

Część **E**

**WYMIAROWANIE**



## 54. Wymiarowanie

W programie Rama3D można zwymiarować, wg obecnie obowiązujących Polskich Norm, konstrukcje stalowe, drewniane i żelbetowe. Jeśli w modelu jest kilka materiałów to należy w menu Fragment ograniczyć pokazywany model do jednego materiału. Jeśli nie zrobi się tego, a zostanie wybrany przycisk Wymiar, wtedy pokaże się informacja o konieczności ograniczenia modelu oraz plansza wyboru wg materiału. W sytuacji, kiedy w modelu jest materiał zadany wg starszej normy (dotyczy to drewna i żelbetu) pokaże się komunikat, że wg tej normy nie jest prowadzone wymiarowanie. Wymiarowanie konstrukcji stalowej i drewnianej odbywa się podobnym tokiem, inaczej natomiast przebiega dla konstrukcji żelbetowej.

## 55. Wymiarowanie konstrukcji stalowej

W programie Rama3D można przeprowadzić wymiarowanie konstrukcji stalowych wg normy PN-90/B-03200. Wymiarowanie obejmuje wszystkie przekroje przygotowane modulem MOMBEZ. Nie można natomiast wymiarować przekrojów zadanych tylko parametrami (opcja Parametry w menu Przekrój). Procedura wymiarująca, po ustaleniu gatunku stali, wyznacza klasę przekroju dla każdego przekroju, który został określony za pomocą zakładki Walcowane, Spawane, Zestawy i Proste modułu MOMBEZ, a dla innych przekrojów *przyjmuje* klasę 3. Wymiarowanie jest prowadzone dalej dla każdej klasy przekroju z czwartą włącznie. Dla klasy pierwszej i drugiej program w danych wstępnych automatycznie zakłada wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju przy zginaniu. W modelu można wprowadzić różne gatunki stali i założyć wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju tylko w wybranych elementach.

Wymiarowanie odbywa się w dwóch etapach obejmujących sprawdzenie nośności (wytrzymałości) przekrojów elementu oraz sprawdzenie nośności (stateczności) elementu jako całości. Takie dwuetapowe podejście ma na celu zminimalizowanie nakładu pracy do osiągnięcia końcowego wyniku wymiarowania.

W konstrukcjach ramowych w pierwszym etapie obliczany jest stopień wykorzystania nośności przekrojów. Stopień wykorzystania nośności przekroju może być obliczany we wszystkich stalowych elementach ustroju. Dla przekrojów klasy 4 program przyjmuje wstępnie maksymalny normowy rozstaw poprzecznych żeber usztywniających.

Drugi etap wymiarowania konstrukcji ramowej jest procesem, w którym obliczenia są wykonywane dla wybranych przez użytkownika prostoliniowych odcinków ustroju o stałym przekroju poprzecznym. Dla wskazanych odcinków można wprowadzić inny gatunek stali i inne warunki plastyczności niż zadane wstępnie. Dla wybranego odcinka sprawdzany jest warunek ugięć oraz warunki stateczności ogólnej z uwzględnieniem wybożenia i zwichrzenia. Przy końcu obliczeń na ekranie pokazuje się plansza wyników wymiarowania podająca maksymalny stopień wykorzystania nośności przekrojów wybranego odcinka, stopień wykorzystania nośności elementu oraz strzałkę ugięcia.

Dla konstrukcji kratownicowych wymiarowanie przebiega w jednym kroku - od razu obliczany jest zarówno stopień wykorzystania nośności przekrojów, jak i stopień wykorzystania nośności elementów, ponieważ kratownice zbudowane są z obciążonych tylko osiowo elementów przegubowych, i program może jednoznacznie ustalić długości wybożeniowe elementów ustroju bez konieczności podawania dodatkowych parametrów konstrukcji.

Dane, założenia i wyniki wymiarowania zapisywane są do pliku tekstowego o rozszerzeniu.WST. Zakres dokumentowania obliczeń może mieć dwa poziomy: zwykły, w którym zapisane są jedynie główne wyniki, zajmujący na ogół kartkę A4 i rozszerzony, w którym zapi-

sane są wszystkie wykonane obliczenia. Plik tekstowy dokumentacji obliczeń może być przeglądany, można też z niego usuwać zbędne analizy; na jego podstawie można sporządzić syntetyczny raport z wymiarowania w układzie tabelarycznym.

Procedura wymiarująca pozwala zmienić przekrój analizowanego elementu na inny, jeśli aktualny nie spełnia warunków nośności albo warunków ekonomicznych (zbyt mały stopień wykorzystania nośności). Nowy przekrój może być ustalony za pomocą modułu MOMBEZ albo wzięty z bazy danych lub zamieniony na inny istniejący już w modelu. Ponowne obliczenia nośności są prowadzone dla sił wewnętrznych wyznaczonych w trakcie obliczeń statycznych dla przekroju pierwotnego. Po takiej zmianie przekrojów zadanie powinno być powtórnie przeliczone, zarówno w zakresie statyki jak i wymiarowania. Informują o tym stosowne komunikaty, a zachowanie się programu jest takie, że wymusza wykonanie powtórnych obliczeń.

Po wybraniu przycisku Wymiar zawsze jako pierwsza pokazuje się plansza założeń do wymiarowania. Wprowadzone na niej dane będą pamiętane i przy powtórny wyświetlaniu planszy zgłaszają się jako domyślne. W polu „Plik dokumentacji” można włączyć warunek „Pełna lista”. Jeśli w zadaniu jest już plik o rozszerzeniu .WST wtedy dostępne będą dwa przełączniki: „Od nowa” i „Dopisać”, podana będzie również liczba zapisanych już w nim analiz. Domyślnie włączona będzie opcja „Dopisać”, ale istniejący plik można usunąć włączając „Od nowa”, co będzie wymagało potwierdzenia..

W polu „Gatunek” można zadać gatunek stali. Jest to wstępny gatunek zadawany dla wszystkich elementów modelu. W czasie wymiarowania wybranych odcinków można na bieżąco zmieniać gatunek stali. Po wprowadzeniu różnych gatunków stali, przy ponownym wywołaniu planszy założeń w okienku „Stal” nie będzie symbolu, a pod nim ukaze się napis „Różne gatunki stali”. Wybierając gatunek stali w okienku można ujednocilić materiał w całym modelu.

Ponadto w polu „Gatunek” jest włącznik „Rezerwa plastyczna”, który domyślnie jest

aktywny. Jeśli warunek wykorzystania rezerwy plastycznej został w niektórych elementach wyłączony przez użytkownika wtedy pokaże się napis „Różne warunki rez. plastycznej”. Przy zamykaniu tej planszy przyciskiem [OK] program zapyta czy wprowadzić wszędzie ten warunek.

W trzecim polu planszy można ustalić kombinację obciążeń, dla której ma być przeprowadzone wymiarowanie konstrukcji. Domyślnie włączony jest przełącznik „Obwiednia” i wtedy nie będzie okienka ze spisem wariantów obciążeń. Po włączeniu przełącznika „Wariant” pokaże się okienko ze spisem wariantów, z którego można wybrać wariant sił wewnętrznych, dla którego zostanie przeprowadzone wymiarowanie. Ustawiony tutaj warunek jest pamiętany i przy powtórny wywołaniu tej planszy będzie podpowiadany. W tym oknie jest też przycisk Krok: x m, którym można zmienić odległość między przekrojami analizy. Przycisk Lista atrybutów pokaże listę mnożników i atrybutów przyjętych w zadaniu.

