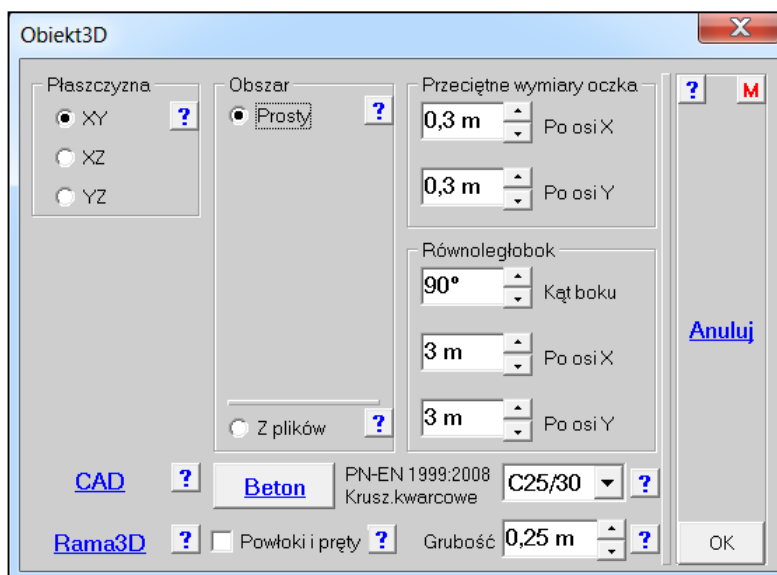
W elementach prętowych można wprowadzać na końcach przeguby, można zadawać im cechy cięgien i wtedy stają się one elementami kratownicowymi.

W zadaniach obiektowych można wprowadzać podparcie w węzłach i podparcie na podłożu przykładanym do elementów powłokowych. Liczba składowych podporowych odpowiada liczbie stopni swobody, czyli mogą być trzy podpory liniowe i trzy składowe utwierdzeniowe (odbierające kąty obrotów wokół osi). W przypadku podłoża można zadać składową prostopadłą do elementu oraz składową styczną. Można wprowadzić trzy typy podłoża: podłoże rzeczywiste uwarstwione, dwuparametrowe podłoże jednorodne i tradycyjne podłoże Winklera. Pierwsze dwa typy podłoża mogą być przykładane tylko do poziomych części modelu, natomiast podłoże Winklera do dowolnie zorientowanych elementów.

## C 30. Modelowanie powłoki

Po wybraniu przycisku [Nowe zadanie](#) i wprowadzeniu nazwy zadania oraz po kliknięciu, na planszy nazwy, przycisku [OK] otrzymuje się okno startowe nowego zadania. Jeśli było to pierwsze zadanie po instalacji programu, to zawsze pokaże się porada z opisem modelu typu Obiekt3D. Dopóki nie kliknie się włącznika „Nie pokazuj więcej”, ta porada będzie pokazywała się przy każdym nowym zadaniu.

Po zamknięciu okna porady przyciskiem [OK] pozostanie tylko plansza startowa. Domyślnie modelowanie rozpoczyna się od obiektu czysto powłokowego. Włącznikiem „Powłoka i pręty” można od razu zadeklarować, że model będzie mieszany i będzie się składał z elementów powłokowych i prętowych. W menu [Ogólne](#) modułu DANE jest opcja **Pręty + Płaskie**, którą w każdej chwili można włączyć pręty do modelu.



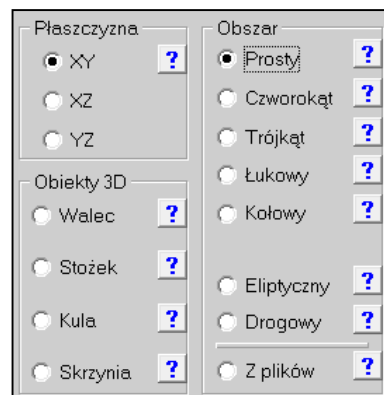
Przyciskiem [Rama3D](#) można zamknąć tę planszę i otworzyć planszę startową ramy przestrzennej. Takie zadanie nadal będzie traktowane jako powłoka połączona z elementami prętowymi, chociaż nie będzie w nim żadnych elementów powłokowych, ale będzie mogło być czytane przez program Rama3D.

Przy pierwszym uruchomieniu program zaproponuje beton typu C\*/\*, którego klasę będzie można wybrać. Przyciskiem [Beton](#) można zmienić materiał na stal o danych wg PN-EN 1993-1-1. Rodzaj materiału jest pamiętany i będzie podpowiadany w następnych modelach. W menu **Materiał** będzie można zawsze zmienić materiał. Dla betonu domyślną grubością jest 0,25 m, dla stali 0,01 m.

W okienku „Grubość” można zadać wstępną grubość elementów powłokowych. Również grubość może być później na bieżąco zmieniana.

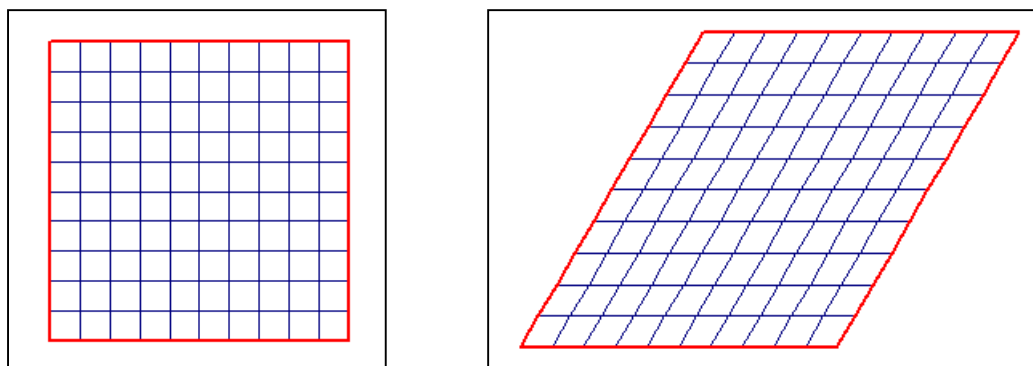
Jeśli początkowy obszar będzie płaski to można zmienić płaszczyznę główną wybierając XY, XZ lub YZ. Należy pamiętać, że domyślnie osie X i Y są poziome, a oś Z jest pionowa i skierowana do góry. Na wstępnej planszy będzie można zadać tylko obszar prosty (kwadrat, prostokąt lub równoległobok) lub odczytać model z plików. Można też wczytać podkład CAD zapisany w formacie DXF i wykorzystać go przy tworzeniu siatki.

Po włączeniu przycisku [M] zwiększy się liczba możliwości w polu „Obszar” i pojawią się możliwości wywołania generatorów modeli przestrzennych - „Obiekty 3D”. Dla tych generatorów nie mają znaczenia ustawienia w polu „Płaszczyzna”.



### 30.1. Obszar Prosty

Obszar prosty może być prostokątem lub równoległobokiem. Będzie to zależało od wartości kąta boku. Kąt odmierzany jest od podstawy przeciwnie do ruchu wskazówek zegara. Poniżej pokazano siatkę kwadratową i równoległoboku o kącie boku równym  $60^\circ$  i tej samej podstawie i wysokości co obszar kwadratowy.



W polu „Równoległobok” są trzy okienka, w których można wprowadzić kąt nachylenia pionowego boku obszaru (w orientacji ekranu monitora), jego szerokość – w kierunku osi X i wysokość w kierunku osi Y.

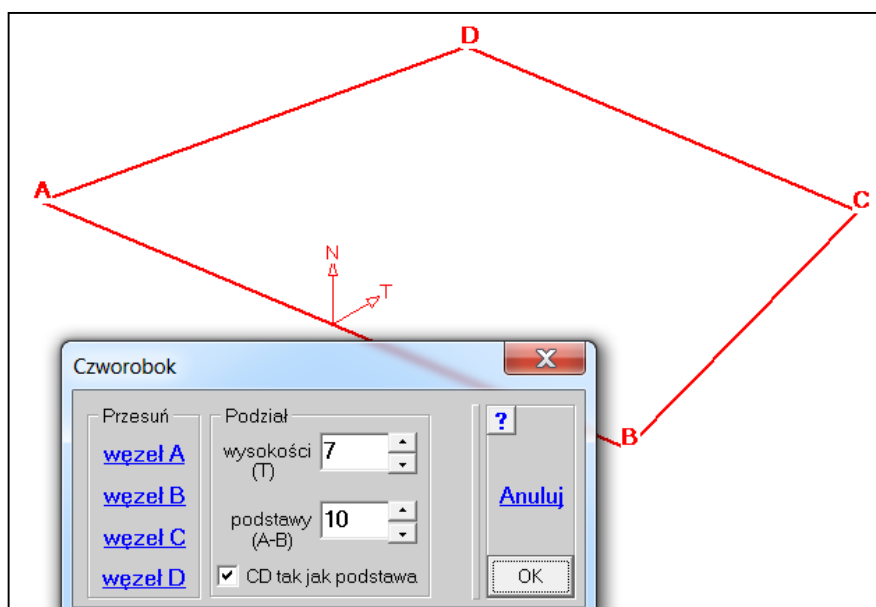
Naciskając przycisk [OK] otrzymuje się od razu siatkę dla tak zadanego obszaru równoległobocznego. Dalej będzie omawiane zadanie A\_Pierwsze (folderze \Przykłady\_Ob3D) którego model powstał w ten właśnie sposób.

### 30.2. Obszar czworokątny

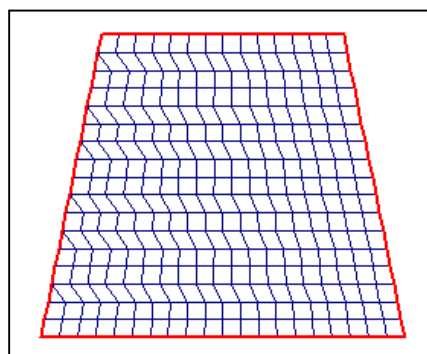
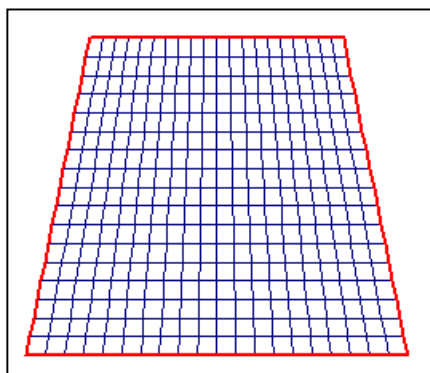
Dla obszaru czworokątnego zamiast kąta podaje się długości podstaw i wysokość i po kliknięciu w [OK] program narysuje trapez równoramienny i pokaże okno w którym będzie można przesunąć wierzchołki trapezu ([węzeł A](#), [węzeł B](#), [węzeł C](#), [węzeł D](#)) przyjąć podział podstawy i wysokości oraz zdecydować czy obie podstawy mają być podzielone na tę samą liczbę części.

Wybierając przyciski [węzeł A](#), [węzeł B](#), [węzeł C](#), [węzeł D](#) pokaże się okno przesuwania węzłów, przy pomocy którego można ustalić nowe położenie narożników. Opis tego okna będzie zamieszczony w rozdziale poświęconemu węzłom.

Po wciśnięciu [OK] otrzymano siatkę pokazaną po lewej stronie. Jeśli wyłączono „CD tak jak podstawa”, to siatka będzie wyglądała tak jak po prawej stronie.

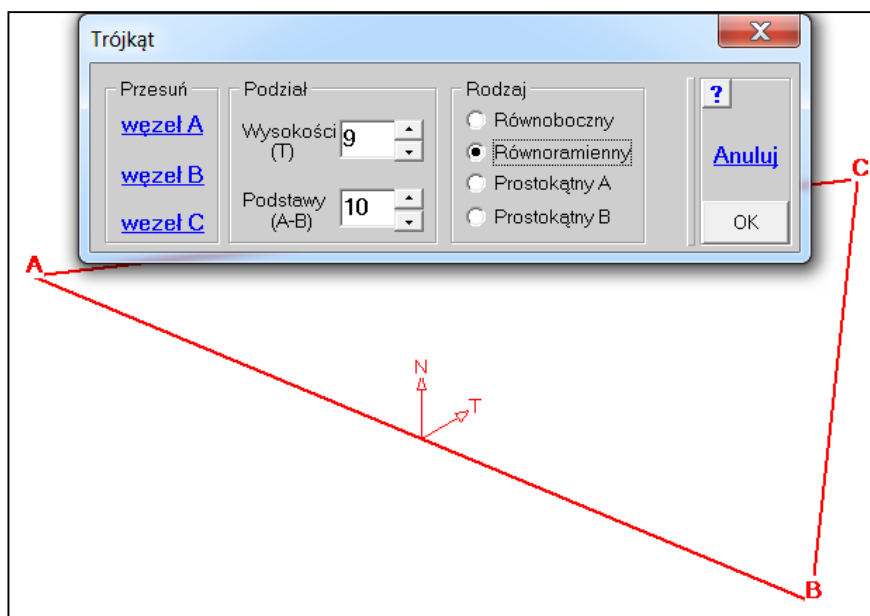


W folderze \Przykłady\_Ob3D znajdują się dwa zadania Trapez\_R, w którym wprowadzono podział z warunkiem „CD tak jak podstawa” oraz Trapez\_N, w którym ten warunek był wyłączony. W tym zadaniu podział przyjęto taki, aby zachować średnie wymiary oczka. Oba zadania będą szczegółowo omówione dalej.



### 30.3. Obszar trójkątny

Drugim obszarem, który można zadawać po włączeniu wszystkich możliwości planszy startowej jest obszar trójkątny. W predefinicji zadaje się jedynie wysokość (w kierunku osi Y) i wielkość podstawy (po osi X). Po naciśnięciu przycisku [OK] pokaże się kontur obszaru oraz plansza możliwości modyfikacji.

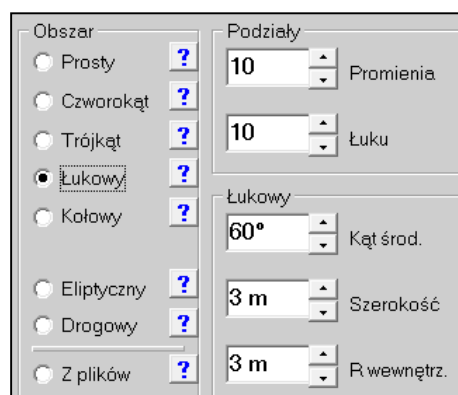


Przyciskami [węzeł A](#), [węzeł B](#) i [węzeł C](#) w polu „Przesuń” można zmienić położenie odpowiednich wierzchołków trójkąta. W polu „Podział” ustawia się podział wysokości i podział podstawy. Ponadto można utworzyć regularny obszar trójkątny wybrany z jednej z czterech możliwości pola „Rodzaj”.

W folderze \Przykłady\_Ob3D znajdują się przykładowe siatki trójkątne. Nie są to pełne zadania. W przykładzie Trojkat\_A jest siatka trójkątna równoboczna, w przykładzie Trojkat\_B znajduje się siatka trójkątna równoramienna, w przykładzie Trojkat\_C jest siatka trójkątna prostokątna i do tego równoramienna, a w przykładzie Trojkat\_D jest siatka dla dowolnego trójkąta.

### 30.4. Obszar łukowy

Trzecim obszarem, który można zadawać po włączeniu wszystkich możliwości planszy startowej jest obszar łukowy. W predefinicji zadaje się tylko kąt środkowy łuku, promień wewnętrzny łuku i jego szerokość. Przyjmuje się, że łuk ma stałą szerokość. Zamiast wymiarów oczka wprowadza się podział promienia (szerokości łuku) i podział kąta łuku. Podpowiadane wartości są obliczane przy założeniu oczka o wymiarze 0,3 x 0,3 m. Po kliknięciu przycisku [OK] otrzymuje się zarys łuku. Jeśli zostanie wprowadzony kąt środkowy równy 360° to zostanie wygenerowana siatka pierścieniowa.



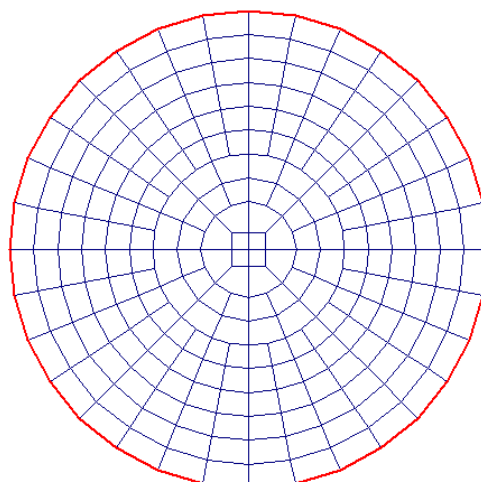
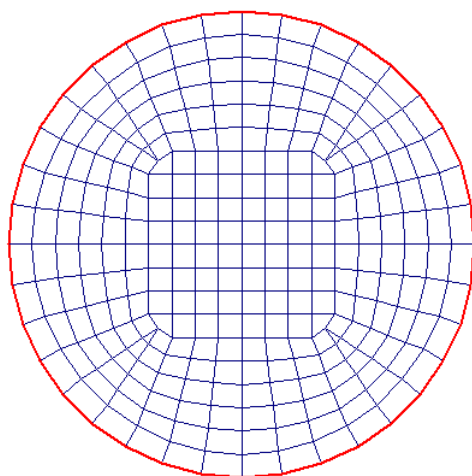
W folderze \Przykłady\_Ob3D znajdują się przykłady siatek łukowych. W przykładzie Luk60\_R pokazano regularną siatkę utworzoną dla domyślnych danych, w przykładzie Luk180\_R pokazano siatkę pół pierścienia regularnego o stałej szerokości, w przykładzie Luk360\_R pokazano siatkę pierścieniową. Wszystkie te przykłady nie są kompletnymi zadaniami tylko przykładami możliwości generacyjnych.

### 30.5. Obszar kołowy

Program ABC Obiekt3D generuje cztery typy siatek dla obszaru kołowego. W zależności od typu podaje się różne parametry i otrzymuje się różne siatki.

Obszar		Podziały	
<input type="radio"/> Prosty	?		
<input type="radio"/> Czworokąt	?		
<input type="radio"/> Trójkąt	?		
<input type="radio"/> Łukowy	?		
<input checked="" type="radio"/> <b>Kołowy</b>	?		
Typ A	?	36	Łuku
<input type="radio"/> Eliptyczny	?		
<input type="radio"/> Drogowy	?		
<input type="radio"/> Z plików	?		
		Kołowy typ A	
		360°	Kąt środ.
		3 m	Promień

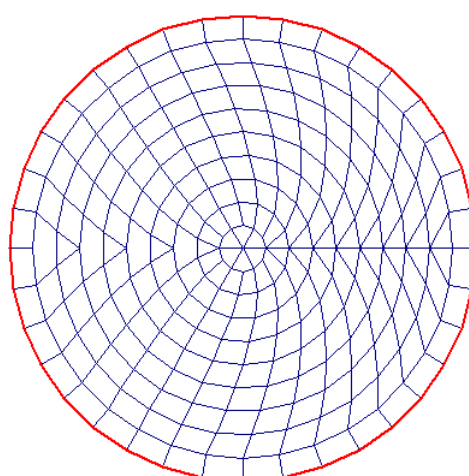
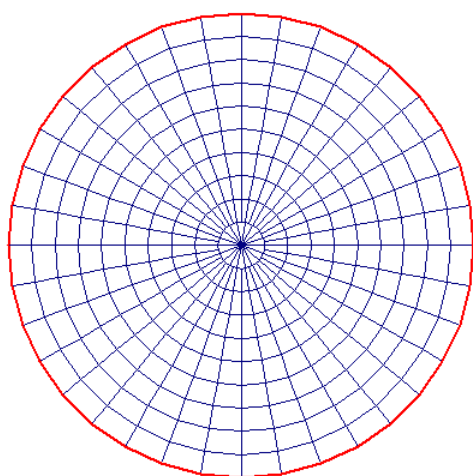
Obszar		Podziały	
<input type="radio"/> Prosty	?	10	Promienia
<input type="radio"/> Czworokąt	?		
<input type="radio"/> Trójkąt	?	64	Łuku
<input type="radio"/> Łukowy	?		
<input checked="" type="radio"/> <b>Kołowy</b>	?		
Typ B	?		
<input type="radio"/> Eliptyczny	?		
<input type="radio"/> Drogowy	?		
<input type="radio"/> Z plików	?		
		Kołowy typ B	
		360°	Kąt środ.
		3 m	Promień



W folderze \Przykłady\_Ob3D znajdują się przykłady siatek Kołowych. W przykładzie Kołowy\_A pokazano siatkę utworzoną po wybraniu typu A. W przykładzie Kołowy\_B pokazano siatkę utworzoną po wybraniu typu B. W przykładzie Kołowy\_C pokazano siatkę utworzoną po wybraniu typu C. W przykładzie Kołowy\_D pokazano siatkę utworzoną po wybraniu typu D, wstępnie dla 90° i następnie dwa razy powielono elementy metodą lustrzanego odbicia.. Wszystkie te przykłady nie są kompletnymi zadaniami tylko przykładami możliwości generacyjnych.

Obszar		Podziały	
<input type="radio"/> Prosty	?	10	Promienia
<input type="radio"/> Czworokąt	?	10	Łuku
<input type="radio"/> Trójkąt	?		
<input type="radio"/> Łukowy	?		
<input checked="" type="radio"/> Kołowy	?		
Typ C	?		
<input type="radio"/> Eliptyczny	?		
<input type="radio"/> Drogowy	?		
<input type="radio"/> Z plików	?		
Kołowy typ C			
60°		Kąt środ.	
3 m		Promień	

Obszar		Podziały	
<input type="radio"/> Prosty	?	10	Promienia
<input type="radio"/> Czworokąt	?	10	Łuku
<input type="radio"/> Trójkąt	?		
<input type="radio"/> Łukowy	?		
<input checked="" type="radio"/> Kołowy	?		
Typ D	?		
<input type="radio"/> Eliptyczny	?		
<input type="radio"/> Drogowy	?		
<input type="radio"/> Z plików	?		
Kołowy typ D			
60°		Kąt środ.	
3 m		Promień	



Tylko obszary typu C i D mogą być wycinkami koła o dowolnym kącie środkowym. W obszarach typu A i B wycinki kołowe muszą być wielokrotnością kąta prostego.





W zadaniu Drogowy\_2 przyjęto, że jest to przejście z odcinka prostego w łuk. Przyjęto długość łuku równą 50 m i podział osiowy równy 1 m. Promień łuku jest równy 100 m.

W zadaniu Drogowy\_3 przyjęto, że jest to przejście z odcinka łukowego w prosty. Przyjęto takie same dane jak poprzednio, tylko dodano kąt pierwszego promienia równy 90°.

W zadaniu Drogowy\_4 przyjęto, że jest jezdnia łukowa o promieniu 100 metrów i długości łuku 50 m. Kąt pierwszego promienia jest równy 90° w stosunku do stycznej do osi jezdni.

Odcinek

☐ Prosty

☒ Prosty→Łuk

☐ Łuk→Prosty

☐ Łukowy

Dane dla osi jezdni

Długość łuku: 50

Podział osiowy: 1

Promień łuku: 100 m

Odcinek

☐ Prosty

☐ Prosty→Łuk

☐ Łuk→Prosty

☒ Łukowy

Dane dla osi jezdni

Długość łuku: 50 m

Podział osiowy: 1 m

Promień łuku: 100 m

Kąt pierwszego promienia: 90°

### 30.8. Czytanie z plików

Program ABC Obiekt3D pozwala wczytać model z plików tekstowych. Z plików można też dodawać nowe obszary do istniejącego już modelu. Potrzebne są dwa lub trzy pliki. Pierwszy ze współzrędnymi węzłów i następne z opisem elementów. Pliki są tekstowe i mają podobną strukturę. W pierwszym wierszu jest słowny komentarz, a potem są linie z danymi. W pliku ze współzrędnymi będzie to kolejny numer węzła i jego współrzędne X, Y i Z. W pliku z opisem elementów płaskich będzie to kolejny numer elementu, pięć numerów węzłów tworzących element i jego grubość. Jeśli element jest czworokątem to piąty numer jest zerem. Jeśli element jest trójkątem to dwa ostatnie numery są zerami. Linia opisu elementu prętowego obejmuje numer kolejny, dwa numery węzłów, dwa zera, numer materiału i numer przekroju.

Pliki można przygotować dowolnym edytorem tekstowym (dość pracochłonne zajęcie) lub innym programem. Można je też utworzyć w innym zadaniu ABC wywołując opcję Zapisz do plików.

Po wybraniu przełącznika „Z plików” pokaże się plansza, i okno wyboru pliku tekstowego z opisem węzłów. Po wybraniu pliku zostanie on odczytany i jego zawartość wyświetlony w lewym oknie. Jeśli dane nie są dobre, przyciskiem [Węzły](#) można odczytać inny plik. Natomiast jeśli jest dobry to przyciskiem [Dobre](#) można przejść do czytania pliku/plików z opisem elementów.

Czytanie modelu z plików tekstowych

Węzły - 3D			
1	0,0	0,0	0,0
2	0,286	0,0	0,0
3	0,571	0,0	0,0
4	0,857	0,0	0,0
5	1,143	0,0	0,0
6	1,429	0,0	0,0
7	1,714	0,0	0,0
8	2	0,0	0,0
9	2,286	0,0	0,0
10	2,571	0,0	0,0
11	2,857	0,0	0,0
12	3,143	0,0	0,0
13	3,429	0,0	0,0
14	3,714	0,0	0,0
15	4	0,0	0,0
16	0,0	0,273	0,0
17	0,286	0,273	0,0
18	0,571	0,273	0,0
19	0,857	0,273	0,0

[Węzły](#)    Węzłów: 530    [Dobre](#)

W zadaniach typu Obiekt3D można wczytać zarówno pliki z opisem elementów powłokowych jak i prętowych. Po kliknięciu w przycisk [Dobre](#) leżący na poziomie przycisku [Węzły](#) uaktywnią się przyciski [Pręty](#) i [Płaskie](#).

<a href="#">Węzły</a>	Węzłów: 530	<a href="#">Dobre</a>
<a href="#">Pręty</a>		<a href="#">Dobre</a>
<a href="#">Płaskie</a>		<a href="#">Dobre</a>

Można teraz wybrać plik z opisem elementów powłokowych lub plik z opisem prętów. Po odczytaniu pliku z opisem elementów będzie można potwierdzić jego poprawność i wtedy uaktywni się najniższy przycisk [Koniec](#). Jeśli on zostanie wciśnięty program przejdzie do dalszych działań na planszy. Można też wczytać inne pliki z opisem innych elementów.

<a href="#">Węzły</a>	Węzłów: 530	<a href="#">Dobre</a>
<a href="#">Pręty</a>		<a href="#">Dobre</a>
<a href="#">Płaskie</a>	Płaskich: 504	<a href="#">Dobre</a>
		<a href="#">Koniec</a>

Jeśli dane są poprawne to przyciskiem [Koniec](#) można otworzyć ramkę zmian i skalowania. Przycisk [Zmiana wsp.](#) pozwala przeskalować współrzędne przez wartość z okna powyżej. Współrzędne w programie ABC muszą być w metrach, a skalowanie pozwoli odczytać nawet wartości w calach. Poza zmianą jednostki można ustawić siatkę do źródła (0,0,0), można też dodać dowolną wartość do wybranych współrzędnych. Wystarczy wprowadzić niezerową wartość do okna a uaktywni się odpowiedni przycisk. Przełącznikiem „Stały format” można zmienić sposób wyświetlania współrzędnych węzłów.

Czytanie modelu z plików tekstowych

Węzły - 3D

1	0,0	0,0	0,0
2	0,286	0,0	0,0
3	0,571	0,0	0,0
4	0,857	0,0	0,0
5	1,143	0,0	0,0
6	1,429	0,0	0,0
7	1,714	0,0	0,0
8	2	0,0	0,0
9	2,286	0,0	0,0
10	2,571	0,0	0,0
11	2,857	0,0	0,0
12	3,143	0,0	0,0
13	3,429	0,0	0,0
14	3,714	0,0	0,0
15	4	0,0	0,0
16	0,0	0,273	0,0
17	0,286	0,273	0,0
18	0,571	0,273	0,0
19	0,857	0,273	0,0

Powłoki - 3D

1	1	2	17	16	0	0.0000
2	2	3	18	17	0	0.0000
3	3	4	19	18	0	0.0000
4	4	5	20	19	0	0.0000
5	5	6	21	20	0	0.0000
6	6	7	22	21	0	0.0000
7	7	8	23	22	0	0.0000

Model

X - (0,0 / 4)m    Do X 0,0 m

Y - (0,0 / 3)m    Do Y 0,0 m

Z - (0,0 / 2)m    Do Z 0,0 m

1x

[Zmiana wsp.](#) 0,0,0

Czytaj

<a href="#">Węzły</a>	Węzłów: 530	<a href="#">Dobre</a>
<a href="#">Pręty</a>		<a href="#">Dobre</a>
<a href="#">Płaskie</a>	Płaskich: 504	<a href="#">Dobre</a>
		<a href="#">Koniec</a>

[?](#)

☐ Stały format

[Anuluj](#)

[OK](#)

Zadanie Obiekt\_Z\_Plikow powstał przez wczytanie plików Węzly\_Ob3D.txt i Płaskie\_Ob3D.txt. Oba te pliki znajdują się w folderze \Przykłady\_Ob3D.

## 30.9. Obszar walcowy

Po włączeniu pozycji „Walec” pokaże się plansza definicji obszaru walcowego. Na tej planszy poza walcem można zdefiniować obszar beczkowe jak również obiekty obrotowe o dowolnej tworzącej.

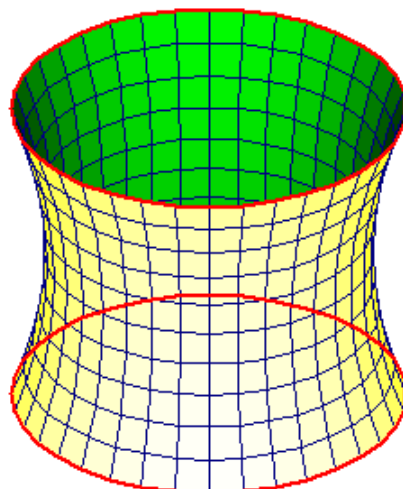
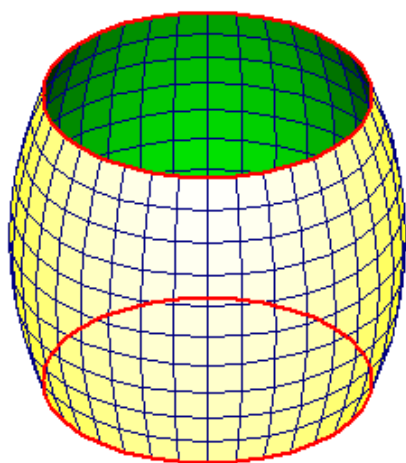
Dla walca podaje się wysokość i podział wysokości, następnie promień podstawy, kąt walca i podział kąta. Jeśli obszar walcowy ma być połączony z innym obszarem obrotowym to trzeba zapewnić identyczność podziału kątów. Jest to szczególnie ważne w dennicach gdzie podział kąta nie może być dowolny, dlatego też należy dobrze przemyśleć modelowanie takiego obiektu. Obiekt walcowy może mieć stałą grubość lub zmienną z wysokością. Po włączeniu "Grubość zmienna z wysokością" można wpisać grubość przy podstawie i na wysokości H.

W zadaniu Walec\_1 utworzono walec o osi zgodnej z główną osią Z.

Dla obszaru beczkowego podaje się jeszcze promień w połowie wysokości. Jeśli będzie to promień większy od promienia podstawy otrzyma się klasyczny kształt beczki. W zadaniu Walcowy\_2 jest właśnie beczka wypukła. Można też zadać promień mniejszy od podstawy i wtedy powstanie powierzchnia siodłowa (beczka wklęsła). W zadaniu Walcowy\_3 jest beczka wklęsła.

Na planszy podaje się też punkt, od którego ma zaczynać się oś walca, oraz wybiera się oś układu współrzędnych, do której ma być równoległa oś walca. Poniżej pokazano siatki beczki zwykłej i wklęsłej.

Wybierając przełącznik „Pobocznica” należy wcześniej przygotować plik tekstowy w którym w pierwszej linii będzie opis pliku, w następnych powinny być kolejne numery linii, dalej współrzędna promieniowa i poosiowa. Liczba punktów poboczniczy nie jest ograniczona. Po wczytaniu tego pliku pokażą się takie dane jak Wysokość, podział wysokości i promień podstawy odczytane z pliku. Będzie można tylko wprowadzić kąt obrotu i podział kąta. W folderze |Przykłady\_Ob3D jest plik Pobocznica.txt i zadanie Walcowy\_4, który powstał po wczytaniu tego pliku.



### 30.10. Obszar stożkowy

Po włączeniu pozycji „Stożek” pokaże się plansza, na której można zdefiniować parametry stożka. Może to być stożek zwykły lub ścięty. W stożku podaje się promień podstawy, wysokość i jej podział, kąt obwodowy i jego podział. W stożku ściętym podaje się jeszcze drugi promień. Może on być mniejszy od promienia podstawy lub większy. Jeśli stożek ma być połączony z innym obszarem obrotowym to należy zapewnić taki sam podział kąta obwodowego obu obszarów. Pozwoli to na automatyczne połączenie węzłów na linii styku. Podział obwodowy jest szczególnie ważny, jeśli stożek jest łączony z obszarem z rodziny kul (półkulą lub dennicą eliptyczną). W tej rodzinie podział obwodowy nie jest dowolny.

Oś stożka przechodzi przez zadany punkt i może być ustawiona zgodnie lub przeciwnie z jedną z osi głównego układu współrzędnych. Dalej pokazano przykładowe obszary stożka zwykłego i stożka ściętego.

Grubość pobocznic może być stała na wysokości lub zmienna. Po włączeniu "Grubość zmienna z wysokością" można wpisać grubość przy podstawie i na wysokości H.

**Stożek**

Opis grupy

☐ Stożek ścięty

3 m Promień podstawy

3 m Wysokość H

10 Podział wysokości

360 Kąt obwodowy

36 Podział obwodowy

Wsp.środką podstawy

X 0 m Y 0 m Z 0 m

Grubość 0,25 m

Oś stożka zgodna z

☐ +X ☐ -X

☐ +Y ☐ -Y

☒ +Z ☐ -Z

☐ Grubość zmienna z wysokością

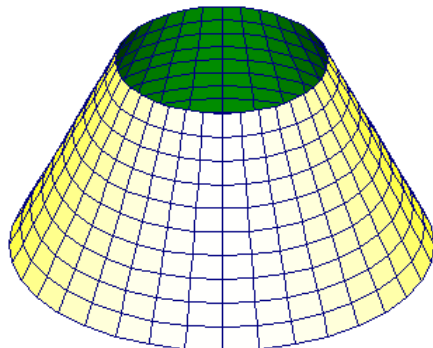
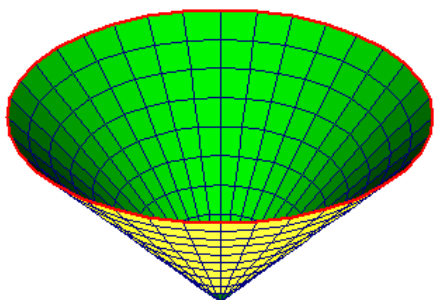
Anuluj

OK

☒ Grubość zmienna z wysokością

przy podstawie 0,25 m na wysokości H=3 m 0,1 m

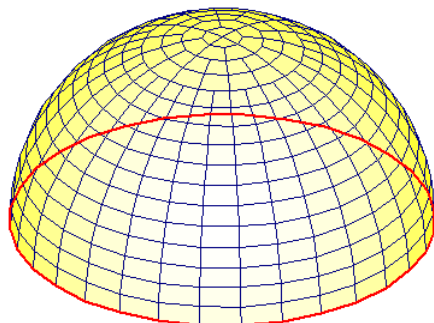
W zadaniu Stozkowy\_1 utworzono stożek o wierzchołku skierowanym do dołu, a w zadaniu Stozkowy\_2 utworzono siatkę stożka ściętego.



### 30.11. Obszar kulisty

Po włączeniu pozycji „Kula” pokaże się plansza, na której można zdefiniować siatkę kuli, półkuli, odcinka kulistego i warstwę kuli oraz dennicę eliptyczną. Dla kuli i półkuli zadaje się promień oraz kąt obwodowy. Można wybrać 360°, 180° lub 90°. Następnie zadaje się podział południka – ten może być dowolny, oraz wybiera podział obwodowy. Podział obwodowy nie może być dowolny. Zarówno dla kuli jak i półkuli określa się oś, która może być zgodna lub przeciwna z jedną z osi układu globalnego oraz zadaje się współrzędną punktu, który jest środkiem kuli.

W zadaniu Kulisty\_1 jest pełna kula.



**Kula i formy kuliste**
X

Opis grupy

☒ Kula  
☐ Półkula

☐ Odcinek  
☐ Warstwa

☐ Dennica eliptyczna

3 m

Promień

16

Podział południka

360°

Kąt obwodowy

64

Podział obwodowy

Wsp.środk

X

0 m

Y

0 m

Z

0 m

Grubość

0,25 m

Oś równoległa do

☐ +X  
☐ +Y  
☒ +Z

[Anuluj](#)  
  

OK

☐ Kula  
☒ Półkula

☐ Odcinek  
☐ Warstwa

☐ Dennica eliptyczna

3 m

Promień

16

Podział południka

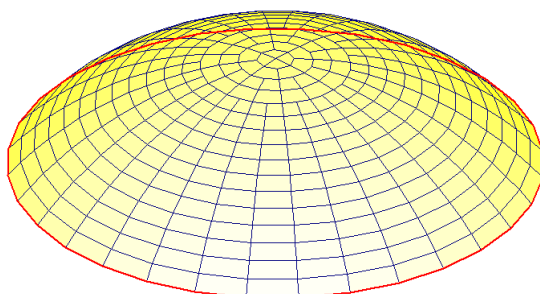
360°

Kąt obwodowy

32

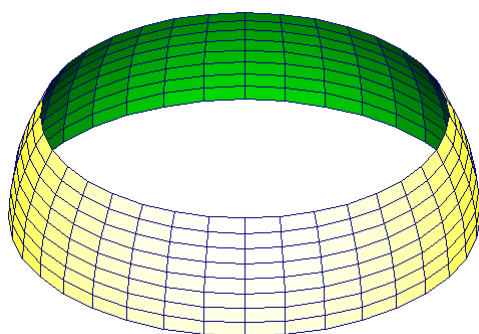
Podział obwodowy

W zadaniu Kulisty\_2 jest półkula o danych pokazanych obok.



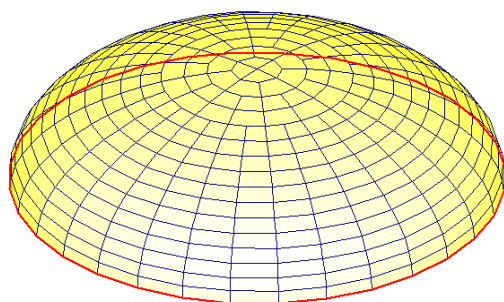
<input type="radio"/> Kula	<input checked="" type="radio"/> Odcinek	<input type="radio"/> Dennica eliptyczna
<input type="radio"/> Półkula	<input type="radio"/> Warstwa	
3 m	Promień	360° Kąt obwodowy
1 m	Wysokość	
16	Podział południka	32 Podział obwodowy

W zadaniu Kulisty\_3 jest odcinek kuli utworzony dla danych pokazanych na planszy.



<input type="radio"/> Kula	<input type="radio"/> Odcinek	<input type="radio"/> Dennica eliptyczna
<input type="radio"/> Półkula	<input checked="" type="radio"/> Warstwa	
3 m	Promień	360° Kąt obwodowy
1 m	Wysokość	0 m Współrzędna podstawy
6	Podział południka	36 Podział obwodowy

W zadaniu Kulisty\_4 pokazano Warstwę kulistą utworzoną dla danych pokazanych obok.



<input type="radio"/> Kula	<input type="radio"/> Odcinek	<input checked="" type="radio"/> Dennica eliptyczna
<input type="radio"/> Półkula	<input type="radio"/> Warstwa	
2 m	Promień	360° Kąt obwodowy
1 m	Wysokość	2 Stosunek podziału
16	Podział południka	32 Podział obwodowy

W przypadku dennicy można zadać stosunek podziału, który będzie sterował szerokością elementów na większej krzywiznie. W zadaniu Kulisty\_5 pokazano dennicę utworzoną dla danych pokazanych obok.

Obiekty kuliste zasadniczo mają stałą grubość, ale w przypadku półkuli, odcinka i warstwy można zadać grubość zmienną z wysokością. Po włączeniu "Grubość zmienna z wysokością" można wpisać grubość przy podstawie i na wysokości H.

<input checked="" type="checkbox"/> Grubość zmienna z wysokością	
przy podstawie	na wysokości H=3 m
0,25 m	0,1 m

## 30.12. Obszar prostopadłościenny

Po włączeniu pozycji „Skrzynia” pokaże się plansza danych opisujących prostopadłościenny zbiornik. Na planszy zadaje się długość, szerokość i wysokość zbiornika i włącza się warunek, że ma być pokrywa. Dla każdego fragmentu zbiornika można wprowadzić inne grubości. Po kliknięciu w przycisk [OK] program utworzy siatkę zbiornika przy zadanym wymiarze oczka.

Obiekt prostopadłościenny

Wymiary

Długość: 4 m

Szerokość: 3 m

Wysokość: 2 m

☐ Z pokrywą

Grubości

Dno: 0,2 m

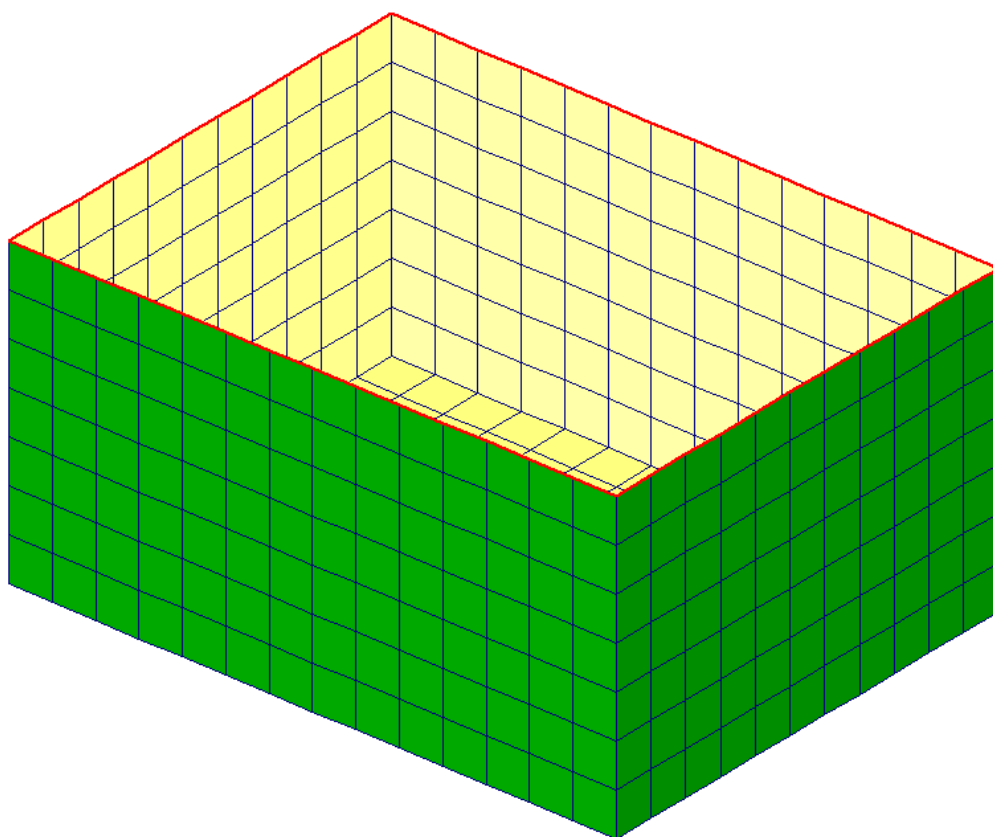
Ściany długie: 0,2 m

Ściany krótkie: 0,2 m

Oczka nie większe niż: 0,3 m

Anuluj

OK



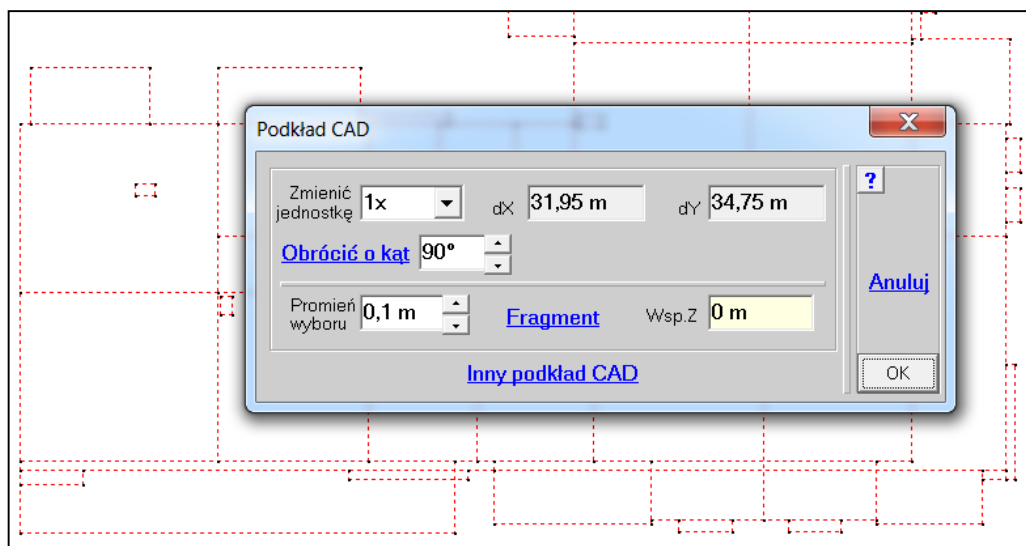
Zadanie Skrzynia zamieszczone w folderze \Przykłady\_Ob3D powstało właśnie w ten sposób. Następnie zapisano go do plików i z nich utworzono zadanie Obiekt\_Z\_Plikow.