Jeśli wymiarowanie będzie odbywało się dla wartości sił wewnętrznych z obwiedni to po kliknięciu w przycisk [OK] program sprawdzi czy obliczenia obwiedni zostały już przeprowadzone. Jeśli takich obliczeń jeszcze nie było, to automatycznie zostanie wywołana procedura obliczania obwiedni naprężeń i trzeba będzie ponownie wybrać przycisk **Wymiar**. Ponieważ informacje obliczane podczas wyznaczania obwiedni naprężeń zależą od kroku analizy, stąd po jego zmianie trzeba powtórzyć sporządzenie obwiedni naprężeń. W dużych modelach z dużą liczbą schematów obciążenia obliczanie obwiedni naprężeń trwa dość długo.

Po zamknięciu planszy przyciskiem [OK] zostaną wyznaczone stopnie wykorzystania nośności przekroju (dla kratownic będzie to od razu stopień wykorzystania nośności elementu) i rozkład zostanie pokazany w formie barwnej mapy. Wartościom od 0,0 do 1,0 jest przyporządkowanych pięć równych przedziałów, którym odpowiada pięć odcieni koloru niebieskiego. Jeśli w zadaniu będą miejsca, w których stopień wykorzystania nośności będzie większy od 1,0 to wszystkim tym miejscom zostanie przyporządkowany jeden przedział wyróżniony czerwonym kolorem. W legendzie, w której będą zawsze przedziały do 1,0, przedział czerwony pokaże się tylko w sytuacji, kiedy będą miejsca z przekroczoną nośnością.

Jeśli w menu **Pokaż** będzie włączona opcja **Miejsca max.** to na rysunku pokażą się dwie plakietki lokalizujące miejsca o minimalnym i maksymalnym stopniu wykorzystania nośności przekroju.

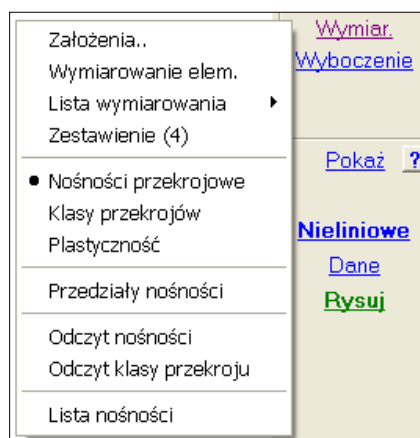
Ponowne wybranie przycisku **Wymiar** spowoduje pokazanie menu o opcjach jak na rysunku obok.

Opcja **Założenia** wyświetla planszę założeń do wymiarowania. Można wtedy dla całego modelu np. zmienić gatunek stali lub warunki plastyczności. Warunek „Pełna lista” może być zmieniany jeszcze później, na planszy założeń do wymiarowania elementu.

Opcja **Wymiarowanie elem.** pozwala wybrać obszar konstrukcji do zwymiarowania, ze sprawdzeniem warunków stateczności ogólnej (wyboczenia i zwichrzenia). Tok postępowania przy wymiarowaniu jest omówiony w następnym rozdziale.

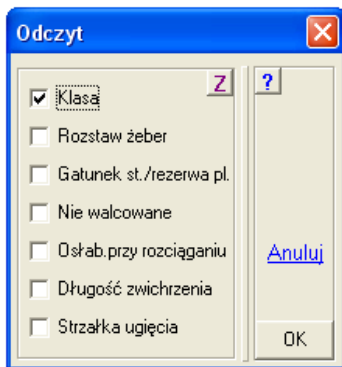
Opcja **Lista wymiarowania** pokaże się tylko wtedy, kiedy zapisano wyniki analiz do pliku .WST. Po wskazaniu myszą tej opcji rozwija się lista przeprowadzonych i zapisanych analiz. Po wskazaniu odpowiedniej pozycji otrzymuje się planszę z dokumentacją przeprowadzonych obliczeń. Zakres dokumentacji będzie zależał od ustawienia „Pełna lista”. Ponieważ ustawienie to można na bieżąco zmieniać w pliku .WST mogą być dokumentacje z różnym zakresem. Na planszy z listą będzie przycisk **Usuń**, który pozwoli usunąć ten raport z pliku.

Opcja **Zestawienie** pozwala sporządzić syntetyczny raport z wymiarowania. Opcja ta będzie opisana dalej.



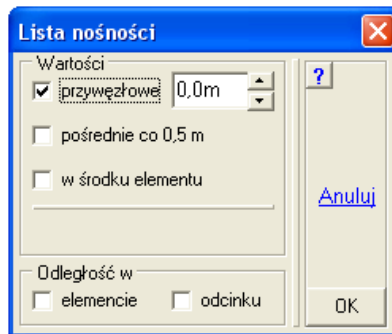
Blok trzech kolejnych opcji pozwala wybrać wielkość, która ma być prezentowana na rysunku. Domyślnie jest włączona opcja **Nośności przekrojowe**, która pokazuje w formie barwnej mapy stopień wykorzystania nośności przekroju. Ponadto można pokazać lokalizację klas przekrojów oraz elementy modelu, dla których zadano warunek wykorzystania rezerwy plastycznej przy zginaniu. Ta ostatnia opcja pokaże się tylko w modelach, w których te warunki są w różnych miejscach różne.

Opcja **Przedziały nośności** pozwala pokazać obszary ustroju, w których stopień wykorzystania nośności będzie zawarty w wybranym przedziale.



czalną strzałkę ugięcia.

Opcją **Lista nośności** można sporządzić tabelaryczne zestawienie stopnia wykorzystania nośności przekroju w połączeniu z numerami wybranych elementów. O postaci tej listy można zdecydować na planszy profilu. Można przy tym wybrać tylko wartości przywęzłowe lub dodatkowo środkowe czy pośrednie w przekrojach analizy. Ponadto można w tabeli umieścić kolumnę z odległością w elemencie bądź w wybranym odcinku.



## 55.1. Wymiarowanie elementu stalowego

Jeśli we wszystkich miejscach modelu stopień wykorzystania nośności przekroju będzie mniejszy od 1,0 można przejść do obliczania nośności elementu. Stopień wykorzystania nośności elementu zawsze będzie co najwyżej równy stopniowi wykorzystania nośności przekroju, a przy uwzględnieniu stateczności i zwichrzenia elementu jest zazwyczaj większy.

Prostoliniowe odcinki o stałym przekroju można od razu wybierać na pełnym modelu, ale sugerowane jest ograniczenie modelu do jednego przekroju. W menu **Fragment** opcją **Przekrój** można wybrać jeden przekrój. Teraz należy wybrać odcinek, w którym jest największy stopień wykorzystania nośności przekroju i wyznaczyć stopień wykorzystania nośności elementu. Nad polem z przyciskami **Osie**, **Fragment**, **Powiększ** pojawi się przycisk z trójkątami, który pozwala sekwencyjnie zmieniać przekrój pokazywanego fragmentu. Przycisk z trójkątami jest opisany aktualnie pokazywanym przekrojem.

Po wybraniu odcinka program sprawdzi warunki obciążenia działające na niego. Jeśli wybrany odcinek będzie ściskany to konieczne jest ustalenie jego długości wybozeniowych. Na ekranie w pobliżu węzła z rozgałęzieniami pokaże się wtedy plansza umożliwiająca wybranie jednego z trzech możliwych sposobów ustalenia długości wybozeniowych wskazanego odcinka. W pierwszym sposobie program wyznacza długości wybozeniowe (ich współczynniki) wskaza-



nego odcinka między rozgałęzieniami ustroju na podstawie sztywności prętów schodzących się w węzłach i określeniu przesuwności lub nieprzesuwności tych węzłów. W drugim sposobie zakłada się, że współczynnik długości wybocheniowej ma wartość równą 1 ( $m_x=1$ ). Można też wybrać trzeci sposób - włączyć przycisk [Ścisłe] uruchamiający procedurę ścisłego wyznaczenia siły krytycznej i współczynników długości wybocheniowej. Po włączeniu jednostkowego współczynnika długości wybocheniowej względem osi  $x^0$  ( $m_x=1$ ) można będzie podać warunki dla wybochenia względem osi  $y^0$ . W celu ułatwienia orientacji osi przekroju, w środku długości wybranego odcinka rysowany jest układ osi przekrojowych ( $x^0$ ,  $y^0$ ). Jednostkowe współczynniki długości wybocheniowej zadaje się tylko raz, natomiast warunki przesuwności muszą być określone w każdym węźle z rozgałęzieniami i to osobno w kierunku osi  $x^0$  i  $y^0$ .

Jeśli włączony jest pełny zakres opcji to na tej planszy pokaże się przycisk [Ścisłe], który pozwala wyznaczyć współczynniki długości wybocheniowej dla wybranego odcinka w sposób najbardziej dokładny, t.j. z uwzględnieniem rzeczywistej sztywności podparcia resztą konstrukcji. W tym celu program automatycznie wyznacza liczby wpływu w miejscu rozgałęzień ustroju, a na ich podstawie długości wybocheniowe poszczególnych prętów ustroju. Dla dużych obiektów może to być proces dość długotrwały. Przycisk [Ścisłe] będzie dostępny tylko przy pierwszym pokazaniu się tej planszy. Nie można zmieniać zasad wyznaczania współczynników długości wybocheniowej wzdłuż odcinka.

Jeśli wybrany odcinek jest zakończony podporą z utwierdzeniem pokaże się plansza z pytaniem, czy do obliczeń współczynników długości wprowadzić warunki podparcia z rozwiązania statycznego (MES) lub przyjąć podatność właściwą dla rzeczywistej stopy słupa.



Przy wyborze odcinka do wymiarowania nie ma ograniczenia jego długości. W belce odcinek wymiarowania może obejmować więcej niż jedno przęsło, podobnie w przypadku słupów program wyznaczy współczynniki długości wybocheniowej zarówno dla słupa pomiędzy sąsiednimi poziomami, jak i dla słupa przechodzącego przez kilka kondygnacji. To projektant decyduje o długości wybranego odcinka do wymiarowania. Program sprawdza jedynie obecność przegubów i jeśli stwierdzi, że na długości wybranego odcinka występuje przegub, to automatycznie skróci ten odcinek.

Po obliczeniu współczynników długości wybocheniowej pokaże się plansza założeń do wymiarowania elementu.

W oknie „Opis wymiarowanego elementu” wprowadza się opis wymiarowanego fragmentu. Program proponuje swoje opisy - poziomy odcinek ustroju będzie nazywał się Rygiel, pionowy - Słup, a ukośny – Belka, ale użytkownik może wprowadzić własny opis. Opis uzupełniony jest nazwą przekroju. Na podstawie treści opisów można wybierać fragmenty dokumentacji z pliku .WST.

W oknie „Element” podana zostaje długość  $L$  wybranego odcinka oraz klasa przekroju występującego na tym odcinku. Jeśli będzie to przekrój, dla którego program nie potrafi określić klasy, wtedy pokaże się napis „Przyjęto Klasa 3”. Dla przekrojów klasy 4 pokaże się okno z zadaną odległością pomiędzy poprzecznymi żebrami usztywniającymi, przy czym przy pierwszym wywołaniu planszy dla takiego przekroju zostanie wyświetlona maksymalna wartość normowa  $2 \cdot h_w$ . Użytkownik może wprowadzić rzeczywisty rozstaw żeber poprzecznych, który będzie już pokazywany przy powtórnym wywołaniu tego odcinka.

W oknie „Materiał” można wprowadzić inny gatunek niż został zadany na planszy danych początkowych. W przypadku przekrojów klasy 1 i 2 można także wprowadzić warunek wykorzystania rezerwy plastycznej przekroju zginanego.

**Wymiarowanie elementu stalowego (Bisymetryczny)**

Opis wymiarowanego elementu: Rygiel (Bisymetryczny)

Element: **L: 7 m**    Klasa 3

Rozstaw żeber poprzecznych

Materiał: 18G2A

Rezerwa plastyczna

Napięcia:  Rura     Spaw. mech. zimnocięta     Spaw. ręczny

Ugięcia: L/350    Opis

Rozciąganie: Oslabienie elementu otworami na łączniki: PN 0 %

Zwężenie: r/L 0,57    L 7 m

Długość zwężeniowa: 7 m

Wartość współcz. beta X: 1

Wartość współcz. beta Y

Wyboczenie: Długość obliczeniowa Lx 7 m

Wsp. dk. wyboczeniowej mx 0,72

Długość obliczeniowa Ly 7 m

Wsp. dk. wyboczeniowej my 0,68

Pełny zakres listy

Numery wariantów

Anuluj

OK

W polu „Napięcia” zamieszczone są parametry dotyczące technologii wykonania elementu, które trzeba podać tylko dla przekrojów spawanych i dla rur; dla przekroju walcowego pole do będzie więc nieaktywne. Parametry te sterują wyborem krzywej wyboczeniowej i zwężeniowej.

W polu „Ugięcia” zadaje się dopuszczalną (graniczną) strzałkę ugięcia, której wartość jest odniesiona do całej długości L wybranego elementu. Np. jeśli wybrany odcinek obejmuje całą belkę wieloprzęsłową to trzeba samemu sprowadzić normowy warunek ugięć do długości odcinka L. Zadana wartość ugięcia granicznego będzie pokazana na końcowej planszy i wystąpi w zapisie dokumentacyjnym. Przyciskiem Opis można wyświetlić tabelę 4 normy stalowej

zawierającą wartości ugięć granicznych dla różnego rodzaju elementów.

**Oslabienie otworami na łączniki**

Otwory w pasach

Średnica otworów: 16 mm

Liczba szeregów: 2

Odstęp a: 41 mm

Otwory w środku

Średnica otworów: 16 mm

Liczba szeregów: 2

Odstęp a: 41 mm

Anuluj

OK

Pole „Rozciąganie” pojawi się wtedy, kiedy program stwierdzi, że w wybranym odcinku występują siły rozciągające. Można wtedy wprowadzić procentowy stopień osłabienia całego przekroju na rozciąganie. Przyciskiem [PN] wywołuje się planszę, na której są szkice złączy śrubowych średnica i/lub pasów przekroju. Po określeniu

miejsca i typu połączenia można wpisać jego parametry i program sam obliczy procentowe osłabienie całego przekroju na rozciąganie.