### 30.13. Podkład CAD

Podkład CAD w modelu powłokowym można wprowadzić tylko w płaszczyznach głównych. Można go wymieniać wybierając opcję **Podkład CAD** z menu **Ogólne**. Wymiana na nowy podkład będzie możliwa tylko wtedy, kiedy model będzie w rzucie na jedną z płaszczyzn głównych.

Po kliknięciu w przycisk **Podkład CAD** (na planszy startowej) otworzy się okno dialogowe, w którym zostaną wyświetlone tylko pliki o rozszerzeniu .DXF. Po znalezieniu właściwego pliku przyciskiem [Otwórz] można go wczytać. Na ekranie pokaże się rysunek podkładu oraz plansza „Podkład CAD”.



Jeśli wybrano niewłaściwy podkład to przyciskiem **Inny podkład CAD** można powtórnie wywołać okno dialogowe, w którym są nazwy plików .DXF i wybrać inny plik. Przyciskiem **Obróć o kąt** można podkład obrócić o kąt zadany w okienku. Podpowiadany jest kąt 90°. Warto skorzystać z tego przycisku np., aby ustawić podkład tak, aby większy wymiar był poziomy. Przyciskiem **Fragment** można wybrać potrzebny fragment podkładu CAD.

W oknach pokazane są wymiary gabarytowe podkładu. Przy pomocy okna „Zmienić jednostkę” można doprowadzić wymiar dX i dY do właściwej dla metrów jednostki. Można jeszcze ustawić promień wyboru, który przyda się w czasie wybierania punktów podkładu CAD (czarne punkty najczęściej na przecięciach linii) oraz wpisać współrzędną osi prostopadłej do wybranej płaszczyzny głównej.

Po kliknięciu w przycisk [OK] zamyka się plansza „Podkład CAD” i pojawia się ponownie plansza startowa. Pokazuje się ona tym razem na tle podkładu CAD. Z przełączników pola „Obszar” są dostępne tylko kształty: „Prosty”, „Czworokąt” i „Trójkąt”.

Przy włączeniu przełącznika „Prosty” będzie można wygenerować siatkę obejmującą cały obszar podkładu o oczku zadany w polu „Przeciętne wymiary oczka”.

Wybierając „Czworokąt” lub „Trójkąt” należy w pierwszym kroku wskazać odcinek bazowy, a następnie pozostałe dwa punkty dla czworokąta i jeden dla trójkąta. Dalsze postępowanie jest identyczne jak przy wprowadzaniu tych obszarów bez podkładu.

Dla przypomnienia w menu **Pokaż** będą opcje [A]Podkład CAD, którą można włączać i wyłączać podkład, **Cały zarys CAD**, którą można skalować rysunek do całego podkładu, a nie tylko do siatki, oraz opcja **Sprowadź podkład**, którą można zsynchronizować wybrany węzeł z odpowiadającym mu punktem podkładu. Z kolei w menu **Ogólne** będą dwie opcje. **Usuń podkład**, którą można zrezygnować z podkładu oraz **Pokaż CAD**, którą z kolei można wprowadzić nowy podkład.



## C 31. Menu Elementy (powłokowe)

Po utworzeniu pierwszego obszaru zdefiniowanego na planszy startu program pokaże siatkę w stylu „blaszanym”, czyli z wypełnieniem każdego elementu kolorem odpowiednim do widocznej strony elementu. Kolor żółty będzie odpowiadał stronie dodatniej, a kolor zielony stronie ujemnej. Po prawej stronie ekranu pokaże się pole z przyciskami. Liczba tych przycisków będzie zależała od stanu przycisku z czerwoną literą [M]. Przy wyłączonym przycisku liczba możliwości modelowych będzie ograniczona. Po włączeniu tego przycisku będzie można skorzystać ze wszystkich opcji programu. Wybierając przycisk [Elementy](#) otwiera się menu z opcjami, które pozwolą na dodawanie nowych obszarów do modelu, jak również na ich modyfikację

Opcje te pogrupowano w bloki przedzielone poziomymi kreskami. W pierwszym bloku są dwie opcje: **Dodaj ścianę..** i **Dodaj słup..**. Te opcje dodają obiekty pionowe: ścianę lub słup. Opcja **Dodaj słup** będzie dostępna w tym menu jeśli w modelu nie będzie jeszcze żadnych elementów prętowych.

Następna opcja **Dodaj obszar** otwiera obszerne podmenu, z którego można wybrać i zdefiniować kolejny obszar modelu. Opcja **Dodaj płaski** pozwala pojedynczo wprowadzać elementy trójkątne i czworokątne. Opcją **Dodaj z plików..** można wprowadzić nowe fragmenty modelu z plików tekstowych.

Opcja **Dodaj linię..** pozwala wprowadzać dowolnie zorientowane linie podziału lub pozwala też dowolną linią obcinać płaskie fragmenty modelu.

Opcja **Dodaj łuk..** pozwala wprowadzać i modyfikować siatkę dowolnymi łukami i okręgami.

Kolejny blok to opcje dodatkowego podziału wybranych elementów. Można zagęszczać obszar dzieląc każdy element na cztery – **Podziel obszar**, można zagęszczać obszar dzieląc każdy element na dwa – **Podziel pasmo** i można podzielić wybrany element na dwa – opcja **Podziel jeden**.

Opcją **Powiel elementy** można powielać liniowo, obrotowo lub po spirali wybrane elementy. Można też powielić elementy przez odbicie lustrzane.

W bloku opcji związanych z usuwaniem elementów zawsze będzie opcja **Usuń wybrane**. Ponadto mogą być opcje **Skasuj ukryte** i **Przywróć ukryte**. Opcje tego bloku były opisane w rozdziale 17.

Opcją **Zapisz do plików** można model zapisać do plików tekstowych. Ta opcja w tym miejscu będzie dostępna tylko dla modeli czysto powłokowych.

Kolejny blok to opcje związane z ustawianiem stron elementów. Opcją **Zmień stronę** zamienia się strony wybranych elementów, opcją **Ustaw stronę** wprowadza się stałą stronę w wybranym fragmencie modelu, a opcją **Obróć układ** można w ograniczonym zakresie zmienić układ współrzędnych elementów.

Opcją **Podwójne** można wprowadzić do modelu podwójne elementy powłokowe. Będą to dwa elementy o tej samej topologii ale różnym numerze materiału i różnej lub takiej samej grubości.

Dodaj ścianę..  
Dodaj słup..

Dodaj obszar  
Dodaj płaski  
Dodaj z plików..

Dodaj linię..  
Dodaj łuk..  
Dodaj otwór..

Podziel obszar  
Podziel pasmo  
Podziel jeden

Powiel elementy

Usuń wybrane

Zapisz do plików

Zmień stronę  
Ustaw stronę  
Obróć układ

Podwójne

## 31.1. Opcja Dodaj ścianę

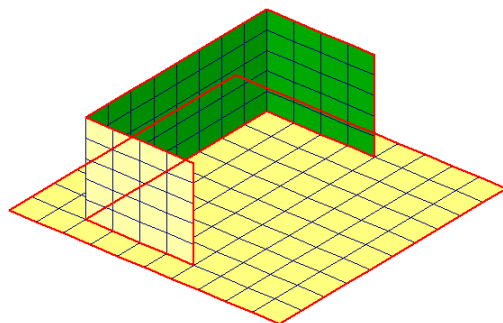
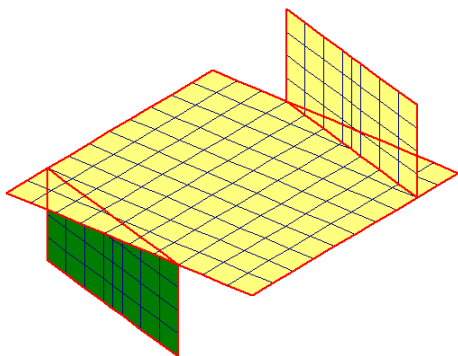
Opcją Dodaj ścianę można wprowadzić do modelu ściany. Jeśli ściany będą wybierane odcinkiem to będą one skierowane w kierunku głównej osi Z, ich podstawy będą musiały być w płaszczyźnie poziomej, równoległej do płaszczyzny X-Y. Przy wysokości dodatniej ściana będzie skierowana zgodnie z osią Z, a przy wysokości ujemnej będzie skierowana przeciwnie. Przy zadaniu linią łamaną lub łukiem podstawa ściany nadal musi być płaska, ale nie musi być pozioma. Kierunek ściany będzie wtedy zależał od konfiguracji trzech pierwszych punktów wyboru i będzie zgodny z regułą prawoskrętności.

Przy zadawaniu ścian pamiętane są linie podstaw wcześniejszych ścian i będą pokazywane, ułatwiając tym wybór kolejnej ściany. Na planszy definicji pokaże się włącznik „Pokaż poprzednie linie ścian”. Wyłączając go kasuje się informację o poprzednio wprowadzonych ścianach.

Po wybraniu opcji Dodaj ścianę najpierw pokaże się plansza definicji ściany. Na planszy zadaje się wysokość ściany, podział wysokości i grubość ściany. Grubość można wybrać z wartości wcześniej już wprowadzonych do modelu lub wpisać nową. Ponadto można wybrać materiał ściany lub wprowadzić do modelu nowy materiał. Ściany można zadawać „Odcinkiem”, „Linią łamaną” lub „Łukiem”. Przy zadawaniu odcinkowym można prostować linię ściany doprowadzając do niej wszystkie węzły leżące nie dalej niż zadana odległość oraz dzieląc potrzebne elementy. Przy wyborze odcinkowym punktami kierunkowymi mogą być węzły już istniejącej siatki lub mogą to być punkty o zadawanych współrzędnych.

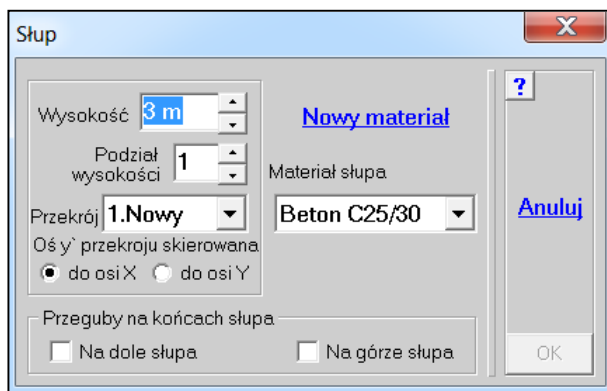
Przy zadawaniu linią łamaną należy wybierać węzły i prowadzić ściany po krawędziach elementów istniejącej siatki. W przeciwnym razie mogą pojawić się linie nieciągłości. Będą one trudne do wykrycia, ponieważ opcja Brzeg ich nie pokaże. Dla ścian łukowych należy przygotować w podstawie krawędź opcją Dodaj łuk..

Na lewym rysunku pokazano ścianę dodaną opcją Odcinek. Nastąpiła modyfikacja poziomej siatki. Po prawej pokazano ścianę dodaną opcją „Linia łamana”.



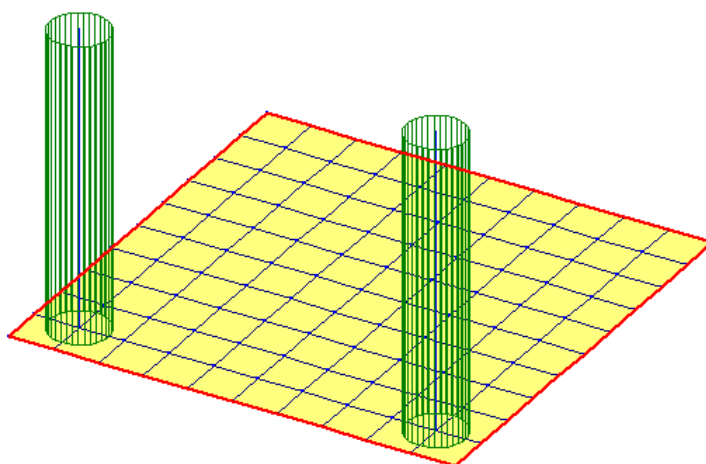
## 31.2. Opcja Dodaj słup

Opcją Dodaj słup można wprowadzić do modelu słupy. Są to elementy prętowe ustawione pionowo w wybranych węzłach. W sytuacji, kiedy w modelu nie ma jeszcze żadnych prętów opcja ta jest umieszczona w menu z elementami powłokowymi. Po zadaniu minimum jednego słupa model staje się złożony (powłokowo - prętowy) pojawi się osobne menu dla elementów prętowych. Opcja Dodaj słup zostaje przeniesiona do tego menu. Samo działanie tej opcji nie zmienia się.



Po wybraniu tej opcji pojawi się plansza z definicją słupa. Należy zadać wysokość słupa; dodatnia będzie tworzyć słupy skierowane do góry, ujemna słupy skierowane w dół. Następnie można zadać podział wysokości. W elementach prętowych nie trzeba wprowadzać podziału pośredniego, ponieważ nie ma on wpływu na dokładność. Natomiast może być potrzeby ze względu na zmniejszenie pasma modelu. W słupie musi być zadany przekrój. Jeśli nie będzie zadanego przekroju to nie będzie dostępny przycisk [OK] i nie będzie można przejść do wyboru węzłów. W polu „Przekrój” zawsze będzie pozycja „Nowy”, którą należy wywołać program MOMBEZ i określić przekrój słupa. Na planszy można też ustawić kierunek lokalnej osi y' przekroju. Jeśli kierunek tej osi nie pokrywa się z główną osią X lub Y to należy wybrać kierunek tymczasowy i potem skorzystać z menu [Przekrój](#) do poprawnego ustawienia przekroju.

Można też wybrać materiał słupa, ale ten jest zawsze podpowiadany. Z planszy definicji można wprowadzić nowy materiał do modelu. Ponadto można wprowadzić przeguby na dole i/lub na górze słupa. Po zamknięciu planszy można zacząć wybierać węzły, przez które będzie przechodzić oś słupa. Na ekranie pokaże się od razu przekrój słupa.



### 31.3. Opcja Dodaj obszar

Opcją Dodaj obszar wywołuje się dość duże podmenu, z którego można wybrać opcje zadawania płaskich obszarów oraz obiektów przestrzennych. W pierwszej grupie są opcje podobne do tych, które były dostępne na planszy startowej. Jednak ich zadawanie będzie inne. W pierwszym krokiem należy wybrać odcinka, tzw. bazę, do której będzie dodawany kolejny obszar. **Bazę należy wybrać w istniejącej siatce co gwarantuje ciągłość nowo dodanego obszaru z resztą modelu.** Można też opisać nowy obszar na zupełnie nowych punktach i otrzymać fragment nie związany z resztą siatki.

W drugiej grupie są opcje, które pozwalają dołączyć do modelu formy osiowosymetryczne.

W trzeciej grupie są też opcje, które pozwalały zacząć modelowanie od obiektów przestrzennych takie jak Walec, Stożek czy Kula.

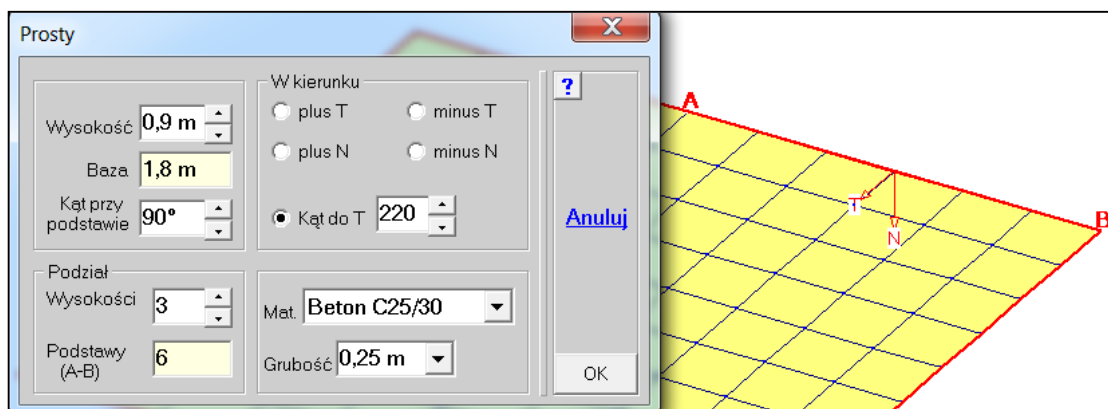
Czwartą grupę stanowią opcje ułatwiające zadawanie elementów rurociągów takich jak Rura, Kolano i Króciec.

Na końcu jest opcja pozwalająca dodawać obszary drogowe.

Prosty
Czworokąt
Trójkątny
Łukowy
Wycinek
Kołowy..
Stożkowy..
Pierścieniowy..
Walec..
Stożek..
Kulę..
Rura..
Kolano..
Króciec..
Drogowy..

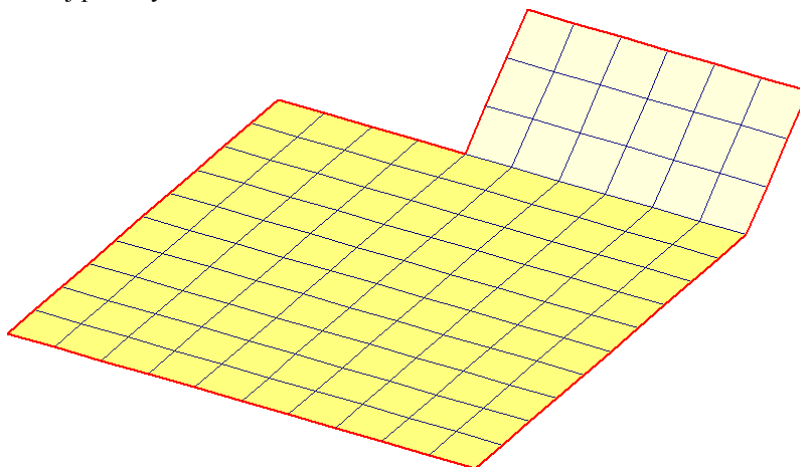
#### 31.3.1. Obszar Prosty

Po wybraniu opcji Prosty najpierw należy wybrać dwa węzły z istniejącej siatki. Jeśli kliknie się obszar poza modelem to wtedy będzie można wpisać współrzędne nowych węzłów. Dwa pierwsze węzły (punkty) tworzą bazę, do której będzie dodawany nowy obszar, a trzeci węzeł, który też może należeć do istniejącej siatki, pozwala określić układ współrzędnych T-N, w którym będzie się definiowało położenie nowego obszaru.



Na planszy definicji należy podać wysokość równoległoboku i kąt przy podstawie z wierzchołkiem w punkcie B. W polu „Podział” można wpisać podział wysokości. Podział podstawy będzie wynikał z wybranego odcinka i pokazuje się tylko informacyjnie. Gdyby punkty A i B były zadane współrzędnymi wtedy w oknie można byłoby wpisać podział bazy. W polu „W kierunku” można wybrać płaszczyznę przechodzącą przez bazę A-B w której zostanie utworzony nowy obszar. Można wybrać położenie główne zgodne z osią T lub N oraz położenie określone kątem nachylenia do osi T. W nowym obszarze można zadać materiał oraz wybrać starą lub wpisać nową grubość.

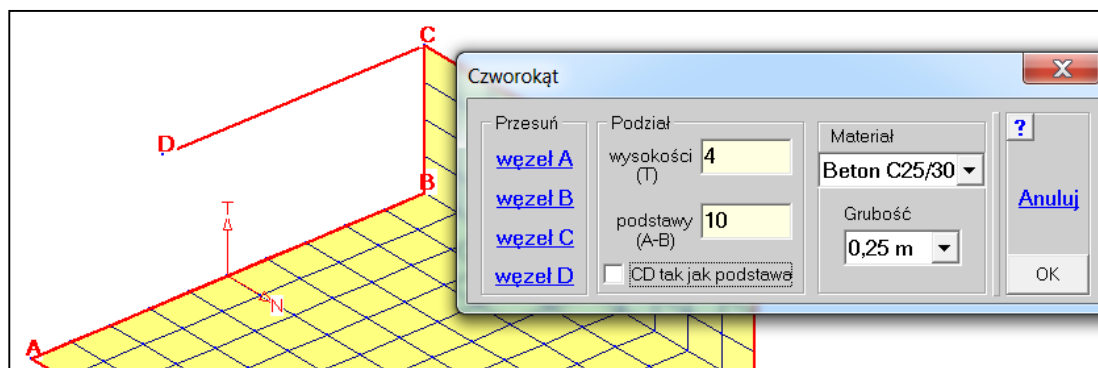
Jeśli wcześniej był definiowany już jakiś obszar równoległoboczny to pojawi się przycisk [Ostatni](#), którym można wprowadzić jego opis jako domyślny dla kolejnego obszaru. Po wciśnięciu [OK] nastąpi utworzenie siatki dla nowego obszaru. Poniżej pokazano dodany obszar dla danych z pokazanej wcześniej planszy.



Jeśli zachodzi potrzeba wypełnienia obszaru we wkłętym narożniku to należy użyć opcji **Czworokąt**, ponieważ tylko ona będzie automatycznie wiązała się z pozostałymi krawędziami. W równoległoboku automatyczne powiązanie z pozostałymi krawędziami wymaga wspólnego położenia węzłów.

### 31.3.2. Opcja Czworokąt

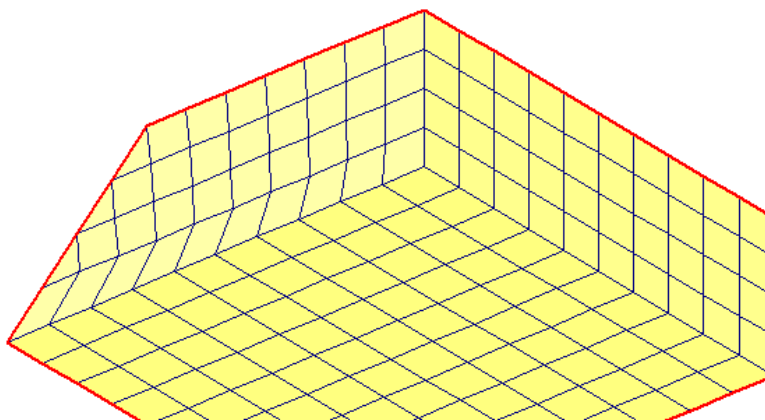
Po wybraniu opcji **Czworokąt** najpierw należy wybrać cztery węzły/punkty. Jeśli dwa pierwsze, tworzące bazę, będą węzłami siatki to nowy obszar będzie spójny z resztą modelu. Jeśli trzeci narożnik czworokąta będzie należał do siatki, to również drugi bok może być spójny z modelem. Podobnie jest z czwartym narożnikiem. Na rysunku poniżej pokazano jak po wybraniu trzech węzłów istniejącej siatki będzie można nowym obszarem wypełnić narożnik. Podziały odcinków A-B i B-C są wyznaczone istniejącą siatką i nie można ich zmieniać.



Na planszy są cztery przyciski: [węzeł A](#), [węzeł B](#), [węzeł C](#) i [węzeł D](#), które pozwalają zmienić współrzędne odpowiedniego węzła. Jeśli wybrany węzeł należy do istniejącej siatki to takie przesunięcia muszą być robione ostrożnie, ponieważ zmiana położenia węzła pociąga za sobą zmianę konfiguracji siatki. Zawsze będzie zachowany warunek, aby odcinki A-B, B-C, C-D i D-A były odcinkami, czyli węzły leżące pierwotnie na nich będą po zmianie współrzędnych też leżały na odpowiednich prostych.

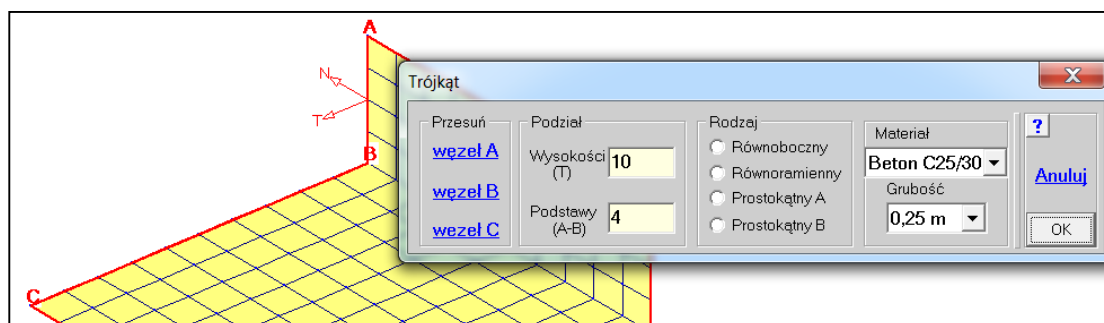
Dla nowego obszaru można wybrać materiał oraz wybrać ze starych lub zadać nową grubość.

Po kliknięciu w przycisk [OK] otrzymano nową siatkę pokazaną poniżej. Gdyby włączono „CD tak jak podstawa” to wtedy podział nowego fragmentu byłby inny. Ze względu na równomierność oczka ten jest wskazany.



### 31.3.3. Opcja Trójkątny

Po wybraniu opcji Trójkątny najpierw należy wybrać trzy węzły lub wpisać współrzędne nowych węzłów. Następnie zostaje narysowany zarys trójkąta z opisanymi narożnikami i pokaże się plansza definicji. Dla trójkąta zaleca się, aby długość bazy była mniejsza od wysokości.



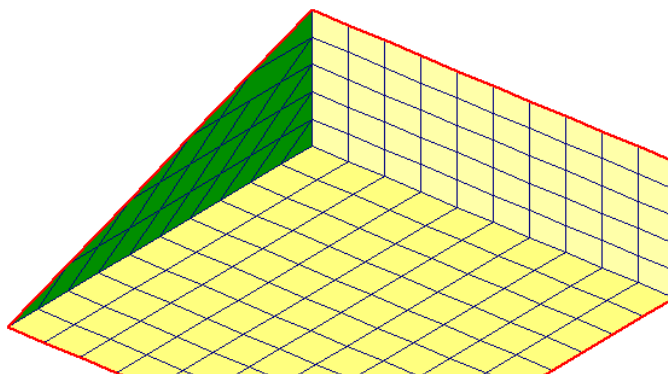
Na planszy są trzy przyciski: [węzeł A](#), [węzeł B](#) i [węzeł C](#), które pozwalają zmienić współrzędne odpowiedniego węzła. Jeśli wybrany węzeł należy do istniejącej siatki to takie przesunięcia muszą być robione ostrożnie, ponieważ zmiana położenia węzła pociąga za sobą zmianę konfiguracji siatki. Zawsze będzie zachowany warunek, aby odcinki A-B, B-C i C-D były odcinkami, czyli węzły leżące pierwotnie na nich będą po zmianie współrzędnych też leżały na odpowiednich prostych.

W polu „Podział” można wpisać podział odpowiedniego odcinka. Jeśli nie będzie to możliwe wtedy pokaże się tylko podział wynikający z wybranego miejsca.

W polu „Rodzaj” znajdują się przełączniki, którymi można zdefiniować kształt trójkąta. Przełączniki te działają zawsze, ale powinny być używane tylko wtedy, kiedy baza jest wspólna, a trzeci wierzchołek nie należy do modelu.

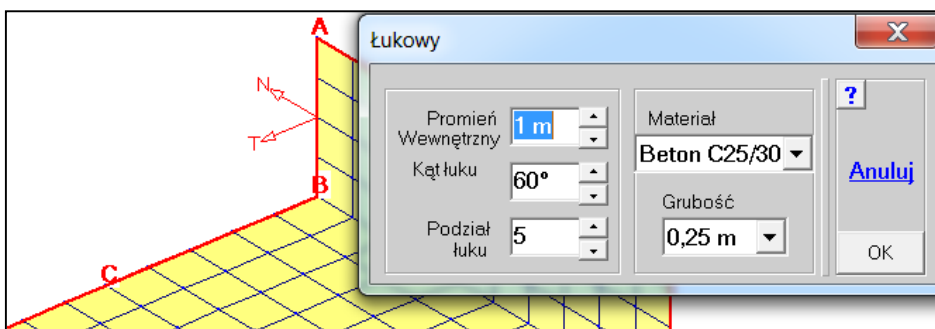
Dla nowego obszaru można wybrać materiał oraz wybrać ze starych lub zadać nową grubość. Po zamknięciu planszy przyciskiem [OK] zostanie utworzona siatka nowego obszaru. Będzie ona spójna z resztą modelu na wszystkich wspólnych krawędziach.

Poniżej pokazano wprowadzony nowy fragment. Kolor trójkątnej ściany, czyli układ jej osi  $z'$  wynika z kolejności wyboru wierzchołków i może być zmieniony opcją **Zmień stronę** z menu Elementy. Opcja będzie omówiona dalej.



### 31.3.4. Opcja Łukowy

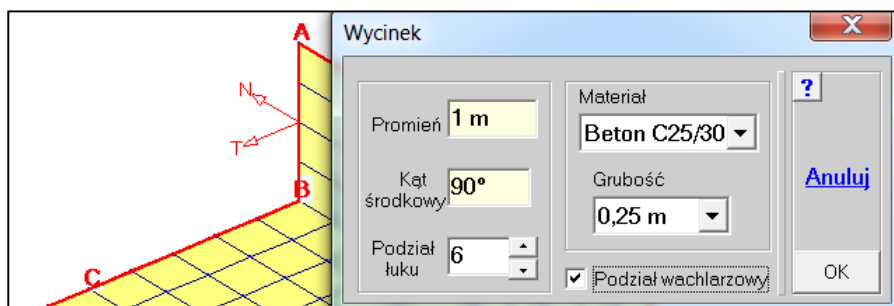
Po wybraniu opcji **Łukowy** najpierw należy wybrać trzy węzły lub wpisać współrzędne nowych punktów. Kolejność wprowadzania węzłów jest istotna, ponieważ pierwszy i drugi węzeł wyznaczają szerokość obszaru łukowego. Pierwszy węzeł wyznacza promień wewnętrzny łuku, a drugi węzeł promień zewnętrzny. Na planszy można jeszcze zadać promień wewnętrzny, wielkość łuku i podział kąta oraz wybrać materiał tego obszaru oraz wybrać ze starych lub wpisać nową grubość. Po zamknięciu planszy przyciskiem [OK.] powstanie nowy obszar.





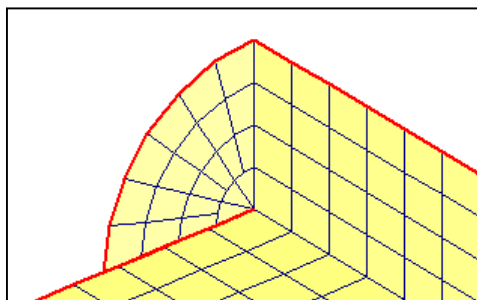
### 31.3.5. Opcja Wycinek

Po wybraniu opcji **Wycinek** najpierw należy wybrać trzy węzły lub wpisać współrzędne nowych punktów. Pierwszy i drugi punkt wyznaczają promień wycinka, środek koła jest w drugim punkcie. Trzeci punkt wyznacza płaszczyznę, w której powstanie siatka wycinka. Po narysowaniu linii A-B-C pokaże się plansza, na której będzie można zmienić kąt środkowy, jeśli to będzie możliwe, i jego podział. Ponadto będzie można wybrać materiał oraz wybrać ze starych lub wpisać nową grubość. Na planszy można jeszcze zdecydować o sposobie podziału wycinka.



Jeśli trzeci punkt będzie węzłem siatki program sam wyznaczy kąt środkowy wycinka i będzie starał się wypełnić narożnik.

Obok pokazano narożnik do którego wstawiono wycinek o danych pokazanych na wcześniej planszy. Warto zwrócić uwagę na czerwoną linię na dolnym promieniu wycinka. Informuje ona, że ta krawędź nie jest połączona z resztą siatki ponieważ podział w tym miejscu nie odpowiadał podziałowi promienia wycinka.

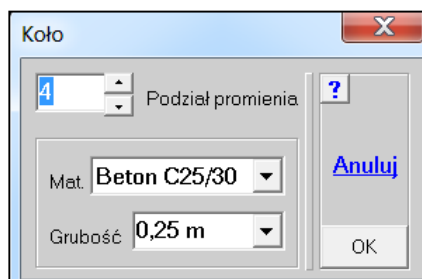


### 31.3.6. Opcja Kołowy

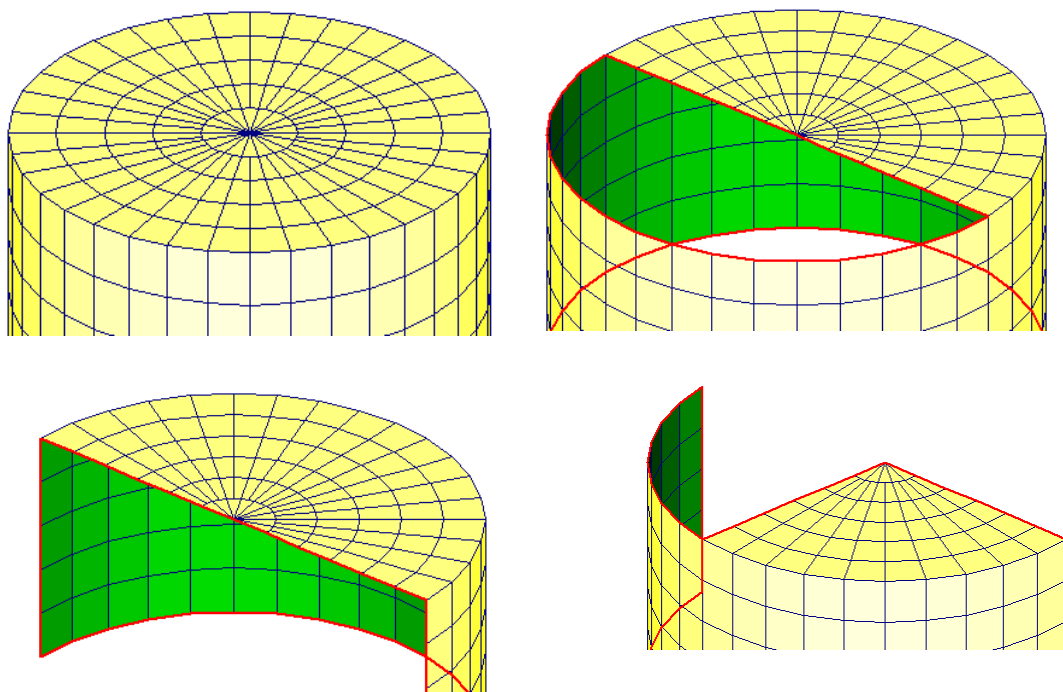
Przy pomocy tej opcji można wprowadzić płaskie zamknięcia kołowe do form walcowych, stożkowych, kulistych czy do rur. Po wybraniu opcji **Kołowy** najpierw pokaże się plansza, na której zadaje się tylko podział promienia oraz materiał i grubość obszaru. Można wybrać jedną ze starych grubości lub zadać nową wartość.

Następnie należy wybrać węzły leżące na kole. Wyboru wykonuje się opcją **Łuk**, w której wskazuje się pierwszy węzeł, dowolny na obwodzie, następnie węzeł pośredni, który musi być wybrany w strefie 90° kąta wewnętrznego i ostatni, który musi być bezpośrednim sąsiadem pierwszego. W zależności od kierunku obiegu okręgu otrzyma się stronę obszaru kołowego. Obszar kołowy można również dodawać do połówki lub części walca.

Dalej pokazano zamknięcia pełne, kiedy ostatni węzeł sąsiadował z pierwszym, zamknięcia częściowe, kiedy warunek sąsiedztwa nie był spełniony i zamknięcia pobocznic walcowych o różnych kątach.

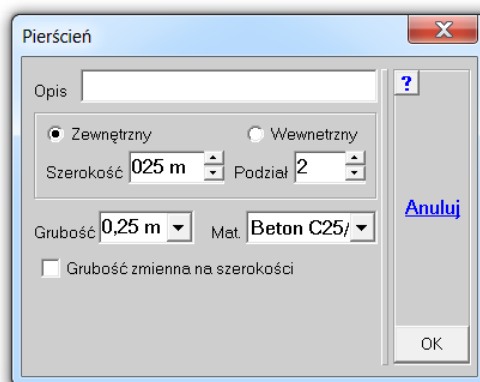
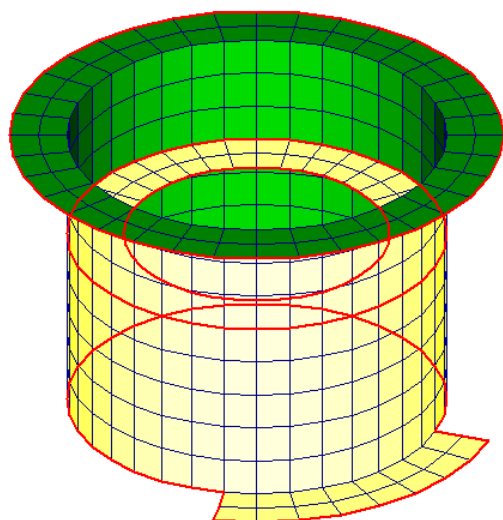






### 31.3.7. Opcja Pierścień

Opcja Pierścień pozwala dodać do modelu, w którym można wybrać węzły na łuku, pierścień zewnętrzny lub wewnętrzny. Na planszy, która pojawi się po wybraniu tej opcji będzie można zadać szerokość pierścienia i podział szerokości. Ponadto można wybrać materiał i grubość. Ten ostatni parametr można wybrać z już wprowadzonych wartości lub zadać nową grubość. Po zamknięciu planszy przyciskiem [OK] należy wybrać trzy węzły na łuku. Jeśli pierścień ma być zamknięty ( $360^\circ$ ) to ostatni węzeł musi być sąsiadem pierwszego.



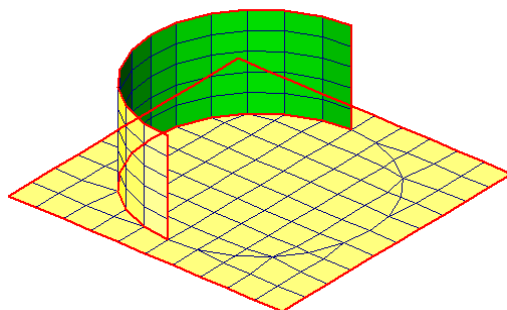
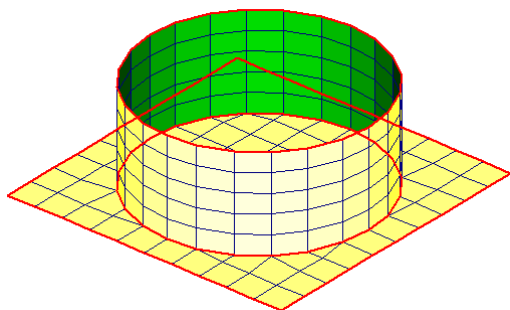
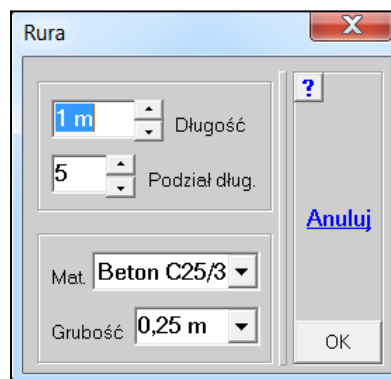
### 31.3.8. Opcje Walec, Stożek i Kula

Opcje Walec, Stożek i Kula działają dokładnie tak jak przy starcie programu i są opisane w rozdziałach 30.10, 30.11 i 30.12.

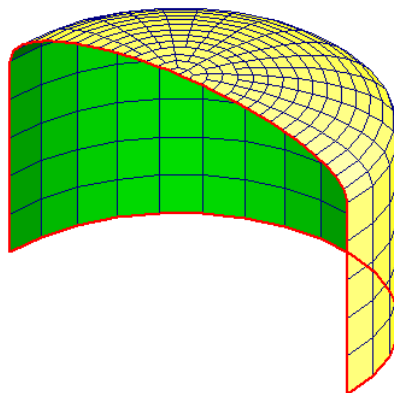
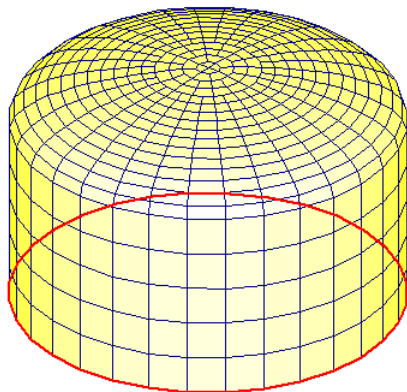
### 31.3.9. Opcja Rura

Opcja Rura pozwala dodać do modelu siatkę walca, pełną lub o ograniczonym kącie wewnętrznym. W odróżnieniu od opcji Walec do rury należy **wybrać węzły leżące na łuku**. Podział obwodowy będzie wynikał z konfiguracji wybranych węzłów. Na planszy, która pokaże się po wybraniu tej opcji zadaje się tylko długość rury i podział długości. Można też wybrać materiał oraz grubość. Ten ostatni parametr wybiera się z wartości już istniejących w modelu lub wprowadza się nową grubość.

Jeśli chce się zadać rurę o pełnym obwodzie to należy wskazać pierwszy węzeł łuku, następnie drugi, który będzie leżał w kącie  $90^\circ$  łuku, i węzeł końcowy, który musi sąsiadować z pierwszym węzłem (Rysunek po lewej stronie). Wybierając inny węzeł końcowy otrzyma się powierzchnię walcową nie zamkniętą (Rysunek po prawej stronie).



W przypadku zbiorników należy zacząć od dennicy a potem dodawać do niej rurę. Nie będzie problemu z podziałem na obwodzie.



### 31.3.10. Opcja Kolano

Opcja Kolano pozwala dodać do rury kolano o dowolnym kącie i dowolnie ustawione. Można dodawać kolano do rury okrągłej jak i o innym przekroju. Po wybraniu opcji Kolano pojawi się plansza definicji kolana. Na planszy w oknie „Wymiary” zadaje się promień osi kolana, kąt kolana i podział kąta. W polu „Położenie promienia kolana”

definiuje się płaszczyznę, w której będzie leżeć oś kolana. Będzie ona prostopadła do konturu przekroju rury i będzie przechodzić przez środek rury i przez wybrany punkt na konturze. Może to być pierwszy węzeł konturu rury lub punkt o zadanych współrzędnych. Ponadto na planszy można wybrać materiał oraz grubość kolana. Grubość można wybrać z wartości już istniejących w modelu lub wpisać nową.

Po zamknięciu planszy przyciskiem [OK.] należy wybrać węzły konturu rury w miejscu, w którym będzie dodane kolano. Podobnie jak przy rurze dla pełnego obwodu należy ostatni węzeł konturu wybrać tak by bezpośrednio sąsiadował z pierwszym. Jeśli nie zachowa się tego warunku to powstanie siatka otwarta (rysunek po prawej stronie).

**Kolano**

**Wymiary**

2 m Promień osi

90° Kąt kolana

10 Podział kąta

Mat. Beton C25/30

Grubość 0,25 m

**Położenie promienia kolana**

☐ Pierwszy węzeł konturu rury

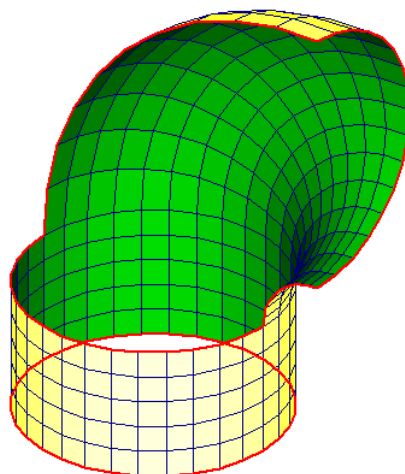
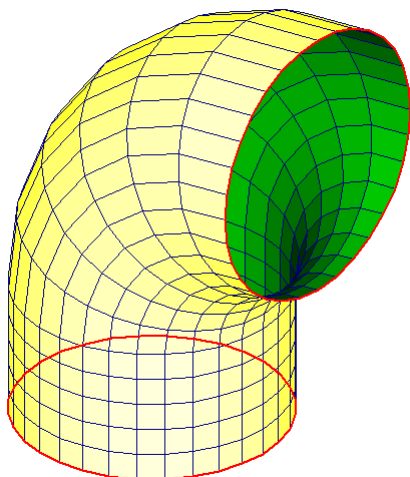
☒ Punkt o współrzędnych:

X 0,0 m Y 1 m Z 2 m

☒ Rura kołowa

Anuluj

OK



Po wyłączeniu rury kołowej na planszy pojawią się okna, w które będzie można wpisać współrzędne środka konturu, do którego będzie dołączane kolano. W połączeniu z pierwszym węzłem konturu określi on płaszczyznę kolana.