Pole „Zwichrzenie” jest aktywne tylko dla tych elementów, w których takie zjawisko może wystąpić i wtedy, kiedy będzie odpowiednia składowa momentu zginającego. Początkowa długość zwichrzenia przyjmowana jest taka sama jak długość  $L$  wybranego odcinka. Po wprowadzeniu własnej długości będzie ona pamiętana i po powtórnym wybraniu tego miejsca modelu będzie podpowiadana. W sytuacji pełnego zabezpieczenia elementu przed zwichrzeniem można to pole wyłączyć – do dalszych obliczeń program przyjmie wtedy zerową długość zwichrzenia. W każdej chwili można przyciskiem [L] wprowadzić na nowo długość zwichrzenia równą długości odcinka. W okienku „fiL” podawana jest wartość współczynnika zwichrzenia obliczona przez program według wzoru z tablicy 11 normy PN-90/B-03200 na podstawie smukłości względnej zwichrzenia  $\lambda_L$ . Dla elementów o bisymetrycznych przekrojach dwuteowych o wysokości nie większej niż 500mm program oblicza smukłość względną wg wzoru (51) normy. Dla przekrojów o większej wysokości wzór (51) prowadzi do zbyt dużych rezerw nośności zwichrzeniowej i wtedy program oblicza tę smukłość z wzoru:

$$\bar{\lambda}_L = 0,045 \sqrt{\frac{\frac{f_d}{215}}{\sqrt{\left[\frac{b \cdot t_f}{1(h - t_f)}\right]^2 + \left(\frac{b}{l}\right)^4}}},$$

w którym:

- $f_d$  – wytrzymałość obliczeniowa stali,
- $l$  – długość zwichrzeniowa,
- $b$  – szerokość półki,
- $h$  – wysokość całkowita przekroju,
- $t_f$  – grubość półki,

Wartość współczynnika zwichrzenia pokazuje się w okienku i użytkownik może ją zmienić wg własnego uznania (własnych obliczeń). Podobnie jest ze współczynnikami  $\beta_x$  i  $\beta_y$  ujmującymi wpływ kształtu wykresu momentu zginającego wzdłuż elementu. Program przyjmuje je jako równe 1,0, ale użytkownik może wprowadzić własne wartości. Na planszy będzie dostępny tylko współczynnik  $\beta$  dla faktycznie występującej składowej momentu zginającego.

Kolejne pole „Wyboczenie” pokazuje się tylko wtedy, kiedy wybrany fragment jest obciążony siłami ściskającymi. W polu tym pokazane są dwie długości obliczeniowe dla wyboczenia względem osi  $x$  i względem osi  $y$  elementu. Początkowo są to długości  $L$  wybranego odcinka. Pod nimi są okienka ze współczynnikami długości wyboczeniowej, w których podpowiadane są wartości wcześniej obliczone w sposób ścisły lub przy uwzględnieniu zadeklarowanej przesuwności węzłów. Jeśli na planszy przesuwności wybrano przycisk  $\underline{m_x = 1}$  to wtedy pokaże się napis „Przyjęto  $m_x=1$ ”; podobnie będzie dla drugiego kierunku. Taki sam napis pokaże się samorzutnie, jeśli wybrany odcinek zakończony jest przegubami.

W przypadku ustrojów płaskich przyjęto regułę, że współczynnik długości wyboczeniowej elementu z płaszczyzny modelu jest zawsze równy 1,0. Użytkownik może zmieniać wartość zarówno długości obliczeniowej, jak i współczynnika długości wyboczenia. Przyciskiem [mx] i [my] może wyzerować współczynnik długości wyboczeniowej i wtedy efekt wyboczenia nie będzie uwzględniany względem osi z zerowym współczynnikiem  $m$ .

W polu tym może jeszcze pojawić się włącznik podatnej stopy słupa, jeśli na końcu wybranego odcinka występuje podpora ustrojju.

Po prawej stronie planszy założeń do wymiarowania elementu jest włącznik „Pełna lista”, który umożliwi na bieżąco sterować zakresem dokumentacji wymiarowania. Przycisk Numery pozwala pokazać listę z numerami wariantów przyjętych do wymiarowania. Będą to na ogół dwie listy, jedna dla maksymalnego naprężenia i druga dla minimalnego naprężenia. Numery tych wariantów będą też zamieszczone w dokumentacji wymiarowania.



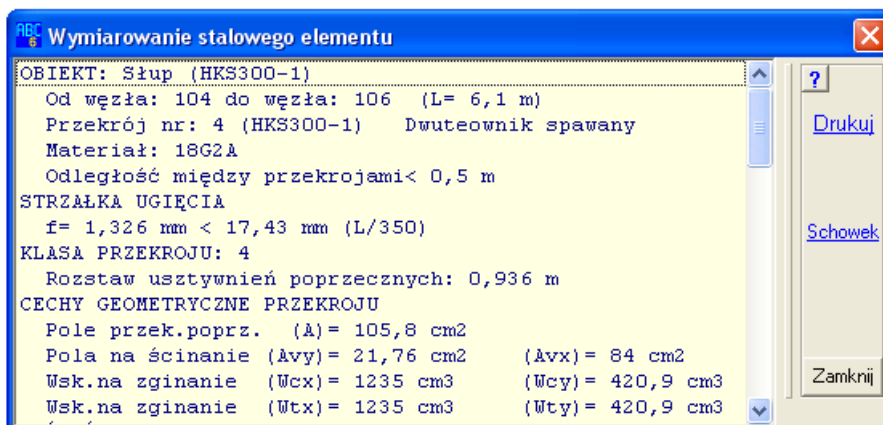
Po wybraniu przycisku [OK] program obliczy nośność elementu, a wyniki pokaże na osobnej planszy. W zielonym oknie tej planszy pokazany jest stopień wykorzystania nośności przekroju oraz elementu. Wartości większe od 1,0 będą miały kolor czerwony. W trzeciej linii podawana jest strzałka ugięcia. Jeśli program stwierdzi, że jeden z końców wybranego odcinka nie jest podparty i dochodzą do niego elementy sąsiednie, to potraktuje ten koniec jako koniec wspornika i wtedy

opis tej linii zmieni się na Ugięcie, a podana wartość będzie różnicą przemieszczeń początku i końca odcinka wymiarowanego. Jeśli wartość strzałki lub ugięcia będzie większa od zadanej wartości granicznej, wtedy napis ten będzie czerwony. W oknie tym będzie podana także smukłość odcinka. Również ta liczba może być wyświetlona na czerwono, jeśli będzie większa od wartości maksymalnej smukłości dla elementów ściskanych wynoszącej 250. Na dole tego okna będzie też napis „Ze zwichrzeniem”, jeśli ten stan uwzględniano w obliczeniach, lub „Bez zwichrzenia”, jeśli kształt przekroju elementu eliminuje to zjawisko lub użytkownik wyłączył odpowiedni przycisk na planszy założeń wymiarowania. Jeśli wymiarowany odcinek jest tylko rozciągany (np. pręt kratownicy) wtedy w tym miejscu będzie napis „Rozciąganie”.

W drugim polu tej planszy, „Zmiany przekroju”, można wprowadzić nowy przekrój, o większej nośności - jeśli nie spełnione są warunki z lewego okna, lub o mniejszej nośności - jeśli użytkownik uznaje to uzasadnione. Nowy przekrój może być albo obliczony modulem MOMBEZ albo odczytany z bazy danych albo też może być wprowadzony z przekrojów występujących w innych miejscach modelu. Nowy przekrój może zastąpić obliczony w całym modelu (wtedy liczba przekrojów nie ulega zmianie), może też być wprowadzony tylko w analizowanym miejscu albo też może być wprowadzony tylko w elementach pokazywanych na ekranie (w tych dwóch ostatnich przypadkach liczba elementów w modelu zostanie zwiększona o jeden). Po wybraniu nowego przekroju zostaną ponownie obliczone nośności przekroju oraz nośności elementu dla takich samych założeń jakie zadano przy starym przekroju. Wyniki nowych obliczeń wymiarowania zostaną od razu pokazane na planszy wyników. Zmieniony model trzeba powtórnie przeliczyć, o czym przypomni odpowiedni komunikat