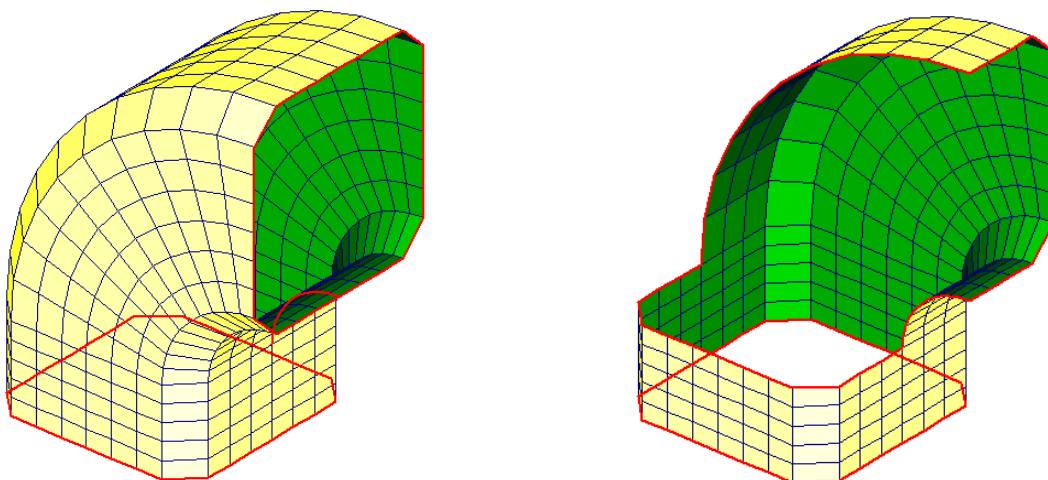
☐ Rura kołowa

Współrzędne osi rury

X Y Z

0,0 m 0,0 m 2 m

Na kolejnym rysunku pokazano taki przypadek. Rurę o kwadratowym przekroju z załamanymi narożnikami zbudowano jako ścianę zadaną linią łamaną. Oczywiście również w tym przypadku jest możliwe ograniczenie kolana do przekroju podłużnego. Węzły na krawędzi rury wybiera się jako linia łamana. Przy pełnym przekroju ostatni węzeł musi być sąsiadem pierwszego. W każdym przypadku wybór kończy przycisk [Zakończ] lub wciśnięcie prawego klawisza myszy.



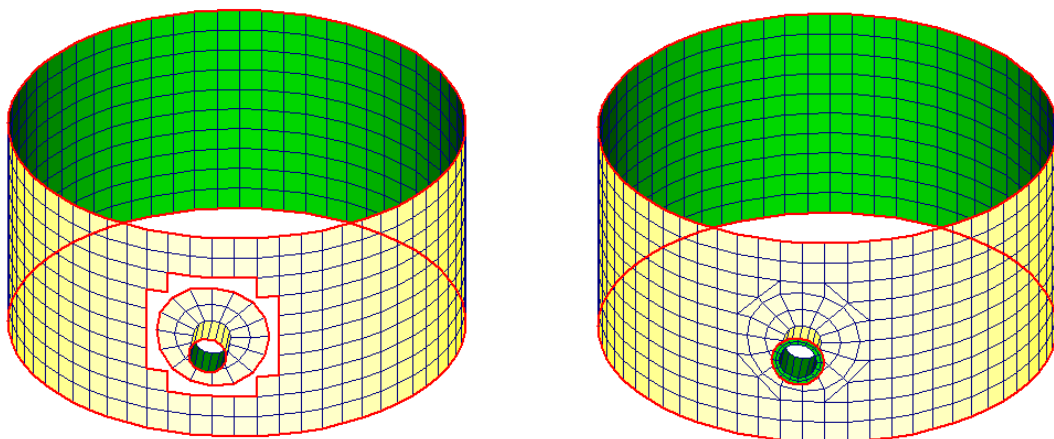
### 31.3.11. Opcja Króciec

Opcja Króciec jest zaawansowanym modulem, który pozwala wprowadzić do powierzchni walcowej króciec. Króciec składa się z walcowej części zewnętrznej i wewnętrznej. W poszyciu

Króciec		
<b>Króciec</b> Średnica: 0,5 m Wysokość: 0,5 m Głębokość: 0,2 m Podział kąta 180: 10 Grubość króćca: 0,01 m		<b>Model</b> <input type="radio"/> 1/2 <input checked="" type="radio"/> Pełny <b>Poszycie walca</b> Szerokość pierścienia: 0,5 m Podział na szerokości: 2 Grubość pierścienia: 0,01 m
<b>Opis</b> <input checked="" type="checkbox"/> Nakładka wzmacniająca Nakładka Szerokość: 0,5 m Podział na szerokości: 2 Grubość nakładki: 0,01 m		? Anuluj OK

walca przyjmowany jest pierścieniowy obszar pośredni. Ponadto można zadać nakładkę wzmacniającą. Na planszy, która pojawi się po wybraniu tej opcji można wpisać średnicę króćca, wysokość króćca, głębokość części wewnętrznej. Dalej zadaje się podział kąta 180° (niezależnie czy będzie to pełny model czy tylko połowa), oraz grubość króćca. Grubość można wybrać z wartości już wprowadzonych do modelu jak też zadać nową grubość. Do zdefiniowania pierścienia pośredniego, który będzie utworzony na powierzchni walca potrzeba jego szerokości, podziału poprzecznego i grubości.

Jeśli będzie to część walca to powinna być jego grubość. W modelu króćca można opcjonalnie zadać nakładkę wzmacniającą, którą na ogół umieszcza się w takim miejscu. Nakładka wzmacniająca jest też w postaci pierścienia leżącego na powierzchni walca, tyle, że średnica walca jest powiększona o sumę połowy grubości walca i nakładki. Po wprowadzeniu danych i zamknięciu planszy przyciskiem [OK.] należy wybrać trzy węzły leżące na przekroju poprzecznym walca (na łuku). Oś króćca zostanie umieszczona w pierwszym wybranym węźle. Siatka króćca nie zostanie automatycznie połączona z walcem. Zbędne elementy zostaną usunięte z walca i użytkownik będzie musiał ręcznie wprowadzić brakujące elementy. Na rysunku poniżej pokazano stan zaraz po wybraniu miejsca króćca. Na kolejnym rysunku stan po uzupełnieniu brakujących węzłów, podzielenie elementów na króćcu i dodaniu kołnierza króćca. Kołnierz króćca dodano jako pierścień.



### 31.3.12. Obszar drogowy

Opcja pozwala tworzyć obszary drogowe i działa tak samo jak przy otwarciu nowego zadania. Opis jej działania jest w rozdziale 30.7.

## 31.4. Dodanie elementu powłokowego

Po wybraniu opcji **Dodaj element** (menu [Elementy](#)) można do modelu wprowadzić pojedyncze elementy. Ponieważ jest to zajęcie dość pracochłonne powinno być wykorzystywane w wyjątkowych sytuacjach. Ale są sytuacje, kiedy te działania stają się niezbędne, np. nie można wypełnić otworu jednym elementem wybierając opcję **Dodaj obszar – Czworokąt**.

Do modelu można wprowadzać elementy trójkątne i czworokątne. Elementy buduje się na węzłach istniejącej siatki lub na nowo wprowadzanych węzłach. Współrzędne tych ostatnich wpisuje się na planszy danych węzłowych. Włączając warunek „Pion/Poziom” można ograniczyć się do wpisywania tylko jednej współrzędnej, a druga zostanie przyjęta z poprzednio wybranego węzła. O tym czy węzeł ustawi się pionowo lub poziomo decyduje kat nachylenia odcinka wyznaczonego ostatnio wprowadzonym węzłem, a punktem gdzie kliknięto ekran. Przy wpisywaniu elementów czworokątnych wystarczy wybrać lub zdefiniować cztery węzły, a element zostanie przyjęty. Węzły należy wybierać obiegowo, przy czym kierunek obiegu nie ma znaczenia. Nie można wybierać węzłów na „kołnierz”. Przy zadawaniu elementów trójkątnych należy powtórnie wybrać pierwszy węzeł lub nacisnąć prawy przycisk myszy po wybraniu trzeciego punktu.

Po każdym naciśnięciu prawego przycisku myszy pojawi się podręczne menu, w którym jest opcja **Cofnij** pozwalająca usunąć ostatnio wprowadzony element. Wprowadzanie elementów kończy opcja **Zakończ** z podręcznego menu lub przycisk Zakończ z prawego pola.

## 31.5. Opcja Dodaj z pliku

Po wywołaniu opcji **Dodaj z plików** można do istniejącego modelu dodawać nowy obszar opisany dwoma plikami tekstowymi. W jednym będzie opis współrzędnych węzłów, a w drugim opis topologii elementów i ich grubości. Postać tych plików jest opisana szczegółowo w rozdziale 30.8.

Ponieważ po wczytaniu nowego obszaru można wprowadzić przesunięcie w kierunku X, Y oraz Z to dobierając odpowiednio te translacje można od razu zapewnić połączenie nowego i starego obszaru. Jeśli nowy obszar wymaga jeszcze obrotu, to należy go wczytać w takie miejsce, aby utworzył nową siatkę bez spójności ze starym modelem, następnie wykorzystując narzędzia z menu Węzły można go obrócić, a potem przesunąć tak, aby dopasować go do starej siatki. W takiej sytuacji można skorzystać z opcji automatycznego łączenia węzłów lub też połączyć wybrane węzły ręcznie.

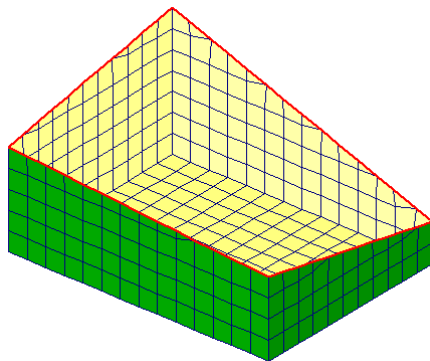
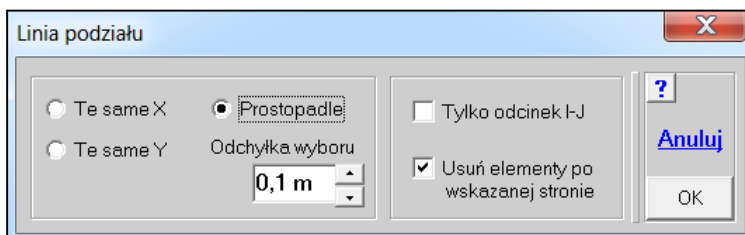
## 31.6. Dodaj linię

Opcja **Dodaj linię..** z menu Elementy pozwala wprowadzać dowolnie usytuowaną linię lub odcinek, do której dosuwane są węzły leżące w pobliżu, a elementy, które są tą linią przecięte zostaną podzielone na dwa. Ponadto można zadeklarować, aby elementy leżące po jednej lub drugiej stronie tej linii były usunięte z modelu.

Po wybraniu opcji **Dodaj linię** pojawi się plansza, na której można zadać wielkość odchyłki węzłów leżących w pobliżu linii. Jest to inny parametr niż odchyłka wyboru używana przy wybieraniu linii, łamaną lub łukiem.

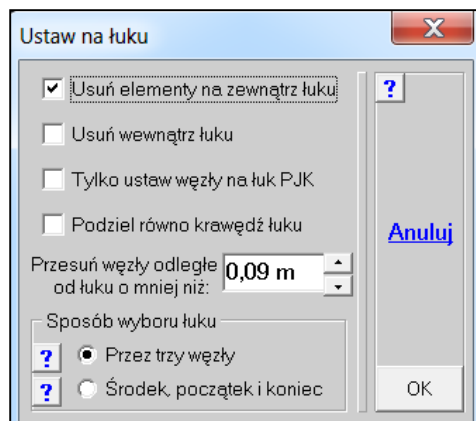
Zadanie zbyt małej wartości może prowadzić do pojawienia się malutkich elementów powstałych po odcięciu wierzchołków starych elementów. Przesuwanie węzłów może odbywać się „Prostopadle” do linii, lub z zachowaniem wybranej współrzędnej.

Modyfikację siatki można prowadzić wzdłuż całej długości linii lub ograniczyć tylko do odcinka wyznaczonego punktami kierunkowymi. Jeśli zostanie włączony warunek „Tylko odcinek I-J” nie będzie można usuwać elementów po wskazanej stronie linii (trzeci punkt wyboru). Po każdym wprowadzeniu linii można zakończyć modyfikację siatki, można cofnąć wprowadzoną zmianę i można wprowadzić kolejną linię. Należy pamiętać, że modyfikacje siatki dotyczą tylko pokazywanego fragmentu. W zadaniu **DodajLinie** w folderze \Przykłady\_Ob3D pokazano siatkę, w której po prawej stronie wprowadzono linię z usuwaniem elementów, a po lewej tylko z modyfikacją siatki.



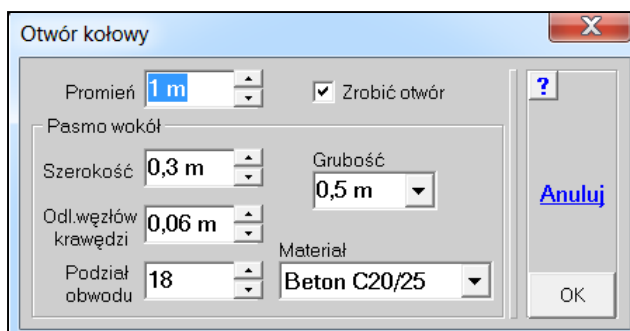
## 31.7. Dodaj łuk

Opcja Dodaj łuk.. z menu [Elementy](#) pozwala wprowadzić dowolny łuk, a nawet koło do modelu. Węzły leżące blisko łuku są dosuwane, a elementy przecięte łukiem są dzielone na dwa. Można wybrać usuwanie elementów leżących na zewnątrz łuku, można wybrać usuwanie elementów wewnątrz łuku, np.: można w ten sposób tworzyć otwory. Ponadto można tylko przesuwać węzły leżące na łuku określonym punktem początkowym, pośrednim i końcowym. Do tego można wprowadzić równy podział łuku. Łuk można wybierać na dwa sposoby: przez trzy węzły, lub przez wskazanie środka, początku i końca. Po każdym wprowadzeniu łuku można zakończyć modyfikację siatki, można cofnąć wprowadzoną zmianę i można wprowadzić kolejny łuk. Podobnie jak przy opcji Dodaj linię.. modyfikacje siatki dotyczą tylko pokazywanego fragmentu. W folderze \Przykłady\_Ob3D pokazano siatkę zmodyfikowaną tą opcją.

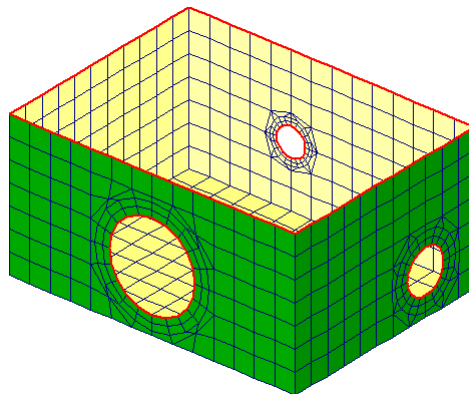
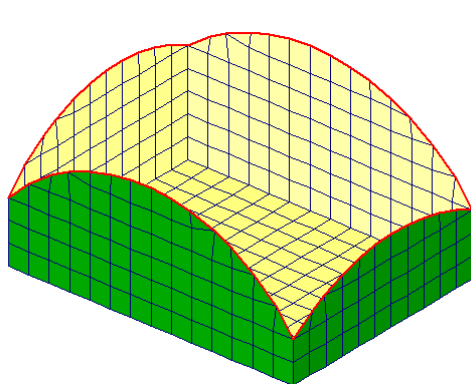


## 31.8. Dodaj otwór

Opcja Dodaj otwór.. z menu [Elementy](#) pozwala wprowadzić do modelu otwór o zadanym promieniu, otoczony regularnym obszarem pierścieniowym. Ten pierścień może mieć inną grubość i może mieć inny materiał, jeśli jest ich więcej w modelu. Ponadto można określić gęstość podziału obwodu oraz minimalną odległość węzłów, które zostaną sprowadzone do obszaru pierścieniowego. Po zamknięciu planszy przyciskiem [OK] wystarczy wskazać węzeł/punkt środka otworu i określić dwoma kolejnymi węzłami płaszczyznę w której ma zostać wprowadzony otwór.



W folderze \Przykłady\_Ob3D pokazano siatkę zmodyfikowaną tą opcją.





## 31.9. Zagęszczanie siatki

Program ABC może zagęścić siatkę w wybranym fragmencie modelu. Zagęszczanie może polegać na podziale każdego elementu na cztery części lub na podziale elementu na dwie części. Pierwsza operacja wykonywana jest po wybraniu opcji **Podziel obszar**, a druga **Podziel pasmo**. Na dwie części dzieli też opcja **Podziel jeden**, ale tutaj podział ograniczony jest do jednego elementu.

Podziel obszar
Podziel pasmo
Podziel jeden

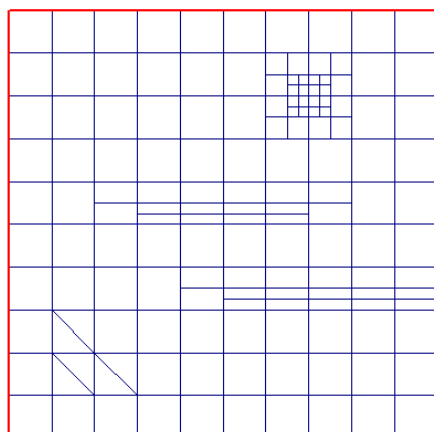
Klikając opcję **Podziel obszar** (menu [Elementy](#)) należy wybrać elementy używając do tego Okna lub Wielokąta. Procedura podziału dzieli wszystkie elementy, które może podzielić. Po naciśnięciu prawego przycisku myszy pojawi się podręczne menu, w którym opcją **Cofnij** można cofnąć ostatnio wykonany podział, można zmienić sposób wybierania obszaru i można zakończyć dzielenie. Procedurę dzielenia można też zakończyć wybierając na prawej kolumnie przycisk [Zakończ](#).

Po kliknięciu opcji **Podziel pasmo** (menu [Elementy](#)) można zacząć wybierać pasma proste lub łukowe. Wybrane elementy będą dzielone na pół. Po naciśnięciu prawego przycisku myszy pojawi się podręczne menu, w którym opcją **Cofnij** można cofnąć ostatnio wykonany podział, można zmienić sposób wybierania obszaru (opcje **Odcinkiem** i **Łukiem**) oraz można zakończyć dzielenie. Procedurę dzielenia można też zakończyć wybierając na prawej kolumnie przycisk [Zakończ](#).

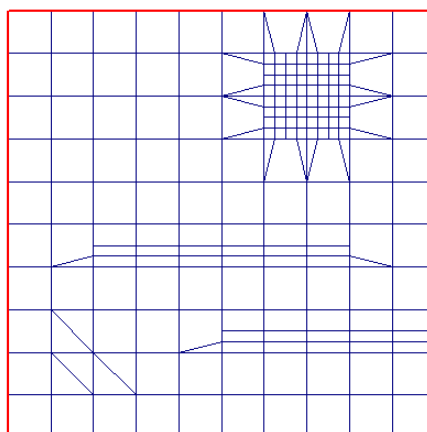
Po wybraniu opcji **Podziel jeden** należy wybrać dwa węzły z jednego elementu i zostanie on podzielony na dwa trójkąty, jeśli był czworokątem i na trójkąt i czworokąt, jeśli był to element pięciowęzłowy. Podobnie jak przy innych opcjach po naciśnięciu prawego przycisku myszy pojawi się podręczne menu, w którym opcją **Cofnij** można cofnąć ostatnio wykonany podział, oraz można zakończyć dzielenie. Procedurę dzielenia można też zakończyć wybierając na prawej kolumnie przycisk [Zakończ](#).

Po lewej stronie pokazano poprawne zagęszczanie obszaru i dzielenie na pasma. Natomiast po prawej niewłaściwe zagęszczanie, choć przez program tolerowane.

dobre



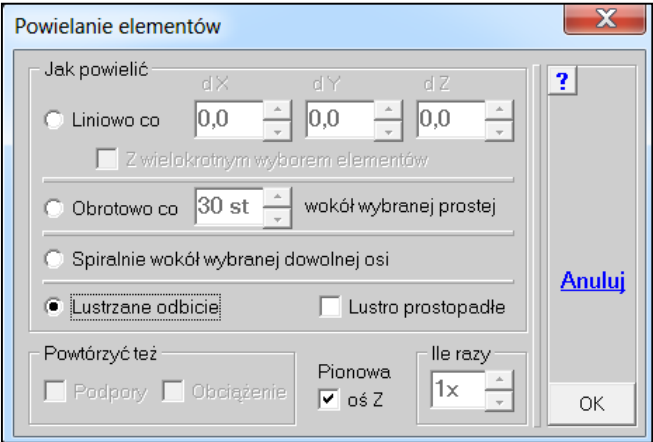
złe





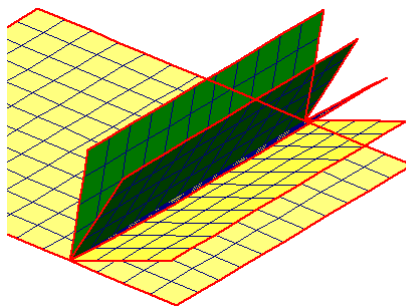
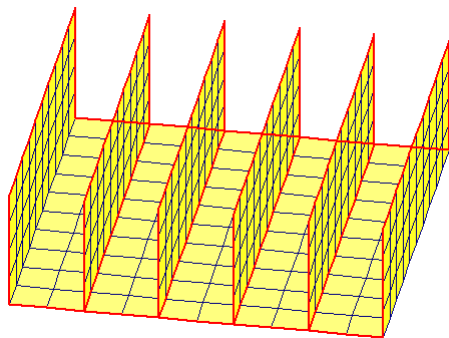
## 31.10. Powielanie wybranego fragmentu

Przy tworzeniu modelu metodą od szczegółu do ogółu najczęściej wykorzystuje się opcję **Powiel elementy** z menu **Elementy**. Opcja ta pozwala w różnorodny sposób powtarzać wybrany fragment modelu. Na danym etapie modelowania może to być cały aktualny model.

Pierwszym krokiem po włączeniu opcji **Powiel elementy** jest wybranie odpowiedniego fragmentu. Następnie zgłasza się plansza, na której można wybrać sposób powielenia i zdefiniować odpowiednie parametry. Do wyboru jest powielenie liniowe, obrotowe, spiralne lub lustrzane odbicie. Przy powielaniu liniowym, obrotowym lub spiralnym można powtarzać wybrany fragment wiele razy. Steruje tym parametr w polu „Ile razy”. Przy lustrzanym odbiciu otrzymuje się tylko jednokrotne powtórzenie. Jeśli w modelu zdefiniowano podpory i obciążenia to powielenie może dotyczyć też tych danych. Wystarczy włączyć odpowiednie pozycje w polu „Powtórzyć też”.  


Po wybraniu **powielania liniowego** trzeba zdefiniować przyrosty współrzędnych w kierunku osi X i Y. Od wartości tutaj wpisanych zależy, czy nowo utworzone obszary będą automatycznie łączyły się w poprzednimi, czy będą rozłączne lub czy wprowadzą elementy zachodzące na siebie, (co jest niedopuszczalne). Jeśli nowo powstałe węzły będą bliżej niż odchyłka wyboru (Menu **Pokaż** opcja **Różne - Odchyłka**), od wcześniej zdefiniowanych węzłów to program automatycznie połączy je razem. Można też włączyć „Z wielokrotnym wyborem elementów” i wtedy będzie można wybierać kolejne obszary do powielenia o ten sam przyrost współrzędnych.

Po wybraniu **powielania obrotowego** należy określić kąt, o który będzie obracany wybrany fragment modelu. Również tutaj, jeśli odległości węzłów będą mniejsze od zadanej odchyłki to zostaną one połączone razem. Po zamknięciu planszy przyciskiem [OK.] należy wskazać dwa węzły/punkty osi obrotu.



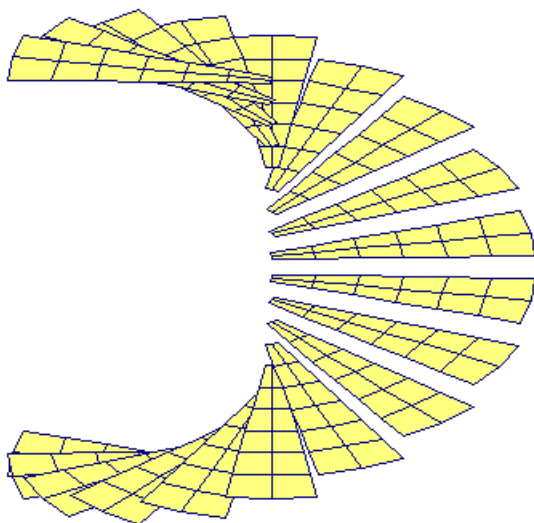
Wybrane elementy można **powielić spiralnie** wokół dowolnej osi. Po włączeniu na planszy „Spiralnie wokół wybranej dowolnej osi” trzeba będzie wskazać trzy węzły/punkty nie leżące na wspólnej prostej. Dwa pierwsze wyznaczą podpowiadany promień startowy spirali, a drugi i trzeci wyznaczy oś spirali. Następnie pokaże się plansza danych do spirali.

Na planszy podaje się wysokość jednego zwoju (niezależnie od faktycznej liczby zwojów). W oknie „Motyw” można zadać liczbę powtórzeń oraz przyrost kąta. W oknie „Kąt spirali” pokaże się sumaryczny kąt spirali, a w oknie „Wysokość spirali” pokaże się wysokość spirali dla zadanego kąta i liczby powtórzeń.

W oknie domyślnie dane dotyczą linii śrubowej, ale w oknie „Zmiana promienia” można wprowadzić procentową zmianę promienia po każdym obrocie ( $360^\circ$ ) spirali, i wtedy otrzyma się spiralę logarytmiczną lub przyrost długości promienia też po pełnym obrocie i wtedy otrzyma się spiralę Archimedesą. Oczywiście, jeśli zada się wysokość jednego zwoju będą to formy przestrzenne.

W folderze \Przykłady\_Ob3D jest zadanie Schody\_Spiralne\_0 pokazujące obszar startowy. Po wprowadzeniu danych z planszy otrzymano Schody\_Spiralne o kącie  $360^\circ$ .

Przy pomocy tego generatora można utworzyć spiralną pochylnię. Przykładowo ma to być pochylnia o szerokości 3 m i o promieniu wewnętrznym też 3 m, łącząca dwa podesty, jeden nad drugim na wysokości 4 m. Przyjmijmy kąt jednego paska w poprzek pochylni  $6^\circ$ . W pierwszym kroku tworzymy obszar łukowy w płaszczyźnie XY o kącie  $6^\circ$  z podziałem kąta równym 1. Podział w poprzek pochylni został przyjęty 10. W zadaniu Pochylnia\_0 jest ten obszar. Teraz dodajemy do wszystkich węzłów  $dX = 3$  m. W ten sposób oś spirali będzie zaczynała się w punkcie (0,0,0). Wywołujemy opcję **Powiel elementy** i wybieramy wszystkie elementy. Przyjmujemy oś spirali przez punkty (0,0,0) i (0,0,1). Na planszy danych wpisujemy wysokość zwoju 8 m, motyw powtarzamy jeden raz co  $6^\circ$ . Zadanie Pochylnia\_1 pokazuje ten stan. Teraz trzeba połączyć węzły z dolnej krawędzi do górnej drugiego obszaru. Ten stan jest zapisany w zadaniu Pochylnia\_2. Usuwaamy elementy drugiego obszaru i ponownie wybieramy opcję Powielanie. Zaznaczamy wszystkie elementy, wybieramy oś spirali taką samą jak poprzednio i na planszy danych wpisujemy wysokość zwoju 8 m, liczbę powtórzeń 29 razy, kąt powtórzenia  $6^\circ$  i po kliknięciu w [OK] otrzymamy model pochylni. Jest on w zadaniu Pochylnia.



Przy **powielaniu lustrzanym** odbiciem trzeba określić płaszczyznę lustra. Płaszczyznę wybiera się trzema węzłami/punktami nie leżącymi na jednej prostej. Na planszy danych do powielania jest włącznik „Lustro prostopadłe”. Pozwala on na wprowadzenie trzech węzłów/punktów leżących na płaszczyźnie *prostopadłej* do płaszczyzny lustra. Płaszczyzna lustra przechodzi w takiej sytuacji przez pierwszy i drugi węzeł kierunkowy. Przy lustrzanym odbiciu następuje jednokrotne powtórzenie wybranego motywu. Jeśli zachodzi potrzeba utworzenia siatki będącej lustrzanym odbiciem aktualnego modelu to należy skorzystać z opcji **Lustrzane odbicie** lub **Lustro prostopadłe** w menu [Węzły](#). Te opcje nie dodają elementów tylko zmieniają współrzędne.

### 31.11. Usuwanie elementów

W programie ABC Obiekt3D usuwanie elementów nie odbywa się bezpośrednio. Wybrane elementy do usunięcia zostają ukryte i można je powtórnie przywrócić do modelu, jeśli taka potrzeba się pojawi. Elementy ukryte zostają usunięte dopiero przy wywołaniu obliczeń. Model po obliczeniach nie będzie zawierał już ukrytych elementów, które jako zbędne zostaną usunięte. Ukryte elementy można wcześniej usunąć wybierając opcję **Skasuj ukryte**. Opcja ta jest dostępna po włączeniu pełnego zestawu opcji przyciskiem **[M]**. Przed usunięciem elementów program poprosi o akceptację tej decyzji. W menu [Węzły](#) może się pojawić opcja **Usuń zbędne**. Jej wywołanie też usunie ukryte elementy. Opcją **Przywróć ukryte** można łatwo przywrócić wcześniej usunięte elementy. Takie elementy zostaną narysowane na czerwono i będzie można wybrać potrzebne. Elementy wracają do modelu ze wszystkim danymi z nimi związanymi, grubościami, podporami i obciążeniami.

Usuń wybrane
Skasuj ukryte
Przywróć ukryte

### 31.12. Opcja Cofnij o krok

W czasie modelowania geometrii obiektu po każdej zmianie dane zostają zapisane i tworzą tzw. historię modelowania. Co dziesięć kroków, jeśli nie zadeklarowano inaczej w konfiguracji ABC, pojawi się komunikat o liczbie zapamiętanych kroków. Można wtedy kontynuować zapisywanie kolejnych dziesięciu kroków lub można skasować historię. Jeśli jest historia modelowania to opcją **Cofnij o krok** można wrócić do poprzednich postaci modelu. Wracając do poprzednich postaci można z powrotem przywrócić postać późniejszą. Służy do tego opcja **Wróć o krok**. Jeśli wróci się do pierwszego zapamiętanego stanu modelu to zniknie opcja **Cofnij o krok** i zostanie tylko **Wróć o krok**.

Cofnij o krok
Wróć o krok

### 31.13. Opcja Zmień stronę i Ustaw stronę

W modelu powłokowym istotnym warunkiem jest spójność stron sąsiadujących elementów. Stronom przyporządkowane są kolory: **dla strony dodatniej będą to odcienie żółtego, a dla strony ujemnej odcienie zielonego**. Jeśli program nie pokazuje kolorów elementów powłokowych to po wybraniu opcji **Zmień stronę** nastąpi przerysowanie modelu i pokazanie kolorów. Teraz można wybierać elementy i zamieniać jego strony. Na ekranie w wybranych elementach od razu kolor żółty zamieni się na zielony i odwrotnie. Jeśli w modelu pojawiają się płaskie miejsca, w których będzie szachownica stron to łatwiej najpierw ustawić wszystkie elementy ze spójną stroną. W tym celu opcją **Ustaw stronę** wybiera się fragmenty metodą trzech węzłów. Po wprowadzeniu spójnej strony można opcją **Zmień stronę** ustawić właściwą stronę spójną z kolei z innymi ścianami modelu.

## 31.14. Opcja Obróć układ

W modelu powłokowym można obrócić układ współrzędnych elementowych o 90°. Po wybraniu tej opcji program rysuje układy współrzędnych x' i y' i można wybrać miejsca do zmiany. Po każdej zmianie pojawia się pytanie czy obrót powtórzyć. Kliknięcie w przycisk [Nie] kończy działanie tej opcji.

## 31.15. Opcja Zapisz do plików

Geometria modelu powłokowego może zostać zapisana do dwóch plików tekstowych. W jednym będzie opis współrzędnych, a w drugim opis elementów powłokowych. Jeśli z zadaniu będą elementy prętowe wtedy powstanie trzeci plik z opisem tych elementów. Będzie o tym mowa przy opisie modeli mieszanych.

Pliki tekstowe mogą być wykorzystane w innych zadaniach. Po wybraniu opcji **Zapisz do plików..** pojawi się plansza, na której można wpisać komentarze, które zostaną umieszczone w pierwszej linii plików oraz można zmienić miejsce lokalizacji i nazwy plików. Przyciskiem [Zmień miejsce](#) można wywołać okno dialogowe do wyboru plików i można zadać nazwę i miejsce na dysku.

**Format pliku z węzłami.** Pierwsza linia zawiera słowny opis zadania. W następnych jest numer kolejny węzła i współrzędne X, Y i Z. Liczby są oddzielone minimum jedną spacją.

**Format pliku z elementami powłokowymi.** Pierwsza linia zawiera słowny opis zadania. W następnych jest numer kolejny elementu i numery węzłów, które go tworzą. Zawsze wpisuje się pięć liczb całkowitych. Jeśli element jest czworokątem to piąta liczba jest zerem. Jeśli element jest trójkątem to również czwarta jest zerem. Linie kończy grubość w metrach. Liczby są oddzielone minimum jedną spacją.

**Format pliku z elementami prętowymi.** Pierwsza linia zawiera słowny opis zadania. W następnych jest numer kolejny elementu i dwa numery węzłów, które go tworzą. Dalej jest numer węzła kierunkowego jeśli jest, wtedy kolejny jest 0 lub kod kierunku przekroju jeśli nie ma węzła kierunkowego, dalej numer materiału, który może być też zerem. Linie kończy numer przekroju.

Liczby są oddzielone minimum jedną spacją.

Pliki tekstowe

Komentarz w pliku Węzły

Węzły -

Plik ze współzrędnymi [Zmień miejsce](#)

C:\ABC6\Węzly-Obiekt.txt

Komentarz w pliku Pręty

Pręty -

Plik z opisem prętów

C:\ABC6\Pręty-Obiekt.txt

Komentarz w pliku Płyty

Płaskie -

Plik z opisem płaskich

C:\ABC6\Płaskie-Obiekt.txt

☐ Rama  
☐ Tarcza  
☐ Płyta  
☒ Obiekt

? Anuluj OK

## 31.16. Opcja Podwójne

W każdym elemencie powłokowym można wprowadzić podwójny opis materiału i grubości. Model takiego elementu będzie odpowiadał przypadkowi kiedy dwa elementy z różnych materiałów leżą na sobie i nie są ze sobą związane. Jeśli będzie to element o spójnych warstwach to należy wyznaczyć zastępczą grubość wykorzystując do tego celu program ABC Tarcza.

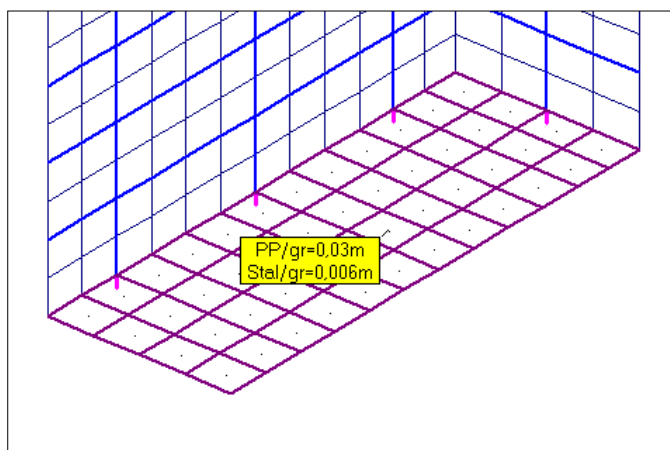
Opcja **Podwójne** pokaże się tylko wtedy kiedy w zadaniu będą wprowadzone co najmniej dwa materiały. Jeśli takich elementów nie będzie jeszcze w modelu to w kolejnym menu będzie dostępna tylko opcja **Zadaj**. Po jej kliknięciu pokaże się okno danych drugiego elementu. Będzie to materiał i grubość. Materiał będzie można tylko wybierać, natomiast grubość może być wybrana lub wpisana. Po zamknięciu planszy można wybrać miejsca w których będą podwójne elementy.

Jeśli w modelu są już wprowadzone podwójne elementy to liczba opcji zostanie rozszerzona o: **Pokaż**, **Odczyt** i **Usuń**.

Opcją **Pokaż** można pokazać lokalizację tych elementów. Opcją **Odczyt** można poznać zadane parametry, a opcją **Usuń** można usuwać tę cechę z elementów. Opcja ta nie usuwa elementów jako takich. Po wywołaniu każdej z opcji tego menu elementy podwójne zostaną wyróżnione. Chcąc usunąć te wyróżnienie z rysunku musi się wywołać opcje **Podwójne- Pokaż**. Nie ma innej opcji która by to wyróżnienie kasowała.

W elementach podwójnych momenty, siły tarczowe i naprężenia są pokazywane osobno dla pierwszego i drugiego elementu. W odpowiednich menu pojawi się opcja **Drugie elem.** którą będzie można przełączać pokazywanie sił wewnętrznych.

W folderze \Przykłady\_Ob3D jest zadanie KoszPlast w którym zastosowano elementy stalowo-polipropylenowe.



## C 32. Modelowanie ramy3D

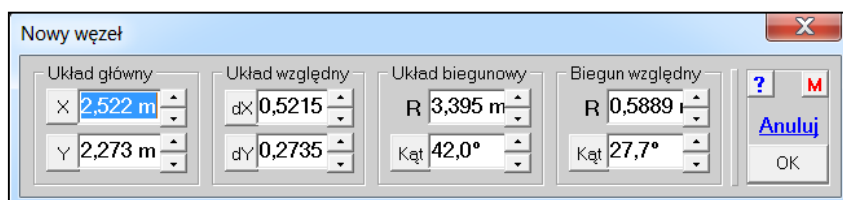
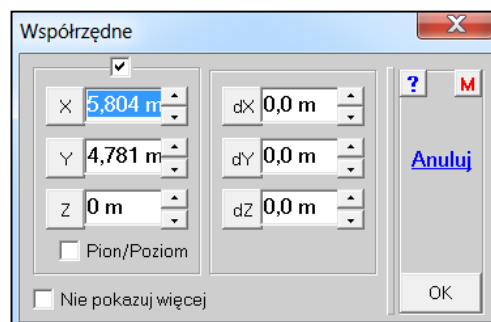
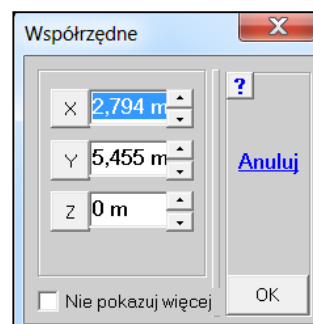
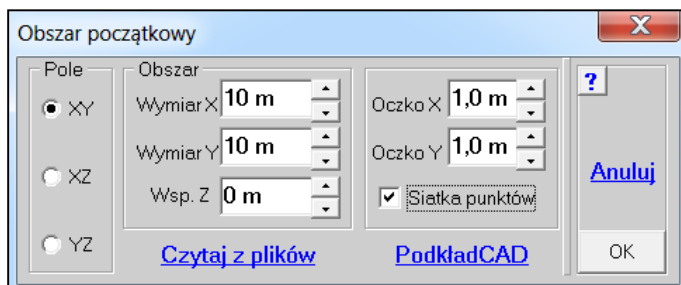
Po włączeniu, na planszy startowej obiektu, przycisku [Rama3D](#) pokaże się wstępne okno zadawania ramy przestrzennej. Ramę przestrzenną w programie Obiekt3D zadaje się identycznie jak w programie Rama3D. Zaczyna się od płaskiego fragmentu leżącego w jednej z trzech płaszczyzn głównych. Na planszy startowej wybiera się płaszczyznę i ewentualnie ustala jej współrzędną (w kierunku prostopadłym).

Jeśli nie włączy się pozycji „Siatka punktów” to współrzędne każdego nowego węzła trzeba będzie wpisać. Współrzędne nie muszą zawierać się w zadeklarowanym obszarze, ale wtedy ikona nowego węzła wyjdzie poza ekran. Dopiero po przerwaniu zadawania nowych elementów nastąpi przeskalowanie i pokaże się cały model.

Plansza wpisywania współrzędnych pierwszego węzła będzie pozwalała wpisać współrzędne. Podpowiadane będą wartości z miejsca kliknięcia w ekran. Przyciskami [X], [Y] i [Z] można wyzerować odpowiednią składową. Po zamknięciu planszy przyciskiem [OK] na ekranie pokaże się węzeł do którego zostanie doczepiony promień połączony ze wskaźnikiem myszy i środkiem krzyża wyboru. Ponowne kliknięcie w ekran otworzy okna wpisywania o większych możliwościach. Obok współrzędnych traktowanych jako domyślne będzie można wpisać przyrosty dX, dY i/lub dZ. Jakakolwiek zmiana w oknach przyrostów wyłączy aktywność pola współrzędnych i odwrotnie. Wartości przyrostów są pamiętane o podpowiadane w kolejnych krokach. W pierwszych oknach nie będzie przełącznika „Pion/Poziom”.

Jeśli model jest w rzucie to przy wprowadzaniu nowych współrzędnych można skorzystać z włącznika „Pion/Poziom”. Wystarczy wtedy wpisać tylko jedną współrzędną, a druga zostanie przyjęta taka sama jak w węźle poprzednim. O tym czy będzie to współrzędna pozioma czy pionowa decydować będzie kąt promienia pomiędzy poprzednim węzłem a miejscem ostatniego kliknięcia ekranu.

Po włączeniu, na planszy współrzędnych, przycisku [M] pokaże się nowe okno, w którym będzie można wprowadzać współrzędne w układach bezwzględnych i względnych, prostokątnych i promieniowych. Ta plansza też będzie dostępna tylko przy rzucie modelu na jedną z płaszczyzn głównych.





Po włączeniu, na planszy startu, pozycji „Siatki punktów” na ekranie pojawią się równomiernie rozmieszczone punkty o gęstości zadanej wielkością oczka. Po kliknięciu w ekran nastąpi dociągnięcie miejsca wskazania do najbliższego punktu i zostanie on przyjęty jako węzeł. Przy włączonej siatce punktów nie ma możliwości wpisania współrzędnych nowego węzła. Oczywiście po przerwaniu zadawania współrzędne każdego węzła mogą być dowolnie zmieniane.

W czasie wprowadzania prętów węzłami elementu mogą być już istniejące miejsca modelu, jak również mogą to być nowe punkty. Jeśli nowy węzeł będzie leżał na wprowadzonym już elemencie to zostanie on podzielony na dwa i nastąpi automatyczne dołączenie nowego elementu do elementów z podziału.

Początkowo włączony jest tryb ciągłego zadawania elementów. W tym trybie początek następnego elementu jest w węźle końcowym poprzedniego. W ten sposób tylko dla pierwszego elementu wskazuje się węzeł początkowy. Dla następnych elementów wskazuje się tylko węzły końcowe. Tryb zadawania elementów można zmienić naciskając prawy przycisk myszy. Wywołuje on podręczne menu, w którym można zmienić opcję **Ciągłe**. Po wyłączeniu tej opcji do zadania każdego elementu trzeba będzie wskazać węzeł początkowy i końcowy.

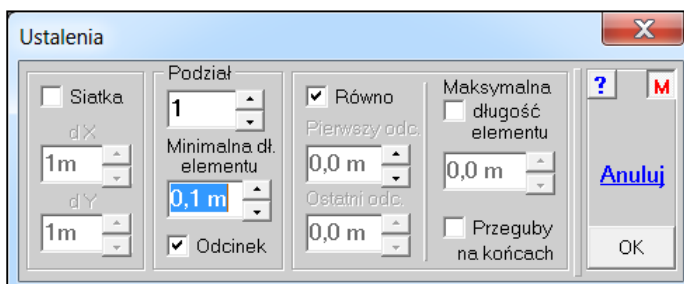
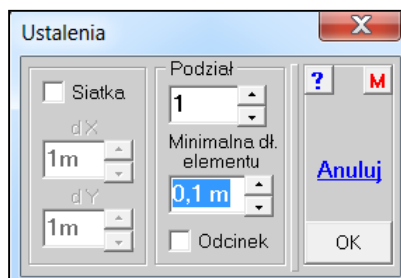
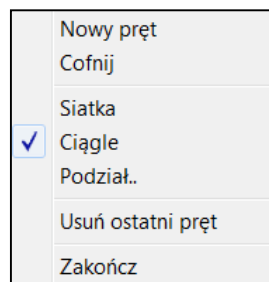
Opcję **Nowy pręt** można rozpocząć zadawanie kolejnych elementów. Ta opcja jest szczególnie przydatna przy ciągłym zadawaniu elementów, ponieważ pozwala zacząć nowy ciąg.

Opcję **Siatka** można włączać i wyłączać siatkę punktów „magnetycznych”. Opcja ta będzie dostępna tylko wtedy, kiedy model będzie w rzucie na jedną z głównych płaszczyzn układu współrzędnych.

Opcję **Podział..** wywołuje się planszę, na której można zmienić sposób tworzenia nowych elementów. Początkowo pomiędzy węzłem początkowym i końcowym przyjmowany jest jeden element skończony. Na planszy, w oknie „Podział” można wprowadzić warunek, że odcinek ten będzie dzielony na więcej elementów z dodatkowym warunkiem, że minimalna długość elementu nie będzie mniejsza od zadanej wartości. Domyślnie w programie długość minimalna elementu prętowego jest równa 0,1m. Ponadto można włączyć warunek zadawania elementów odcinkami (nie ciągle), oraz można włączyć lub wyłączyć siatkę oraz zmienić jej gęstość.

Po wciśnięciu przycisku **[M]** plansza zostanie rozszerzona o pole, w którym można wyłączyć równomierny podział odcinka wprowadzając wymaganą długość początkowego i/lub końcowego elementu. Te warunki będą dostępne po włączeniu podziału na dwa lub więcej elementów. Ponadto można wprowadzić warunek równego podziału, ale na elementy nie dłuższe od wprowadzonej wartości. Podział na elementy o wymaganej długości jest dostępny niezależnie w menu [Elementy](#) lub w czasie wprowadzania innych danych, które wymagają drobnego podziału. Na planszy można też wprowadzić warunek zakończenia każdego odcinka przegubami. Jeśli podział jest równy 1 wtedy każdy element będzie zakończony przegubami.