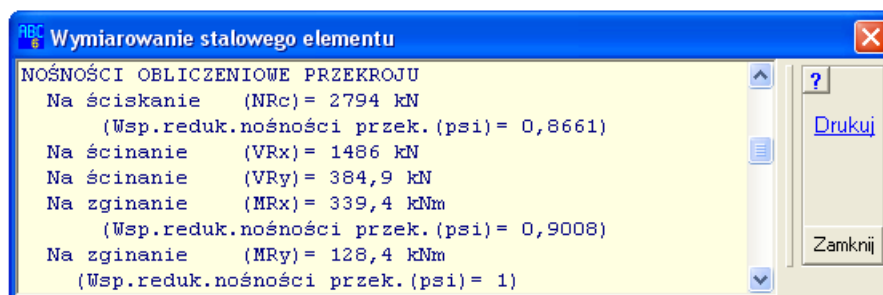
Przyciskiem Lista wywoła się planszę z dokumentacją obliczeń. W dokumentacji będą zawsze następujące informacje:

Linia OBIEKT podaje opis wymiarowanego fragmentu. Będzie to tekst nadany automatycznie lub wpisany przez użytkownika. W następnej linii będą numery węzłów skrajnych wybranego odcinka i jego długość L. Dalej będzie numer przekroju poprzecznego z symbolem i słownym opisem typu. W kolejnej linii będzie symbol gatunku stali, a w następnej informacja o odległości między przekrojami analizy. Następnie podana jest strzałka ugięcia lub ugięcie wspornika odniesione do wartości dopuszczalnej, która obliczona jest jako zadana część długości L odcinka wymiarowanego.



W wierszu KLASA PRZEKROJU podana jest klasa przekroju występującego na analizowanym odcinku. Jeśli będzie to klasa założona przez program (dla przekroju, dla którego program nie ustala klasy), to w nawiasie zostanie dodane słowo (przyjęta). Dla klasy 4 podany będzie także przyjęty rozstaw poprzecznych żeber usztywniających.

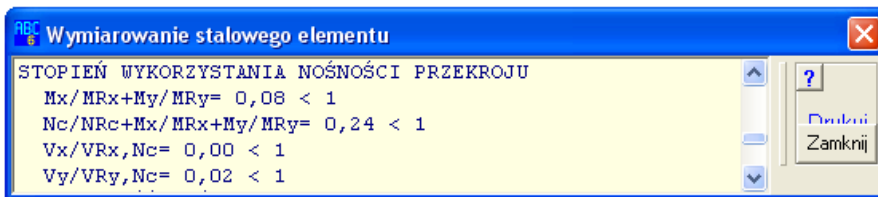
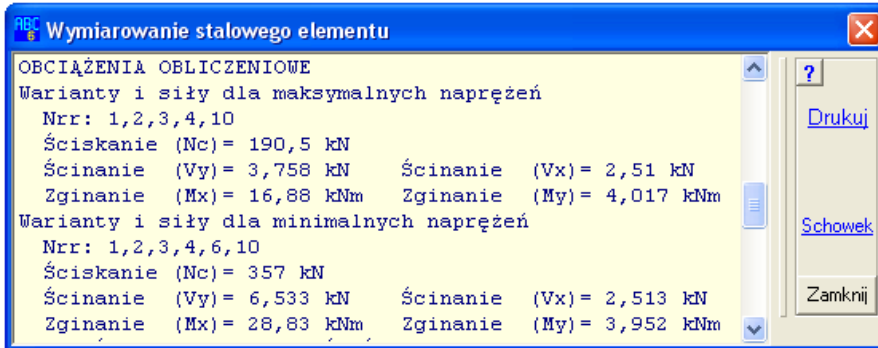
Kolejny blok danych na tej planszy zawiera cechy geometryczne przekroju poprzecznego: pole przekroju, pola czynne na ścinanie ( $A_{vy}$  – przy ścinaniu równoległym do osi  $y'$  przekroju oraz  $A_{vx}$  – przy ścinaniu równoległym do osi  $x'$ ) oraz wskaźniki na zginanie względem osi  $x'$  i  $y'$  dla ściskanej i rozciąganej części przekroju.



Kolejny blok to NOŚNOŚCI OBLICZENIOWE PRZEKROJU, który zawiera nośności potrzebne do dalszych obliczeń. Mogą w nim być podane wartości nośności na ściskanie  $N_{Rc}$ , na rozciąganie  $N_{Rt}$ , na ścinanie  $V_{Rx}$  i  $V_{Ry}$  oraz na zginanie  $M_{Rx}$  i  $M_{Ry}$ . W przypadku przekroju klasy 4 podane są też współczynniki  $\psi$  redukcji nośności przekroju ze względu na niestaćność miejscową, a dla przekrojów klasy 1 i 2 - obliczeniowy współczynnik rezerwy plastycznej  $\alpha_p$ .

W bloku OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE podane są numery wariantów i siły wewnętrzne, którym odpowiadają największe naprężenia rozciągające i ściskające.

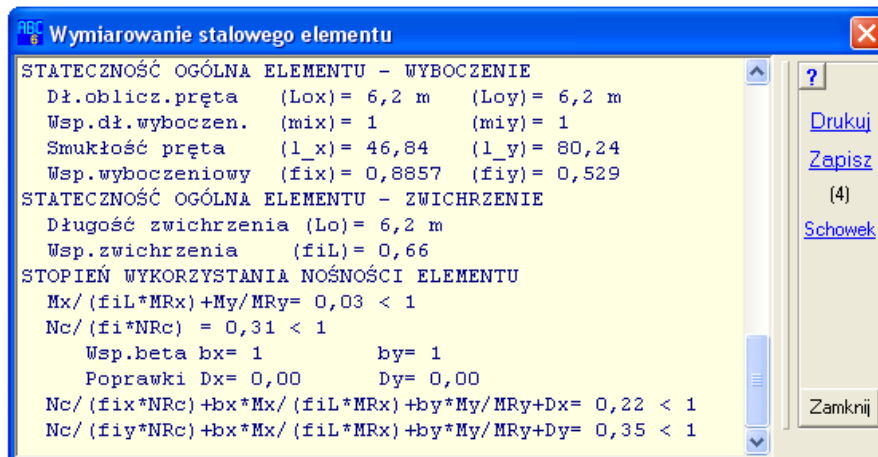
W bloku STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI PRZEKROJU podawane są normowe warunki nośności (wytrzymałości) przekroju, które były sprawdzane dla tego przekroju, dla którego obliczony stopień wykorzystania nośności przekroju jest maksymalny.



Kolejny blok to STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU – WYBOCZENIE, w którym podane są parametry dla wybozczenia względem osi  $x$  i  $y$  przekroju: długości obliczeniowe pręta  $L_0$ , współczynniki długości wybozczeniowej  $m_i$ , smukłości pręta  $l_{x,y}$  oraz odpowiadające im współczynniki wybozczeniowe  $\phi$ .

Następny blok to STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU – ZWICHRZENIE, w którym podana jest długość zwiczenia  $L_0$  oraz współczynnik zwiczenia  $\phi_L$ .