Jeśli w modelu są wprowadzone już przekroje i/lub materiały (więcej niż jeden) to na tej planszy będzie można też zdecydować o tych danych.



Opcja **Usuń ostatni pręt** pozwala skasować ostatni element lub cały odcinek ostatnio zadany. Opcja **Zakończ** pozwala zakończyć zadawanie elementów. Ten sam efekt można osiągnąć po kliknięciu na przycisk [Zakończ](#), który znajduje się po prawej stronie ekranu.

## 32.1. Czytanie z plików

Program ABC Obiekt3D pozwala wczytać model z plików tekstowych. Z plików można też dodawać nowe obszary do istniejącego już modelu. Potrzebne są dwa lub trzy pliki. Pierwszy ze współrzędnymi węzłów i następne z opisem elementów. Pliki są tekstowe i mają podobną strukturę. W pierwszym wierszu jest słowny komentarz, a potem są linie z danymi. W pliku ze współrzędnymi będzie to kolejny numer węzła i jego współrzędne X, Y i Z. W pliku z opisem elementów prętowych będzie to kolejny numer elementu, dwa numery węzłów tworzących element, numer węzła kierunkowego przekroju jeśli jest, lub zero, kod kierunku osi przekrojowej jeśli nie ma węzła kierunkowego, dalej numer materiału i numer przekroju.

Pliki można przygotować dowolnym edytorem tekstowym (dość pracochłonne zajęcie) lub innym programem. Można je też utworzyć w innym zadaniu ABC wywołując opcję **Zapisz do plików**.

Po wybraniu przełącznika „Z plików” pokaże się plansza, i okno wyboru pliku tekstowego z opisem węzłów. Po wybraniu pliku zostanie on odczytany i jego zawartość wyświetlony w lewym oknie. Jeśli dane nie są dobre, przyciskiem [Węzły](#) można odczytać inny plik. Natomiast jeśli jest dobry to przyciskiem [Dobre](#) można przejść do czytania pliku z opisem elementów prętowych. W modelu prętowym na planszy może się pokazać liczba węzłów potrzebna do opisu prętów i liczba węzłów kierunkowych potrzebnych do opisu położenia przekrojów. Węzłów kierunkowych może nie być.

Jeśli dane są poprawne to przyciskiem [Koniec](#) można otworzyć ramkę zmian i skalowania.

**Czytanie modelu z plików tekstowych**

**Węzły - Kopuła**

1	0,0	0,0	0,0
2	0,204	0,0	1,553
3	0,804	0,0	3
4	1,757	0,0	4,243
5	3	0,0	5,196
6	4,447	0,0	5,796
7	5,7	0,0	5,95
8	0,804	-3	0,0
9	0,981	-2,898	1,553
10	1,5	-2,598	3
11	2,326	-2,121	4,243
12	3,402	-1,5	5,196
13	4,655	-0,776	5,796
14	5,74	-0,15	5,95
15	3	-5,196	0,0
16	3,102	-5,019	1,553
17	3,402	-4,5	3
18	3,879	-3,674	4,243
19	4,5	-2,598	5,196

**Pręty - Kopuła**

1	1	2	7	0	1	1
2	2	3	7	0	1	1
3	3	4	7	0	1	1
4	4	5	7	0	1	1
5	5	6	7	0	1	1
6	6	7	7	0	1	1
7	8	9	8	0	1	1

**Model**

X - (0,0 / 12)m    Do X 0,0 m

Y - (-6 / 6)m    Do Y 0,0 m

Z - (0,0 / 5,95)m    Do Z 0,0 m

1x

[Zmiana wsp.](#) 0,0,0

**Czytaj**

[Węzły](#)    Węzłów: 144/37    [Dobre](#)

[Pręty](#)    Prętów: 264    [Dobre](#)

[Płaskie](#)    [Dobre](#)

[Koniec](#)

[Anuluj](#)    [OK](#)

Przycisk [Zmiana wsp.](#) pozwala przeskalować współrzędne przez wartość z okna powyżej. Współrzędne w programie ABC muszą być w metrach, a skalowanie pozwoli odczytać nawet wartości w calach. Poza zmianą jednostki można ustawić siatkę do źródła ([0,0,0](#)), można też dodać dowolną wartość do wybranych współrzędnych.



Wystarczy wprowadzić niezerową wartość do okna a uaktywni się odpowiedni przycisk. Przełącznikiem „Stały format” można zmienić sposób wyświetlania współrzędnych węzłów.

Program przyjmuje w prętach przekroje fikcyjne, które są opisane kolejnymi liczbami. Później z menu Przekroje można je wymienić na rzeczywiste, które będą ustawione zgodnie z węzłem kierunkowym lub kodem kierunku.

W folderze \Przykłady\_Ob3D znajduje się zadanie Rama3D\_Z\_Plikow które powstało po wczytaniu pliku Wezly\_Rama3D.txt i Pret\_y\_Rama3D.txt. Oba te pliki też są w tym folderze.

### 32.2. Podkład CAD

Tworząc model typu Rama3D też można skorzystać z podkładu CAD. Postępowanie jest identyczne jak w przypadku modelu powłokowego i jest opisane w rozdziale 30.13.

## C 33. Menu Elementy (prętowe)

W modelu prętowym po kliknięciu w przycisk Element otrzyma się bezpośrednio menu z opcjami potrzebnymi przy prętach. Jeśli w modelu nie będzie jeszcze wprowadzonych danych materiałowych i/lub przekrojowych wtedy nie będą dostępne opcje Cięgna, Wsporniki i Końce prętów.

Opcje są pogrupowane w bloki. W pierwszym bloku są opcje, którymi dodaje się nowe elementy do modelu. Opcją Dodaj pręty.. można dodawać nowe elementy w taki sam sposób jak podczas rozpoczęcia zadawania modelu typu Rama3D. Opcją Dodaj słup.. można wprowadzać pionowe słupy do modelu. Opcjami Dodaj łuk.. i Dodaj spiralę.. można wygenerować odpowiednie formy geometryczne. Opcją Dodaj z plików.. można dodawać do modelu fragmenty zapisane w plikach.

Kolejne trzy opcje pozwalają przekształcić istniejące elementy, podzielić, przedłużyć lub związać razem elementy skrzyżowane.

Opcją Obróć układ wsp. można zmienić układ współrzędnych elementowych.

Opcją Powiel elementy.. pozwala powtarzać wybraną grupę elementów w różny sposób z możliwością dodatkowej modyfikacji niedostępnej dla elementów powłokowych.

Opcją Usuń wybrane pozwala usuwać elementy. Po usunięciu elementów w tym bloku pojawią się jeszcze dwie opcje: Skasuj ukryte i Przywróć ukryte.

Opcje Cięgna, Wsporniki i Końce belek pozwalają zadać pewne dodatkowe cechy elementom prętowym.

Opcją Podwójne pozwala zadać podwójne pręty, podobnie jak w powłokach.

Opcją Zapisz do plików.. można zapisać do plików tekstowych aktualną geometrię modelu, a opcją Dł.minimum można zmienić minimalną długość elementu.

Dodaj pręty..
Dodaj słup..
Dodaj łuk..
Dodaj spiralę..
Dodaj z plików..
Podziel pręty..
Przedłuż pręty..
Skrzyżowane
Obróć układ wsp.
Powiel elementy..
Usuń wybrane
Cięgna
Wsporniki
Końce prętów
Podwójne
Zapisz do plików..
Dł.minimum (0,1m)

### 33.1. Opcja Dodaj pręty

Opcja Dodaj pręty.. pozwala dodać do istniejącego modelu nowe elementy prętowe. Jeśli model będzie w widoku to nie będzie można włączyć siatki punktów „magnetycznych”. Są one dostępne tylko w rzucie na jedną z płaszczyzn głównych.

Po wybraniu tej opcji pokaże się plansza, na której można ustalić jak będą przyjmowane nowe elementy, z jakiego będą materiału oraz jaki będą miały przekrój i jak on będzie ustawiony. Dane o przekroju będą dostępne tylko wtedy, kiedy już w modelu będą wprowadzone opisy przekrojów. W pierwszym oknie będzie można zadać liczbę podziału każdego odcinka. Jeśli elementy prętowe będą dodawane do istniejących elementów powłokowych, jako tzw. uźebrowanie to należy koniecznie **wprowadzić podział równy jeden**. Na planszy można też zmienić minimalną długość elementu.

W drugim oknie można wprowadzić taki podział odcinka na dwa, że węzeł środkowy będzie w zadanej odległości od węzła początkowego. Odległość pomiędzy tymi węzłami może być mierzona po osi elementu (domyślnie), lub może być określona współrzędnymi X, Y lub Z. Na planszy można też zadeklarować ciągły sposób zadawania, oraz przeguby na końcach wprowadzonych odcinków. Włączając „Ciężno” wprowadza się opis prętów zakończonych z obu stron przegubami i przenoszących tylko siły osiowe. Przełącznik "Skurczone" pozwala włączyć pokazywanie elementów powłokowych i prętowych skurczonych względem swego środka.

The 'Dodaj pręty' dialog box includes the following controls:

- ☒ Podział (Division)
- ☐ Węzeł (Node)
- Minimalna dl. elementu: 0,01 m
- Odleg. pocz.: 1 m
- Materiał: Beton C20/25
- Przekrój: 1.30x40
- Kierunek osi y' przekroju: X, Y, Z (Z is selected)
- ☒ Ciągłe (Continuous)
- ☐ Przeguby (Joints)
- ☐ Ciężno (Heavy)
- ☐ Skurczone (Compressed)
- Buttons: Anuluj, OK

### 33.2. Opcja Dodaj słup

Opcją Dodaj słup.. można wprowadzać do modelu pionowe elementy prętowe. Plansza jest identyczna jak w przypadku modeli powłokowych. Należy pamiętać, że słup zawsze miał kierunek osi Z i będzie skierowany do góry jeśli ma dodatnią wysokość i będzie skierowany w dół jeśli jego wysokość będzie ujemna. Dodatkowo można zadać przeguby na końcach. Włączając „Pokaż stare słupy” można poznać miejsca z wcześniej wprowadzonymi słupami.

The 'Słup' dialog box includes the following controls:

- Wysokość: 3 m
- Podział wysokości: 1
- Przekrój: 1.180
- Oś y' przekroju skierowana: do osi X, do osi Y (X is selected)
- ☒ Pokaż stare słupy
- Przeguby na końcach słupa: Na dole słupa, Na górze słupa
- Buttons: Nowy materiał, Anuluj, OK

### 33.3. Opcja Dodaj łuk

Opcja Dodaj łuk.. pozwala wprowadzić do modelu łuk kołowy, eliptyczny lub paraboliczny. Łuk może leżeć w dowolnej płaszczyźnie. Jeśli model ma zacząć się od łuku to należy w pierwszym kroku wprowadzić jeden element, który pozwoli wywołać tę opcję. Po zadaniu łuku będzie można go usunąć z modelu.

Każdy typ łuku może być tak skonstruowany, aby miał elementy o jednakowej długości lub tak, aby rzuty elementów na cięciwę były jednakowe. Dla łuków kołowych warunek ten może być wprowadzony, jeśli kąt środkowy nie będzie większy od 180°.

W każdym przypadku na planszy należy zadać liczbę elementów, które mają utworzyć łuk. Ta zasada obowiązuje tylko w modelu prętowym. W modelu mieszanym podział zależy od elementów powłokowych. Następnie należy wybrać „Sposób zadania”. Dla łuków kołowych przygotowano pięć sposobów zdefiniowania łuku.

Pierwszy sposób to łuk przez trzy punkty. Mogą to być węzły modelu lub punkty, których współrzędne są wpisywane na planszy. W takim przypadku należy kliknąć w dowolnym miejscu pole zadawania modelu i wpisać współrzędne na planszy, która się wtedy pokaże.

Drugi sposób pozwala zadać łuk, w którym wysokość będzie zadana jawnie. Na planszy pokaże się okienko, w które należy wpisać odpowiednią wartość. Płaszczyznę łuku nadal wyznacza się trzema punktami: początkiem, punktem pośrednim i końcem łuku. Punkt pośredni ustala kierunek wypukłości łuku.

Trzeci sposób jest podobny do poprzedniego z tym, że zadaje się proporcję wysokości łuku do długości cięciwy. W okienku gdzie była wysokość łuku wpisuje się stosunek wysokości do podstawy.

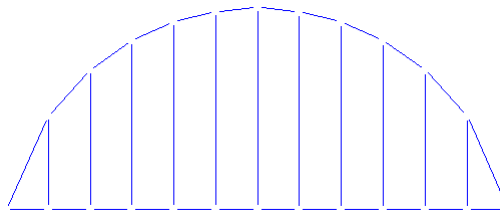
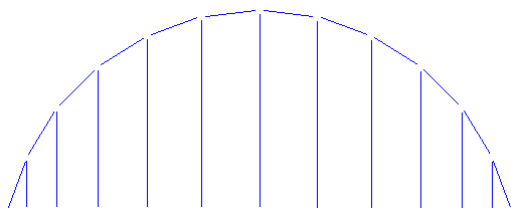
W czwartym sposobie należy jawnie zadać promień łuku i wtedy jako pierwszy określić się punkt (węzeł) będący środkiem łuku. W okienku podaje się promień łuku.

Podobnie w piątym sposobie najpierw wybiera się środek łuku, a dopiero w drugim i trzecim kroku punkt początkowy i końcowy. W piątym sposobie promień łuku jest określony odległością pomiędzy środkiem a punktem początkowym łuku. W każdym sposobie łuk może być rozpięty pomiędzy punktami początku i końca; przełącznik „Łuk PK”, może mieć zadany kąt środkowy; przełącznik „Zadany”, wtedy pokaże się okienko w które trzeba wpisać długość łuku, oraz może mieć kąt równy 90°, 180° lub 360°. Przy kącie łuku wybranym przełącznikiem „Łuk PK” i przy czwartym i piątym sposobie zdefiniowania, punkt końcowy nie musi leżeć na łuku.

W polu „Kierunek osi y' przekroju” można zdefiniować położenie przekrojowej osi y'. Domyślnie oś ta jest skierowana do środka łuku, ale można ustawić ją prostopadłą do płaszczyzny łuku lub w kierunku jednej z wybranych osi układu głównego.

Jeśli w modelu zadano już materiał i/lub przekroje (więcej niż jeden) to pojawi się pole pozwalające wybrać materiał i przekrój elementów łuku.

Poniżej pokazano dwa łuki. W jednym wprowadzono równy podział łuku, a w drugim równy podział cięciwy.



Jeśli do modelu ma być wprowadzony łuk eliptyczny, to plansza zostanie zredukowana do postaci pokazanej dalej.

Łuk eliptyczny można poprowadzić tylko przez trzy punkty, podając początek, koniec i wysokość lub podając początek, koniec i proporcje dużej osi do małej. Łuki eliptyczne mogą obejmować tylko  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  lub całą elipsę.

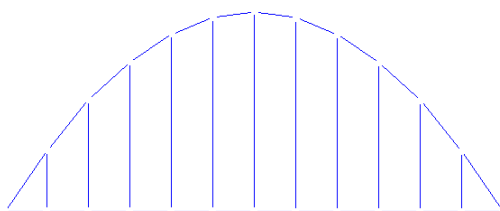
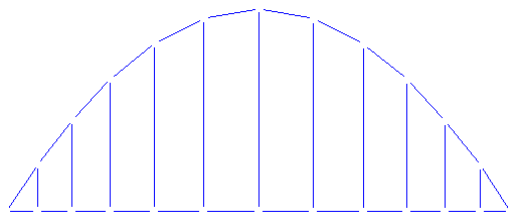
W łukach eliptycznych można wprowadzić warunek, aby elementy na małym łuku były krótsze niż na dużym łuku. W oknie „Długi do krótkiego” można wprowadzić potrzebny stosunek. Zmiana długości elementu odbywa się płynnie. Zmiana ta jest możliwa tylko wtedy, kiedy jest włączony podział po łuku. Po włączeniu równego podziału wzdłuż cięciwy okno to zniknie.

Wybierając łuk paraboliczny plansza zmienia się do postaci podobnej do poprzedniej, tyle, że łuk paraboliczny może być poprowadzony tylko pomiędzy punktem początkowym i końcowym.

Poniżej pokazano dwa łuki paraboliczne, jeden ma elementy o jednakowej długości, a drugi ma jednakowej długości rzuty elementów na cięciwę.

<b>Łuk</b> <input type="radio"/> Kołowy <input checked="" type="radio"/> Eliptyczny <input type="radio"/> Paraboliczny	<b>Sposób zadania</b> <input type="radio"/> Łuk przez trzy punkty <input checked="" type="radio"/> Wysokość, Początek i Koniec <input type="radio"/> Proporcja, Początek i Koniec	<b>Kąt łuku</b> <input type="radio"/> 90° <input checked="" type="radio"/> 180° <input type="radio"/> 360°
<b>Równy podział</b> <input checked="" type="radio"/> Łuku <input type="radio"/> Cięciwy	Liczba prętów <b>12</b>	Wysokość łuku <b>1 m</b>
		Długi do krótkiego <b>1</b>

<b>Łuk</b> <input type="radio"/> Kołowy <input type="radio"/> Eliptyczny <input checked="" type="radio"/> Paraboliczny	<b>Sposób zadania</b> <input type="radio"/> Łuk przez trzy punkty <input checked="" type="radio"/> Wysokość, Początek i Koniec <input type="radio"/> Proporcja, Początek i Koniec	<b>Kąt łuku</b> <input checked="" type="radio"/> Łuk PK
<b>Równy podział</b> <input checked="" type="radio"/> Łuku <input type="radio"/> Cięciwy	Liczba prętów <b>12</b>	Wysokość łuku <b>1 m</b>



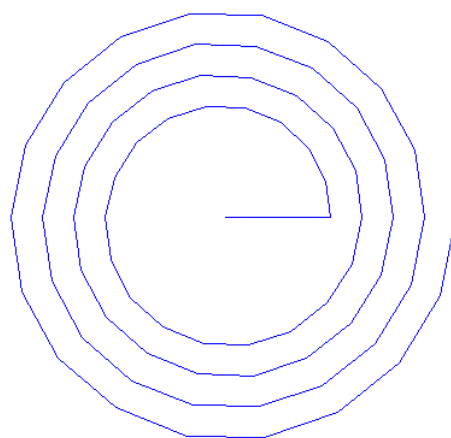
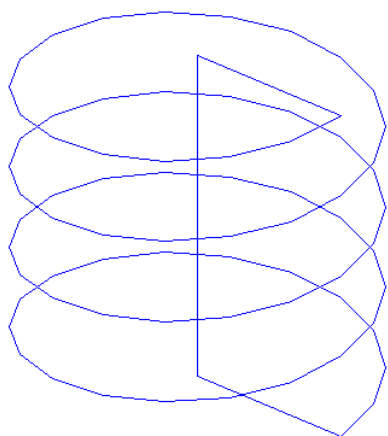
### 33.4. Opcja Dodaj spiralę

Opcja **Dodaj spiralę**.. pozwala wygenerować elementy na linii śrubowej, na spirali Archimedeusza lub logarytmicznej, płaskiej lub rozciągniętej w przestrzeni. Pierwszym krokiem przy zadawaniu elementów na spirali jest wybranie trzech punktów/węzłów. Drugi i trzeci określa oś spirali, a pierwszy położenie płaszczyzny, od której rozpocznie się zadawanie elementów. Odległość pomiędzy pierwszym i drugim punktem będzie podpowiadany promieniem startowym spirali.

Na planszy pokazanej obok można wprowadzić parametry spirali. Wprowadza się wysokość jednego zwoju oraz promień startowy. Dla linii śrubowej promień startowy będzie taki sam na całej wysokości spirali. W spirali typu Archimedeusza lub logarytmicznej można wprowadzić zerową wysokość jednego zwoju i wtedy otrzyma się spirale płaskie. Wprowadzenie zerowej wysokości zwoju w linii śrubowej z jednoczesnym ograniczeniem kąta spirali poniżej 360° będzie równoznaczne z utworzeniem łuku.

W spirali zakłada się liczbę belek, które mogą być określone kątem wewnętrznym lub długością rzutu. W linii śrubowej zadanie kąta lub długości łuku prowadzi do tego samego efektu. Inaczej jest w spiralach Archimedesesa lub logarytmicznej, gdzie aktywowanie włącznika „Co kąt” spowoduje, że elementy będą coraz dłuższe. Włączenie z kolei włącznika „o długości rzutu” pozwoli zachować stałą długość elementów, ale będzie wymagać indywidualnego doboru liczby elementów, tak, aby otrzymać wymagany kąt spirali. W polu „Zmiana promienia na obrót spirali” można zdefiniować, czy będzie to spirala Archimedesesa, w której odległość pomiędzy łukami jest stała na całej długości spirali, lub czy będzie to spirala logarytmiczna, w której stosunek promieni pomiędzy kolejnymi zwojami spirali jest stały. Stosunek zadaje się w %. Jeśli w modelu jest materiał i przekroje to będzie można jeszcze wybrać te parametry dla elementów spirali.

Poniżej pokazano elementy umieszczone na linii śrubowej oraz elementy tworzące spiralę Archimedesesa.



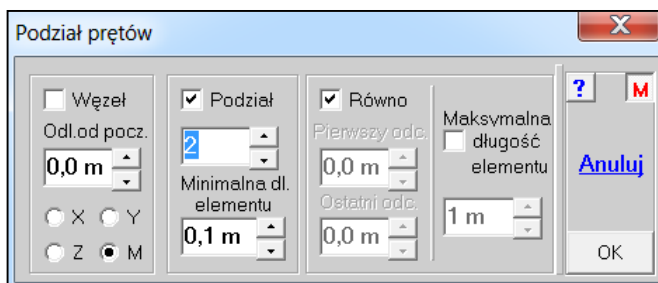
### 33.5. Opcja Dodaj z plików

Po wywołaniu opcji **Dodaj z plików** można do istniejącego modelu dodawać nowy obszar opisany dwoma plikami tekstowymi. W jednym będzie opis współrzędnych węzłów, a w drugim opis topologii elementów z danymi przekrojowymi. Postać tych plików jest opisana szczegółowo w rozdziale 33.1.

Ponieważ po wczytaniu nowego obszaru można wprowadzić przesunięcie w kierunku X, Y oraz Z to dobierając odpowiednio te translacje można od razu zapewnić połączenie nowego i starego obszaru. Jeśli nowy obszar wymaga jeszcze obrotu, to należy go wczytać w takie miejsce, aby utworzył nową siatkę bez spójności ze starym modelem, następnie wykorzystując narzędzia z menu [Węzły](#) można go obrócić, a potem przesunąć tak, aby dopasować go do starej siatki. W takiej sytuacji można skorzystać z opcji automatycznego łączenia węzłów lub też połączyć wybrane węzły ręcznie.

### 33.6. Opcja Podziel pręty

Opcja Podziel pręty.. pozwala podzielić wybrane elementy w sposób wybrany z planszy, która pokazuje się po kliknięciu w tą pozycję menu. Elementy można dzielić na zadaną liczbę części z zachowaniem warunku, że będą to części równe lub z określeniem długości pierwszego i ostatniego elementu. Można zadać warunek, aby elementy powstałe z podziału nie były dłuższe od zadanej długości. W pierwszym polu można z kolei zadać warunek podziału elementu na dwa, tak, aby nowy węzeł był w odpowiedniej odległości od węzła początkowego. Odległość może być mierzona po elemencie; włącznik „M”, lub wzdłuż jednej z trzech osi współrzędnych. Ten sposób podziału wymaga wyboru elementu sposobem odcinkowym. Elementy są wybierane do podziału do momentu kliknięcia w przycisk [Zakończ].



### 33.7. Opcja Przedłuż pręty

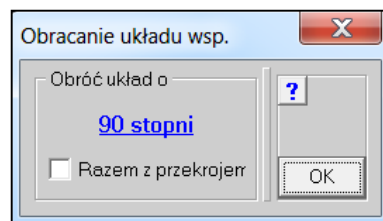
Opcja Przedłuż pręty.. pozwala przedłużać wybrane elementy o podany odcinek. Elementy są wybierane sposobem Odcinkowym a nowy element będący przedłużeniem jest dodawany do końcowego węzła wybranego odcinka i będzie leżał na tej samej osi, co wybrane element. Ponadto będą zachowane dane materiałowe i przekrojowe łącznie z ustawieniem przekroju w przestrzeni.

### 33.8. Opcja Skrzyżowane

Opcja Skrzyżowane pozwala połączyć elementy, które przecinają się ze sobą. Przy zadawaniu modelu wprowadzenie elementów krzyżujących nie powoduje automatycznie połączenia ich węzłem leżącym w miejscu przecięcia. W modelach przestrzennych czasem na ekranie widać, że elementy się przecinają, a nie można wykonać tej operacji. Przyczyną takiego stanu jest to, że wybrane elementy są skośne, czyli leżą w różnych płaszczyznach. Można wtedy zwiększyć odchyłkę wyboru (menu [Pokaż](#), opcje Różne i Odchyłka)

### 33.9. Opcja Obróć układ

Opcja Obróć układ pozwala zmienić położenie prętowych osi  $y'$  i  $z'$  co  $90^\circ$ . Prętowa oś  $x'$  zostaje bez zmiany. Po wybraniu tej opcji należy wybrać elementy, z których będą zmieniane układy współrzędnych i klikając w przycisk 90 stopni można obserwować zmiany. Układ domyślnie zmienia się bez obrotu przekroju, ale można to połączyć. Jeśli zmiana układu współrzędnych jest związana ze zmianą położenia przekroju to należy skorzystać z opcji z menu Przekrój.



### 33.10. Opcja Powiel elementy

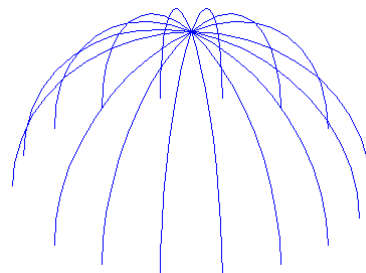
Opcja Powiel elementy.. pozwala na powtórzenie wybranej grupy elementów. Elementy prętowe mogą być powielane tak samo jak elementy powłokowe. Szczegółowe zasady powielania są opisane w rozdziale 32.10. Jedyną różnicą, która występuje przy powielaniu elementów prętowych jest powielanie liniowe ze skalowaniem. Pozwala ono utworzyć kolejne grupy elementów na węzłach o zmienionych współrzędnych. Każdą współrzędną można skalować niezależnie. Skalowanie odbywa się względem punktu zwanego biegunem. Na planszy powielania zadaje się współrzędne tego bieguna.

W zadaniu Powielanie\_Katowe pokazano kopułę utworzoną z jednego łuku powtórzonego 7 razy co  $20^\circ$ .

Po wybraniu pozycji „Liniowo” będzie można powie-  
lać grupę elementów liniowo przez wprowadzenie przyrostu współrzędnych w kierunku X, y i Z. W polu „Ile razy” będzie można określić liczbę powtórzeń.

Powielanie liniowe może odbywać się ze skalowaniem każdej współrzędnej oddzielnie lub tak samo, względem bieguna o podanych współrzędnych. Np., jeśli zada się skalę wymiaru Z mniejszą od 1,0 to każda następna grupa elementów utworzona w wyniku powielania będzie niższa niż pierwsza. Wprowadzenie skali mniejszej od 1,0 dla kierunku X lub Y pozwoli na utworzenie kolejnych grup elementów węższych niż obszar pierwotny. Położenie nowych, węższych grup będzie zależało od wyboru bieguna.

Poniżej pokazano efekt powielenia początkowego łuku kołowego cztery razy, przy czym wymiary poziome były zwiększane w każdym kroku o 10%, a wymiary pionowe zmniejszane o 5%. Biegun skalowania przyjęto w środku początkowego łuku.



**Powielanie elementów**

Jak powielić

☒ Liniowo co dX: 0,0 dY: 0,0 dZ: 0,5

☐ Z wielokrotnym wyborem elementów

☐ Obrótowa co 30 st wokół wybranej prostej

☐ Spiralnie wokół wybranej dowolnej osi

☐ Lustrzane odbicie ☐ Lustra prostopadłe

Powtórzyć też ☐ Podpory ☐ Obciążenie

Pionowa ☒ oś Z Ile razy 4x

Skalowanie

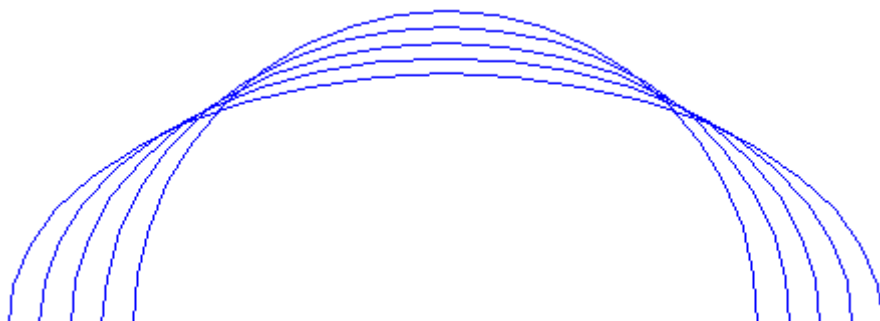
Biegun X0: 1 m Y0: 0,0 m Z0: 0,0 m

Skala sX: 1,1 sY: 0,95 sZ: 1,0

☐ Skala jednakowa dla każdego kierunku

Anuluj

OK





### 33.11. Opcja Ciężna

Opcja Ciężna pozwala zadać elementy ciężne, które posiadają przeguby na końcach i *nie są zginane siłami ciężkości i przyłożonymi do nich obciążeniami liniowymi*. Te obciążenie jest sprowadzane do węzłów tego elementu. Ponadto mogą mieć cechy nieliniowe takie jak: wyłączanie się po pojawieniu się w nich ściskania lub po pojawieniu się siły rozciągającej większej od wartości granicznej. Wartością graniczną może być siła krytyczna Eulera i wtedy będzie automatycznie obliczana przez program. Wszystkie te warunki zadaje się na planszy, która pojawi się po kliknięciu w opcję **Zadaj**.

Wprowadzenie elementów ciężnowych pozwala na przeprowadzenie też obliczeń liniowych i wtedy elementy te mogą być ściskane, lub obliczeń nieliniowych i wtedy elementy te będą zachowywały się zgodnie z zadanymi warunkami granicznymi.

Po zadaniu warunków ciężnowych do wybranych elementów będzie można je pokazać, odczytać wprowadzone parametry i usunąć z modelu.

Pokaż ciężna  
Zadaj ciężna..  
Usuń ciężna  
Odczyt danych

### 33.12. Opcja Wsporniki

Opcją Wsporniki można wprowadzić do wybranych elementów warunek, aby przy liczeniu energii sprężystej włączyć do niej energię ścinania. Pozwala to dokładniej wyznaczyć ugięcia krótkich elementów. Włączenie tego warunku dla długich elementów daje znikome efekty. Po zadaniu warunku wspornika w wybranych miejscach można te elementy pokazać lub usunąć z nich ten warunek.

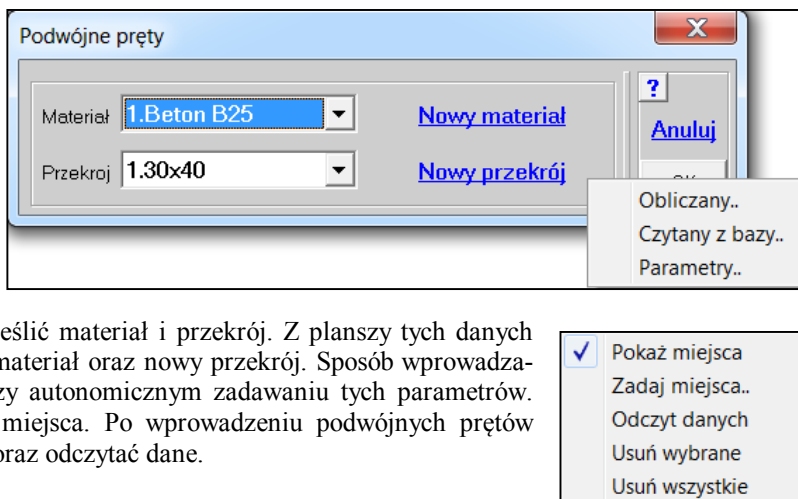
### 33.13. Opcja Końce belek

Opcją Końce belek można zadać na końcach elementów prętowych fragmenty o zadanej długości w których będzie inna sztywność. Może to być zwiększenie sztywności np.: po to, aby ograniczyć czynną długość rygla do odległości między krawędziami słupów. Można też zmniejszyć sztywność modelując w ten sposób blachy węzłowe. Wprowadzenie tego warunku automatycznie podzieli element tak, aby na końcu powstał odcinek o zadanej długości. Jego sztywność będzie zmieniona w stosunku do sztywności przekroju elementu. Zarówno odległość jak i zmianę sztywności podaje się na planszy, która pokazuje się po kliknięciu w opcję **Zadaj**. Węzły, w których będą zmiany sztywności wybiera się tak samo jak węzły, w których są przeguby, najpierw wybiera się elementy, potem wskazuje się węzły. Wprowadzona w ten sposób modyfikacja siatki ujawni się dopiero w module WYNIKI. W zadanych miejscach pojawiają się dodatkowe elementy. Po zadaniu tych cech będzie je można pokazać, odczytać i usunąć.



### 33.14. Opcja Podwójne pręty

Opcja pozwala w wybranych prętach zadać drugi materiał i drugi przekrój. Nie będą pręty zespolone, lecz pręty jeden w drugim, np.: stalowe wzmocnienie pręta aluminiowego. Przy pierwszym wywołaniu będzie można tylko zadać pręty. Najpierw należy określić materiał i przekrój. Z planszy tych danych można wprowadzić nowy materiał oraz nowy przekrój. Sposób wprowadzania jest identyczny jak przy autonomicznym zadawaniu tych parametrów. Następnie można wybrać miejsca. Po wprowadzeniu podwójnych prętów można je pokazać, usunąć oraz odczytać dane.

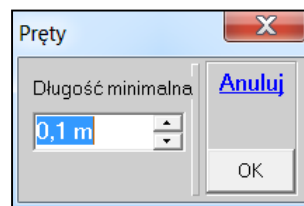


### 33.15. Opcja Zapisz do plików

Opcją Zapisz do plików można geometrię modelu zapisać do dwóch plików tekstowych. W jednym będą współrzędne węzłów, a w drugim opis topologiczny elementów. Działanie tej opcji jest identyczne jak przy elementach powłokowych i jest opisane w rozdziale 32.15.

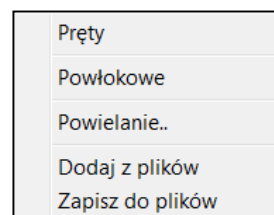
### 33.16. Opcja Dł. minimum

Ostatnią opcją w menu [Elementy](#) będzie pozycja, w której można określić minimalną długość elementu. W modelu nie będzie można wprowadzić elementu krótszego od zadanego minimum.



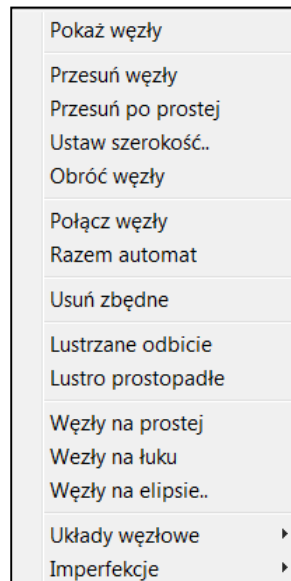
## C 34. Menu Elementy (model mieszany)

W modelu mieszanym powłokowo-prętowym po kliknięciu w przycisk [Elementy](#) pojawi się menu pokazane obok. Będzie można wybrać zadawanie elementów prętowych lub powłokowych oraz można wykonać operacje wspólne, czyli powielić elementy, dodać z plików i zapisać do plików. Opcje Powielanie, Dodaj z plików i Zapisz do plików zniknie z menu Pręty i Powłokowe, chyba, że model zostanie ograniczony do elementów jednego rodzaju. Dodając elementy prętowe do elementów powłokowych, np.: jako żebra należy włączyć podział równy jeden. Program sam zadba o to, aby elementy prętowe połączyły się co element z powłokowymi. Należy tylko pamiętać, że elementy prętowe muszą być zadawane wzdłuż krawędzi elementów płaskich. Co prawda można je zadać po przekątnej elementu płaskiego, ale już nie wolno wprowadzać po dowolnej linii bez uprzedniego podziału siatki opcją Dodaj linie. W przypadku wprowadzania elementów prętowych po łuku z elementów powłokowych należy na planszy zadawania łuku włączyć „Wynika z podziału obszaru”. Taki łuk będzie można zadać tylko przez trzy węzły.



## C 35. Operacje na węzłach

Węzły nie są samodzielnym składnikiem modelu. Są one zawsze związane z elementami. To elementy można dodawać, usuwać, modyfikować. Węzły powstają niejako przy okazji tworzenia elementów. Jednak w czasie wprowadzania modelu może zająć potrzeba zmiany współrzędnych i wtedy należy sięgnąć do menu [Węzły](#). Zakres menu [Węzły](#) zależy od stanu przycisku [M]. Jeśli jest wyłączony to jedyną dostępną operacją jest przesuwanie węzłów. Po włączeniu przycisku [M] menu [Węzły](#) może zawierać następujące pozycje: Pokaż węzły – opcja, która włącza i wyłącza rysowanie ikon węzłów w postaci kwadracików. Jej działanie jest zdublowane odpowiednią opcją w menu [Pokaż](#). Dalej w menu [Węzły](#) jest blok opcji związanych z przesuwaniem węzłów, blok opcji związanych z łączeniem węzłów, opcja lustrzanego odbicia, blok ustawiania węzłów na prostej lub łuku i opcja Układy węzłowe.

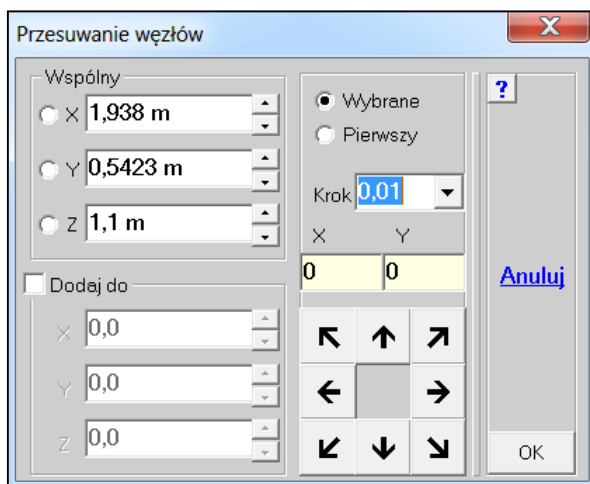


### 35.1. Przesuwanie węzłów

Jest to opcja, która pozwala na wykonanie szeregu operacji na węzłach. W trakcie zmiany współrzędnych deformacji ulegają również elementy. W modelach prętowych może dojść co najwyżej do skrócenia elementów poniżej zadeklarowanej wartości. Przed uruchomieniem obliczeń program to sprawdzi i pokaże odpowiedni komunikat.

Po wywołaniu opcji **Przesuń węzły** należy wybrać odpowiednie węzły modelu, następnie pokaże się plansza przesuwania. Postać planszy będzie zależała od tego czy model jest w rzucie na jedną z płaszczyzn głównych, czy w widoku. Postać pokazana obok będzie dostępna przy rzucie. Jeśli model będzie w widoku to na planszy będą dostępne tylko pola „Wspólny” i „Dodaj do”.

W oknie „Wspólny” można wprowadzić wspólne współrzędne X, Y lub Z. Można też do wybranych węzłów dodać tą samą wartość (Pole „Dodaj do”). Przyciskami

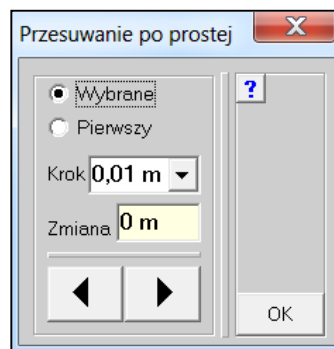


ze strzałkami można przesuwąć węzły o przyrost wybrany w polu „Krok”. Poniżej są okienka, w których pokazują się sumaryczne przesunięcia węzłów. Opis tych okienek będzie zależał od płaszczyzny rzutu. Ponadto przesuwąć można wszystkie wybrane węzły lub jeden z wybranych. Steruje tym przełącznik „Wybrane”, „Następny”. Zaraz po pokazaniu się planszy przełącznik ten będzie nazywał się „Pierwszy”. Po kolejnych kliknięciach w ten przełącznik dojdzie się do ostatniego węzła i taka nazwa pojawi się przy jego polu. Aktualny węzeł będzie wyróżniony innym kolorem.

Przyciski ze strzałkami poziomymi i pionowymi przesuwają węzły odpowiednio w poziomie lub w pionie. Przyciski z ukośnymi strzałkami przesuwają węzły ukośnie dodając do obu współrzędnych ten sam krok, ale ze znakiem odpowiednim do strzałki. Natychmiast po kliknięciu w strzałkę zostaje przerysowany obrazek, tak, że na bieżąco można śledzić zmiany.

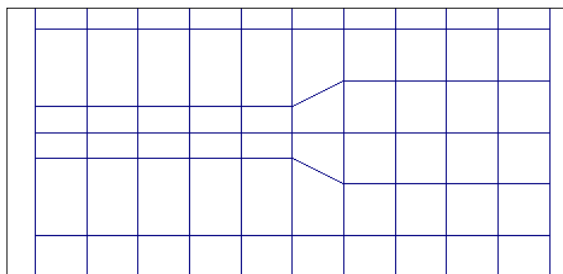
## 35.2. Przesuwanie węzłów po prostej

Poprzednia operacja pozwalała przesunąć węzły poziomo, w pionie lub pod kątem  $45^\circ$ . Ta operacja pozwala przesunąć węzły w kierunku dowolnie określonej prostej. W pierwszym kroku wybiera się dwa węzły kierunkowe, a następnie te które będą przesuwane. Węzły kierunkowe nie mogą leżeć na wspólnej prostej z węzłami przesuwanymi. Na planszy przesuwu można zdefiniować krok przesuwania, oraz zdecydować czy przesuwanie ma dotyczyć wszystkich wybranych węzłów czy tylko jednego z nich. Przesuwanie odbywa się przez naciśnięcie przycisków ze strzałkami. Łączna wielkość przesunięcia pokazywana jest w okienku „Zmiana”.



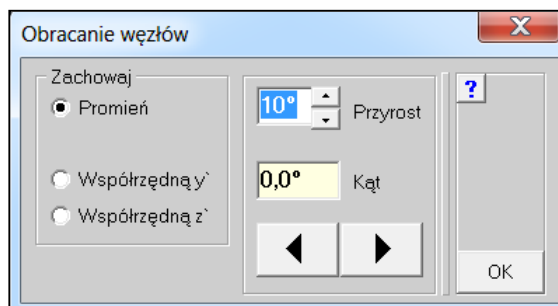
## 35.3. Opcja Ustaw szerokość..

Jest to operacja pozwalająca na zmianę szerokości podwójnego pasma elementów. Pasma definiowane jest osią ustaloną wybranymi węzłami siatki. W pierwszym kroku należy podać szerokość pasma, a następnie należy wybrać dwa węzły kierunkowe osi pasma. Węzły należące do elementów, których boki leżą na wybranej osi zostaną sprowadzone do takich położeń, aby ich odległość od osi była równa połowie zadanej szerokości. Na rysunku pokazano siatkę po wprowadzeniu tego warunku na ograniczonym odcinku.



## 35.4. Obracanie węzłów

Jest to operacja pozwalająca na zmianę położenia wybranych węzłów przez obrót wokół wskazanej osi. W pierwszym kroku wybiera się trzy węzły/punkty nie leżące na jednej prostej. Dwa pierwsze określają oś obrotu, a trzeci płaszczyznę, od której będzie odmierzano się kąt obrotu oraz zachowanie się współrzędnych. Te trzy węzły określają układ współrzędnych  $x'$ ,  $y'$  i  $z'$ , w którym oś  $x'$  jest wyznaczona pierwszym i drugim węzłem, a oś  $y'$  leży w płaszczyźnie wyznaczonej trzema węzłami.



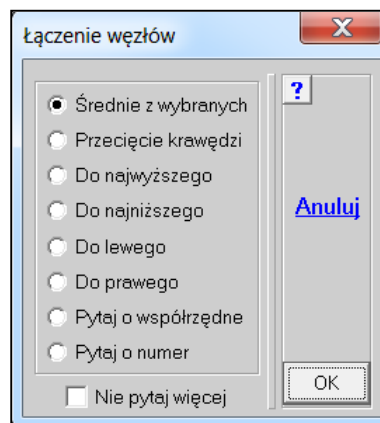
Następnie należy wybrać węzły, które będą obracane. Po wyborze węzłów pokaże się plansza „Obracanie węzłów”. Na planszy obrotu można wybrać, co ma być zachowane: promień, współrzędna  $y'$  czy współrzędna  $z'$ . Dalej zadaje się przyrost kąta i przyciskami ze strzałkami można zacząć obracać węzły. Po każdym naciśnięciu przycisku węzły zmieniają położenie i model zostanie narysowany w nowej konfiguracji. W oknie „Kąt” będzie pokazywany łączny kąt obrotu. Jeśli w wyniku przesuwania wybranych węzłów powstaną elementy o niewłaściwej konfiguracji to na ekranie pokaże się odpowiedni napis, a złe elementy zostaną wyróżnione. Jeżeli obrót o zadany kąt jest niezbędny to po zakończeniu przesuwania węzłów należy poprawić błędne elementy.

## 35.5. Ręczne łączenie węzłów

Jest to operacja pozwalająca połączyć wybrane węzły. Po kliknięciu w opcję **Połącz węzły** będzie można wybrać węzły, które mają być połączone, a następnie pojawi się plansza, na której należy zdecydować, jakie miejsce ma przyjąć węzeł powstały w wyniku połączenia. Do wyboru jest: położenie średnie, przecięcie krawędzi, do węzła najwyższego, najniższego, do lewego lub prawego oraz po każdym wyborze program może pytać o współrzędne lub o numer węzła z pośród wybranych. Przy pytaniu o współrzędne podpowiadane są wartości średnie.