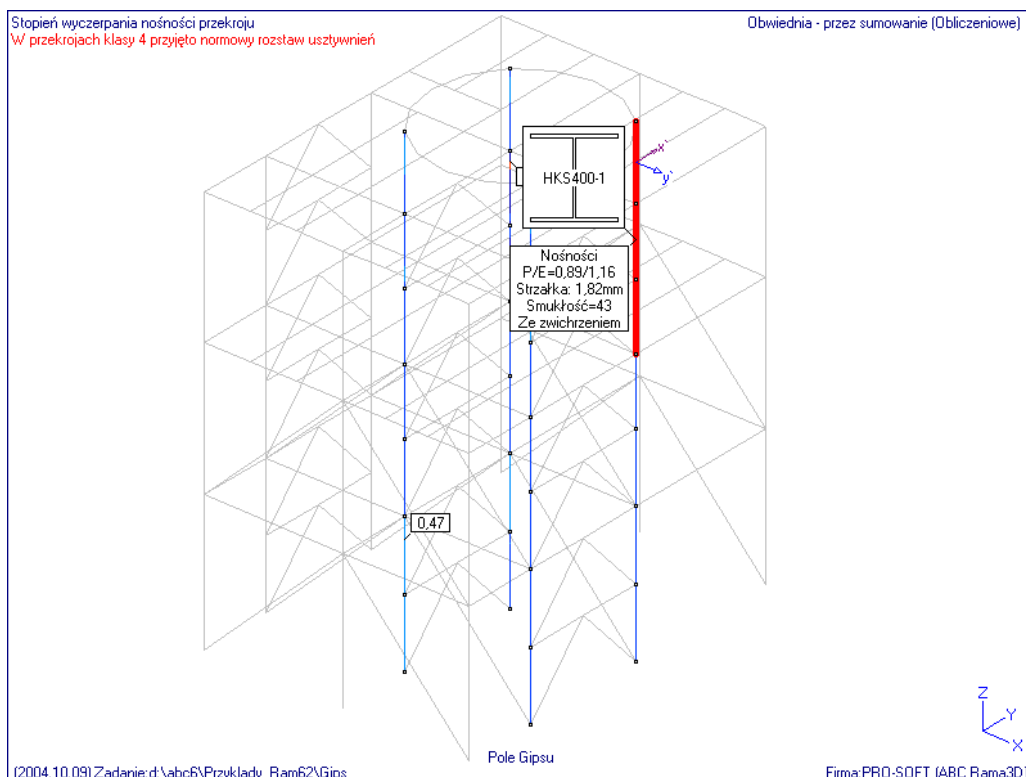
Ostatni blok wyników to STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI ELEMENTU. Podane są w nim te normowe warunki nośności (stateczności) elementu, które były sprawdzane w celu wyznaczenia wartości stopnia wykorzystania nośności elementu.



Przedstawiony powyżej zakres danych i wyników obliczeń wymiarowania jest zakresem standardowym. Przy pełnym zakresie listy, ilość zapisanych informacji jest znacznie większa, zwłaszcza w blokach dotyczących klasy przekroju i stateczności elementu.

Na planszy z listą dokumentacyjną znajduje się przycisk **Zapisz**, który pozwala zapisać listę dokumentacyjną do pliku .WST. Pod tym przyciskiem podawana jest liczba zapisanych analiz. W tym miejscu można do pliku tylko dopisywać. W opcji Lista wymiarowania można usunąć wybraną analizę.

Na planszy ze stopniami wykorzystania nośności przekroju i elementu jest przycisk **Rysuj**, który pozwala sporządzić rysunek modelu z zaznaczonym odcinkiem wymiarowania, kształtem przekroju i głównymi wynikami obliczeń.

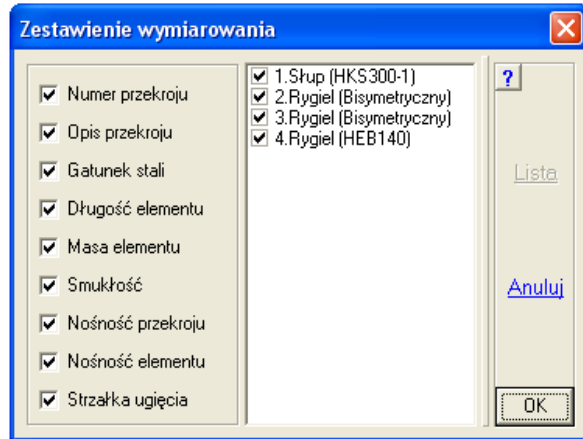


Przyciskiem **Wróć** można zamknąć tylko planszę wyników i wrócić bezpośrednio do planszy założeń, na której można zmienić jakieś dane, np. długość zwichrzenia, i otrzymać nowy, powtórnie obliczony, stopień wykorzystania nośności elementu. Przycisk [OK] zamyka obie plansze i program wraca do trybu wyboru kolejnego odcinka do wymiarowania.

## 55.2. Opcja Zestawienie

Opcja Zestawienie umożliwia sporządzenie syntetycznego raportu z wymiarowania. Do powstania raportu potrzebny jest plik .WST z zapisanymi analizami. Na planszy wskazuje się te analizy, dla których ma być sporządzone zestawienie, a także zaznacza się te wielkości, które mają znaleźć się w zestawieniu. Po wyróżnieniu linii w oknie ze spisem analiz można przyciskiem Lista poznać dokumentację wskazanej analizy, co ułatwia jej zakwalifikowanie do zestawienia.

Po włączeniu przycisku [OK] otrzymuje się syntetyczny raport z wymiarowania zawierający w kolejnych kolumnach zaznaczone wcześniej wielkości obliczeń.



Nr	Prz	Opis	Stal	L[m]	M[kg]	Smuk.	W	S	f[mm]
1	4	HKS300-1	18G2A	6,1	506,4	43,78	0,24	0,31	1,326
2	8	Bisymetryczny	18G2A	7	780,3	144,4	0,23	0,41	6,805
3	8	Bisymetryczny	18G2A	7	780,3	131,4	0,65	1,14	16,17
4	6	HEB140	18G2A	3,3	111,4	92,27	0,24	0,29	3,859

## 56. Wymiarowanie konstrukcji drewnianej

W programie Rama3D można przeprowadzić wymiarowanie konstrukcji drewnianych wg normy PN-B-03150:2000. Wymiarowanie obejmuje wszystkie przekroje przygotowane zakładką Drewniane modułu MOMBEZ. Nie można natomiast wymiarować przekrojów zadanych tylko parametrami (opcja **Parametry** w menu **Przekrój**). Elementy mogą być z drewna litego lub klejonego warstwowo, pojedyncze lub złożone łączone na łączniki mechaniczne. W tym ostatnim przypadku, ze względu na konieczność ustalenia efektywnej sztywności elementu, muszą być zadane także jego długości konstrukcyjne, o czym wspomniano w rozdziale poświęconemu zadawaniu przekrojów.

Wymiarowanie elementów drewnianych odbywa się w dwóch etapach obejmujących sprawdzenie wytrzymałości (nośności) przekrojów elementu oraz sprawdzenie nośności (stateczności) elementu jako całości. Takie dwuetapowe podejście ma na celu zminimalizowanie nakładu pracy do osiągnięcia końcowego wyniku wymiarowania.