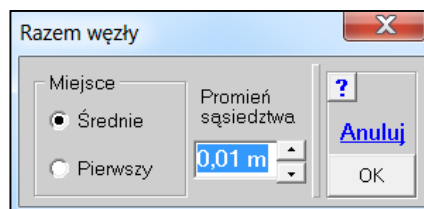
Węzły do połączenia wybiera się każdym dostępnym sposobem, najczęściej oknem. Po każdym wyborze model zostaje przerysowany w nowej konfiguracji. Po włączeniu „Nie pytaj więcej” można wybierać kolejne pary węzłów, które będą łączone w ostatnio ustalony sposób.

Przełącznik „Przecięcie krawędzi” pozwala obliczyć współrzędne węzła, który będzie na przecięciu krawędzi elementów powłokowych lub w miejscu przecięcia elementów prętowych. W tym ostatnim przypadku działanie jest identyczne jak po wywołaniu z menu **Elementy** opcji **Skrzyżowane**.



## 35.6. Automatyczne łączenie węzłów

Jest to operacja pozwalająca automatycznie połączyć węzły, których wzajemna odległość nie jest większa od zadanego promienia sąsiedztwa. Nowe położenie węzła wspólnego może być średnim z branych do połączenia lub równym węzłowi o najniższym numerze. W czasie automatycznego łączenia nie ma usuwania elementów, w których odległość węzłów jest mniejsza od promienia sąsiedztwa. Oznacza to, że nie będą usuwane wąskie elementy.



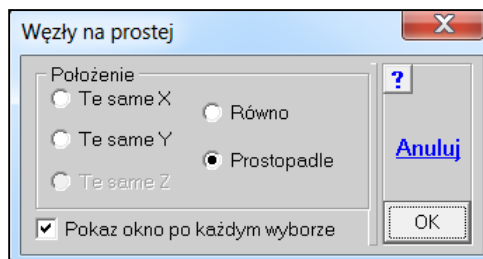
## 35.7. Lustrzane odbicie

Jest to operacja pozwalająca tak zmienić współrzędne, aby powstało lustrzane odbicie. W odróżnieniu od podobnej operacji w menu **Elementy** (opcja **Powiel**) tutaj nie ma zwiększania liczby elementów. Opcja ta powinna być stosowana do całego modelu, ale w pierwszym kroku zawsze wybiera się fragment i użytkownik może zrobić lustrzane odbicie na wybranych węzłach. Po wybraniu opcji **Lustrzane odbicie** wybiera się trzy węzły/punkty lustra. Po wybraniu opcji **Lustro prostopadłe** też wybiera się trzy węzły punkty, ale dwa pierwsze określają prostą, przez którą przechodzi płaszczyzna lustra, natomiast trzeci punkt określa płaszczyznę prostopadłą do płaszczyzny lustra.

## 35.8. Ustawianie węzłów na prostej

Jest to operacja pozwalająca tak zmienić współrzędne, aby wybrane węzły ustawiły się na prostej. Prosta opisana jest dwoma punktami kierunkowymi, które mogą być węzłami modelu lub będą miały wpisane współrzędne. Po zdefiniowaniu punktów kierunkowych prostej jest rysowany odcinek leżący między tymi punktami i pokazuje się plansza, na której można zdefiniować jak będą wybierane węzły do przesunięcia, oraz jak mają być zmienione ich współrzędne.

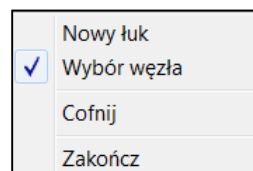
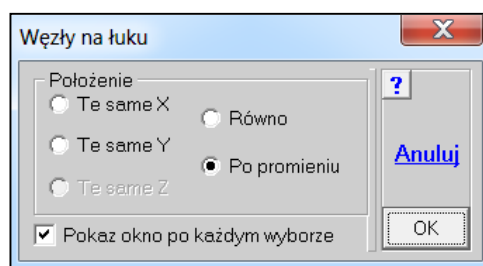
Wybierając przełącznik „Równo” węzły równomiernie podzielą odcinek między punktami kierunkowymi, oczywiście pod warunkiem, że wybrano wszystkie potrzebne węzły. Wybierając „Te same X” lub „Te same Y” będzie można zachować odpowiednią pierwotną składową. Przełącznik „Prostopadłe” spowoduje węzły na zadanej prostej po liniach do niej prostopadłych. Operacja ustawiania węzłów na prostej jest powtarzalna i można ją zakończyć po kliknięciu w przycisk Zakończ lub w opcję Zakończ z podręcznego menu. Podręczne menu pokazuje się na zakończenie ustawiania węzłów. Pozwala też na łatwe cofnięcie ostatniego ustawiania oraz umożliwia wybranie kolejnej prostej.



## 35.9. Ustawianie węzłów na łuku

Jest to operacja pozwalająca tak zmienić współrzędne, aby wybrane węzły ustawiły się na łuku. Łuk opisany jest trzema punktami, które mogą być węzłami siatki lub będą miały wpisywane współrzędne. Po zdefiniowaniu punktu początkowego, pośredniego i końcowego, łuk pokaże się na ekranie. Na planszy będzie można zdefiniować jak będą wybierane węzły oraz jak mają być zmodyfikowane ich współrzędne, aby znalazły się na łuku. Wybierając przełącznik „Równo” rozstawi się węzły tak, aby łuk pomiędzy punktami początkowym i końcowym został podzielony równomiernie. Wybierając przełączniki „Te same X” lub „Te same Y” przesunie się węzły tak, aby zachowały odpowiednie stare współrzędne. Przełącznik „Promień” przesunie węzły po promieniach łuku.

Po przesunięciu węzłów pojawi się podręczne menu, z którego będzie można wybrać opcję cofającą ostatnie ustawienia węzłów, opcję pozwalającą wybrać nowy łuk i opcję Zakończ, która kończy ustawianie węzłów na łuku. Przesuwanie węzłów można też zakończyć wybierając przycisk Zakończ.



## 35.10. Ustawianie węzłów na elipsie

Opcją Węzły na elipsie można ustawić węzły leżące na łuku na węzły leżące na elipsie. Po wybraniu tej opcji należy wprowadzić promienie i osie elips na które mają być sprowadzone odpowiednie węzły. W folderze \Przykłady\_Płyt jest zadanie Pierścien\_Kolowy w którym połowa kołowego pierścienia została przekształcona w połowę pierścienia eliptycznego (zadanie Pierścien\_Eliptyczny). W oknie wpisano dane pokazane obok.

## 35.11. Zbędne węzły

Jeśli w modelu pojawiają się zbędne węzły, to pokaże się opcja Usuń zbędne. Po wybraniu tej opcji z modelu zostaną usunięte zbędne węzły i ukryte elementy.

## 35.12. Układy współrzędnych węzłowych

W obiektach przestrzennych węzłowy układ współrzędnych może zostać wyznaczony przez dwa węzły kierunkowe lub przez obrót wokół wybranej osi głównego układu współrzędnych. Po zdefiniowaniu układu można wybierać węzły, w których będą założone węzłowe układy współrzędnych. Jeśli w modelu są już wprowadzone układy węzłowe to menu będzie zawierało opcje pokazane na rysunku. Przy pierwszym wywołaniu będzie dostępna tylko opcja Zadaj układy... Opcją Usuń wszystkie można usunąć wszystkie układy węzłowe. Ta operacja wymaga potwierdzenia. Opcją Usuń wybrane można wybrać węzły, w których ma być przywrócony układ globalny. Jeśli w wybranym węźle ma być zmieniony układ węzłowy to wystarczy zadać na nowo.

Nie trzeba wcześniej usuwać układu. Opcja Pokaż układy pozwala pokazać wprowadzone do modelu węzły z układami węzłowymi. Jej działanie jest identyczne jak podobnej opcji w menu Pokaż. Opcja Odczyt danych pozwala wyświetlić dane opisujące układy węzłowe w wybranych miejscach.

### 35.13. Imperfekcje

W węzłach obiektu przestrzennego można wprowadzić imperfekcje. W programie przewidziano cztery typy imperfekcji: wektory, odchylenie od pionu, wygięcie i mimośród. Imperfekcje mogą być zakładane w układzie głównym lub elementowym. Jeśli imperfekcja będzie typu wygięcie należy wybrać odcinek złożony z minimum dwóch prętów. Pozostałe imperfekcje będą zakładane w węzłach. Po zadaniu imperfekcji będzie można je pokazać w zadanym powiększeniu, usunąć wszystkie lub wybrane oraz odczytać wartość oraz typ imperfekcji. Wprowadzenie pola imperfekcji do modelu nie będzie automatycznie uwzględniane w obliczeniach. Na planszy [Obliczenia](#) trzeba będzie włączyć odpowiedni przełącznik.

Pokaż imp.  
Zadaj imp..  
Usuń wybrane  
Usuń wszystkie  
Odczyt wartości  
Odczyt typu



## C 36. Dane materiałowe

W odróżnieniu od modeli prętowych, w których można było prowadzić obliczenia bez zadania danych materiałowych, w obiektach typu Płyta materiał musi być wprowadzony. Na planszy startowej zadania płaskiego od razu można ustalić gatunek betonu. Natomiast w menu [Materiał](#) można zmienić dane materiałowe lub dodać kolejny materiał do modelu. Przy zmianie materiału wystarczy określić, jaki to ma być materiał i ewentualnie wpisać jego parametry. Jeśli do modelu jest wprowadzany kolejny materiał, to po określeniu jego danych trzeba będzie wskazać miejsca, w których on będzie. Na każdej planszy opisu danych materiałowych będzie przełącznik, którym będzie można zdecydować jak ten materiał ma być traktowany. Po wprowadzeniu drugiego materiału następne będzie można tylko zadawać. Każdy materiał można wprowadzić do bazy materiałów.

Wprowadzając materiał typu Stal wystarczy wybrać odpowiednią opcję w menu [Materiał](#). Można zmienić moduł sprężystości na wartość podaną w PN-EN oraz wyzerować współczynnik rozszerzalności liniowej (termiczny).

Trochę więcej możliwości wystąpi przy zadawaniu materiału typu Beton. W polu „Norma” będzie można wybrać normę wg, której są ustalane klasy betonu i jego parametry. Domyślnie są betony klasy typu C\*/\* z kruszywem kwarcowym, ale można wybrać każdy przewidziany w normie PN-EN, jak również zmienić kruszywo na: bazaltowe, wapienne i piaskowcowe. Można również zmienić liczbę Poisson'a na 0 (strefy zarysowane), wprowadzić własny ciężar właściwy i współczynnik rozszerzalności liniowej. Ponadto można wybrać betony z trzech edycji normy PN-03264 oraz betony mostowe i betony lekkie. W każdym przypadku z listy po lewej stronie należy wybrać symbol betonu. Dla betonów lekkich trzeba będzie jeszcze wybrać jego gęstość. Po wyborze symbolu i ewentualnym wyborze gęstości w polu „Właściwości...” pojawią się dane materiałowe, które będą wykorzystywane w modelu.

**Materiał**

Materiał: Stal  
 Norma: PN-90/B-03200  
 Moduł sprężystości E = 205000 MPa  
 Liczba Poisson'a  $\nu$  = 0,3  
 Ciężar właściwy  $\gamma$  = 77 kN/m<sup>3</sup>  
 Wsp. termiczny  $\alpha$  = 0,000012 1/°C

[alfa = 0.0](#)

☐ Dodaj nowy ☒ Zamień na PN-EN ☐ Zamień stary

Anuluj OK

**Beton wg PN-EN 1992-1-1:2008**

Kruszywo: C20/25 Kwarcowe

Właściwości po 28 dniach:  
 Moduł Young'a: 29961 MPa  
 Liczba Poisson'a: 0.2  
 Ciężar właściwy: 25 kN/m<sup>3</sup>  
 Wsp. rozszerzalności: 0.00001 1/°C

Norma:  
☒ PN-EN-1992-1-1:2008  
☐ PN-B-03264:2002  
☐ PN-B-03264:1999  
☐ PN-84/B-03264  
☐ PN-91/S-10042 (mosty)  
☐ PN-B-03263:2000 (lekkie)

☐ Dodaj nowy materiał ☒ Zamień stary materiał

Anuluj OK

**Drewno**

C18 ☒ Drewno lite

Właściwości:  
 Moduł sprężystości E: 9000 MPa  
 Moduł sprężystości G: 560 MPa  
 Ciężar właściwy: 3.14 kN/m<sup>3</sup>  
 Wsp. rozszerzalności: 3.7E-6 1/°C

Norma:  
☒ PN-EN 338  
☐ PN-EN 1194  
☐ PN-2000  
☐ PN-1981

☐ Dodaj nowy materiał ☒ Zamień stary materiał

Anuluj OK



Wybierając betony typu C\*/\* można wymiarowanie prowadzić wg PN-2002 lub PN-EN. Dla Betonu typu B z edycji PN-2002 można prowadzić wymiarowanie tylko wg PN-2002. Dla innych betonów program nie wymiaruje.

Podobną planszę ma materiał typu Drewno, tyle, że jest mniejszy wybór norm. Wymiarowanie może być prowadzone tylko dla drewna określonego wg norm PN-EN.

Jeśli zostanie wybrana opcja **Inny mat..** to pokaże się plansza, w której trzeba będzie wprowadzić takie dane jak:

- Moduł sprężystości E,
- Liczba Poisson'a  $\nu$ ,
- Ciężar właściwy  $\gamma$ ,
- Współczynnik rozszerzalności termicznej.

Materiał może też otrzymać opis słowny, który przydaje się np. przy wyborze fragmentu wg danych materiałowych. Materiał ten też może zostać dodany do bazy.

The 'Materiał' dialog box shows the 'Inny' material type selected. The fields are filled with the following values:

Field	Value
Opis materiału	Inny
Moduł sprężystości E	20000 MPa
Liczba Poisson'a $\nu$	0.1667
Ciężar właściwy $\gamma$	25 kN/m <sup>3</sup>
Wsp. termiczny $\alpha$	0,00001 1/°C

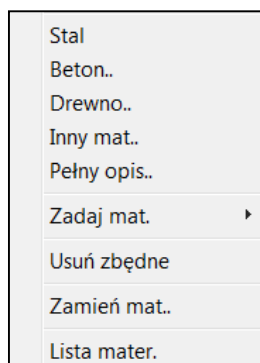
At the bottom, the 'Zamień stary' radio button is selected. The 'Dodaj do bazy' button is highlighted in blue. On the right, there is a vertical bar with a question mark icon, an 'Anuluj' button, and an 'OK' button.

Po wyborze opcji **Pełny opis** pokaże się plansza, w której będzie można wpisać w jawnej postaci wyrazy macierzy sprężystości, kąt między osiami elementu, a osiami materiałowymi, ciężar własny i współczynniki rozszerzalności termicznej dla osi X i osi Y.

The 'Materiał' dialog box shows the 'Pełny opis' material type selected. The fields are filled with the following values:

Field	Value
Opis materiału	Pełny opis
D11	1000 MPa
D12	1000 MPa
D13	0 MPa
D22	1000 MPa
D23	0 MPa
D33	800 MPa
Kąt między osiami elementu, a osiami materiałowymi	0 st
Wsp. rozszerzalności termicznej dla osi X	0,00001 1/°C
Wsp. rozszerzalności termicznej dla osi Y	0,00001 1/°C
Ciężar właściwy	25 kN/m <sup>3</sup>

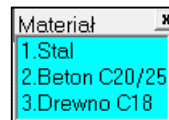
At the bottom, the 'Zamień stary materiał' radio button is selected. The 'Dodaj do bazy' button is highlighted in blue. On the right, there is a vertical bar with a question mark icon, an 'Anuluj' button, and an 'OK' button.



Jeśli w modelu są co najmniej dwa materiały to liczba dostępnych opcji w menu [Material](#) wzrasta. Opcja **Zadaj mat.**, pozwala zadać wpisany już materiał w inne miejsce. Działanie tej opcji jest zdublowane oknem po lewej stronie, w którym jest lista dostępnych materiałów. Wystarczy dwukrotnie kliknąć na odpowiednią linię i można wybierać elementy, w których będzie ten materiał. Przyciskiem [x] można go wyłączyć.

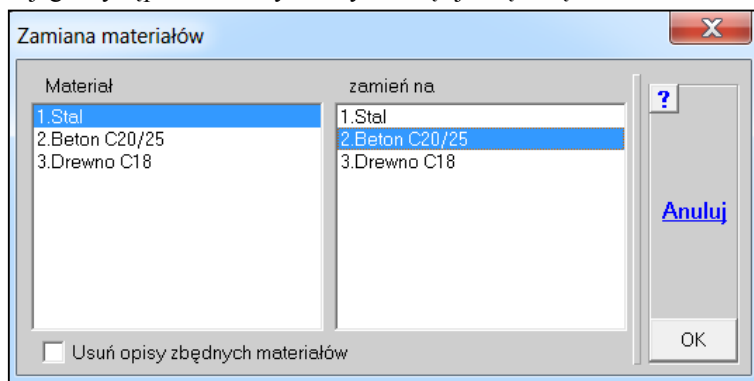
Jeśli w opisie danych materiałowych będzie materiał nie zastosowany w żadnym elemencie, to opcją **Usuń zbędne** będzie można go usunąć z danych modelu.

Opcja **Zamień materiał..** pojawi się dopiero wtedy, kiedy będzie w modelu więcej niż jeden materiał. Na tej planszy można zamienić materiał bez konieczności



powtórznego pokazywania miejsca jego występowania. Wystarczy kliknąć jedną linię w lewym oknie i inną w prawym oknie. Po włączeniu „Usuń opisy zbędnych materiałów” liczba materiałów zostanie zredukowana do niezbędnie potrzebnych w zadaniu.

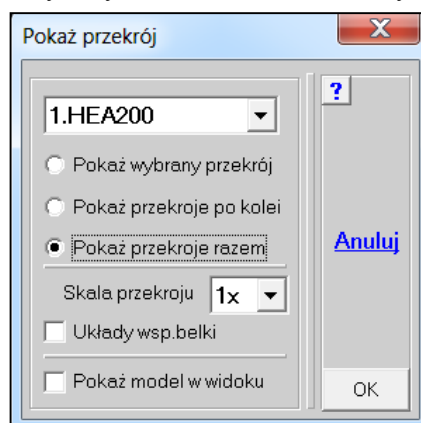
Opcja **Lista mater.** pozwala pokazać dane materiałowe przyjęte w modelu. Jeśli w modelu jest więcej materiałów, to razem z danymi materiałowymi pokażą się też elementy z tym materiałem. Lokalizację materiału będzie można wydrukować naciskając przycisk [Rysuj](#) na planszy danych materiałowych.



## C 37. Menu Przekrój

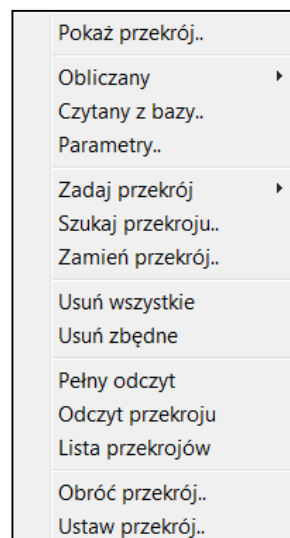
W modelu obiekowym nie można zostawić elementów prętowych bez przekroju. Brak przekrojów nie pozwoli zadać obciążeń, ani wywołać obciążeń.

Przekroje opisane są układem parametrów, które mogą być obliczone modulem MOMBEZ, mogą być pobrane z wcześniej przygotowanej bazy danych oraz mogą być zadane jawnie. **Jeśli w zadaniu planowany jest proces wymiarowania to przekroje MUSZĄ być przygotowane modulem MOMBEZ.** Przygotowanie parametrów może być prowadzone bezpośrednio w trakcie budowania modelu, lub można tworzyć z nich bazy danych, które z kolei można wykorzystywać w różnych zadaniach.



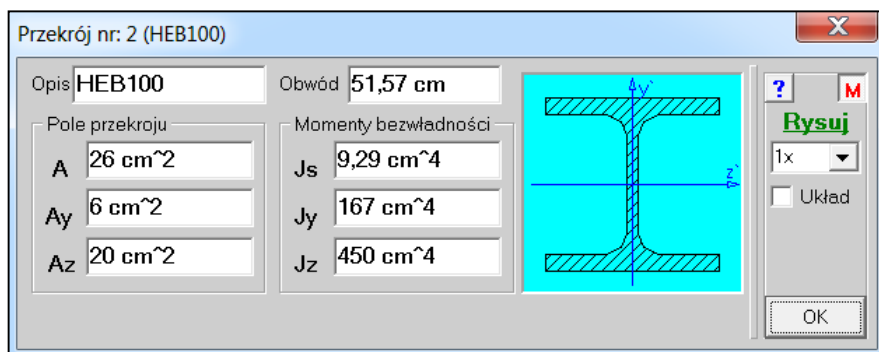
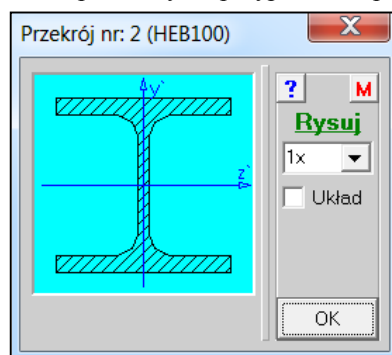
okno z jego opisem. W oknie będzie rysunek przekroju z jego układem współrzędnych, możliwość wyboru skali powiększenia, włącznik „Układ” pozwalający sterować rysowaniem układów współrzędnych w prętach, przycisk **Rysuj**, który pozwoli sporządzić rysunek modelu z tym przekrojem oraz Anuluj pozwalający przerwać pokazywanie przekrojów po kolei.

Po kliknięciu w przycisk **[M]** w oknie pokażą się dane liczbowe opisujące przekrój. Opis przekroju oraz jego obwód będzie można zmienić.



Pierwsza opcja **Pokaż przekrój** pojawi się dopiero wtedy, kiedy w modelu będą już zadane przekroje. Pozwala ona pokazać wybrany przekrój, przekroje po kolei lub wszystkie przekroje razem. Można też kazać pokazać model w widoku.

Jest to szczególnie przydatne w modelach płaskich. Wybierając łączne pokazywanie przekrojów będzie można zmienić skalę rysunku przekroju. W pozostałych przypadkach po narysowaniu przekroju w odpowiednich elementach pokaże się



Wybierając opcję Obliczany po raz pierwszy od razu zgłosi się moduł MOMBEZ. **Pierwszy przekrój zostanie przyjęty wszędzie w domyślnym ustawieniu.** Dopiero od drugiego przekroju będzie można wybrać pręt i ustalić jego położenie.

W opcji Obliczany zacznie pojawiać lista z wprowadzonymi przekrojami zakończona pozycją **Nowy**. Wybierając każdą z pozycji listy wywołuje się moduł MOMBEZ. Dla ustalonych pozycji w liście zgłosi się opis danego przekroju, dla pozycji **Nowy** będzie to plansza przekroju typowego dla materiału modelu. W każdym przypadku będzie można zmienić bądź wybrać przekrój. Wracając z modułu

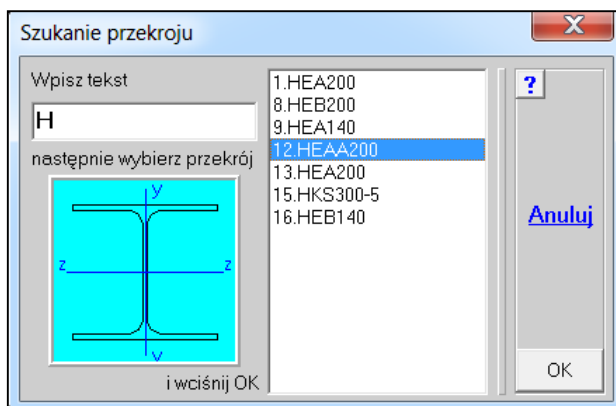
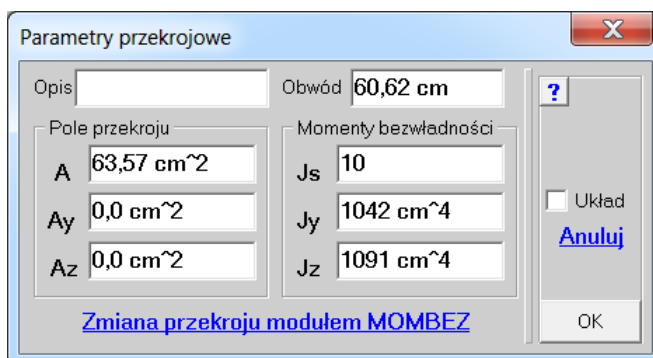
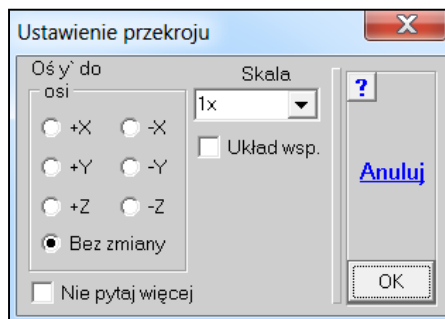
MOMBEZ z przekrojem już wprowadzonym pokaże się jego lokalizacja i wystarczy zakończyć działanie przyciskiem **Zakończ**, aby nastąpiła zmiana przekroju.

Przekroje można odczytać z utworzonej wcześniej bazy. Dalsze postępowanie będzie identyczne, to znaczy trzeba będzie wskazać pręty i ustawić przekrój. Trzecim sposobem będzie wpisanie własnych parametrów przekrojowych. Pole przekroju poprzecznego, moment odporności na skręcanie i dwa główne, centralne momenty bezwładności muszą być niezerowe. Wadą takiego opisu będzie brak podglądu przekroju, niemożność obliczania w nim naprężeń oraz prowadzenia wymiarowania. Ale statyka, czyli ugięcia, siły wewnętrzne i reakcje będą w takim modelu wyznaczone poprawnie.

Plansza z własnym opisem danych przekrojowych będzie też wykorzystywana przy wprowadzeniu modelu z plików tekstowych. Przy wczytywaniu danych będą znane numery przekrojów i ich lokalizacja, ale nie będą zadane parametry. Wybierając taki przekrój z listy dostanie się możliwość zamiany tego przekroju modułem MOMBEZ.

Opcją **Zadaj przekrój** można szybko wprowadzić istniejące już przekroje w nowe miejsca. Pomija się wtedy wywoływanie modułu MOMBEZ.

W dużych zadaniach opcja **Szukaj przekroju** ułatwia wybór istniejącego przekroju. Po wpisaniu ciągu znaków w małe okno w dużym oknie pokaże się lista przekrojów zawierających w nazwie podany ciąg. Po wskazaniu na jeden przekrój z listy pokaże się dodatkowo szkic przekroju. Po kliknięciu w przycisk [OK] będzie można wskazać elementy w których stary przekrój zostanie zastąpiony tym z plan-  
szy.



Opcja **Zamień przekrój** wyświetla planszę, na której należy wskazać, który przekrój ma zostać zamieniony na inny. Na planszy można też włączyć warunek usunięcia zbędnych opisów przekroju, które nie są zadane w żadnym elemencie.

Opcję **Usuń wszystkie** można pozbawić model przekrojów. Opcja **Usuń zbędne** pojawi się tylko w sytuacji, kiedy na liście będą przekroje nie wykorzystane w żadnym elemencie.

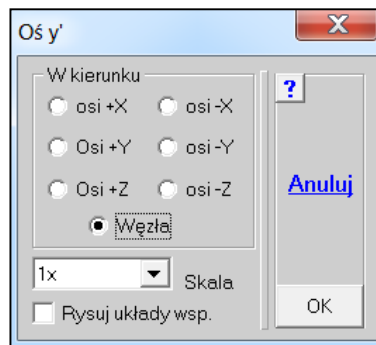
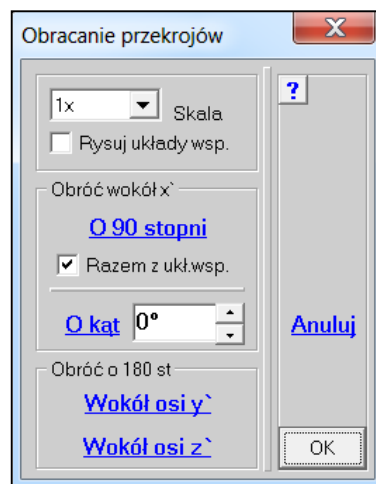
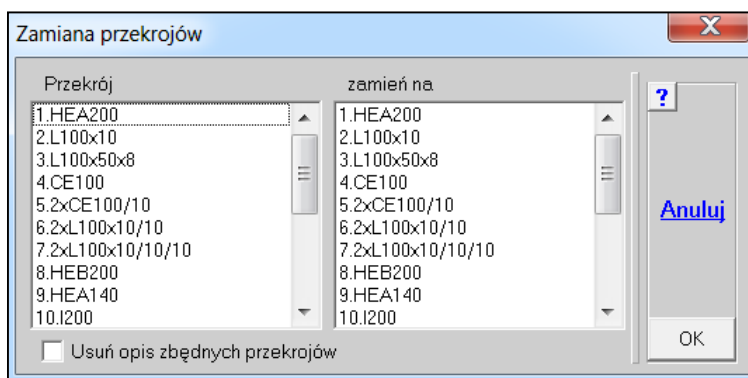
Opcję **Pełny odczyt** można poznać kształt, parametry i konfigurację przekroju w wybranym miejscu. Plansza z kształtem początkowo nie będzie miała parametrów, ale można ją rozszerzyć przyciskiem **[M]** i wtedy przyjmie postać taką samą jak przy wpisywaniu parametrów. Na planszy będzie można włączyć rysowanie elementowego (przekrojowego) układu współrzędnych, oraz zadać skalę powiększenia wymiarów poprzecznych przekroju.

Opcja **Odczyt przekroju** pokaże tylko plakietki z nazwą przekroju. Opcja **Lista przekrojów** pokaże tabelaryczne zestawienie parametrów przekrojowych.

Opcja **Obróć przekrój** pozwala dowolnie ustawić przekrój w wybranych elementach. W pierwszym kroku wybiera się typ przekroju, program rysuje go w tych prętach gdzie jest i wtedy można wybrać miejsca. Pojawia się plansza, na której można wybrać, jaki obrót należy zrobić.

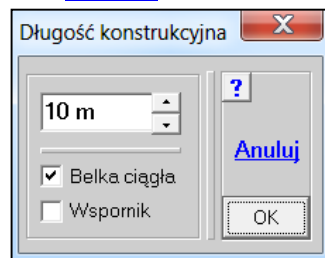
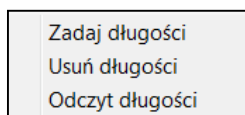
Po każdym kliknięciu wybranego przycisku rysunek zostanie odświeżony i będzie można zobaczyć nowe położenie przekroju. Przekrój można obracać wokół osi  $x'$  elementu o kąt  $90^\circ$  lub o dowolny kąt. Przy obracaniu o kąt  $90^\circ$  można nie zmieniać położenia elementowego układu współrzędnych, w którym np. jest zadane obciążenie liniowe. W oknie **O kąt** podpowiadany jest kąt określający położenie głównych centralnych osi bezwładności przekroju. Ułatwia to np. ustawienie kątownika tak by jego ramiona były poziome i pionowe. W przypadku przekrojów bez osi symetrii konieczne może być obracanie o kąt  $180^\circ$  wokół jednej z osi prostopadłych do elementu ( $y'$  lub  $z'$ ). Ponadto na planszy można na bieżąco zmieniać skalę powiększenia przekroju oraz włączać rysowanie elementowego układu współrzędnych. Kliknięcie w przycisk **[OK]** kończy obracanie przekrojów w ostatnio wybranym miejscu i będzie można wybrać kolejne elementy. Opcję kończy dopiero kliknięcie w przycisk **Zakończ**.

Opcja **Ustaw przekrój** pozwala na nowo ustawić przekrój w wybranych miejscach. Po kliknięciu w tę opcję pokaże się plansza, na której można wybrać kierunek ustawienia przekroju. Jeśli wybrano węzeł kierunkowy to po zamknięciu planszy przyciskiem **[OK]** trzeba go najpierw wybrać. Węzeł będzie opisany plakietką ze współrzędnymi. Następnie należy wybierać elementy. Po naciśnięciu prawego przycisku myszy pokaże się menu podręczne, w którym będzie opcja **Skala** i kierunek.



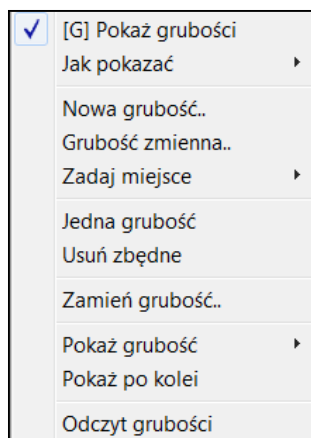
Opcja ta ponownie wywołuje planszę ustawienia i będzie można zmienić zarówno kierunek ustawiania następnych przekrojów jak i skalę oraz zdecydować czy mają być rysowane układy współrzędnych elementowych. Wybieranie elementów kończy kliknięcie przycisku [Zakończ](#).

Jeśli w modelu są drewniane belki o przekrojach złożonych, w których stosuje się łączniki mechaniczne to przy wprowadzaniu, na planszy „Ustawienie przekroju” pokaże się okienko z długością konstrukcyjną. Podpowiadana będzie długość wybranego odcinka, ale można wprowadzić inną wartość. Po zadaniu takiego przekroju w menu pokaże się opcja **Długości belek**, która pozwoli zadać nowe długości konstrukcyjne, odczytać je i usunąć, gdyby nie zostały automatycznie skasowane po wprowadzeniu zwykłego przekroju drewnianego lub przekroju klejonego.



## C 38. Menu Grubości

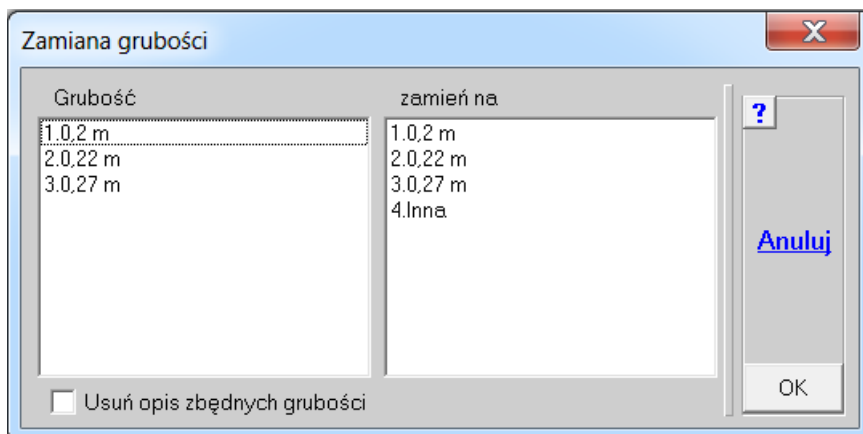
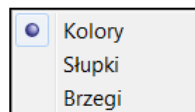
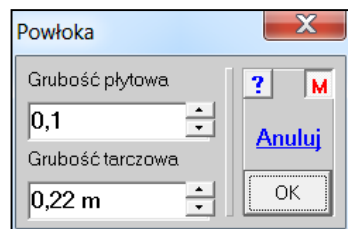
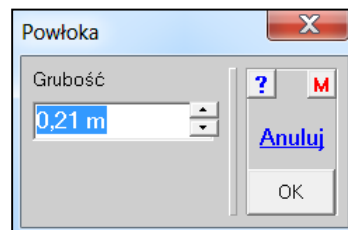
W odróżnieniu od modeli prętowych, w których można było prowadzić obliczenia bez zadania danych przekrojowych w obiektach powłokowych grubość musi być wprowadzona. Na plan-szy startowej zadania powłokowego od razu można ustalić grubość. Natomiast w menu Grubość można zmienić jej wielkość lub dodać kolejną grubość do modelu. Wybierając w menu Grubość opcję Nowa grubość.. otrzymuje się planszę wpisu nowej wartości grubości. Początkowo będzie jedno okno z wartością grubości, ale po wciśnięciu przycisku [M] będzie można wprowadzić inną grubość dla stanu zgięciowego i inną dla stanu tarczowego. Po wpisaniu wartości będzie można wybrać elementy, w których będzie nowa grubość. Wybór jest tradycyjny: oknem, odcinkiem lub łukiem.



Opcją [G]Pokaż grubość lub klawiszem <G> można sterować pokazywaniem grubości. Opcją Jak pokazać można z kolei wybrać formę prezentacji grubości. *Należy podkreślić, że prezentacja grubości w formie słupków nie ma nic wspólnego z rzeczywistością i jest wprowadzona tylko dla podniesienia czytelności.* Jeśli w modelu jest już więcej grubości można je wy-rzyszczyć do zadania w nowym miejscu. Wybierając opcję Zadać miejsce otrzyma się menu z wartościami grubości. Po lewej stronie u góry ekranu będzie się też pokazywać lista grubości, skąd klikając dwukrotnie w wybraną wartość można od razu przejść do wyboru miejsca. Opcją Jedną grubość.. można wprowadzić we wszystkich elementach jednakową grubość. Po wpisaniu wartości nie

trzeba wybierać elementów. Automatycznie też zostaną usunięte wszystkie inne grubości.

Opcją Zamień grubość.. można zastąpić jedną grubość inną już istniejącą lub wpisać nową wartość - pozycja Inna w drugim oknie.





Opcją Pokaż grubość można pokazać lokalizację wybranej grubości. Opcją Pokaż po kolei można pokazać po kolei lokalizacje grubości.

Opcją Odczyt grubości można odczytać grubość w wybranych elementach.

Jeśli w modelu są grubości nie używane w żadnym elemencie, to pojawi się opcja Usun zbędne. Wybierając tę opcję można zredukować liczbę grubości w zadaniu.

## 38.1. Grubość zmienna

Wybierając opcję Grubość zmienna.. można wprowadzić w modelu zmienną grubość. Grubość może być zmienna w prostym paśmie elementów, w łukowym paśmie elementów i w wybranym polu elementów. W pierwszym i drugim przypadku podaje się grubość na początku i na końcu odcinka lub łuku i następnie wybiera elementy. Pasma wybiera się dwoma punktami, łuk trzema. Dodatkowo na planszy wpisuje się rozdzielczość grubości, która pozwala zakwalifikować grubości do jednej wartości jeśli różnią się mniej niż rozdzielczość. W folderze \Przykłady\_Ob3D jest zadanie Wsporniki w którym wprowadzono pasma płyty z liniową zmienną grubością. Należy tylko pamiętać, że jeśli ma być zachowana sztywność wspornika zlicowanego górą to należy obliczyć takie grubości, aby model krzyżowego wspornika miał taką samą sztywność.

Po włączeniu „Linia odniesienia” na planszy pojawi się trzecie okienko opisane „w odległości ” tu podana jest odległość „od linii odniesienia”. Odległość podpowiadana jest równa 1 m, ale można zadać inną. Istotne aby w odległości wpisanej do tego okna była grubość końcowa. Grubość początkowa będzie na linii odniesienia. Teraz wystarczy wybrać linię odniesienia (dwa węzły) i trzecim wskazać kierunek zmian. W folderze \Przykłady\_Ob3D jest zadanie Balkon w którym wprowadzono grubość zmienną zadaną danymi pokazami w oknie obok. Wcześniej opcją Fragment ograniczono obszar w którym wprowadzono grubość zmienną. Linią odniesienia była górna pozioma krawędź. Kierunek zmian wybrano dowolnym węzłem leżącym poniżej górnej krawędzi.



## C 39. Menu Przeguby

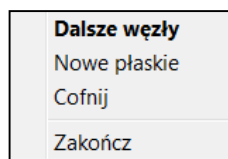
Przeguby można zakładać w węzłach zarówno elementów prętowych jak i powłokowych. W jednym i drugim typie elementu będą to takie warunki, aby we wskazanych węzłach były takie same wybrane przemieszczenia, a różne pozostałe. Mówiąc o przemieszczeniach ma się na myśli zarówno przemieszczenia liniowe jak i kątowe. Przyjmując wspólne przemieszczenia liniowe otrzyma się przegub obrotowy. Przyjmując wspólne wybrane przemieszczenia liniowe można zamodelować połączenie przesuwne. Zawsze należy określić elementy, dla których mają być przyjęte osobne węzły. Przegub obiektowy zadaje się w głównym układzie współrzędnych, chyba, że w wybranych węzłach wprowadzono układy współrzędnych węzłowych. W elementach prętowych poza przegubem obiektowym można wprowadzić cały szereg przegubów w układzie współrzędnych przekrojowych. Będzie o tym mowa dalej.

Jeśli model zawiera elementy obu rodzajów to należy wcześniej ograniczyć go do elementów jednego typu. Przeguby zadaje się osobno w elementach prętowych i osobno w elementach powłokowych.

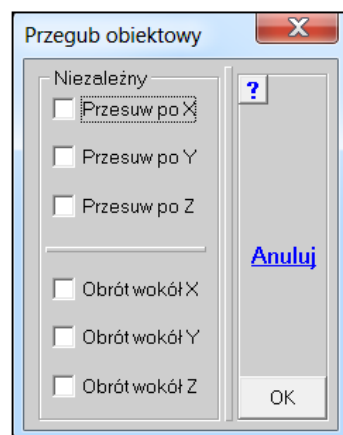
### 39.1. Przegub obiektowy

Po wybraniu opcji **Obiektowy** pokaże się plansza definicji przegubu obiektowego. Na planszy wskazuje się, które składowe przemieszczeń liniowych i kątowych będą niezależne. Jeśli zostaną zaznaczone wszystkie składowe będą to dwa osobne węzły bez żadnego powiązania. Jeśli nie zaznaczy się żadnego włącznika na planszy będzie to pełne powiązanie dwóch węzłów. W jednym i drugim przypadku pojawi się komunikat informujący o tej wyjątkowej sytuacji.

Przeguby zadaje się w węzłach, ale trzeba to zrobić w dwóch krokach. Najpierw wybiera się elementy, a następnie wskazuje się węzły. Po każdym wyborze węzłów pokazuje się podręczne menu, z którego można wybrać opcję: **Dalsze węzły**, **Nowe płaskie**, **Cofnij** lub **Zakończ**.



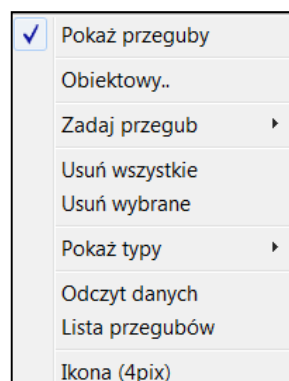
Opcja **Dalsze węzły** (jest to opcja domyślna), **Nowe płaskie**, **Cofnij** lub **Zakończ**. Opcja **Nowe płaskie** pozwala wybierać kolejne elementy powłokowe z przegubami. Opcją **Zakończ** kończy się zadawanie przegubów. Zadawanie przegubów można też zakończyć klikając w przycisk **Zakończ**.

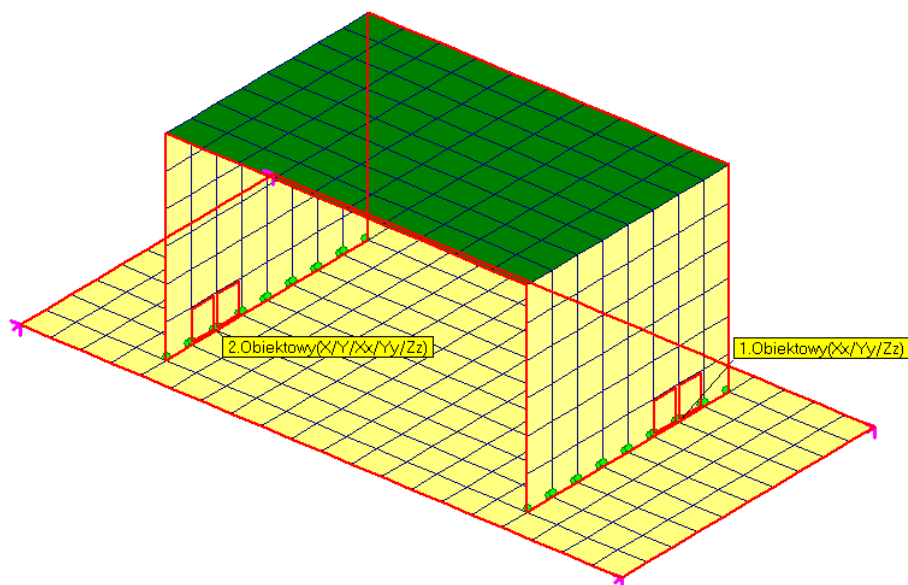


Po zadaniu przegubów menu **Przegub** będzie zawierało opcje pokazane obok. Opcja **Pokaż przeguby** pozwala wyłączyć pokazywanie przegubów. Dubluje działanie opcji **Pokaż ikony – Przeguby** w menu **Pokaż**. Z tą opcją związana jest opcja **Ikona**, która pozwala zadać wielkość ikony przegubu. Po kliknięciu w opcję **Obiektowy..** pokaże się plansza definicji przegubu i będzie można wprowadzić nowy typ przegubu.

Opcja **Zadaj przeguby** pokaże podmenu z listą już wprowadzonych typów przegubów i będzie można wybrać wcześniej zdefiniowany przegub i zadać go w nowych miejscach.

Opcją **Usuń wszystkie** można usunąć wszystkie przeguby z modelu. Operacja ta wymaga potwierdzenia. Opcją **Usuń wybrane** można usunąć przeguby w wybranych węzłach.





Opc

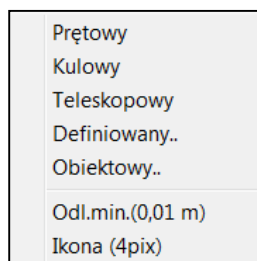
ja Pokaż typ otwiera podmenu z listą zdefiniowanych przegubów i po wskazaniu odpowiedniej pozycji pokaże się plansza z definicją, a na rysunku modelu zostaną zaznaczone miejsca, w których przyjęto ten typ przegubu.

Opcja Odczyt pozwala odczytać dane przegubu. Opcja Lista przegubów pozwala wyświetlić zestawienie numerów węzłów z danymi o przegubie.

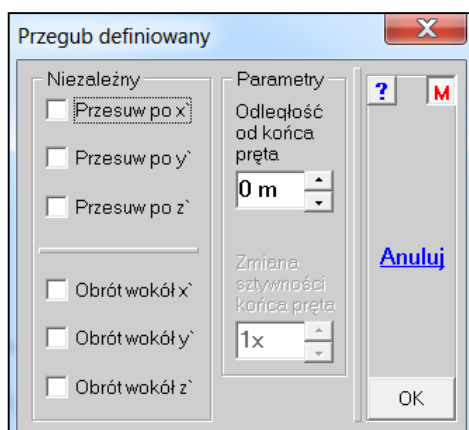
W folderze |Przykłady\_Ob3D jest zadanie Przeguby\_Obiektowe w którym na jednej krawędzi zadano obrotowe połączenie ściany z poziomą płytą, a drugą ścianę postawiono przesuwnie na poziomej płycie.

## 39.2. Przeguby w prętach

Przeguby można też zadać na końcach wybranych elementów prętowych. Przegub wprowadza osobne węzły do końców elementów schodzących się w jednym miejscu. Węzły te będą miały wspólne tylko wybrane składowe przemieszczeń, pozostałe składowe będą niezależne. Składowe przemieszczenia w przegubie prętowym mogą być przyjęte w głównym (węzłowym) układzie współrzędnych lub w elementowym układzie współrzędnych. Przegub obiektowy będzie przyjmowany w głównym układzie współrzędnych, a pozostałe przeguby w układach elementowych. **Jeśli przegub ma być w węźle wspólnym dla pręta i powłoki musi to być przegub obiektowy.** Na końcu elementu prętowego przyjmowany jest dodatkowy element o domyślnej długości 0,01 m i dopiero pomiędzy nim a pierwotnym prętem zakładany jest przegub. Taki model przegubu jest bliższy rzeczywistości, ponieważ pozwala wprowadzić przegub w miejscu złącza śrubowego, a przecież nie jest ono w osi elementu. Wprowadzenie przegubów w węzłach leżących w pewnej odległości od końca elementu prowadzi do tego, że w węźle wspólnym zostaną połączone w sposób sztywny krótkie elementy. Może to w pewnych sytuacjach wymagać wprowadzenia warunków podporowych bliższych rzeczywistości niż na ogół to się czyni. Np. belka dwuteowa leżąca swobodnie na podporze, którą na ogół modeluje się podporą przegubową, jest de facto utwierdzona skруtnie, ponieważ jej półka ma jakąś szerokość, a występujący zawsze ciężar własny dociska ją do podpory nie pozwalając na swobodny obrót wokół własnej osi. Opisany tutaj model przegubu jest wprowadzany automatycznie i nie wymaga indywidualnego zadawania przez użytkownika, chociaż np. może on ingerować w odległość od końca pręta, czyli może on wskazać miejsce przegubu zgodne z faktyczną lokalizacją złącza śrubowego.



Jeśli w zadaniu nie ma jeszcze przegubów to po wybraniu przycisku [Przeguby](#) pokaże się menu z którego będzie można wybrać rodzaj przegubu. Przegub Prętowy zapewnia niezależne obroty wokół przekrojowych osi  $y'$  i  $z'$ . W przegubie kulowym



niezależne będą wszystkie obroty w układzie przekrojowym. **Nie można zadać przegubów kulowych na obu końcach pręta.** Przegub teleskopowy pozwala na niezależne przemieszczenia wzdłuż osi  $x'$  pręta. Plansza opisu przegubu Definiowanego jest identyczna jak w przegubie Obiektowym, tyle, że dotyczy układu przekrojowego pręta i może być rozszerzona przyciskiem [M] o pole pozwalające określić odległość przegubu od końca pręta, oraz o zmianę sztywności tego odcinka.



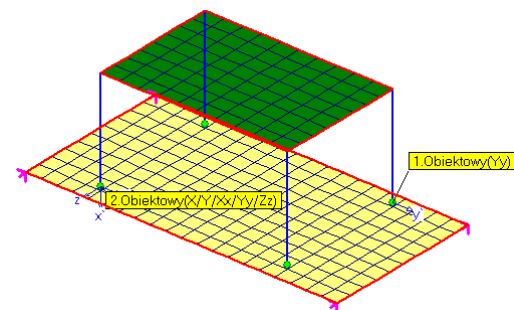
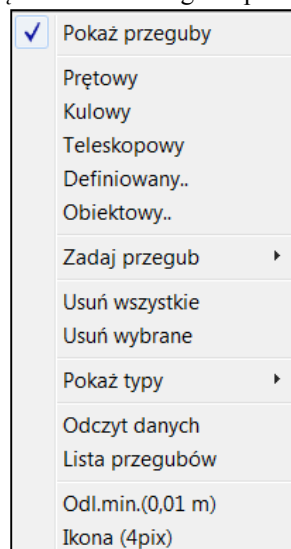
Po zdefiniowaniu przegubu wybiera się najpierw pręty, a potem węzły w których mają być przeguby. Po każdym wybraniu węzłów pokaże się menu sterujące dalszymi krokami.

Po zadaniu przegubów menu które pokaże się po kliknięciu w przycisk [Przeguby](#) będzie miało postać pokazaną obok.

Pierwsza opcja Pokaż przeguby pozwala pokazać ikony. Jest ona zdublowana w menu [Pokaż](#) opcjami Pokaż ikony, Przeguby. Pierwszy blok opcji pozwala wybrać jeden z predefiniowanych przegubów lub zdefiniować własny.

Opcją Zadaj przegub będzie można wybrać wcześniej zdefiniowany typ i wprowadzić go w nowe miejsca.

Opcją Usuń wszystkie usuwa z modelu wszystkie przeguby i ich definicje. Opcja Usuń wybrane pozwala wybrać miejsca do usunięcia. Należy pamiętać, że usunięcie tą opcją wszystkich przegubów nie kasuje ich definicji.



Opcja Pokaż typ wyświetla planszę z opisem typu przegubu i zaznacza miejsca, gdzie został zadany. Opcja Odczyt danych pozwala poznać rodzaj przegubu w wybranych miejscach. Opcją Lista przegubów można sporządzić tabelę z danymi o przegubach.

Opcja Odl.min podaje odległość dodatkowego pręta, który zostaje przyjęty w pręcie z przegubem.

W folderze \Przykłady\_Ob3D jest zadanie Przeguby\_Pretowe w którym zadano przeguby obiektowe pozwalające na obrót słupów wokół osi równoległej do płyty i przesuw po płycie.

## C 40. Menu Podpory

Warunek podporowy jest niezbędnym elementem każdego zadania. Podparcie obiektu może być zrealizowane na podporach przyłożonych do węzłów lub na podłożu przyłożonym do elementów. W tym rozdziale zostaną omówione sposoby podparcia węzłowego. Podpory mogą mieć charakter podpór teoretycznych: sztywnych lub podatnych. Można je też odczytać z pliku.

Sztywne..  
Podatne..  
Z pliku..

### 40.1. Podpora sztywna

Wybierając opcję Sztywne otrzyma się planszę definicji podpory sztywnej. W obiekcie przestrzennym podpora może mieć trzy składowe liniowe o kierunku osi X, Y lub Z i trzy składowe kątowe wokół osi X, Y i Z. Domyślnie są tylko włączone składowe liniowe, co odpowiada modelowi podpory przegubowej. Po włączeniu składowych kątowych otrzyma się podporę sztywną (utwierdzenie). Przyciski [Z] pozwalają szybko przestawić włączniki w przeciwnie ustawienia. Nowo zadawana podpora zamienia stare warunki podporowe w wybranym węźle, chyba, że na planszy definicji zostanie włączony warunek „Dodaj do istniejącej podpory”. Wtedy nowe składowe są dodawane do wcześniej wprowadzonych danych.

Po definicji składowych podporowych można przejść do wyboru węzłów podpartych. Jeśli w modelu jest wprowadzonych więcej niż jeden typ podpory, to pokaże się okno szybkiego zadawania, z którego podwójnym kliknięciem można wybrać potrzebny typ podparcia i przejść bezpośrednio do wybierania węzłów.

**Problemem jest utwierdzenie wokół normalnej do płaszczyzny elementów.** Wprowadzenie podpory obrotowej o takim kierunku da niewielki skutek ponieważ ten stopień nie jest opisany. Trzeba wtedy zastąpić takie utwierdzenie dwiema podporami liniowymi wprowadzonymi w płaszczyźnie elementów.

### 40.2. Podpora podatna

Po wybraniu opcji Podatne.. pokaże się plansza, na której poza zaznaczeniem składowych podporowych będzie można wprowadzić ich sztywności. Sztywności liniowe wprowadza się w [kN/mm], a sztywności kątowe w [kNm/°]. Wartości sztywności są zapisywane do bazy i przy powtórnym wywołaniu tej opcji można skorzystać ze wcześniej zadanych wartości. Jeśli wybrane składowe mają być niepodatne to należy wpisać sztywność równą 1E10, co zagwarantuje praktyczną niepodatność składowej. Jeśli zostanie włączona „Podpora liniowa” to jednostki sztywności zostaną zamienione na metr bieżący. Takie podpory będzie można zadawać tylko odcinkiem lub łukiem. Po zdefiniowaniu podpory można przyciskiem [OK] zamknąć planszę i przejść do wyboru węzłów podpartych.

Po wciśnięciu przycisku [M] będzie można zadać podporę podatną, ale tylko o składowych liniowych za to o różnej sztywności w kierunku (+) i (-). Oczywiście ta cecha będzie wykorzystana tylko w obliczeniach nieliniowych.

### 40.3. Podpory z pliku

Podparcie można przygotować w pliku tekstowym. Postać tego pliku jest następująca. W pierwszej linii jest słowny opis pliku. Każda następna linia musi zawierać:

- numer kolejny,
- współrzędne X, Y i Z punktu przyłożenia podpory,
- sztywności liniowe dla kierunku X, Y i Z,
- sztywności skrętne wokół osi X, Y i Z

Przyjęto następujące kodowanie. Liczba 0 oznacza brak podparcia, liczba -1 oznacza podparcie sztywne. Sztywność liniową zadaje się w [kN/mm], sztywność skrętą w [kNm/°]. W pliku tekstowym można pominąć sztywności skrętne. Po wybraniu tej opcji otwiera się systemowe okno pozwalające odczytać pliki o rozszerzeniu .TXT.

Plik z podatnymi podporami
X

Nr	Wsp.X	Wsp.Y	Wsp.Z	Podat.X	Podat.Y	Podat.Z	PodatXx	PodatYy	PodatZz
<b>Przykładowe podparcie płyty</b>									
1	0	0	0	0	0	Sztywna	Sztywna	Sztywna	0
2	0,3	0	0	0	0	10000000000	0	0	0
3	0,6	0	0	0	0	10000000000	0	0	0
4	0,9	0	0	0	0	1000000000	0	0	0
5	1,2	0	0	0	0	100000000	0	0	0
6	1,5	0	0	0	0	10000000	0	0	0
7	1,8	0	0	0	0	1000000	0	0	0
8	2,1	0	0	0	0	100000	0	0	0
9	2,4	0	0	0	0	10000	0	0	0
10	2,7	0	0	0	0	1000	0	0	0
11	3	0	0	0	0	10	10000	10000	0
12	0	3	0	0	0	Sztywna	Sztywna	Sztywna	0
13	0,3	3	0	0	0	10000000000	0	0	0
14	0,6	3	0	0	0	10000000000	0	0	0
15	0,9	3	0	0	0	1000000000	0	0	0

**Format**  
☒ Zmienny    współrzędne: 3  
☐ Stały                    siły: 0

**Dopasowanie**  
☒ Podpory do węzłów  
☐ Węzły do podpór

Sąsiedztwo  
 nie większe od:  
0,03 m

(X,Y,Z)  
 [kN/mm]  
 (Xx,Yy,Zz)  
 [kNm/°]

Anuluj  
OK

W polu „Format” można zmienić postać liczb pokazujących współrzędne i siły, w polu „Dopasowanie” można zdecydować co dopasować do czego, jeśli tylko sąsiedztwo nie jest większe od zadanej wartości. Jeśli będą podpory zbyt odbiegające od węzłów to program poinformuje ile było takich przypadków. Podpory z pliku można łączyć z podporami zadawanymi wprost z menu.

W folderze \Przykłady\_Ob3D jest zadanie Podpory\_Z\_Pliku w którym wprowadzono podpory z pliku Podparcie.txt. Ten plik też jest w tym folderze.

## 40.4. Inne opcje menu Podpory

Po wprowadzeniu podpór menu **Podpory** będzie zawierało szereg różnych opcji pozwalających zadać, zmienić i poznać warunki podparcia. Opcja **[P]Pokaż podpory** steruje wyświetlaniem ikon podpór. To samo robi klawisz **[P]**.

Opcja **Zadaj podporę** wyświetla listę typów podpór już zdefiniowanych i można wybrać odpowiedni typ i zadać podparcie w nowych miejscach.

Opcję **Usuń wszystkie** można usunąć zarówno podparcie modelu jak i definicje podpór. Operacja ta wymaga potwierdzenia. Druga opcja **Usuń wybrane** pozwala usunąć podpory w wybranych miejscach. Jeśli liczba składowych podporowych w wybranych miejscach jest większa od jednej, to pokaże się plansza, na której będzie można zadeklarować, które składowe mają być usunięte.

Opcja **Zamień..** pozwala łatwo zamienić jeden typ podpory na drugi. Po wybraniu tej opcji pokaże się plansza ze spisem typów podpór w zadaniu. Po włączeniu jednego typu w lewym oknie należy włączyć inny typ w prawym oknie. Dodatkowo można zadeklarować usuwanie opisów zbędnych typów podpór.

Opcję **Edytuj..** można zmienić opis podpory. Po wybraniu węzła podpartego zostaną zaznaczone wszystkie węzły z podporą tego typu i pokaże się plansza podobna do tej na której był zadawany opis i będzie można zmienić składowe lub sztywności.

Kolejne trzy opcje pozwalają poznać opis typu podpór i ich lokalizację. Po kliknięciu na opcję **Pokaż typ**

wyświetli się lista typów, taka sama jak przy opcji **Zadaj podporę**. Po wybraniu odpowiedniej pozycji pokaże się plansza z opisem podpory, oraz zostaną wyróżnione te punkty podparcia, w których występuje pokazywany typ. Na planszy opisu będą widoczne tylko te pozycje, które są w wybranym typie. Opisów nie będzie można zmienić.

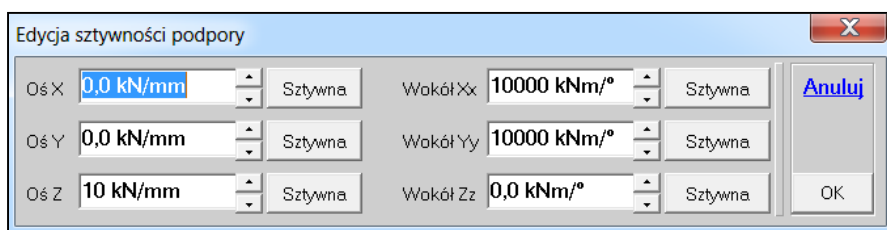
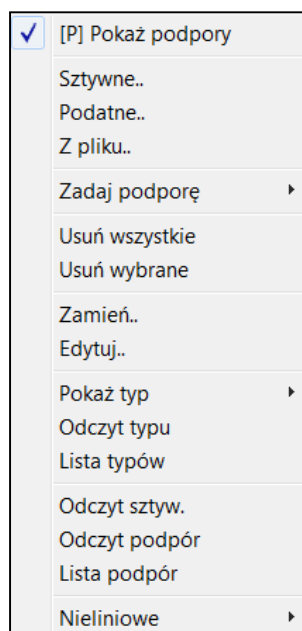
Po wybraniu opcji **Odczyt typu** należy wybrać jeden punkt podparcia. Pokaże się plansza z opisem typu podpory taka sama jakby typ został wybrany, a odczytany węzeł oraz wszystkie inne, w których są takie same typy zostaną wyróżnione. **Lista typów** wyświetla listę opisów typów podpór.

Opcja **Odczyt sztywności** pozwala poznać wartości sztywności podpory. Będą to napisy „Sztywna” dla składowych niepodatnych, wartości sztywności zadane przez użytkownika w podporach podatnych oraz sztywności obliczone przez program dla słupów i ścian. Odczyty sztywności podpór mogą być drukowane.

Opcja **Odczyt podpór** pozwala pokazać w skróconej formie, jaki typ podpory jest w wybranych węzłach. Również te odczyty można drukować.

Ostatnia opcja **Lista podpór** pozwala pokazać w formie listy numery węzłów podpartych i wybranych do listy oraz numery typów podpór wraz z zaznaczeniem, jakie składowe są w danym węźle.

Opcję **Nieliniowe** wprowadza się cechy nieliniowe podpór. Będzie to omówione w rozdziale poświęconym obliczeniom nieliniowym.





## C 41. Podłoże sprężyste

Drugim sposobem na podparcie to podłoże sprężyste. W programie ABC w zadaniach typu Obiekt3D może to być podłoże typu Winklera, dwuparametrowa półprzestrzeń sprężysta oraz rzeczywiste, uwarstwione podłoże. W tym ostatnim każda warstwa będzie opisana modulem sprężystości i liczbą Poisson'a. Podłoże sprężyste jest przykładane do elementów, dlatego też model posadowiony na podłożu sprężystym jest niewrażliwy na modyfikacje siatki. Posadowienie na podłożu można łączyć z podporami. Natomiast nie można łączyć różnych typów podłoża w jednym modelu. Jeśli więc w modelu zaczęto zadawać podłoże uwarstwione, to chcąc wprowadzić podłoże Winklera należy najpierw usunąć jedno podłoże, aby można było zadawać następne. Jeśli w modelu będą same pręty to można stosować tylko podłoże Winklera. W modelu mieszanym trzeba zdecydować jaki typ elementów spoczywa na podłożu.

Zakładając podłoże Winklera użytkownik otrzymuje rozwiązanie ograniczone tylko do strefy elementów. Przy podłożu uwarstwowionym i pół przestrzeni sprężystej można otrzymać rozwiązanie obejmujące swoim zakresem znacznie większy obszar niż tylko pod płytą. Do tego można również otrzymać wyniki na różnej głębokości. Szczegółowy zakres analizy gruntowej jest opisany w rozdziale poświęconym wynikom.

Po wybraniu przycisku Podłoże pokaże się menu z trzema opcjami: Uwarstwione, Jednoodne i Winklera pod warunkiem, że model jest ograniczony do elementów powłokowych.

### 41.1. Podłoże uwarstwione

Podłoże uwarstwione opisane jest układem warstw. Po zadaniu opisu warstw należy wybrać elementy leżące na tym podłożu. Liczba warstw i liczba różnych podłoży na planie płyty nie jest ograniczona. Każda warstwa opisana jest modulem ścisłości, liczbą Poisson'a, głębokością, do której sięga i ciężarem właściwym. Jeśli w badaniach są określone moduły edometryczne to należy założyć liczbę Poisson'a ( $\nu$ ) i obliczyć moduł ścisłości ze wzoru:

$$E = \frac{M(1 - 2\nu)(1 + \nu)}{1 - \nu}$$

gdzie:

M – moduł edometryczny (pierwotny lub wtórny do wyboru użytkownika),

$\nu$  - liczba Poisson'a.

Przy opisie głębokości zakłada się, że zero-wa współrzędna jest na poziomie dolnej płaszczyzny fundamentu. Jeśli fundament ma dolne płaszczyzny na kilku poziomach należy w każdym miejscu przyjąć powyższe założenie. Głębokość wykopu podaje się na planszy i jest ona uwzględniana przy liczeniu naprężeń pierwotnych.

**Podłoże uwarstwione**

Głębokość wykopu: 0 m      Graniczny stosunek naprężeń pionowych: 0,3

Opis podłoża: \_\_\_\_\_

Warstwa	Moduł $E_0$ odkształcenia	Liczba Poisson'a	Głębokość od dna wykopu	Ciężar właściwy	Styczne
	40 MPa	0,2	8 m	16 kN/m <sup>3</sup>	0,5
10		0,2	5	16	
40		0,2	8	16	

Buttons: Zapisz, Czytaj, Dodaj, Zmień, Usuń, Anuluj, OK

Na planszy opisu podłoża uwarstwionego, w polu „Warstwa” wprowadza się cztery liczby: moduł ścisłości, liczbę Poisson’a, głębokość, do której zalega warstwa i jej ciężar właściwy. Po wprowadzeniu tych danych przyciskiem [Dodaj](#) można wprowadzić opis do okien poniżej. Przycisk [Dodaj](#) będzie dostępny dopiero wtedy, kiedy wprowadzi się głębokość warstwy większą od ostatnio wprowadzonej. Po kliknięciu w wybraną linię listy można taki opis usunąć przyciskiem [Usuń](#). Liniję opisu można też usunąć po dwukrotnym kliknięciu. Przyciskiem [Zmień](#) można zmienić opis warstwy. Ważne jest aby zachować narastającą głębokość kolejnych warstw.

***Ważna uwaga: w programie zakłada się, że poniżej ostatniej warstwy jest niepodatna skala,*** stąd tak ważne jest sprawdzenie po obliczeniach głębokości całkowania (menu Odpory w module WYNIKI). Jeśli całkowanie kończy się na największej głębokości oznacza to, obliczenia osiadania są niedoszacowane i należy zwiększyć głębokość ostatniej warstwy.

Składnik styyczny podłoża zakłada się jak procent sztywności pionowej.

Każde podłoże może mieć swój słowny opis. Na planszy zadaje się też wartość granicznego stosunku naprężeń pierwotnych do wtórnych. Wartość ta ogranicza głębokość całkowania przy obliczeniach osiadania.

Przyciskiem [Zapisz opis](#) podłoża można zapisać do pliku o rozszerzeniu .WRS i można go odczytać w innym zadaniu - przycisk [Czytaj](#).

Po zamknięciu okna przyciskiem [OK] można wybrać elementy posadowione na tym podłożu. Elementy podparte muszą tworzyć poziome fragmenty, ale nie muszą być na tym samym poziomie.

Elementy podparte można pokazać w formie barwnej mapy, w której kolor odpowiada numerowi podłoża. Są też inne formy prezentacji.

Algorytm przyjęty w programie do obliczania płyt posadowionych na sprężystym podłożu oparty jest na PN. Wymaga on obliczeń iteracyjnych dla każdego schematu obciążenia. Wprowadzenie granicznej głębokości całkowania spowodowało, że rozwiązanie zatraciło swój liniowy charakter, dlatego należy schematy obciążeniowe konstruować tak samo jak dla obliczeń nieliniowych, nawet wtedy, kiedy nie będzie zakładało się cech nieliniowych podłoża.

Drugą sprawą, którą należy przestrzegać przy budowaniu modelu płyty posadowionej na podłożu sprężystym to regularność siatki. ***Należy unikać zagęszczeń oczek, które mogą prowadzić do trudnych do zinterpretowania skoków odporów.***

Ponieważ wprowadzenie posadowienia na podłożu uwarstwowym pociąga za sobą znaczny wzrost czasu obliczeń należy ten model stosować tylko wtedy, kiedy podłoże jest mocno zmienne w planie fundamentu, fundament jest geometrycznie złożony i kiedy potrzebna jest wielkość osiadania lub wpływ obiektu na sąsiadów. W sytuacji, kiedy w planie fundamentu podłoże jest stałe i fundament ma regularny kształt lepiej obliczyć ekwiwalentną sztywność podłoża Winklera i dalsze analizy prowadzić na płycie posadowionej na tym typie podparcia. Podparcie Winklera zapewnia liniowość wyników, a ta z kolei pozwala stosować wszystkie narzędzia analizy obwiedniowej. Ekwiwalentną sztywność podłoża Winklera wyznacza się budując zgrubny (duże oczka siatki) model fundamentu, który raz podpira się podłożem uwarstwowym, a raz podłożem Winklera o sprężystości np. 10 MPa/m. W obu przypadkach jako obciążenie zakłada się ciężar własny. Następnie odczytuje się średnie osiadanie w modelu z podparciem na podłożu uwarstwowym i osiadanie w modelu na podłożu Winklera. Ponieważ osiadanie w modelu na podłożu Winklera jest proporcjonalne do sztywności podłoża, z warunku, że obie wartości mają być takie same, można obliczyć potrzebną sztywność podłoża.

***Wprowadzenie podłoża uwarstwowionego nie pozwala na zadawanie symetrii i odwrotnie. Jeśli w modelu już jest symetria to nie będzie można wprowadzić podłoża uwarstwowionego.***



## 41.2. Półprzestrzeń sprężysta

Drugim rodzajem posadowienia jest półprzestrzeń sprężysta. Jest ona opisana dwoma parametrami: modułem sprężystości i liczbą Poisson'a. Dodatkowo można zadać jej ciężar właściwy. Po wpisaniu tych wielkości nie trzeba wybierać elementów, ponieważ z założenia wszystkie będą na niej posadowione. Algorytm uwzględniania półprzestrzeni sprężystej jest taki, że jednocześnie rozwiązuje się wiele prawych stron, tak jak przy podparciu na podporach węzłowych lub przy podłożu Winklera. Jedynie czas wyznaczania macierzy sztywności podłoża może spowalniać obliczenia.

*Wprowadzenie półprzestrzeni sprężystej nie pozwala na zadawanie symetrii i odwrotnie. Jeśli w modelu już jest symetria to nie będzie można wprowadzić tego typu podłoża.*

## 41.3. Podłoże Winklera

Trzecim rodzajem posadowienia jest tradycyjne, jednoparametrowe podłoże sprężyste Winklera. Ponieważ współczynnik sprężystości takiego podłoża zależy nie tylko od rodzaju podłoża, ale również od wielkości i kształtu płyty oraz od jej obciążenia, problemem jest zawsze określenie jego wartości. Dysponując wynikami pomiarów modułów edometrycznych można w tym celu wykorzystać postępowanie opisane na końcu rozdziału 42.1. Wartość tak wyznaczona będzie na pewno bliższa rzeczywistości niż wartości brane z tablic.

Po wpisaniu współczynnika sprężystości podłoża Winklera należy wybrać elementy, które będą na nim posadowione. Przyjmując posadowienie na podłożu Winklera można też mieć go zmienne w planie płyty.

*Dla elementów prętowych podłoże Winklera działa w kierunku prętowej osi  $y'$ . Należy też zadać maksymalną długość elementu. Program sam podzieli elementy na odcinki nie dłuższe od zadanej wartości.*

Maksymalna długość elementu na podłożu 1 m

## 41.4. Zakres menu Podłoże

Po zadaniu podłoża uwarstwionego lub Winklera zakres menu ulegnie rozszerzeniu o dodatkowe opcje, które pozwolą na zadawanie stref o innych parametrach, edycję parametrów podłoża uwarstwionego, na zmianę lokalizacji, zmianę sposób prezentacji rozkładu posadowienia itp.

Opcją **Pokaż podłoże** można wyłączyć pokazywanie podłoża. Opcja ta dubluje podobną opcję w menu **Pokaż**. Sposób prezentacji wybiera się w drugiej opcji **Jak pokazać**. Do wyboru jest kolorowa mapa, forma przestrzenna zwana **Słupki**, forma geometryczna wybierana opcją **Brzegi** i **Kreski**. Wtedy w środku każdego elementu podpartego jest rysowana pionowa kreska.

Wybierając opcję Winklera.. (przy podłożu uwarstwionym będzie to opcja Uwarstwione.. ) można wpisać kolejne podłoże, o innym współczynniku sztywności dla Winklera, lub o nowym rozkładzie warstw dla podłoża uwarstwionego. Przy podłożu jednorodnym opcja Jednorodne.. pozwoli zmienić wartości modułu sztywności i liczby Poisson'a.

Kolejna opcja Zadaj pojawi się tylko dla posadowienia na podłożu o różnym opisie. Pozwala wybrać jedno z wcześniej zdefiniowanych podłoży i zadać je w nowych miejscach.

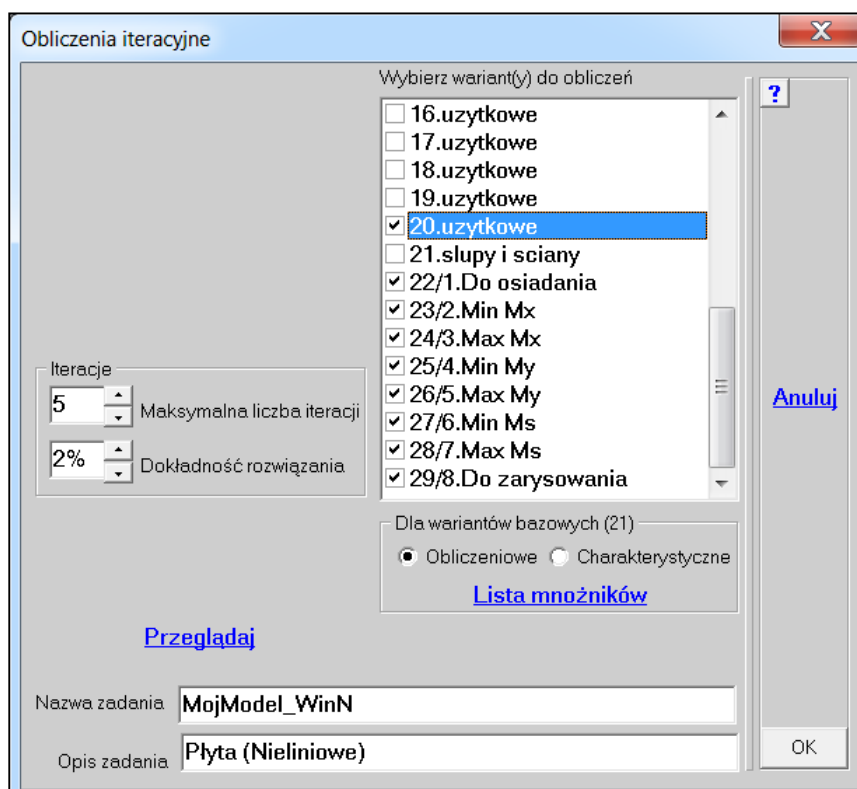
Opcja Edytuj pojawi się tylko przy podłożu uwarstwionym i Winklera i pozwoli zmienić opis podłoża bez konieczności zmiany jego lokalizacji.

Opcja Usuń wszędzie jest dostępna we wszystkich typach podłoża. Pozwala usunąć zupełnie z modelu posadowienie na podłożu. Z tej opcji należy skorzystać, jeśli ma się zamiar zmienić rodzaj podłoża. Opcja Usuń wybrane jest dostępna tylko przy podłożach różnorodnych i pozwala usunąć opis z wybranych elementów. Jeśli w zadaniu są opisy podłoża nie wprowadzonego do elementów to pojawi się opcja Usuń zbędne którą można te opisy usunąć.

Opcje: Odczyt parametrów, Lista parametrów i Lista miejsca pozwala poznać przyjęte posadowienie.

## 41.5. Wymiana podłoża

W zadaniach liniowych z podłożem Winklera istnieje możliwość wymiany podłoża na uwarstwione i powtórzenia na nim obliczeń dla wybranego obciążenia łącznego. W pierwszym kroku zostaje stworzone zadanie z obciążeniami cząstkowymi o różnych atrybutach. Liniowe zadanie z podłożem Winklera pozwala na superpozycję wyników. W module WYNIKI prowadzona jest analiza obwiedniowa i wyznaczane są obciążenia wywołujące np.: największe osiadania lub największe odpory. Te obciążenia tworzą dodatkowe warianty. Sposób ich tworzenia będzie mówiony w rozdziale poświęconym wynikom. W module WYNIKI pojawi się przycisk [Iteracje](#). Po kliknięciu otrzymuje się okno utworzenia nowego zadania.



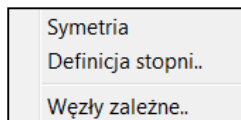
W tym oknie wybiera się warianty do obliczeń na podłożu uwarstwowionym i zadaje nazwę nowego zadania.

Po kliknięciu w przycisk [OK] program tworzy nowe zadanie i wywołuje moduł DANE. Pojawia się komunikat, że jest to zadanie do odczytu i do wymiany podłoża. Wybierając przycisk [Podłoże](#) można zadać podłoże uwarstwione, łącznie z cechami nieliniowymi i można uruchomić obliczenia iteracyjne, uzupełnione ewentualnie uwzględnieniem cech nieliniowych.

## C 42. Menu Więzy

Opcje menu [Więzy](#) pozwalają zadać warunki brzegowe. Zasadniczo wykorzystuje się je do wprowadzenia symetrii, ale można sobie wyobrazić, że warunkami brzegowymi zapewni się w modelu podparcie. Byłby to trzeci sposób na podparcie. Jednak wprowadzenie podparcia na drodze zadania warunków brzegowych ma poważną wadę. Nie pozwala na obliczenie reakcji.

Trzecią możliwością tego menu to wprowadzenie węzłów zależnych. Są to takie węzły, w których, w wybranych stopniach swobody, muszą być takie same przemieszczenia. Takie możliwości modelowe mogą być wykorzystane do bardzo zaawansowanych i finezyjnych analiz lub do sztuczek numerycznych. Dalej będą omówione dwa takie zadania.



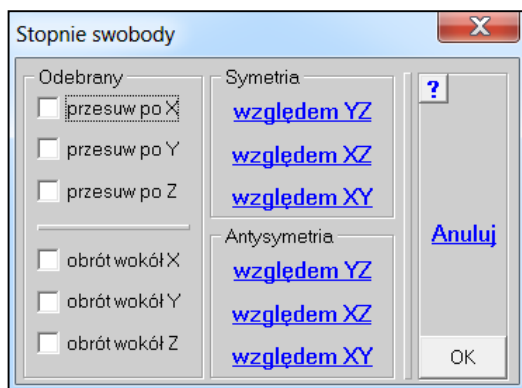
### 42.1. Symetrie

Symetria jest narzędziem, które kiedyś było często stosowane, ponieważ pozwalało zmniejszyć zadanie dwu- a nawet czterokrotnie. Obecne możliwości obliczeniowe spowodowały, że symetria straciła na znaczeniu. Należy pamiętać, że warunek symetrii musi dotyczyć nie tylko geometrii, ale również obciążeń. W warunkach rzeczywistych analiz ten ostatni warunek najczęściej nie był zachowywany.

Po wybraniu opcji **Symetria** należy wybrać dwa węzły, w których będą zadane warunki symetrii. Oś symetrii zadaje się zawsze odcinkiem. Jeśli będzie ukośna to w wybranych węzłach zostaną zadane węzłowe układy współrzędnych. Zadane warunki brzegowe są symbolizowane ciemnymi ikonami. W folderze \Przykłady\_Ob3D jest zadanie Symetria, w którym zadano dwie osie symetrii. Są to osie wzajemnie prostopadłe. Dzięki temu na modelu 3x3x2m rozwiązano zbiornik kwadratowy o wymiarach 6x6x2m.

### 42.2. Definicja stopni swobody

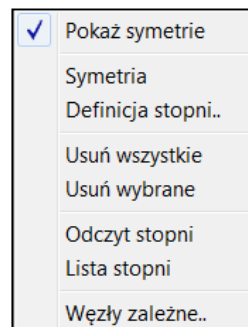
Opcja **Definicja stopni** w menu [Więzy](#) pozwala w sposób jawny i pełny zdefiniować odebrane stopnie swobody. Na planszy w polu „Symetria” można wybrać przycisk [Względem Y](#) i [Względem X](#), które odbiorą odpowiednie stopnie swobody w wybranych potem węzłach. Jeśli ma to być symetria dla linii nachylonej do osi globalnych to trzeba w tych węzłach wprowadzić odpowiednie układy węzłowe. W polu „Antysymetria” można wybrać ten warunek brzegowy względem osi X lub Y i następnie zadać go w wybranych węzłach. W polu „Odebrany” można indywidualnie odebrać stopnie swobody. Potem te warunki będą wprowadzone w wybrane węzły.



## 42.3. Opcje menu Więzy

W menu [Więzy](#) po zadaniu warunków brzegowych typu Symetria lub przez jawną definicję można opcją Pokaż symetrie pokazać ikony odebranych stopni swobody. Działanie tej opcji dubluje podobną opcję w menu [Pokaż](#). Opcją Symetria można zadawać kolejne miejsca z tą cechą. Podobnie opcją Definicja stopni.. można zdefiniować odebrane stopnie swobody i następnie wybrać węzły.

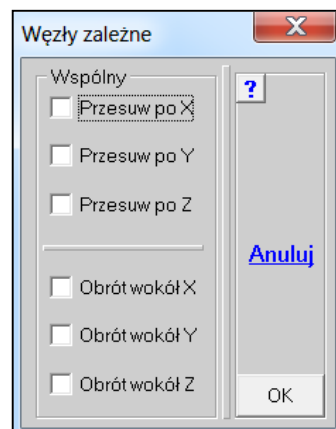
Opcją Usuń wszystkie można uwolnić wszystkie węzły modelu. Opcją Usuń wybrane można uwalnianie ograniczyć tylko do wybranych miejsc. Wybierając opcję Odczyt stopni można poznać, które stopnie swobody są odebrane, z kolei opcją Lista stopni można pokazać odebrane stopnie swobody w formie tabeli.



## 42.4. Węzły zależne

Węzły zależne są to węzły, w których zadano warunek, że w wybranych stopniach swobody muszą być takie same przemieszczenia. Jeśli wybrano stopnie liniowe to będą takie same ugięcia, a jeśli wybrano stopnie kątowe to będą takie same kąty obrotu. Węzły zależne na ogół znajdują się w różnych miejscach modelu. Jeśli znajdują się w tym samym miejscu to mogą być wykorzystywane do modelowania przegubu. W opcji Węzły zależne w pierwszym kroku zadaje się, które stopnie swobody mają być takie same. Na planszy, w polu „Wspólny” należy włączyć potrzebne stopnie swobody i następnie wybrać węzły parami. Jeden węzeł może należeć do więcej niż jedna para węzłów zależnych.

Po wprowadzeniu do modelu węzłów zależnych rośnie liczba opcji w menu [Więzy](#). Opcją Pokaż zależne można wyłączyć pokazywanie węzłów o wspólnych stopniach swobody. Opcją Węzły zależne.. można zdefiniować kolejne warunki i wybrać nowe miejsca. Opcją Usuń wszystkie można zupełnie zlikwidować opis węzłów zależnych w modelu. Opcją Usuń wybrane można usunąć zależność tylko w wybranych miejscach modelu. Po wybraniu opcji Odczyt zależnych pokazują się pary węzłów zależnych i po wskazaniu węzła wyświetli się okno ze wspólnymi stopniami swobody. Opcja Lista zależnych pozwala pokazać w formie tabeli węzły zależne wraz z opisem wspólnych stopni swobody.



W folderze \Przykłady\_Ob3D jest zadanie Wezly\_Zalezne\_1. Zadano w nim kwadratowy zbiornik podparty przegubowo w dwóch przeciwległych narożnikach. Taki zbiornik może obracać się wokół osi przechodzącej przez podpory - wokół jednej z przekątnych. *Uwaga: ponieważ układ jest niestabilny numerycznie ponowne rozwiązanie na innym procesorze może dać inne wyniki, Może też skończyć się komunikatem „Zero na przekątnej”.*

W drugim zadaniu Wezly\_Zalezne\_2 zadano wspólnotę przemieszczeń pionowych narożnych węzłów nie podpartych. Otrzymano inne rozwiązanie w odróżnieniu od zadania Wezly\_Zalezne\_1.

## C 43. Obciążenia w obiekcie

Obciążenia mogą być mechaniczne typu: siły skupione, liniowe lub powierzchniowe oraz niemechaniczne typu: termika, przemieszczenia wstępne podpór. Można również zadać obciążenia dynamiczne wywołane obrotem. W jednym schemacie mogą wystąpić naraz wszystkie typy obciążeń. Jednak, ze względu na czytelność graficznej prezentacji, lepiej zadawać w schematach pojedyncze typy obciążeń. W programie ABC Obiekt3D nie ma formalnego ograniczenia na to, czy obciążenia mają mieć wartości charakterystyczne czy obliczeniowe, ale **wygodniej jest operować wartościami charakterystycznymi**. Jeśli w schemacie występują obciążenia o różnych mnożnikach obciążenia, to należy każde obciążenie wprowadzić w odrębnym schemacie. W programie nie ma ograniczenia liczby schematów. Schematy z założenia otrzymują atrybut obciążenia stałego. Jeśli będą to obciążenia zmienne, warunkowe lub zależne (dokładne omówienie tych pojęć będzie w rozdziale poświęconemu sposobom liczenia obwiedni) to atrybut będzie można nadać w module WYNIKI, już po obliczeniach. Jest jedno odstępstwo od tej reguły. Mianowicie obciążenia powierzchniowe można rozkładać polami na osobne schematy, które otrzymują wtedy od razu atrybut zmienne. Sposób rozkładania obciążeń na schematy zmienne będzie omówiony dalej.

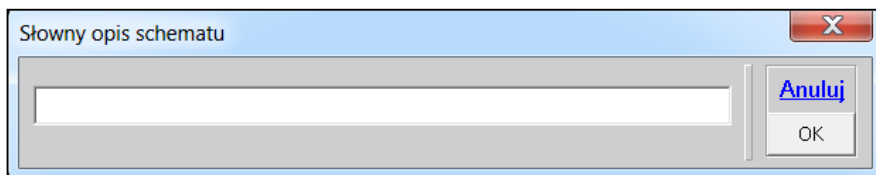
W programie ABC Obiekt3D wprowadzono jeszcze jedną ciekawą możliwość. Mianowicie w każdym schemacie może być **inny układ podporowy**. Takie zadanie jest rozwiązywane jako statyka wielokrotna i może potem być poddane analizie wyników tak jak każde inne zadanie.

Jeśli w zadaniu nie ma jeszcze obciążeń to po kliknięciu w przycisku [Obciążenia](#) pojawi się menu z obciążeniami dla pierwszego schematu. Po wciśnięciu przycisku **[M]** pojawią się przyciski [Termika](#), [Skurcz](#), [Przemiesz.](#) i [Obroty](#). Ten zestaw przycisków będzie dostępny w każdym schemacie. Jeśli zostaną zadane jakieś obciążenia uaktywni się przycisk [Nowy](#), którym można zmienić schemat na kolejny. Pod przyciskiem [Obroty](#) pojawi się wtedy zielony przycisk [Takie samo](#), którym będzie można skopiować obciążenie z któregoś wcześniej wprowadzonych schematów. Wygodne narzędzie jeśli schematy niewiele różnią się między sobą.



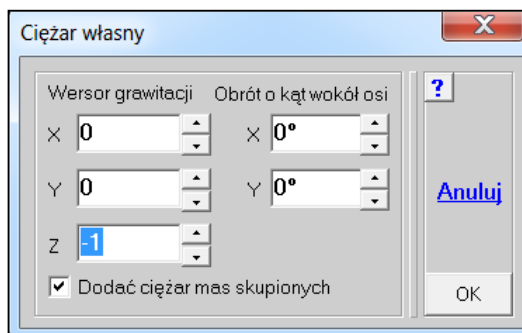
### 43.1.Opis obciążenia

Przyciskiem [Opis obc.](#) można wprowadzić własny komentarz do schematu. Jeśli ten opis nie zostanie wprowadzony, to przy zamykaniu schematu przyciskiem [Koniec obc.] lub [Nowy](#), program nada własną nazwę pochodzącą od rodzaju wprowadzonego obciążenia. Nazwy schematów można później zmieniać bez konieczności powtórnej obliczania i można to robić zarówno w module DANE jak i WYNIKI. Wprowadzenie opisów dla schematów znacznie ułatwia analizę wyników i z tego względu warto zachować tutaj trochę dyscypliny.



## 43.2. Obciążenie ciężarem własnym

Obciążenie ciężarem własnym jest obciążeniem rozłożonym objętościowo o wartości proporcjonalnej do grubości i ciężaru właściwego materiału modelu. W przypadku modelu 3D kierunek obciążenia ciężarem własnym mieć trzy składowe o kierunkach X, Y i Z. Domyślnie obciążenie ciężarem własnym ma kierunek -Z. Można wpisać dwa składniki wersora grawitacji i program sprawdzi, czy wypadkowa nie jest różna od 1. Pokaże się wtedy ostrzeżenie. Jeśli wersor grawitacji jest obrócony w stosunku do głównego układu współrzędnych wygodniej jest wpisać kąt obrotu, a program sam obliczy niezbędne składowe wersora, zachowując warunek, aby wypadkowa była równa 1. Układ grawitacyjny można obracać wokół osi X i/lub Y.



Obciążenie ciężarem własnym zadane w ten sposób jest zupełnie niewrażliwe na wszelkie zmiany siatki i grubości elementów. Jeśli w schemacie zadano już obciążenie ciężarem własnym i ponownie wywołano planszę przyciskiem **Ciężar**, to zamknięcie planszy przyciskiem **Usuń** (zmieni się napis na przycisku **Anuluj**) usunie to obciążenie ze schematu. Obciążenie ciężarem własnym jest symbolizowane konturową strzałką rysowaną w lewym dolnym rogu ekranu z plaketką podającą niezerowy składnik wersora.

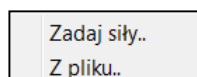
Jeśli w modelu, do obliczeń dynamicznych, założono masy skupione to będzie można je uwzględnić w obciążeniu ciężarem własnym.

Jeśli w schematach nie będzie obciążenia ciężarem własnym to przy wywołaniu obliczeń program wyświetli odpowiednie ostrzeżenie. Jeśli ciężar własny będzie wprowadzony w kilku schematach, to przy definiowaniu obwiedni - moduł WYNIKI - też będzie ostrzeżenie.