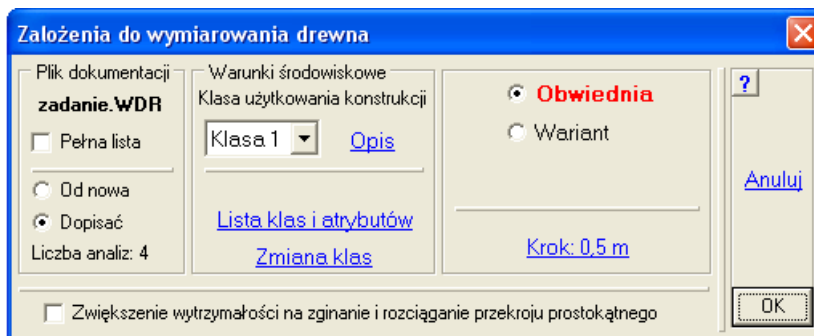
W konstrukcjach ramowych w pierwszym etapie obliczany jest stopień wykorzystania nośności przekrojów. Drugi etap wymiarowania konstrukcji ramowej jest procesem, w którym użytkownik musi wybrać prostoliniowe odcinki ustroju o stałym przekroju poprzecznym i dla tych odcinków podawany jest warunek ugięć oraz wyznaczane są warunki stateczności ogólnej z uwzględnieniem wyboczenia i zwichrzenia. Przy końcu obliczeń na ekranie pokazuje się plansza wyników wymiarowania podająca maksymalny stopień wykorzystania nośności przekrojów wybranego odcinka, stopień wykorzystania nośności elementu (z wyboczeniem i ze zwichrzeniem) oraz strzałkę ugięcia.

Dla kratownic wymiarowanie przebiega w jednym kroku - od razu obliczany jest zarówno stopień wykorzystania nośności przekrojów, jak i stopień wykorzystania nośności elementu, ponieważ są to elementy przegubowe obciążone tylko osiowo i program może ustalić jednoznacznie długości wyboczeniowe elementów ustroju bez konieczności podawania dodatkowych założeń.

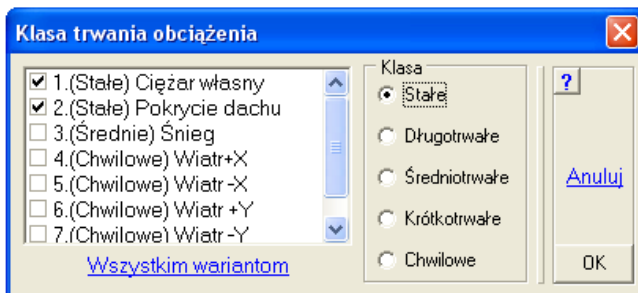
Założenia i wyniki wymiarowania zapisywane są do pliku tekstowego. Zakres dokumentowania tych obliczeń może mieć dwa poziomy: zwykły, w którym zapisane są główne wyniki, zajmujący na ogół kartkę A4 i rozszerzony, w którym udokumentowane są wszystkie wykonane obliczenia. Plik tekstowy może być przeglądany, można też z niego usuwać zbędne analizy.

Procedura wymiarująca pozwala zmienić przekrój analizowanego elementu na inny, jeśli aktualny nie spełnia warunków nośności albo warunków ekonomicznych (zbyt mały stopień wykorzystania nośności). Nowy przekrój może być wzięty z modułu MOMBEZ, z bazy danych lub zamieniony na inny istniejący już w modelu. Ponowne obliczenia nośności są prowadzone dla sił wewnętrznych wyznaczonych dla przekroju pierwotnego. Po takiej zmianie przekrojów zadanie musi być powtórnie obliczone, włącznie ze sprawdzeniem nośności. Informują o tym stosowne komunikaty, a zachowanie się programu jest takie, że wymusza wykonanie tych powtórnych obliczeń.

Po wybraniu przycisku **Wymiar** zawsze jako pierwsza pokazuje się plansza założeń do wymiarowania. Wprowadzone na niej dane będą pamiętane i przy powtórnych wyświetlaniu planszy zgłaszają się jako domyślne. W polu „Plik dokumentacji” można włączyć warunek „Pełna lista”. Jeśli w zadaniu jest już plik o rozszerzeniu .WDR wtedy dostępne będą dwa łączniki: „Od nowa” i „Dopisać”, dodatkowo podana będzie również liczba zapisanych analiz. Domyślnie włączone będzie „Dopisywanie”, ale można usunąć stary plik włączając „Od nowa”, co będzie wymagało potwierdzenia.



Z uwagi na reologiczne własności drewna należy określić warunki użytkowania i obciążenia konstrukcji, co czyni się w polu „Warunki środowiskowe”. W pierwszej kolejności określa się klasę użytkowania konstrukcji, przy czym do wyboru są trzy klasy, których opis pokaże się po kliknięciu w przycisk Opis. Następnie poszczególnym wariantom (schematom)



obciążeń należy przypisać klasę obciążenia. Przyciskiem Zmiana klas wywołuje się planszę na której można wprowadzić które warianty będą miały charakter obciążeń stałych, długotrwałych, średnio trwałych, krótko trwałych czy chwilowych. Bez tej deklaracji wszystkim wariantom zostanie nadana klasa obciążeń stałych, a to może prowadzić do

przewymiarowania konstrukcji. Przyciskiem Lista klas i atrybutów wyświetla się listę wariantów z przypisaną im klasą obciążenia, atrybutem i mnożnikami obciążenia.

W trzecim polu planszy można ustalić kombinację obciążeń, dla której ma być przeprowadzone wymiarowanie konstrukcji. Domyślnie włączony jest przełącznik „Obwiednia” i wtedy nie będzie okienka ze spisem wariantów obciążeń. Po włączeniu przełącznika „Wariant” pokaże się okienko ze spisem wariantów, z którego można wybrać wariant sił wewnętrznych, dla którego zostanie przeprowadzone wymiarowanie. W polu „Warunki środowiskowe” pojawi się napis informujący jaką klasę obciążenia ma ten wariant (w przypadku wariantu złożonego z kilku obciążeń składowych różnych klas, jako klasę wariantu przyjmowana jest najwyższa klasa obciążeń składowych). Przyciskiem Zmiana klasy będzie można zmienić klasę tego wariantu. Ustawiony tutaj warunek jest pamiętany i przy powtórnym wywołaniu tej planszy będzie podpowiadany. W tym oknie jest też przycisk Krok: x m, którym można zmienić odległość między przekrojami analizy.

Na planszy startowej znajduje się jeszcze warunek zwiększenia wytrzymałości na zginanie i rozciąganie przekroju prostokątnego, którego włączenie spowoduje zastosowanie w obliczeniach zwiększonych wartości wytrzymałości drewna w przypadku przekroju o mniejszych wymiarach, co jest dopuszczone przez normę.

Jeśli wymiarowanie będzie odbywało się dla wartości sił wewnętrznych z obwiedni to po kliknięciu w przycisk [OK] program sprawdzi czy obliczenia obwiedni zostały już przeprowadzone. Jeśli takich obliczeń jeszcze nie było, to automatycznie zostanie wywołana procedura obliczania obwiedni naprężeń i trzeba będzie ponownie wybrać przycisk Wymiar. Ponieważ informacje obliczane podczas wyznaczania obwiedni naprężeń zależą od kroku analizy stąd po



jego zmianie trzeba powtórzyć sporządzenie obwiedni naprężeń. W dużych modelach z dużą liczbą schematów obciążenia obliczanie obwiedni naprężeń trwa dość długo.

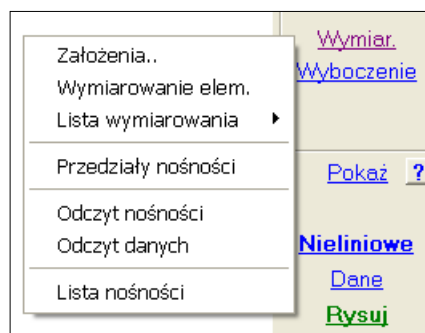
Po zamknięciu planszy przyciskiem [OK] zostaną wyznaczone stopnie wykorzystania nośności przekroju (dla kratownic będzie to od razu stopień wykorzystania nośności elementu) i rozkład zostanie pokazany w formie barwnej mapy. Wartościom od 0,0 do 1,0 jest przyporządkowanych pięć równych przedziałów, którym odpowiada pięć odcieni koloru niebieskiego. Jeśli w zadaniu będą obszary, w których stopień wykorzystania nośności będzie większy od 1,0 to wszystkim tym obszarom zostanie przyporządkowany jeden przedział i zostaną one wyróżnione czerwonym kolorem. W legendzie, w której będą zawsze przedziały do 1,0, przedział czerwony pokaże się tylko w sytuacji, kiedy będą miejsca z przekroczoną nośnością.