W zadaniu *Rozne\_Obc* zamieszczonym w folderze \Przykłady\_Ob3D będzie to pierwsze obciążenie. Z menu **Obciążenia** można wywołać opcję **Pokaż obciążenia**, następnie wybrać pierwszy schemat i można zobaczyć konturową strzałkę symbolizującą obciążenie ciężarem własnym oraz szarą strzałkę z zielonym opisem symbolizującą ciężar masy skupionej.

## 43.3. Obciążenie siłami skupionymi

Jeśli w modelu są elementy powłokowe i pręty trzeba najpierw ograniczyć model do jednego typu. Potem siły skupione, które ze względu na konieczność przyłożenia ich w węzłach powinny się nazywać siłami węzłowymi, można zadawać wpisując wartości na planszy i wybierając węzły - opcja **Zadaj siły..** lub można je wczytać z pliku..



Dla elementów powłokowych, po wybraniu opcji **Zadaj siły..** otworzy się okno, w którym będzie można wprowadzić siłę o trzech kierunkach i/lub momenty też o trzech kierunkach. Jeśli w wybranych węzłach nie ma układów węzłowych wtedy obciążenie będzie wprowadzone w układzie głównym. Jeśli w miejscu przyłożenia będzie wprowadzony układ węzłowy to obciążenie będzie wprowadzone właśnie w tym układzie.

Jeśli podczas wybierania węzłów obciążo-



nych siłami skupionymi naciśnie się prawy przycisk myszy to w podręcznym menu pokaże się opcja **Nowa siła..** którą można ponownie otworzyć planszę deklarowania obciążenia węzłowego. Zadawanie sił węzłowych kończy przycisk **Zakończ** lub opcja **Zakończ** z menu podręcznego.

**Problemem są momenty węzłowe działające prostopadłe do elementów powłokowych.** Ze względu na brak opisu tego kierunku zadanie takiego obciążenia nie da spodziewanego efektu. Taki moment trzeba zastąpić parą sił działającą w płaszczyźnie elementów.

W zadaniu *Rozne\_obc* w drugim schemacie są zadane siły węzłowe do części powłokowej

Jeśli model zostanie ograniczony do elementów prętowych to plansza z opisem sił skupionych zostanie rozszerzona o możliwość zdefiniowania punktu przyłożenia w przeszle wybranego elementu. W tym miejscu zostanie przyjęty węzeł, stąd takie zadawanie nie nadaje się do obciążeń ruchomych. Odległość punktu przyłożenia w przeszle może być definiowana modulem lub wybraną składową w głównym układzie współrzędnych.

W zadaniu *Rozne\_obc* w trzecim schemacie wprowadzono siłę skupioną w przeszle pręta.

Wybierając opcję **Z pliku..** można otworzyć plik tekstowy z siłami. W pliku w pierwszej linii jest słowny opis, w każdej następnej linii jest:

- numer kolejny,
- numer schematu,
- współrzędne X, Y i Z punktu przyłożenia,
- składowe siły X, Y i Z,
- składowe momentów wokół X, Y i Z.

Plik z siłami skupionymi

Nr	Schemat	Wsp.X	Wsp.Y	Wsp.Z	Siła X	Siła Y	Siła Z	Mom.Xx	Mom.Yy	Mom.Zz
1.Ciężar własny obliczeniowe										
1	1	1,2	0,0	0,0	0,0	0	-1,774	0,0	0,0	0,0
2	1	1,2	0,3	0,0	0,0	0	-6,509	0,0	0,0	0,0
3	1	1,2	0,6	0,0	0,0	0	-6,407	0,0	0,0	0,0
4	1	1,2	0,9	0,0	0,0	0	-5,924	0,0	0,0	0,0
5	1	1,2	1,2	0,0	0,0	0	-5,642	0,0	0,0	0,0
6	1	1,2	1,5	0,0	0,0	0	-5,56	0,0	0,0	0,0
7	1	1,2	1,8	0,0	0,0	0	-5,642	0,0	0,0	0,0
8	1	1,2	2,1	0,0	0,0	0	-5,924	0,0	0,0	0,0
9	1	1,2	2,4	0,0	0,0	0	-6,407	0,0	0,0	0,0
10	1	1,2	2,7	0,0	0,0	0	-6,509	0,0	0,0	0,0
11	1	1,2	3	0,0	0,0	0	-1,774	0,0	0,0	0,0

Format:  
☒ Zmienny    wsp. 3  
☐ Stały    siły 0

Zmiana układu wsp.  
 do X 0 m  
 do Y 0 m  
 do Z 0 m

Typ sił skupionych  
☒ Siły węzłowe  
☐ Siły polowe

Dopasowanie  
☒ Sił do węzłów  
☐ Węzłów do sił

Sąsiedztwo nie większe od:  
 0,01 m

Anuluj OK

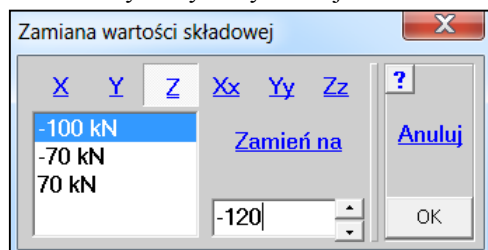


Jeśli w opisie obciążeń będą momenty, wtedy takie siły mają charakter sił węzłowych z możliwością doprowadzenia węzłów siatki do punktów przyłożenia sił lub na odwrót. Jeśli momentów nie ma, to można zdecydować, czy są to siły węzłowe czy polowych, które nie są związane z węzłami. Na planszy, która się otworzy po wczytaniu sił można jeszcze skorygować współrzędne przyłożenia obciążeń dodając odpowiednią liczbę do współrzędnej X i/lub Y. Siły w pliku mają wpisany numer schematu. Jeśli numer schematu z pliku nie zgadza się z aktualnym numerem schematu to pokaże się ostrzeżenie, ale będzie można zadać te siły. Jeśli punkt przyłożenia sił węzłowych będzie większy od zadanego sąsiedztwa to taka siła zostanie opuszczona. Podobnie przy siłach polowych. Jeśli punkt przyłożenia wyjdzie poza obszar modelu to zostanie opuszczona. Program zasygnalizuje ten fakt podając liczbę opuszczonych sił.

Plik z siłami skupionymi można utworzyć w module WYNIKI podczas analizy reakcji. W ten sposób reakcje z jednego zadania mogą być obciążeniem w innym zadaniu. Jeśli plik z siłami zostanie odczytany w schemacie w którym już są obciążenia skupione wtedy będzie można je dodać do istniejących sił lub zastąpić je.

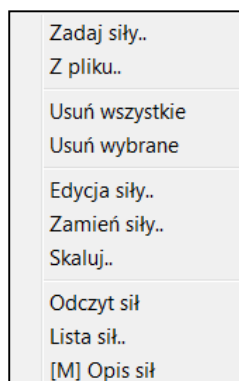
Z zadaniu Rozne\_obc w czwartym schemacie przyjęto obciążenie z pliku Siły\_1.txt wprost, natomiast w piątym schemacie te same siły przeniesiono o 0,9 metra. Plik Siły\_1.txt jest w folderze \Przykłady\_Ob3D.

Jeśli w schemacie będą już siły skupione to wtedy w menu będzie więcej opcji. Przy pomocy **Usuń wszystkie** będzie można usunąć wszystkie siły skupione w aktualnym schemacie. Wybierając opcję **Usuń wybrane** będzie można usunąć wskazane siły skupione. Opcja **Edycja siły..** pozwala zmienić siły w wybranych miejscach.

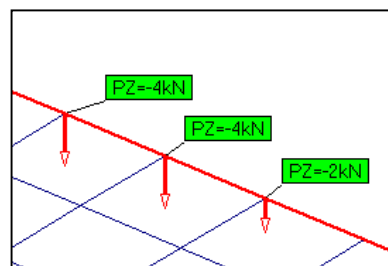


**Zamień siły..** z kolei pozwala zamienić wybraną wartość siły na inną. We wszystkich miejscach, gdzie działa siła o wskazanej wartości nastąpi zmiana.

Przy pomocy opcji **Skaluj..** można zmienić wszystkie siły skupione działające w tym schemacie.



**Odczyt sił** pozwala poznać wartości obciążenia skupionego w wybranych miejscach. **Lista sił..** pozwala udokumentować siły skupione. Opcją **[M]Opis sił**, lub klawiszem <M> steruje się wyświetlaniem okienek przy siłach skupionych. Te okienka pokażą się przy wszystkich siłach skupionych.



## 43.4. Obciążenie siłami liniowymi

Siły liniowe w obiekcie mogą być typu Ciężar lub Śnieg, jeśli będą przykładane do elementów powłokowych i dodatkowo typu Lód i Wiatr jeśli będą przykładane do prętów. Siły liniowe zadaje się odcinkiem lub łukiem. Kolejne węzły muszą należeć do sąsiednich elementów. Jeśli ten warunek nie jest spełniony pokaże się komunikat błędu „Linia obciążenia z przerwami”. Jeśli po zadaniu sił liniowych będzie modyfikowana siatka przez zagęszczenie, wtedy mogą powstać przerwy w linii działania. Taka sytuacja będzie sygnalizowana przy przeglądaniu schematu z siłami liniowymi.

Typu ciężar..  
Typu śnieg..  
Typu lód..  
Typu wiatr..

### 43.4.1. Siły liniowe typu Ciężar

Jeśli suma oddziaływań sił liniowych będzie proporcjonalna do długości odcinka na którym działają będą to siły typu: Ciężar. Siły liniowe w obiekcie mogą mieć trzy składowe o kierunku X, Y i Z. Po kliknięciu w przycisk [M] pokaże się okno z możliwością zadania liniowych momentów. Obciążenia liniowe mogą być stałe na długości lub liniowo zmienne. Obciążenie zadaje się na planszy. Wprowadzając wartość w lewym okienku powoduje się, że na taką samą zmienia się prawe okno. Będzie to obciążenie stałe. Natomiast zmiana prawego okienka nie pociąga za sobą innych zmian i wtedy obciążenie będzie liniowo zmienne. Obciążenie typu Ciężar ma kolor czerwony.

Po zamknięciu okna przyciskiem [Zadaj] będzie można wybrać linie działania obciążenia. Zadawanie odcinków z siłami kończy przycisk [Zakończ](#). Jeśli w czasie wybierania odcinków działania zostanie naciśnięty prawy przycisk myszy to opcją Nowa siła z podręcznego menu będzie można otworzyć planszę wartości i zmienić dane.

W zadaniu Rozne\_abc w szóstym schemacie zadano siły liniowe stałe i zmienne.

Typu ciężar

Opis

Siły rozłożone

Kierunek	Początek	Koniec
Oś X	0 kN/m	0 kN/m
Oś Y	0 kN/m	0 kN/m
Oś Z	-2 kN/m	-5 kN/m

Momenty rozłożone

Kierunek	Początek	Koniec
Oś X	0 kNm/m	0 kNm/m
Oś Y	0 kNm/m	0 kNm/m
Oś Z	0 kNm/m	0 kNm/m

Anuluj

Zadaj

### 43.4.2. Siły liniowe typu Śnieg

Jeśli suma oddziaływań będzie proporcjonalna do długości rzutu odcinka na którym działają będą to siły typu: Śnieg. Również ten typ obciążenia ma trzy składowe w głównym układzie współrzędnych X, Y i Z. Również w tym przypadku mogą być liniowe składniki momentowe. Identyczna jest plansza na której wprowadza się opis obciążenia. Tylko na górnym pasku będzie napis „Typu Śnieg”. Jeśli linia obciążenia będzie pozioma, a obciążenia typu Ciężar i Śnieg będą mieć tylko składnik Z to oddziaływanie ich na obiekt będzie identyczne. Różnice ujawnią się wtedy kiedy obciążone odcinki będą nachylone do poziomu.

Obciążenie typu Śnieg ma kolor fioletowy. W zadaniu Rozne\_abc jest wprowadzone w siódmym schemacie.

### 43.4.3. Siły liniowe typu Lód

Jest to obciążenie oblodzeniem. Może być przykładane tylko do elementów prętowych. Na plan-szy definiuje się grubość warstwy lodu, jej ciężar właściwy i kierunek działania grawitacji. Do poprawnego wyznaczenia tego obciążenia są potrzebne obwody zewnętrzne przekrojów obciążonych prętów. Jeśli parametry przekrojowe będą obliczane modulem MOMBEZ to obwody są liczone dla każdego typu. Obciążenie to ma charakter ciężarowy czyli zależy od długości pręta.

W zadaniu Rozne\_obc w ósmym schemacie zadano takie obciążenie.

### 43.4.3. Siły liniowe typu Wiatr

Siły liniowe typu Wiatr są zadawane w elementach prętowych i są opisane w lokalnym układzie współrzędnych który będzie miał oś x' wzdłuż pręta krawędzi, a oś y' i z' będą osiami przekrojowymi. Po kliknięciu w przycisk [M] otwiera się okno ze składowymi momentowymi, też zadawanymi w elementowym układzie współrzędnych.

Obciążenie typu Wiatr ma kolor zielony.

W zadaniu Rozne\_obc w dziewiątym schemacie zadano obciążenie typu wiatr.

### 43.4.4. Menu Siły liniowe

Jeśli w aktualnym schemacie są już siły liniowe, to wybranie przycisku [Siły liniowe](#) spowoduje wyświetlenie menu obciążeń liniowych. Cztery pierwsze opcje pozwolą otworzyć planszę zadawania wartości i będzie można wprowadzić kolejne obciążenie. Opcja **Zadaj siły** wyświetla listę zdefiniowanych już obciążeń (we wszystkich schematach) i można wybrać potrzebny opis i zadać w nowym miejscu.

Opcja **Usuń wszystkie** pozwala, bez wybierania miejsc, usunąć obciążenia liniowe z aktualnego schematu. Nie są usuwane definicje obciążeń tylko informacje o miejscu ich przyłożenia. Operacja ta wymaga potwierdzenia. Opcją **Usuń wybrane** można usuwać obciążenie liniowe z wybranych miejsc. Opcja **Usuń zbędne** pojawi się wtedy, kiedy w zadaniu będą definicje obciążeń liniowych nie używane w żadnym schemacie.

Opcją **Zamień siły..** można zamienić jedne wartości na drugie, ale tylko w aktywnym schemacie. Opcja **Skaluj..** pozwala przeskalować wszystkie obciążenia liniowe z aktywnego schematu.

Opcja Obróć układ obraca kierunek osi  $x'$  w wybranych elementach. Oś  $y'$  zostaje bez zmiany, oś  $z'$  też obraca się o  $180^\circ$ .

Opcja Pokaż typ wyświetla listę zdefiniowanych typów obciążeń liniowych i wybierając jedno z nich można pokazać jego definicję.

Lista typów pozwala pokazać typy obciążeń w formie listy.

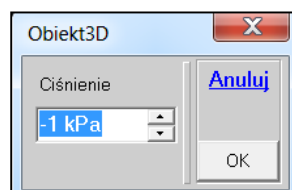
Opcja Odczyt liniowych pozwala poznać samą wartość obciążenia w danym miejscu lub z podaniem odległości odcinka na którym działa. Jeśli obciążenie jest liniowo zmienne, to wartość będzie dokładnie z miejsca kliknięcia linii działania obciążenia. Taki rysunek może być wydrukowany i będzie dokumentacją przyjętych obciążeń w zadaniu.

Opcja Lista miejsc pozwala, dla aktualnego schematu, pokazać w formie tabeli przyjęte obciążenie. Opcją [M]Opis sił lub klawiszem <M> można sterować opisem obciążeń liniowych. W opisie będą podane wartości i długość odcinka na które działają.

Tylko wartości  
Z odległością

## 43.5. Obciążenia ciśnieniem

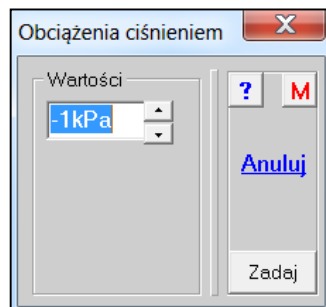
Ciśnienia są to obciążenia ciągłe. W modelu obiektowym przykładane będą głównie do elementów powłokowych, ale można je też zakładać do prętów. W elementach powłokowych będą zakładane w elementowym układzie współrzędnych. Jeśli nie wciśnięto przycisku [M] to po wybraniu przycisku [Ciśnienia](#) pokaże się plansza zadawania zwykłych ciśnień. W zadaniu Rozne\_obc w dziesiątym schemacie przyłożono stałe ciśnienie do poziomej części modelu.



Ciśnienia..  
Hydrostatyczne..  
Lepkość cieczy..  
Materiał sypki..  
Silos kołowy..  
Warstwa Śnieg..  
Warstwa Ciężar..  
Wiatr na walec..  
Wiatr na kulę..

Sytuacja zmienia się po włączeniu przycisku [M]. Pojawi się menu z możliwością wybierania różnorodnych obciążeń. Ciśnienia nadal będą zakładane w elementowych układach współrzędnych, ale będą mogły być zmienne. Obciążenia hydrostatyczne będą przykładane tylko do zwilżonych elementów. Lepkość cieczy będzie obciążeniem działającym stycznie. Materiał sypki będzie działał podobnie jak hydrostatyka, tylko wartości obciążenia będą zależały od kąta tarcia wewnętrznego. Silosy kołowe to obciążenia z uwzględnieniem tarcia o ściankę. Warstwa

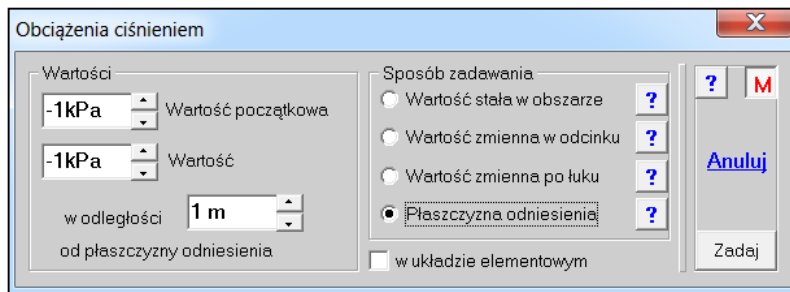
Śnieg i Ciężar to obciążenia rozłożone powierzchniowo działające proporcjonalnie do powierzchni elementu lub do powierzchni rzutu. Wiatr na walec i na kulę pozwala zadać obciążenie na takie modele.



### 43.5.1. Ciśnienia

Plansza zadawania obciążeń powierzchniowych początkowo jest podobna do poprzedniej i pozwala zadawać stałe ciśnienia w wybranych elementach. Po wciśnięciu przycisku [M] będzie

można zadawać ciśnienia zmienne. Po wybraniu „Wartość zmienna w odcinku” lub „... po łuku” należy wpisać dwie wartości obciążenia, początkową i końcową.



Wybierając „Linie odniesienia” w okienko wartości początkowej wpisuje się obciążenie działające na linii odniesienia wskazanej pierwszymi dwoma węzłami wyboru. W drugie okienko należy wpisać wartość obciążenia występujące w pewnej odległości od linii odniesienia. Podpowiadana jest odległość 1 m, ale można to zmienić. Jeśli obciążenie działa na ograniczonym obszarze płyty, należy ją wcześniej ograniczyć opcją Fragment.

Przy pomocy tej planszy można zadawać obciążenia ciągłe w układach elementowych. Po włączeniu przełącznika "w układzie elementowym" na planszy pojawią się trzy okienka w które

można wpisać składniki styczne obciążenia ciągłego ( $p_x$  i  $p_y$ ) oraz składnik normalny ( $p_z$ ). Warunkiem poprawnego zadania takich obciążeń jest uporządkowany układ współrzędnych w obciążonym fragmencie modelu. Przełącznikiem "Pokaż układy elementowe" można sterować wyświetlaniem tych układów.

W zadaniu Rozne\_obc w jedenastym schemacie na poziomej części zadano liniowo zmienne obciążenie.

### 43.5.2. Obciążenie hydrostatyczne

Jest to obciążenie liniowo zmienne o wartości proporcjonalnej do głębokości pod powierzchnią cieczy środka ciężkości elementu powłokowego. Na planszy zadaje się ciężar właściwy cieczy, współrzędną lustra cieczy w przyjętym układzie głównym oraz moką stronę elementów. Można wybrać cały model, program sam określi które elementy są pod powierzchnią. W przypadku zbiornika z przegrodami wewnętrznymi należy je wcześniej usunąć z modelu opcją Fragment.

Zakładając składniki wektora grawitacji można analizować zbiorniki, które są przechyłane, np.: wszelkiego rodzaju kadzie.

W zadaniu Rozne\_obc w dwunastym schemacie zadano obciążenie hydrostatyczne przy poziomej lustrze na wysokości 2 m.

### 43.5.3. Lepkość cieczy

Jest to obciążenie styczne do powierzchni o wartości zadawanej na planszy. Po zamknięciu planszy przyciskiem [OK] należy wybrać trzy węzły na poboczniczy walca - zbiornika. W zadaniu Lepkosc\_cieczy w trzecim schemacie zadano takie obciążenie.

### 43.5.4. Materiał sypki

Obciążenie materiałem sypkim ma podobny charakter jak obciążenie hydrostatyczne, tylko, że składniki poziome i pionowe zależą od kąta tarcia wewnętrznego lub od stosunku podanego na planszy. Poza ciężarem właściwym podaje się jeszcze współrzędną powierzchni zasypu, kierunek grawitacji, co pozwala analizować etapy wysypywania zawartości zbiornika przez przechylenie. Należy też określić stronę obciążonej powłoki. Ten model nie uwzględnia sił tarcia o ściankę. Takie obciążenie jest zadawane w kolejnej opcji.

Po zamknięciu planszy przyciskiem [OK] można wybrać wszystkie elementy modelu. Program sam określi które są poniżej powierzchni zasypu.

W zadaniu *Rozne\_obc* w trzynastym schemacie zadano obciążenie sypkie o takich samym ciężarze właściwym jak w hydrostatyce, ale o kącie tarcia wewnętrznego równym  $20^\circ$ .

### 43.5.5. Silos kołowy

Jest to wyspecjalizowany moduł zakładania obciążeń w silosach kołowych wg PN-EN. Mogą to być silosy kołowe o płaskim dnie jak i o dnie stożkowym. Można zakładać obciążenia dla zasypywania zbiornika jak i opróżniania. To obciążenie będzie szczegółowo opisane w części E.

### 43.5.6. Warstwa Śnieg

Obciążenie warstwą typu śnieg może też modelować obciążenie popiołem i jest proporcjonalne do powierzchni rzutu elementu na płaszczyznę prostopadłą do kierunku grawitacji. Na planszy zadaje się tylko obciążenie w kPa i kierunek grawitacji. Następnie wybiera się obciążone elementy powłokowe.

W zadaniu *Rozne\_obc* w czternastym schemacie zadano obciążenie warstwą typu śnieg wszystkich elementów powłokowych.

### 43.5.7. Warstwa Ciężar

Obciążenie warstwą typu ciężar może modelować wszelkiego rodzaju okładziny izolujące. Jego oddziaływanie jest proporcjonalne do pola powierzchni obciążonych elementów powłokowych. Na identycznej planszy jak dla warstwy typu Śnieg zakłada się obciążenie w kPa i kierunek grawitacji.

W zadaniu *Rozne\_obc* w piętnastym schemacie zadano obciążenie typu Ciężar też na wszystkie elementy powłokowe. Można porównać różnicę globalnych obciążeń.



### 43.5.8. Wiatr na walec

Obciążenie wiatrem zaczyna się od plan-szy na której można wy-brać strefę, z możliwością wpisania wysokości n.p.m. dla strefy III, okre-slić współczynnik ekspozycji, łącznie z własną wartością współczynnik porywów i określić kierunek wiatru w głównym układzie współrzędnych. Potem należy wybrać trzy węzły na łuku walca. Ponieważ wybór obciążo-nych elementów odbywa się w pasie tolerancji określonej odchyłką wyboru - klawisz [D], można w ten sposób zadawać obciążenie na kominy stożkowe. Trzeba wybierać węzły na łuku w połowie wyso-kości i wprowadzić tak dużą odchyłkę, aby wewnątrz pasa tolerancji znalazły się węzły podstawy i wierzchołka.

W zadaniu Walcowy\_1 zadano obciążenie wiatrem.

### 43.5.9. Wiatr na kulę

Obciążenie wiatrem zaczyna się od planszy identycznej jak dla walca, na której można wy-brać strefę, z możliwością wpisania wysokości n.p.m. dla strefy III, określić współczynnik ekspozycji, łącznie z własną wartością współczynnik porywów i określić kierunek wiatru w głównym układzie współrzędnych. Potem należy wybrać trzy węzły na południku kuli.

W zadaniu Kulisty\_2 wprowadzono obciążenie wiatrem na kopułę.

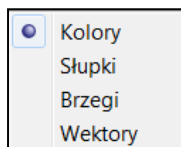
### 43.5.10. Ciśnienie w Ramie3D

Obciążenie parciem może być zastąpione automatycznie obciążeniami liniowymi przyłożo-nymi do płaskiego fragmentu prętowego. Na planszy definiuje się wartość parcia, to czy ma być stałe lub zmienne oraz kierunek. Jeśli parcie działa na płaską ścianę hali to można wybrać Ciężar lub Śnieg o kierunku prostopadłym do płaszczyzny ściany. Jeśli będzie to połąć dachu nachylona pod kątem to lepiej wybrać obciążenie liniowe typu Wiatr, tyle, że trzeba zadbać o zgodność układów współrzędnych prętowych. Można je pokazać odpowiednim włączni-kiem. Ekwiwalentne obciążenie liniowe może być przykładane do prętów równo-ległych do linii I-J wyboru i/lub prostopa-dłych. Punkty I J są to pierwsze węzły wyboru płaszczyzny, którą trzeba jeszcze wybrać trzecim punktem. Dodatkowo można włączyć ograniczenia fragmento-we w polu Wybór i nie trzeba wstępnie wybierać fragmentu modelu opcja Frag-ment.

W zadaniu Rozne\_obc w szesnastym schemacie jest obciążenie ekwiwalentne przyłożone do prętów modelu.

### 43.5.11. Menu Ciśnienie

Po zadaniu obciążenia ciśnieniem liczba opcji wzrośnie. Będzie można wybrać formę prezentacji: kolorową mapę, słupki, brzegi lub wektory. Ta ostatnia forma jest przydatna jeśli są wątpliwości co do kierunku działania ciśnienia. Czasem dla podniesienia czytelności można dodać siatkę.



Z menu **Zadaj obc.** można wybrać obciążenie już zadeklarowane i wprowadzić je w nowe miejsce.

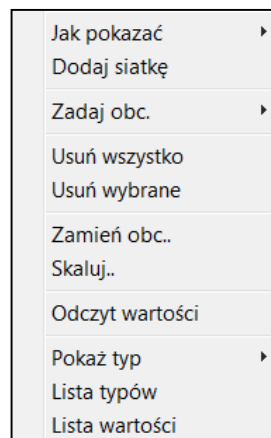
Opcją **Usuń wszystko** można usunąć wszystkie obciążenia ciągle działające w aktualnym schemacie. Opcją **Usuń wybrane** będzie można usunąć obciążenia ciągle z wybranych miejsc.

Opcją **Zamień obc.** będzie można zamienić jedno obciążenie na drugie. Opcją **Skaluj** można przeskalować wszystkie obciążenia ciągle działające w aktualnym schemacie.

Opcją **Odczyt wartości** pozwala poznać wartość obciążenia w wybranych elementach. Jest szczególnie przydatna przy obciążeniach typu hydrostatycznego, sypkiego czy obciążeniach silosu. Przy tych obciążeniach wyświetlają się niebieskie opisy wartości, które można wyłączyć opcją **Bez opisu** z menu **Pokaż**, ale czasem mogą zaciemniać rysunek.

Opcją **Pokaż typ** można poznać dane przyjęte do obciążeń ciągłych. Opcja przydatna dla poznania założeń obciążeń hydrostatycznych, sypkich, silosu czy wiatru.

Opcje **Lista typów** i **Lista wartości** pozwala pokazać w formie tabeli przyjęte założenia i wartości ciśnienia w wybranych miejscach.





## 43.6. Termika

Obciążenie temperaturą są zakładane w węzłach, oddzielnie dla strony (+) - żółtej i strony (-) - zielonej elementów powłokowych oraz dla kierunku +y' i -y' elementów prętowych.

Po zadaniu wartości można wybrać obszar obciążony temperaturą. Będzie to stała wartość. Jeśli zachodzi potrzeba zadania zmiennej temperatury w wybranym obszarze to należy wcisnąć przycisk [M]. Wtedy będzie można wybrać sposób zadawania i odpowiednio do sposobu wpisać potrzebne dane.

W zadaniu Rozne\_obc w siedemnastym schemacie zadano obciążenie pionowej części, oraz poziomego, górnego pręta.

Po zadaniu obciążenia termicznego liczba opcji w menu Termika rośnie. Będzie można wybrać formę prezentacji: kolorowe mapy, słupki lub brzegi z zaznaczoną wartością. Można Dodać siatkę jeśli poprawi to czytelność rysunku.

Opcją Usuń wszędzie można usunąć wszystkie temperatury działające w aktualnym schemacie. Opcją Usuń wybrane będzie można usunąć temperatury z wybranych węzłów.

Opcją Skaluj Temp. można przeskalować wszystkie temperatury działające w aktualnym schemacie.

Opcją Odczyt temperatur pozwala poznać wartość obciążenia w wybranych węzłach.

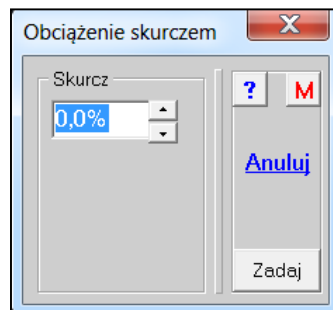
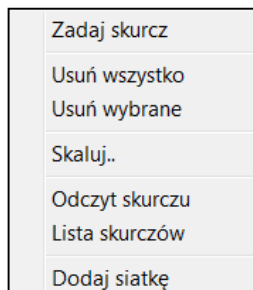
Opcje Lista temperatur pozwala pokazać w formie tabeli przyjęte wartości temperatur w wybranych miejscach.

Opcje Strona (+) i Strona (-) pozwalają na zmianę strony elementu powłokowego z temperaturą. Jeśli będą tylko pręty wtedy te opcje będą miały opis: Dla góry +y' i Dla dołu -y'. W modelach mieszanych opis tych opcji będzie taki jak na rysunku

## 43.7. Skurcz

Obciążenie skurczem są zakładane w elementach osobno w powłokach i osobno w prętach, stąd w modelach mieszanych należy wcześniej ograniczyć go do elementów jednego rodzaju. Po określeniu wartości skurczu można zadać go jako stały w wybranych elementach. Po wciśnięciu przycisku [M] będzie można zadawać skurcz obszarowo zmienny. Sposób zadawania jest identyczny jak przy ciśnieniach - pkt. 43.5.1.

W schemacie dziewiętnastym zadania *Rozne\_obc* zadano skurcz w poziomej powłokowej części modelu.

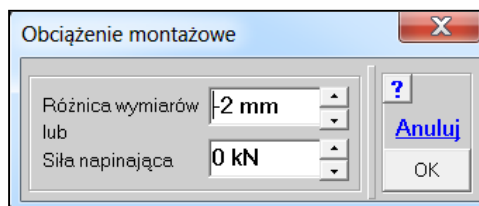


Po zadaniu skurczu liczba opcji wzrośnie. Będzie można usunąć całe obciążenie skurczem z tego schematu, lub tylko w wybranych miejscach. Opcją *Skaluj* będzie można zmienić obciążenie skurczem w aktualnym schemacie.

Opcja *Odczyt skurczu* pozwala poznać wartość w wybranym miejscu modelu, a *Lista skurczu* pozwala przedstawić obciążenie w formie tabeli. Dla podniesienia czytelności można dodać siatkę do rysunku.

## 43.8. Montaż

Jest to obciążenie, które może być zakładane tylko w elementach prętowych, stąd nie występuje w menu obciążenie jeśli model jest powłokowy lub mieszany. Po ograniczeniu do prętów pokaże się przycisk *Montaż* którym można wywołać obciążenie naciągiem wstępnym zadanym jako siła napinająca lub różnica wymiarów. Różnica wymiarów jest zamieniana na skurcz, natomiast siła napinająca wprowadza zmienną strukturę w modelu i skutkuje statyką wielokrotną.

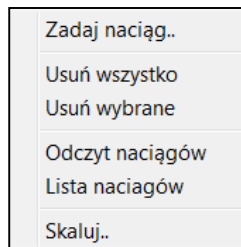


W zadaniu *Rozne\_obc* w dziewiętnastym schemacie zadano wstępny naciąg dolnego poziomego pręta.

Po zadaniu obciążeń montażowych liczba opcji w menu zwiększy się. Będzie można usunąć całe obciążenie montażowe z tego schematu, lub tylko w wybranych miejscach.

Opcja *Odczyt naciągów* pozwala poznać wartość w wybranym miejscu modelu, a *Lista naciągów* pozwala przedstawić obciążenie w formie tabeli.

Opcją *Skaluj* będzie można zmienić obciążenie montażowe w aktualnym schemacie.



## 43.9. Przemieszczenia wstępne

Jest to obciążenie kinematyczne zadawane tylko w podporach. Podpory powinny być niepodatne, aby otrzymać w wyniku zadaną wartość przemieszczenia. Co prawda można wstępne przemieszczenia zadawać w podporach podatnych, ale wtedy dokładność obliczonych przemieszczeń może nie być wystarczająca.

Można zadawać wprost przemieszczenia lub modelować rozpełzanie, wyrzuszenie lub wklęsnięcie.

Po wybraniu opcji Przemieszczenie w pierwszej kolejności należy wybrać miejsca podparcie. Potem zgłosi się plansza zawierająca tyle okien wstępnych przemieszczeń ile było składowych podporowych.

Przemieszczenia..  
Rozpełzanie..  
Wyrzuszenie..  
Wklęsnięcie..

Przemieszczenia wstępne

Linowe Z Kątowe Z ?

X 0 mm

Y 0 mm

Z 0 mm

Anuluj

OK

Po wybraniu pozostałych form przemieszczeń wstępnych w pierwszym kroku pojawi się plansza z założeniami. Dla Rozpełzania trzeba ustalić kierunek oraz podać wartość początkową i końcową przemieszczenia. Przy wyborze miejsca można posłużyć się płaszczyzną.

Rozpełzanie

Opis ?

Kierunek

☒ Oś X ☐ Oś Y ☐ Oś Z

Początek 5 mm

Koniec -5 mm

☐ Wybór płaszczyzną

Anuluj

Zadaj

Przy Wyrzuszeniu lub Wklęsnięciu na planszy wybiera się kierunek wstępnych przemieszczeń i podaje promień krzywizny. Zawsze będzie to powierzchnia walcowa, a jej kierunek będzie wyznaczany kolejnością wyboru węzłów płaszczyzny wyboru.

Wyrzuszenie

Opis ?

Kierunek

☐ Oś X ☐ Oś Y ☒ Oś Z

Promień 1000

☐ Wybór płaszczyzną

Anuluj

Zadaj

Po zadaniu przemieszczeń wstępnych lista opcji w menu się zwiększy. Będzie można usunąć wszystkie przemieszczenia w aktualnym schemacie, lub tylko w wybranych miejscach. Można edytować wartości w wybranych węzłach, zamienić je, skalować, odczytać wartości i sporządzić tabelę z wartościami.

W zadaniu Rozpełzanie, w dwudziestym schemacie zadano wstępne przemieszczenia w dwóch podporach.

Usuń wszystkie  
Usuń wybrane  
Edytuj wartości..  
Zamień wartości..  
Skaluj..  
Odczyt wartości  
Lista wartości

Zamiana wartości składowej

X Y Z Xx Yy Zz ?

2 mm

3 mm

Zamień na

4 mm

Anuluj

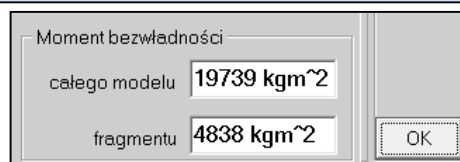
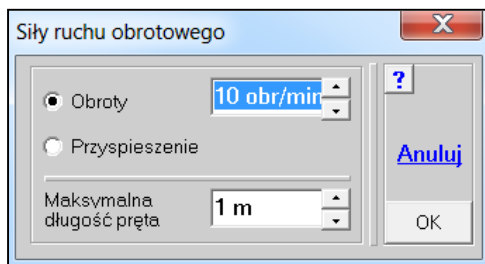
OK

## 43.10. Siły dynamiczne ruchu obrotowego

Jest to obciążenie wywołane wirowaniem - siły odśrodkowe lub siły styczne związane z przyspieszeniem kątowym. Na planszy wybiera się źródło sił. Dla obrotów podaje się liczbę obrotów na minutę, dla przyspieszenia podaje się wartość w  $[1/s^2]$ . Jeśli w modelu są pręty zostaną one podzielone na docinki nie dłuższe od zadanej na planszy wartości. Potem dwoma węzłami/punktami określa się położenie osi obrotu.

Po zadaniu obciążenia ruchem obrotowym program oblicza siły we wszystkich węzłach i pokazuje je na modelu. Przy przeglądaniu schematów po kliknięciu w przycisk **Obrotowy** pokaże się okno z przyjętymi danymi oraz zostanie obliczony masowy moment bezwładności dla całego modelu i dla pokazywanego fragmentu, jeśli taki został wybrany.

Obciążenia obrotami można usuwać i zmieniać.

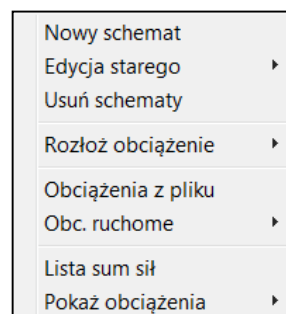


## 43.11. Menu Obciążenia

Po zadaniu przynajmniej jednego schematu po kliknięciu w przycisk **Obciążenia** pojawi się menu.

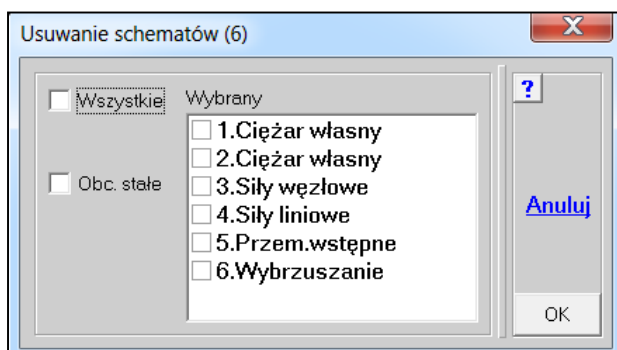
Opcję **Nowy schemat** można zadać kolejny zestaw obciążeń. Opcja **Edycja starego** pozwoli wybrać jeden z wcześniej wprowadzonych schematów i umożliwić jego zmianę. W edytowanym schemacie nie będzie przycisku **Nowy**, za to może pokażać się czerwony przycisk **Struktura**. Przycisk ten pokaże się przy włączonym pełnym zakresie możliwości menu. Jego działanie będzie omówione w rozdziale z opisem zadań o zmiennej strukturze.

Jeśli jakiś schemat ma zostać zupełnie usunięty należy wywołać



opcję **Usuń schematy**.

Po kliknięciu w opcję **Usuń schematy** pokaże się plansza z listą schematów zadania. Na liście można wskazać, które schematy mają zostać usunięte. Włącznikiem „Wszystkie” można zaznaczyć całą listę. Jeśli w zadaniu zdefiniowano już atrybuty schematów można je wykorzystać do wybiórczego zaznaczania schematów np. tylko zmiennych. Po naciśnięciu przycisku [OK] pojawi się pytanie o potwierdzenie tej operacji i schematy



zostaną usunięte. Jeśli usuwane są wybrane schematy to definicje obciążeń zostają w zadaniu. Jeśli są usuwane wszystkie schematy to również znikają definicje obciążeń.

Opcja **Rozłóż obciążenia** pokaże się tylko wtedy, kiedy w którymś schemacie zadano obciążenia ciągłe. Pozwala ona na wybranie takiego schematu i rozłożeniu go szeregu schematów zmiennych. Operacja ta będzie szczegółowo opisana w następnym rozdziale.

Opcja **Obciążenia** z pliku pozwala zadać obciążenia np.: ruchome dla dowolnych torów jazdy. Mogą to być też obciążenia od sprzężenia. Opcja **Obc.ruchome** ma generatory obciążeń drogowych, kolejowych i suwnic. Będą opisywane szczegółowo w kolejnym rozdziale.

**Lista sum sił** wyświetla tabelaryczne zestawienie sum sił zadanych w kolejnych schematach. Jeśli w jakimś schemacie zadano tylko obciążenia nie mechaniczne to suma sił będzie zerowa. Listę można wydrukować i umieścić w dokumentacji obliczeń.

Sumy sił w schematach							
Nr	X[kN]	Y[kN]	Z[kN]	Xx[kNm]	Yy[kNm]	Zz[kNm]	Opis
1	0	0	-138,5	0	0	0	Ciężar własny
2	0	0	-100	0	0	0	Siły węzłowe
3	0	0	-100	0	0	0	Siły węzłowe
4	0	0	-58,07	0	0	0	Siły węzłowe
5	0	0	-58,07	0	0	0	Siły węzłowe
6	0	0	-12,3	0	0	0	Siły liniowe - ciężar
7	0	0	-15	0	0	0	Siły liniowe - śnieg
8	0	0	-0,504	0	0	0	Siły liniowe - lód
9	16	0	0	0	0	0	Siły liniowe - wiatr
10	0	0	-27	0	0	0	Ciśnienie (-3 kPa)
11	0	0	-22,5	0	0	0	Zmienne (-1/-2 kPa)
12	-59,85	0	-180	0	0	0	Hydro (2 m)
13	-29,34	0	-180	0	0	0	Sypkie (2 m)

Opcja **Pokaż obciążenia** pozwala włączyć tryb przeglądania zadanych schematów. W pierwszym kroku wybiera się schemat, który ma być pokazany jako pierwszy. Dla pokazywanych schematów podawane są sumy sił. Menu pokazywanego schematu jest ograniczone tylko do obciążeń, które są w nim zadane. Opcje obciążeń są też ograniczone tylko do opcji odczytu i list. Jedynym parametrem, który może być zmieniany w czasie przeglądania schematów jest słowny opis. Schematy mogą być pokazywane sekwencyjnie, zmieniane przyciskiem z trójkątami, jaki pojawi się w tym trybie obok numeru schematu (w prawym górnym rogu ekranu) lub klawiszem [W]. W menu przeglądanego schematu będzie zielony przycisk **Zmień obc.**, którym można przejść do trybu edycji aktualnego schematu. Przejście do trybu edycji kończy przeglądanie schematów. Po włączeniu przycisku **Zmień obc.** pojawią się przyciski wszystkich typów obciążeń, a w ich opcjach pojawią się wszystkie pozycje. Jeśli jest włączony pełny zakres obciążeń - przycisk [M] to zamiast przycisku **Zmień obc.** pojawi się czerwony przycisk **Struktura**. Jego działanie będzie opisane w osobnym rozdziale.

## 43.12. Rozkładanie obciążenia

Program ABC pozwala półautomatycznie rozłożyć obciążenia ciągle na obciążenia zmienne. Jeśli wprowadzono schematy z obciążeniami powierzchniowymi, to każde z nich będzie mogło być rozłożone na pola, tak, aby powstały schematy obciążeń zmiennych.

Po wybraniu przycisku **Obciążenia** pojawi się menu, w którym opcja **Rozłóż obciążenie** wyświetli listę tylko tych schematów, w których jest obciążenie powierzchniowe. Po wybraniu schematu do rozłożenia program narysuje działające w nim obciążenia i będzie można wybierać pola z obciążeniami działającymi jako schematy zmienne. Po każdym wyborze na ekranie pojawi się podręczne menu, w którym będzie można zdecydować czy jest to **Następny schemat**, czy obszar przyporządkowany ostatnio wybranemu schematowi (opcja **Ten sam schemat**). Wybranie

<input checked="" type="checkbox"/>	Następny schemat
<input type="checkbox"/>	Ten sam schemat
<input type="checkbox"/>	Wybór oknem
<input type="checkbox"/>	Odcinkiem
<input type="checkbox"/>	Linia łamaną
<input type="checkbox"/>	Łukiem
<input type="checkbox"/>	Wielokątem
<input type="checkbox"/>	Odczytka..
<input type="checkbox"/>	Zakończ

opcji **Ten sam schemat** pozwoli zadać obciążenia w tradycyjną szachownicę. Należy podkreślić, że przy braku ograniczenia na liczbę schematów lepiej każdy obszar wprowadzić do osobnego schematu. Ponadto w menu będzie można zmienić sposób wyboru kolejnego obszaru.

Wybrane pole zostanie obwiedzione brzegiem i w jego środku pokaże się numer kolejny. Rozkładanie obciążenia kończy przycisk [Zakończ](#) lub opcja **Zakończ** z podręcznego menu. Program sprawdzi czy wszystkie obciążone elementy z bazowego schematu zostały przydzielone do schematów zmiennych i jeśli zostaną jakieś to program utworzy jeszcze jeden schemat zmienny.

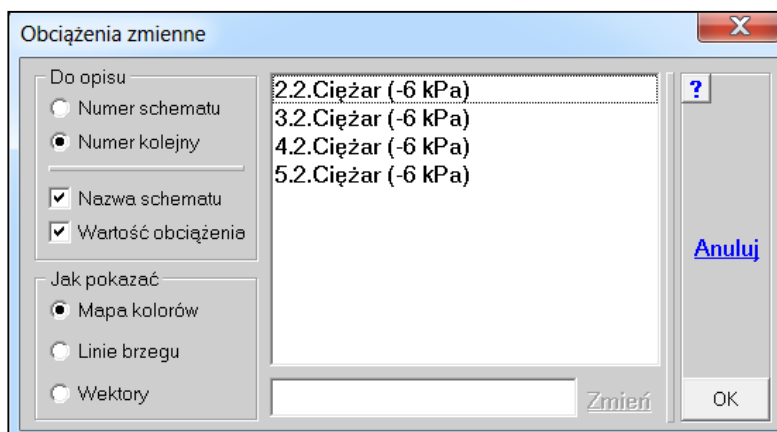
Przeglądając teraz schematy można zauważyć, że liczba schematów wzrosła. Schematy zmienne będą numerowane dwuczłonowo. Pierwszy człon to będzie numer schematu pierwotnego, a drugi numer schematu rozłożonego. Schematy zmienne można przeglądać i ewentualnie edytować. Jednak w tym ostatnim przypadku można utracić możliwość automatycznego sumowania ich z powrotem.

Po rozłożeniu obciążeń zmiennych w menu [Obciążenia](#) pojawi się opcja **Sumuj rozłożone**, która z powrotem połączy schematy zmienne w jeden schemat stały. Po połączeniu program od razu przejdzie do edycji tego schematu. W menu pojawi się też opcja **Pokaż rozłożone**, która

Sumuj rozłożone ▶

Pokaż rozłożone ▶

pozwała pokazać na jednym rysunku granice obszarów przyjętych w kolejnych schematach. Taki rysunek może być uzupełniony opisem, którego strukturę można ustalić na planszy. Ponadto można ustalić, w jakiej formie będą pokazywane obciążenia zmienne. W dużym oknie planszy wyświetlana



jest lista opisów schematów zmiennych. Wskazując wybraną linię można w dolnym oknie wprowadzić nowy opis i przyciskiem [Zmień](#) zamienić opis wybranego schematu. Wprowadzone tutaj nowe opisy będą pamiętane w danych zadania.

Po zamknięciu planszy przyciskiem [OK] będzie można wybrać miejsca, w których mają być umieszczone plakietki z opisem. Po wprowadzeniu opisów do wszystkich obszarów można sporządzić rysunek rozkładu obciążeń zmiennych i wprowadzić go do dokumentacji obliczeń.

W folderze \Przykłady\_Ob3D jest zadanie *Obc\_Zmienne*, w którym rozłożono obciążenie powierzchniowe na cztery schematy zmienne, przyjmując pola wyznaczone przez układ podpór.

### 43.13. Obciążenia z pliku

Opcją Obciążenia z pliku.. można wprowadzić do modelu obciążenia polowe, czyli siły skupione nie przywiązane do węzłów. W odróżnieniu od sił z pliku wczytywanych opcją z menu [Sił skupionych](#) w tym przypadku będą obowiązywały numery schematów. Po wybraniu opcji Obciążenia z pliku można najpierw go odszukać na dysku, a następnie odczytać. Wyświetli się plansza podobna do tej z rozdziału 44.3 ale nie zawierająca momentów. Numery schematów mogą być zmienione, tak aby najniższy z obciążeń z pliku był równy kolejnemu w modelu.

Nr	Schemat	Wsp.X	Wsp.Y	Wsp.Z	Siła.X	Siła.Y	Siła.Z
1	2	1,2	0,0	0,0	0,0	0	-1,774
2	3	1,2	0,3	0,0	0,0	0	-6,509
3	4	1,2	0,6	0,0	0,0	0	-6,407
4	5	1,2	0,9	0,0	0,0	0	-5,924
5	6	1,2	1,2	0,0	0,0	0	-5,642
6	7	1,5	1,5	0,0	0,0	0	-5,56
7	8	1,8	1,8	0,0	0,0	0	-5,642
8	9	2,1	2,1	0,0	0,0	0	-5,924
9	10	2,4	2,4	0,0	0,0	0	-6,407
10	11	2,7	2,7	0,0	0,0	0	-6,509
11	12	3	3	0,0	0,0	0	-1,774

Można przeskalować współrzędne dodając wartości wpisane w oknach i ewentualnie zmienić promień sąsiedztwa. Program sprawdzi, czy siły nie wychodzą poza model i jeśli będzie taka sytuacja poinformuje ile takich sił wypadło. Po kliknięciu w przycisk [OK] zostaną utworzone nowe schematy i program poinformuje ile ich doszło. Każdy taki schemat zostanie nazwany siły pozawęzłowe.

Wywołując edycję takiego schematu otrzyma się przycisk [Siły polowe](#), którym można wywołać następujące działania.

Dodaj siłę..  
Z pliku..  
Edytuj siłę..  
Usuń wybrane  
Odczyt sił  
Lista sił

Opcją **Dodaj siłę..** można wpisać kolejną siłę polową. Na planszy definicji siły polowej zadaje się wartość obciążenia Z i współrzędne punktu przyłożenia. Opcją **Z pliku..** można odczytać kolejny plik z siłami i wymienić obciążenie w tym schemacie lub dodać do istniejącego układu obciążenia. Opcją **Edytuj siłę..** można zmienić dane o wybranej sile polowej. Opcją **Usuń wybrane** można usunąć wskazane siły z tego schematu. Opcje **Odczyt sił** i **Lista sił** działają standardowo.

**Jeśli siły z pliku modelują obciążenie ruchome należy im zadać atrybut Warunkowe.**

W zadaniu *Rozne\_obc* w 21. schemacie zadano siły odczytane z pliku *Siły\_2.txt*. Ten Plik też jest w tym folderze.



## 43.14. Obciążenia ruchome

Program ABC pozwala wprowadzić następujące obciążenia ruchome:

- Drogowe,
- Kolejowe,
- Dowolne.

Dwa pierwsze typy obciążenia są zdefiniowane normowo i wystarczy wybrać odpowiedni rodzaj pojazdu, klasę mostu/obciążenia i wskazać tor jazdy. W opcji **Dowolne..** użytkownik sam definiuje układ obciążenia, może go zachować dla innych zadań lub może skorzystać z wcześniej zdefiniowanych obciążeń.

W każdym przypadku siły ruchome opisane są we własnym układzie współrzędnych, w którym oś  $X_r$  jest skierowana wzdłuż toru jazdy, jeśli tor jest prostoliniowy lub jest do niego styczna, jeśli tor jest łukowy, oś  $Y_r$  leży w płaszczyźnie płyty i jest skierowana w lewo od kierunku jazdy, a oś  $Z_r$  jest pionowa zgodna z osią  $Z$  układu opisowego. Ujemne w układzie globalnym, siły pionowe mają znak (+). Pierwsze położenie obciążenia ruchomego jest przyjmowane w taki sposób, aby skrajne siły zaczynały najazd na płytę w miejscu rozpoczęcia toru jazdy. Ostatnie położenie obciążenia ruchomego jest tak przyjmowane, aby drugie skrajne siły opuszczały płytę w miejscu gdzie kończy się tor jazdy. Kolejne położenia obciążenia ruchomego są tak przyjmowane, aby odległość między nimi nie była większa od zadanego kroku. Krok przesunięcia obciążenia ruchomego jest stały dla całego przejazdu. Schematy obciążeń ruchomych otrzymują automatycznie atrybut obciążeń wzajemnie się wykluczających.

### 43.14.1. Obciążenia drogowe

Po wybraniu opcji **Drogowe** pokaże się plansza wyboru i definicji obciążeń drogowych. Do wyboru są obciążenia ruchome wywołane pojazdem typu K, typu S, ciągnikiem NATO klasy 100 i klasy 150 oraz tramwajami. Dla dwóch pierwszych pojazdów należy jeszcze wybrać klasę obciążenia. Każde obciążenie może otrzymać własny opis, mnożnik obciążenia i współczynnik dynamiczny. Na planszy definiuje się maksymalną długość kroku pomiędzy kolejnymi położeniami układu sił ruchomych, oraz wybiera się tor jazdy: „Prosty” lub „Łukowy”. Po naciśnięciu przycisku [OK] program przechodzi do wyboru toru jazdy. Tor prosty zdefiniowany jest dwoma węzłami siatki lub punktami, których współrzędne zadaje się.

Tor łukowy zdefiniowany jest trzema węzłami lub punktami. Po wybraniu toru jazdy w zadaniu pojawia się schematy, które można przeglądać wybierając przycisk **Obciążenia**, a następnie **Pokaż obciążenia**. Na planszy można jeszcze zdefiniować model oddziaływania obciążenia na obiekt. Może być jedna siła lub 4, 9, 16, 25. W przypadku większej od jedności liczby sił można zdefiniować wymiar kwadratowego pola oddziaływania. Takie postępowanie pozwala uwzględnić wierzchnie warstwy leżące na konstrukcji zasadniczej.



### 43.14.2. Obciążenia kolejowe

Obciążenia Kolejowe generują schematy odpowiadające przejazdowi lokomotywy oraz odpowiadające przetaczanym wagonom. Te pierwsze tworzą układ schematów wzajemnie wykluczających się, a te drugie obciążenia zmienne. Ponieważ w miejscu gdzie jest lokomotywa nie ma wagonów, a

przy analizie obwiedniowej będą one przyjmowane, stąd też **obciążenia odpowiadające naciskom kół lokomotywy są pomniejszane o obciążenia wagonowe.**

Na planszy wybiera się klasę obciążenia, ustala nacisk na os lokomotywy i obciążenie wagonami. Podpowiadane są wartości normowe, ale można wprowadzić dowolne. Ponadto zadaje się mnożnik obciążenia i współczynnik dynamiczny. Dla przejazdu lokomotywy wprowadza się długość kroku, a dla obciążeń wagonami długość przęsła (odległość między poprzecznkami).

Po naciśnięciu przycisku [OK] program przechodzi do wyboru toru jazdy. Dla obciążeń kolejowych zadaje się tylko tory proste i w zadaniu można przyjąć tylko jeden przejazd. Po wybraniu toru jazdy w zadaniu pojawią się schematy, które można przeglądać wybierając przycisk [Obciążenia](#), a następnie [Pokaż obciążenia](#).

Na planszy można jeszcze zdefiniować model oddziaływania obciążenia na obiekt. Może być jedna siła lub 4, 9, 16, 25. W przypadku większej od jedności liczby sił można zdefiniować wymiar kwadratowego pola oddziaływania. Takie postępowanie pozwala uwzględnić wierzchnie warstwy leżące na konstrukcji zasadniczej.

### 43.14.3. Obciążenia dowolne

Obciążenia ruchome Dowolne definiuje się przyjmując wartości sił i współrzędne punktów działania we własnym układzie  $X_r$ ,  $Y_r$  i  $Z_r$ . Oś  $X_r$  tego układu skierowana jest zgodnie z kierunkiem ruchu, pokrywa się z prostoliniowym torem jazdy i jest styczna do toru łukowego. Oś  $Z_r$  jest pionowa i skierowana zgodnie z osią  $Z$  układu opisowego zadania. Oś  $Y_r$  jest pozioma i jest skierowana w lewo od kierunku ruchu. Wartości obciążenia i współrzędne punktów przyłożenia wprowadza się w górnych oknach planszy, następnie przyciskiem [Dodaj siłę](#) wprowadza się do dużego okna listy. Po zaznaczeniu wybranej linii można siłę tam opisaną usunąć z zestawu sił ruchomych – przycisk [Usuń siłę](#) lub klawisz Delete. Przyciskiem [Zapisz](#) układ sił ruchomych można zapisać do pliku. Nazwę tego pliku oraz miejsce lokalizacji zadaje się w standardowym oknie zapisu systemu Windows. Pliki z obciążeniem ruchomym mają rozszerzenie .DRU. Przyciskiem [Czytaj](#) takie pliki można odczytać, ewentualnie zmodyfikować i zastosować w nowym zadaniu. W oknach Mnożnik obciążenia i Wsp. dynamiczny wprowadza się odpowiednie wartości, w oknie Długość kroku wprowadza się odległość między kolejnymi położeniami, a po ustaleniu czy tor jazdy będzie Prosty czy Łukowy można przyciskiem [OK] zamknąć planszę i przystąpić do wybierania punktów kierunkowych toru jazdy.

Jeśli w menu sił ruchomych zostanie wybrana opcja **Nowy tor jazdy** na planszy w polu **Tor jazdy** pojawi się włącznik **Ten sam pojazd**, którym będzie można zdecydować czy będzie to nowy tor tego samego pojazdu (ta sama grupa wykluczenia) czy inny pojazd, który będzie miał inny numer grupy wykluczenia. Ponadto przy następnym torze jazdy nie będzie można zmieniać parametrów opisujących układ sił ruchomych. Na planszy będzie można tylko zmienić wielkość kroku oraz zdecydować o kształcie toru jazdy.

**Obciążenie ruchome definiowane**

Składowe obciążenia i wsp.punktu przyłożenia

	Siła pionowa	w kier.ruchu	prostopadła	Wsp. Xr	Wsp. Yr
1.	16 kN	0 kN	0 kN	0 m	0 m

Opis

Mnożnik obciążenia: 1,2

Wsp. dynamiczny: 1,5

☐ Siły hamowania: 20%

Długość kroku: 1 m

Tor jazdy: ☒ Prosty ☐ Łukowy

Model oddziaływania siły: 4 siły

Bok pola: 0,1 m

[Dodaj siłę](#) [Usuń siłę](#) [Zapisz](#) [Czytaj](#) [Anuluj](#) [OK](#)

Po zadaniu obciążenia ruchomego liczba opcji w menu **Obciążenia** ulega zmianie. Opcją **Pokaż tory jazdy** można pokazać przyjęte linie przejazdu, opcją **Opis ruchomego** można pokazać planszę z opisem przyjętego obciążenia. Opcja **Nowy tor jazdy** będzie dostępna tylko dla obciążeń drogowych i dowolnych. Pozwala zadać kolejny tor jazdy tego samego lub innego pojazdu. Opcja **Usuń ruchome** pozwala usunąć definicje obciążeń ruchomych, tory jazdy i schematy związane z tym obciążeniem. Samo usuwanie schematów wynikających z obciążeń ruchomych przeprowadzone w opcji **Usuń schematy** jest postępowaniem błędnym, ponieważ nie usuwa definicji sił ruchomych. A bez usunięcia definicji nie można zadać innych typów obciążeń ruchomych. W jednym zadaniu można przyjąć tylko jeden typ obciążeń ruchomych.

Edytując taki schemat na liście przycisków będzie **Ruchome**. Klikając w ten przycisk otrzyma się identyczne menu jak opisane w rozdziale 44.13.

W folderze \Przykłady\_Ob3D są trzy zadania: **Ruch\_Drogowe**, **Ruch\_Kolejowe** i **Ruch\_Dowolne**, w których zadano obciążenia ruchome.

Pokaż tory jazdy

Opis obc.ruchom..

Nowy tor jazdy

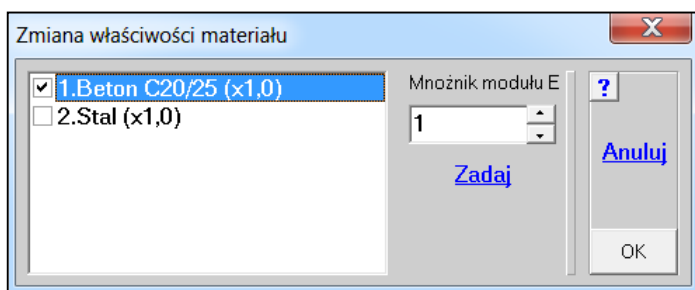
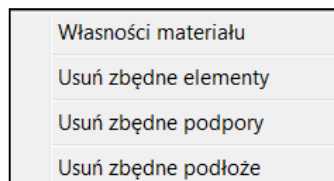
Usuń ruchome

## 43.15. Zmienna struktura

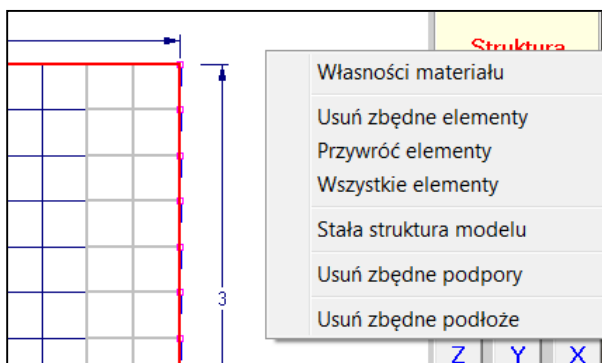
Program ABC Obiekt3D pozwala w każdym schemacie wprowadzić inną geometrię i inny sposób podparcia modelu. Tutaj zostanie omówiony tylko zmienny układ podporowy. W podobny sposób można modyfikować geometrię obiektu. Jeśli w modelu jest podłoże, można również to podparcie zmieniać w różnych schematach.

Po zadaniu obciążeń można powtórnie wywołać dany schemat wybierając z menu **Obciążenia** opcję **Edycja starego** i numer odpowiedniego schematu. Na planszy z typami obciążeń po włączeniu przycisku **[M]** pojawi się czerwony przycisk **Struktura**. Przy pierwszym wywołaniu w menu będą tylko opcje: **Własności materiału**, **Usuń zbędne elementy**, **Usuń zbędne podpory** i **Usuń zbędne podłoże**. Dwie ostatnie opcje pojawią się tylko po wprowadzeniu odpowiedniego typu podparcia.

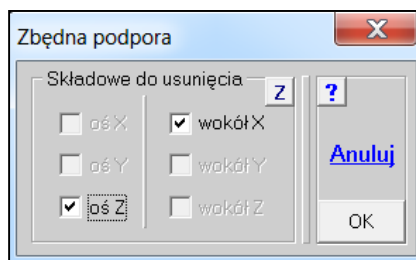
Wybierając opcję **Własności materiału** można zmienić moduł sprężystości wybranych materiałów, tylko w tym schemacie.



Po wybraniu opcji **Usuń zbędne elementy** będzie można wybrać elementy, które nie będą uwzględniane w tym schemacie. Takie elementy będą pokazywane szarą linią. Ponowne wybranie przycisku **Struktura**, pokaże nowe opcje. Będzie można przywrócić wybrane elementy, wszystkie elementy w tym schemacie lub w ogóle zrezygnować ze zmiennej struktury.

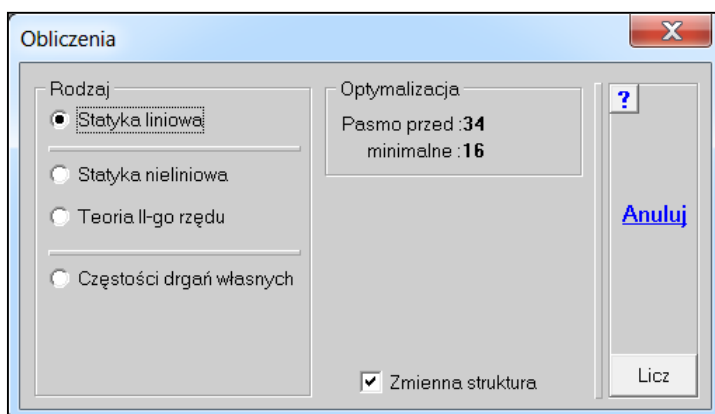


Po wybraniu opcji **Usuń zbędne podpory** będzie można wybrać miejsca podparte. Jeśli podpory będą miały więcej składowych to będzie można określić, które z nich mają być wyłączone w danym schemacie. Po wybraniu wyłączonych podpór, będzie można przywrócić w tym schemacie wskazane lub wszystkie podpory. Również będzie można zrezygnować zupełnie ze zmiennej struktury.



Jeśli w modelu będzie podłoże to może być opcja **Usuń zbędne podłoże**. Działa podobnie jak w przypadku podpór, tylko nie trzeba określać składowych podłoża. Wystarczy wybrać miejsce. Również będzie można przywracać w tym schemacie wybrane lub wszystkie elementy z podłożem. Również będzie można zrezygnować zupełnie ze zmiennej struktury.

Założenie zmiennego układu podporowego powoduje, że na planszy **Obliczenia** pokaże się włącznik **Zmienna struktura**. Będzie on aktywny, ale można go wyłączyć i wtedy obliczenia zostaną przeprowadzone tak, jakby we wszystkich schematach był ten sam układ podpór.



Należy pamiętać, że rozwiązanie układu ze zmienną strukturą powoduje, że dla każdego schematu jest układana macierz sztywności i prowadzone jest osobne rozwiązanie, co może znacznie wydłużyć czas obliczeń.

W folderze \Przykłady\_Ob3D jest zadanie **Zmienne\_Podpory**, w którym przyjęto pięć jednokowych schematów zakładając w nich ciągle obciążenie ciężarem własnym. Ale w każdym schemacie wprowadzono inny układ podporowy, dzięki czemu otrzymano pięć różnych rozwiązań.

## C 44. Masy skupione

Do modelu można wprowadzić masy skupione oraz zadać mnożnik zwiększający masę własną w stosunku do masy netto obliczonej z objętości elementów i ciężaru właściwego materiału. Po zadaniu mas skupionych menu [Masy](#) ma postać.

Pierwsza opcja **Pokaż masy** pojawi się dopiero po zadaniu mas. Pozwala pokazać lokalizację mas skupionych. Jej działanie jest zdublowane opcjami **Pokaż ikony**, **Ikony mas** w menu [Pokaż](#).

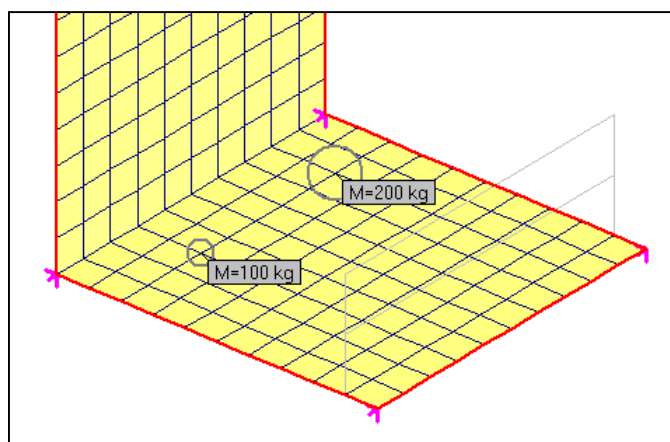
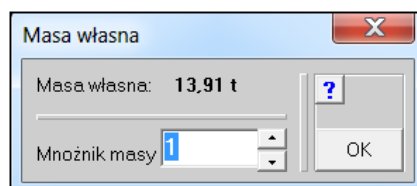
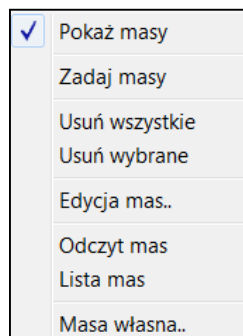
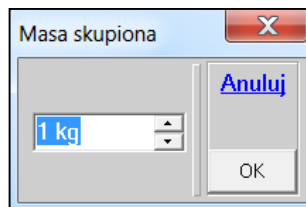
Opcją **Zadaj masy** można zadać nowe masy. W pierwszym kroku wpisuje się wielkość masy, a następnie można wybrać węzły modelu.

Dwie kolejne opcje pozwalają usunąć masy z modelu. Pierwsza **Usuń wszystkie** pozwala usunąć zupełnie masy skupione z modelu, natomiast druga **Usuń wybrane** usuwa masy tylko w wybranych węzłach.

Wybrane masy można edytować zmieniając ich wielkość – opcja **Edycja mas**. Można również zmienić masy zamieniając jedną wielkość na drugą – **Zamiana mas**. Działania tej opcji są podobne do zamiany składowych sił skupionych czy wstępnych przemieszczeń podpór.

Kolejne dwie opcje pozwalają wyświetlić wielkość masy w wybranych węzłach- **Odczyt mas**, oraz pokazać zestawienie tabelaryczne podające numery węzłów i wielkości mas w nich umieszczonych- opcja **Lista mas**.

Ostania opcja **Masa własna** pozwala skorygować masę własną modelu. Korekta masy może ujmować te elementy masowe konstrukcji które nie mają wpływu na sztywność, np. warstwy ocieplenia czy oblodzenia.



## C 45. Obliczenia liniowe

Po zdefiniowaniu geometrii obiektu, sposobu jego podparcia i obciążenia można wybrać przycisk [Obliczenia](#). Jeśli przycisk [M] jest wyłączony to będzie od razu wywołany moduł obliczeniowy i zostaną przeprowadzone obliczenia liniowej statyki. Inaczej wygląda sprawa, kiedy przycisk [M] jest włączony. Wtedy po kliknięciu w przycisk [Obliczenia](#) pojawi się plansza, na której można wprowadzić szereg ustaleń. W polu „Rodzaj” można wybrać „Statyka liniowa” lub „Częstości drgań własnych”. Jeśli w modelu wprowadzono jakieś cechy nieliniowe to pojawi się jeszcze możliwość „Statyka nieliniowa”.

Przy obliczeniach dynamicznych należy podać liczbę poszukiwanych częstości, zadeklarować czy uwzględnić podatność podpór, oraz zadać graniczną liczbę iteracji i dokładność rozwiązania. W obliczeniach dynamicznych domyślnie podpory są zastępowane więzami, ale jeśli podpory są podatne i potrzebne są częstości i postacie z uwzględnieniem ich podatności to należy ten włącznik aktywować. Wprowadzenie podatnych podpór do obliczeń dynamicznych może spowodować, że nie uda się obliczyć częstości, ponieważ układ będzie poruszał się jako ciało sztywne.

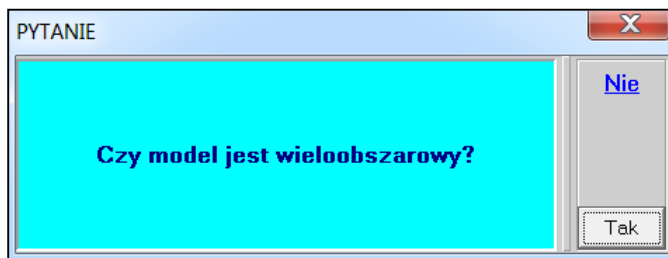
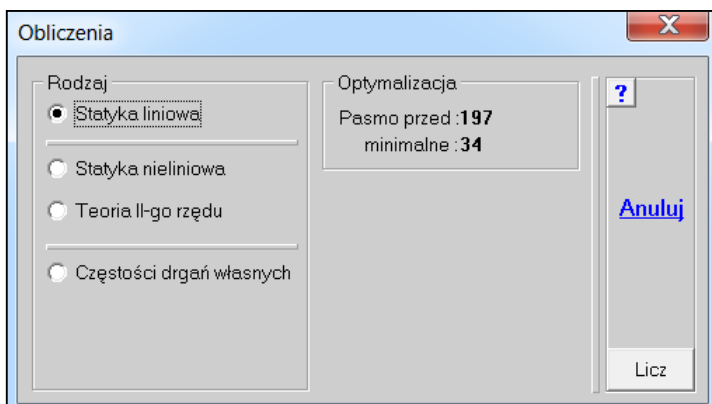
Obliczenia nieliniowe są omówione w następnym rozdziale.

Jeśli w zadaniu zdefiniowano układ o zmiennej strukturze (w schematach wystąpią np.: różne układy podpór) to włącznik „Zmienna struktura” będzie aktywny. Wyłączając go można przeprowadzić obliczenia tak, jak dla stałego układu podporowego.

Jeśli w zadaniu zdefiniowano imperfekcje to włącznik „Dodaj imperfekcje” będzie aktywny. Włączając go można przeprowadzić obliczenia z uwzględnieniem odchyłek od postaci modelowej

W polu „Optymalizacja” są informacje o parametrach topologicznych zadania przed i po optymalizacji.

Na ogół model przyjęty do obliczeń składa się z jednego, spójnego obszaru, ale program ABC Obiekt3D pozwala rozwiązywać też zadania składające się z osobnych obszarów. W takiej sytuacji pojawi się pytanie, czy obszar modelu jest wielospójny? Jeśli użytkownik potwierdzi ten fakt to zostanie wyłączona procedura poszukiwania osobnych elementów, czy fragmentów. W przeciwnym razie program zaznaczy zgubiony element i będzie można go usunąć, jeśli jest niepotrzebny lub dołączyć do reszty modelu.



Na planszy programu rozwiązującego są trzy przyciski. [Koniec](#) pozwala zatrzymać obliczenia, [Dane](#) pozwalają wrócić do modułu DANE, a przycisk [Licz] uruchamia obliczenia. W polu „Operacje” znajdują się paski zaawansowania obliczeń w kolejnych etapach. W pewnych sytuacjach, duże zadanie i słaby procesor, paski mogą tworzyć wrażenie, że program się zawiesił. Należy spokojnie poczekać. Ponadto na planszy są informacje statystyczne. Po zakończeniu obli-

czeń automatycznie zostaną pokazane ugięcia modelu dla pierwszego schematu. Jeśli w trakcie obliczeń pojawi się niestabilność rozwiązania, to poinformuje o tym odpowiedni komunikat. Należy wtedy samemu ocenić, czy miało to istotny wpływ na wyniki.

Obliczenia liniowe odbywają się od razu dla wszystkich schematów. Jeśli w zadaniu wprowadzono zmienną strukturę, to wtedy każdy schemat będzie rozwiązywany osobno. Może to w istotny sposób przedłużyć rozwiązanie.

## C 46. Obliczenia nieliniowe

W programie ABC Obiekt3D można prowadzić obliczenia nieliniowe. Zakres obliczeń nieliniowych w modelu typu obiekt jest zależny od typu elementów. Zawsze będzie mógł wynikać z nieliniowych podpór lub nieliniowego podłoża. Jeśli w modelu są elementy prętowe to można uwzględnić jednostronną pracę cięgien lub ich ograniczoną wytrzymałość na rozciąganie. Ponadto można zawsze przeprowadzić obliczenia wg teorii II-go rodzaju.

Podpory mogą mieć cechy:

- jednostronności,
- ograniczenia nośności,
- jednostronności z ograniczeniem nośności,
- podpory z tarcie
- podpór z luzem,
- nieliniową charakterystykę,
- różną sztywność dla kierunku (+) i (-).

Nieliniowe podłoże może mieć cztery pierwsze cechy podpór. Nie można zadać podłoża z luzami.

Jednostronność podparcia polega na tym, że podpora zostaje automatycznie wyłączona z modelu, jeśli pojawi się w niej ujemna reakcja. Można też zdefiniować graniczną wartość ujemnej reakcji i podpora ulegnie wyłączeniu dopiero wtedy, kiedy ujemna reakcja będzie większa, (co do modułu) od wartości granicznej. Takie podpory mogą modelować połączenia klejone o ograniczonej nośności połączenia.

Ograniczoność podparcia polega na tym, że jeśli dodatnia reakcja będzie większa od granicznej wartości to nie będzie ona dalej rosła. Taka podpora może modelować siłownik hydrauliczny, w którym zawór bezpieczeństwa ogranicza ciśnienie w cylindrze. Z kolei w podłożu można w ten sposób modelować warunek plastycznego płynięcia.

Warunki jednostronności i ograniczonej nośności można zadać łącznie. W zależności od sytuacji będzie włączany jeden lub drugi warunek. Jeśli reakcja będzie zawarta pomiędzy stanem wyłączenia spowodowanym oderwaniem się podpory, a stanem granicznej nośności to podpora będzie zachowywać się jak zwykła podpora liniowa.

W podporach można zadać warunek luzów, czyli taki stan, że dopóki w węźle nie pojawi się przemieszczenie większe od wartości luzu, to w modelu nie będzie taka podpora uwzględniana. Po pojawieniu się przemieszczeń większych od luzu podpora zostaje włączona do modelu, a w węźle podpartym pojawi się wstępne przemieszczenie równe luzowi.

Podpory o różnych sztywnościach w kierunku (+) i (-) jest to osobna kategoria podpór podatnych.

Obliczenia nieliniowe wykonywane są iteracyjnie stąd na planszy „Obliczenia” należy zadać zarówno graniczną liczbę iteracji oraz maksymalną dokładność wyznaczenia przemieszczeń. Obliczenia nieliniowe zostają zakończone albo po osiągnięciu zadanej dokładności, albo po wyczerpaniu liczby iteracji. W każdym przypadku w wynikach będą informacje o faktycznej liczbie iteracji oraz osiągniętej dokładności przemieszczeń. W



zadaniu można zadać wiele schematów, ale obliczenia nieliniowe są wykonywane osobno dla każdego schematu obciążenia. Ma to swoje konsekwencje czasowe.

Schematy obciążenia do obliczeń nieliniowych muszą być przygotowane inaczej niż to się na ogół robi dla obliczeń liniowych. **Schematy do obliczeń nieliniowych muszą być zawsze kompletne.** Oznacza to, że w każdym należy zadać obciążenia stałe (ciężar własny i inne obciążenia stałe) oraz wybrane obciążenia zmienne. Łatwo sobie wyobrazić, że np. obciążenia cząstkowe każde z osobna nie wywoła reakcji większej od granicznej nośności podpory, ale już łączne działanie tych obciążeń spowoduje przekroczenie wartości granicznej. Należy też pamiętać, że wartości obciążeń muszą być końcowe, ponieważ w module Wyniki nie mogą być skalowane mnożnikami obciążenia. **Również wyłączona będzie superpozycja wyników.** Analizę obwiedniową będzie można prowadzić tylko metodą wyboru wartości ekstremalnych.

Ponieważ przygotowanie kompletnego obciążenia w sytuacji, kiedy obciążenia zmienne tworzą złożony układ może być trudne, stąd w programie ABC Obiekt3D przewidziano inną ścieżkę uwzględniania efektów nieliniowych. Ścieżka ta polega na tym, że w modelu z zadanymi podporami nieliniowymi przyjmuje się obciążenia cząstkowe, tak jak to robi się w zadaniach liniowych. Następnie prowadzi się obliczenia LINIOWE. W module WYNIKI prowadzi się zwykłą analizę obwiedniową z wynikami o różnych atrybutach. Dla wybranej wartości ekstremalnej można utworzyć dodatkowy wariant o składnikach, które wywołują tę wartość. Potem można przygotować nowe zadanie, w którym będzie tylko to nowe obciążenie i cechy nieliniowe. Przygotowanie zadanie odbywa się automatycznie i jedynymi danymi, które należy wprowadzić to numery wariantów, dla których będą prowadzone obliczenia. Obliczenia wywołuje się z modułu WYNIKI przyciskiem Nieliniowe. Po takich obliczeniach, już iteracyjnych, można stwierdzić, jaki wpływ na wyniki mają nieliniowe cechy modelu. O szczegółach tak prowadzonych obliczeń będzie mowa dalej. W identyczny sposób można postąpić w obliczeniach wg teorii II-go rzędu.

### 46.1. Cechy nieliniowe cięgien

W cięgnach można wprowadzić warunki pokazane na planszy. Domyślnie deklaruje się graniczną siłę ściskającą równą zero, ale można zadać inną wartość. Można również włączyć warunek, że cięgno wyłączy się dopiero wtedy, kiedy siła ściskająca przekroczy siłę obliczoną wg wzoru Eulera. W cięgnach można też zadać graniczną siłę zrywającą. Takie założenie pozwala przeanalizować odporność obiektu na katastrofę postępującą.

Po zdefiniowaniu warunków wybiera się elementy prętowe, które też otrzymają cechy pozwalające pracować tylko osiowo.

Po zadaniu cięgien pojawi się menu z którego będzie można sterować pokazywaniem takich elementów, można je usuwać, dodawać i odczytać wprowadzone parametry.

Zadanie Ciegna i CiegnaN pokazują różnicę pomiędzy rozwiązaniem liniowym a nieliniowym.

Pokaż cięgna  
Zadaj cięgna..  
Usuń cięgna  
Odczyt danych

## 46.2. Cechy nieliniowe podpór sztywnych

Po zadaniu podparcia w menu [Podpory](#) pojawi się opcja **Nieliniowe**. Pozwala ona zadać, usunąć i odczytać parametry nieliniowe podpór. Wybierając opcję **Zadaj** należy w pierwszej kolejności wybrać węzły podparte, może to być jeden węzeł lub kilka. Po wybraniu pojawi się plansza zadawania warunków nieliniowych.

Teraz należy zdecydować, jaki charakter ma mieć podpora. Wybierając przełącznik „Jednostronna” będzie można wpisać graniczną wartość ujemnej reakcji. Podpowiadana jest wartość zero, która zapewnia usunięcie podpory z modelu zaraz po pojawieniu się ujemnej reakcji.

Jeśli zostanie wybrany przełącznik „Ograniczona” to będzie można wpisać dwie wartości graniczne, dla odrywania od podpory i nośność podpory.

Jeśli wprowadzi się zerowa wartość „W górę” i bardzo dużą wartość „W dół” to, pomimo, że zadeklarowano podporę „Ograniczoną” będzie ona de facto podporą jednostronną.

Jeśli podpora będzie miała dwie składowe, np.: pionowa Z i jedna pozioma, to będzie można włączyć zależność poziomej od pionowej przez tarcie. Wtedy reakcja pozioma nie będzie większa od pionowej pomnożonej przez współczynnik tarcia.

Wybierając przełącznik „Z luzem” można wprowadzić wartości luzu nad i pod położeniem neutralnym. Taka podpora, jeśli już wejdzie w kontakt z modelem będzie zachowywała się jak podpora liniowa.

Kolejną cechą podpory może być nieliniowa charakterystyka opisana linią łamaną. Może być do pięciu punktów charakterystyki. Przyciskami [Dodaj punkt](#) można dodawać punkty (do pięciu). Przyciskiem [Usuń punkt](#) można usuwać punkty charakterystyki.

Po zadaniu cech nieliniowych podpór pokaże się menu takie jak na rysunku obok.

Opcja **Pokaż** pozwala wyróżnić podpory z zadanymi warunkami nieliniowymi. Na ogół podpory te zostają wyróżnione w momencie wybrania opcji **Nieliniowe**, ale gdyby tego nie było to tą pozycją można to włączyć. Podpory o nieliniowych cechach są wyróżniane kwadratem.

Opcję **Zadaj parametry** można wybierać kolejne miejsca podparte, w których zostaną zadane cechy nieliniowe.

Opcję **Usuń parametry** można przywrócić liniowy charakter wybranym podporom.

Opcję **Odczyt parametrów** pozwala poznać założone warunki nieliniowe w wybranych podporach. W okienku odczytu pokazana jest składowa, następnie napis „Jstr” dla podpory jednostronnej, „Gran” dla podpory ograniczonej i „Luz” dla podpory z luzem. W okienku są jeszcze podane wartości graniczne lub wielkości luzów.

W folderze \Przykłady\_Ob3D zamieszczono cztery zadania z nieliniowym opisem podpór. Pierwsze o nazwie **Podp\_Nieliniowe** jest prostokątną płytą opartą na obwodzie na podporach przegubowych. Płyta jest obciążona ciśnieniem i siłą skupioną (w osobnych schematach). Po zadaniu warunków Jednostronności narożniki płyty ulegają oderwaniu od podparcia. Liniowe rozwiązanie tej płyty jest w zadaniu **Podp\_Liniowe**.

**Nieliniowa podpora**

Skład.

☒ Jednostronna ☐ Ograniczona ☐ Z luzem

W górę: 0 kN

W dół: 1 kN

☒ Z tarcie o współczynniku: 0,1

Opis sztywności

Siła	Ugięcie
10 kN	1 mm
30 kN	2 mm
60	3 mm

[Dodaj punkt](#) [Usuń punkt](#) [Anuluj](#) [OK](#)

☒ Pokaż podpory

☐ Zadaj parametry

☐ Usuń parametry

☐ Odczyt parametrów

W drugim zadaniu o nazwie Slup\_Nieliniowy przyjęto, że środkowy słup ma ograniczoną nośność. Liniowe rozwiązanie tej płyty znajduje się w zadaniu Slup\_Liniowy.

W trzecim zadaniu Slup\_Z\_Luzem wprowadzono podparcie z luzami i zadano różne schematy obciążenia.

W czwartym zadaniu Podpory\_Z\_Tarciem w dwóch podporach założono, że składnik poziomy nie może być większy od 0,1 reakcji pionowej.

### 46.3. Cechy nieliniowe podópó podatnych

W podporach podatnych po włączeniu przycisku [M] można zdefiniować podporę o różnej sztywności w kierunku +X, +Y i +Z oraz w kierunku -X, -Y i -Z, czyli taka podpora będzie inaczej się zachowywała kiedy będzie wciskana i kiedy będzie wciągana. W takiej podporze można zadać tylko podparcie liniowe. Nie można zadawać utwierdzeń.

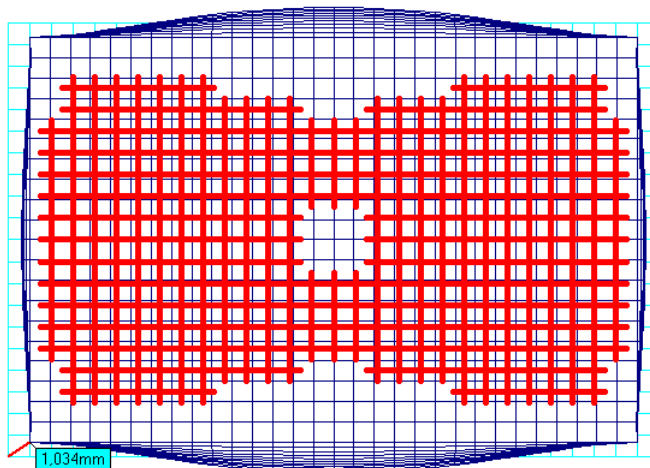
### 46.4. Cechy nieliniowe podłoża

Cechy nieliniowe podłoża zakłada się od razu przy jego definicji. Wystarczy na planszy danych o podłożu włączyć przycisk [M], plansza rozszerzy się o pole danych nieliniowych. Można zakładać podłoże jednostronne, podłoże ograniczone i połączenie tych dwóch cech. Dla każdego typu podłoża pole definicji cech nieliniowych jest takie samo.

Podłoże o cechach nieliniowych nie jest w jakiś szczególny sposób wyróżniane. Natomiast przy odczycie w oknie z danymi o podłożu pokaże się linia z informacją, czy jest to tylko podłoże jednostronne, czy ograniczone czy jedno i drugie. Podane zostaną też wartości graniczne.

W folderze \Przykłady\_Ob3D jest są dwa zadania Podloze\_Lin i Podloze\_Nielin. W obu zadaniach są takie same dane i w obu zadano nieliniowe podłoże Winklera o cechach jednostronności i ograniczenia nośności. Przyjęto dwa schematy obliczeń i zadanie Podloze\_Lin rozwiązano liniowo, a w zadaniu Podloze\_Nielin przeprowadzono obliczenia nieliniowe. Można porównać ugięcia oraz rozkłady odporów gruntu.

W zadaniu Podloze\_Z\_Tarciem zamodelowano zbiornik obciążony temperaturą. Poniżej pokazano lokalizację elementów podłoża w których pojawił się warunek tarcia rozwiniętego.



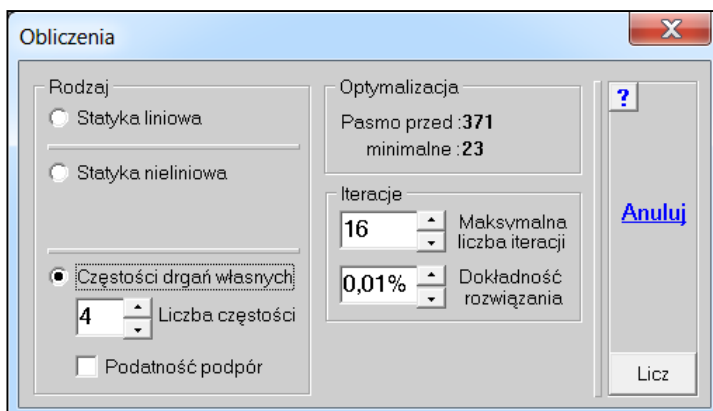
## C 47. Obliczenia dynamiczne

W programie ABC Obiekt3D można przeprowadzić obliczenia dynamiczne. Obejmują one wyznaczenie zadanej liczby najniższych częstości i postaci drgań własnych. Do obliczeń dynamicznych nie potrzeba obciążeń. Obliczenia dynamiczne można prowadzić tylko po włączeniu pełnego zakresu opcji. Model do obliczeń dynamicznych jest przygotowywany tak samo, jak do obliczeń statycznych. Model do obliczeń dynamicznych może mieć dość zgrubny podział, aby otrzymać dokładne wartości częstości. W takim modelu **nie można wprowadzać warunków symetrii ani antysymetrii**.

Do obliczeń dynamicznych zasadniczo wystarcza zamodelowanie siatki, ale można uzupełnić ją o masy skupione. Można też skorygować masę własną. Jeśli w modelu wprowadzi się masy skupione to można przyjąć bez masowy opis materiału elementów. Jednak liczba możliwych do wyznaczenia częstości drgań własnych może drastycznie spaść. Ale zawsze będzie można określić najniższą częstość własną i odpowiadającą jej postać drgań. W obliczeniach dynamicznych na ogół warunki podporowe są zastępowane warunkami brzegowymi, czyli podpory są zastępowane odpowiednimi więzami, ale można włączyć warunek, aby w obliczeniach dynamicznych uwzględnić podatność podpór. Ma to sens wtedy, kiedy zadano podpory typu słupy lub ściany i ich podatność będzie miała wpływ na wartości częstości i postaci drgań. Z drugiej strony w takiej sytuacji należy się liczyć, że może wystąpić ruch modelu jako ciała sztywnego i program nie wyznaczy wartości własnych.

Obliczenia dynamiczne są wykonywane iteracyjnie tzw. metodą iteracji podprzestrzennych, w której ważna jest dokładność najwyższej częstości. Liczbę iteracji oraz wymaganą dokładność zadaje się na planszy uruchomienia obliczeń. Po włączeniu przełącznika „Częstości drgań własnych” będzie można zadać potrzebną liczbę częstości, oraz włączyć uwzględnianie podatności podpór. Początkującym użytkownikom proponuje się przyjmować wartości domyślne.

Wyniki obliczeń dynamicznych to lista częstości drgań własnych i odpowiadające im postacie. Postacie są pokazywane tak samo jak ugięcia statyczne, z tym, że postacie można pokazać jeszcze w formie animowanej. Szczegółowy opis prezentacji wyników obliczeń dynamicznych znajduje się w części D.



W folderze \Przykłady\_Ob3D znajdują się dwa zadania: Dynamika\_Pasma i Dynamika\_Płyty.