Jeśli w menu Pokaż będzie włączona opcja Miejsca max. to na rysunku pokażą się dwie plakietki lokalizujące miejsca o minimalnym i maksymalnym stopniu wykorzystania nośności przekroju.

Ponowne wybranie przycisku Wymiar spowoduje pokazanie menu o opcjach jak na rysunku obok.

Opcja Założenia wyświetla planszę założeń do wymiarowania elementu. Można wtedy np. zmienić klasy obciążeń. Warunek „Pełna lista” dotyczący zakresu dokumentacji może być zmieniany na planszy założeń.

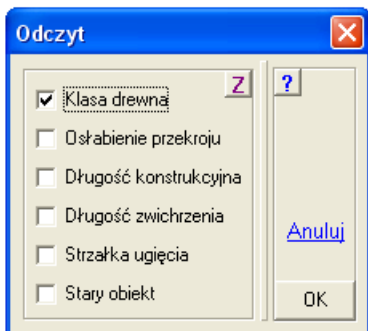
Opcja Wymiarowanie elem. pozwala wybrać obszar konstrukcji do zwymiarowania, ze sprawdzeniem warunków stateczności ogólnej. Tok postępowania przy wymiarowaniu jest omówiony w następnym rozdziale.



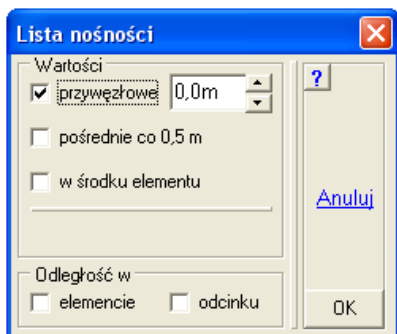
Opcja Lista wymiarowania pokaże się tylko wtedy, kiedy zapisano wyniki analiz do pliku .WDR. Po wskazaniu myszą tej opcji rozwija się lista przeprowadzonych i zapisanych analiz. Po wskazaniu odpowiedniej pozycji otrzymuje się planszę z dokumentacją przeprowadzonych obliczeń. Zakres dokumentacji będzie zależał od ustawienia „Pełna lista”.

Opcja Przedziały nośności pozwala pokazać obszary ustroju, w których stopień wykorzystania nośności będzie zawarty w wybranym przedziale.

Opcję Odczyt nośności można odczytać stopień wykorzystania nośności w wybranych miejscach. Dla ułatwienia wyboru pokaże się plansza pozwalająca określić czy będzie to miejsce wskazania (węzeł ustroju wybrany oknem) czy też przekrój w zadanej odległości od końca elementu.



Opcję Odczyt danych można poznać szereg wartości przyjętych do obliczeń. Wskazanie tych wielkości ustala się na planszy pokazanej obok. Poza klasą drewna, która jest domyślnie włączona, można odczytać zadany stopień osłabienia przekroju na rozciąganie, długość konstrukcyjną i zwichrzenia, dopuszczalną strzałkę ugięcia i czy zadano warunek starego obiektu.



Opcją Lista nośności można sporządzić tabelaryczne zestawienie stopnia wykorzystania nośności przekroju w połączeniu z numerami wybranych elementów. O postaci listy można zdecydować na planszy profilu. Można wybrać tylko wartości przywęzłowe lub dodatkowo środkowe czy pośrednie w przekrojach analizy. Ponadto można w tabeli umieścić kolumnę z odległością w elemencie bądź w wybranym odcinku.

## 56.1. Wymiarowanie elementu drewnianego

Jeśli we wszystkich miejscach modelu stopień wykorzystania nośności przekroju będzie mniejszy od 1,0 to można przejść do obliczania nośności elementu. Stopień wykorzystania nośności elementu zawsze będzie co najwyżej równy stopniowi wykorzystania nośności przekroju, a przy uwzględnieniu wybożenia lub zwichrzenia jest zazwyczaj większy.

Prostoliniowe odcinki ustroju o stałym przekroju można od razu wybierać na pełnym modelu, ale sugerowane jest ograniczenie modelu do jednego typu przekroju. W menu Fragment opcją Przekrój można wybrać jeden przekrój. Teraz należy wybrać odcinek, w którym jest największy stopień wykorzystania nośności przekroju i wyznaczyć stopień wykorzystania nośności elementu. Nad polem z przyciskami Osie, Fragment, Powiększ pojawi się przycisk z trójkątami, który pozwala sekwencyjnie zmieniać przekrój pokazywanego fragmentu. Przycisk z trójkątami jest opisany aktualnie pokazywanym przekrojem.

Po wybraniu odcinka program sprawdzi warunki obciążenia działające na niego. Jeśli wybrany odcinek będzie ściskany to konieczne jest ustalenie jego długości wybożeniowych. Na ekranie w pobliżu węzła z rozgałęzieniami pokaże się wtedy plansza umożliwiająca wybranie jednego z trzech możliwych sposobów ustalenia długości wybożeniowych wskazanego odcinka. W pierwszym sposobie program wyznacza długości wybożeniowe (ich współczynniki) wskazanego odcinka między rozgałęzieniami ustroju na podstawie sztywności prętów schodzących się w węzłach i określeniu przesuwności lub nieprzesuwności tych węzłów. W drugim sposobie zakłada się, że współczynnik długości wybożeniowej ma wartość równą 1 ( $m_x=1$ ). Można też wybrać trzeci sposób - włączyć przycisk [Ścisłe] uruchamiający procedurę ścisłego wyznaczania siły krytycznej i współczynników długości wybożeniowej. Po włączeniu jednostkowego współczynnika długości wybożeniowej względem osi  $x^{\setminus}$  ( $m_x=1$ ) można będzie podać warunki dla wybożenia względem osi  $y^{\setminus}$ . W celu ułatwienia orientacji osi przekroju, w środku długości wybranego odcinka rysowany jest układ osi przekrojowych ( $x^{\setminus}$ ,  $y^{\setminus}$ ). Jednostkowe współczynniki długości wybożeniowej zadaje się tylko raz, natomiast warunki przesuwności muszą być określone w każdym węźle z rozgałęzieniami i to osobno w kierunku osi  $x^{\setminus}$  i  $y^{\setminus}$ .



Jeśli włączony jest pełny zakres opcji to na tej planszy pokaże się przycisk [Ścisłe], który pozwala wyznaczyć współczynniki długości wybożeniowej dla wybranego odcinka w sposób najbardziej dokładny, t.j. z uwzględnieniem rzeczywistej sztywności podparcia resztą konstrukcji. W tym celu program automatycznie wyznacza liczby wpływu w miejscu rozgałęzień ustroju, a na ich podstawie długości wybożeniowe poszczególnych prętów ustroju. Dla

dużych obiektów może to być proces dość długotrwały. Przycisk [Ścisłe] będzie dostępny tylko przy pierwszym pokazaniu się tej planszy. Nie można zmieniać zasad wyznaczania współczynników długości wyboczeniowej wzdłuż odcinka.

Przy wyborze odcinka do wymiarowania nie ma ograniczenia jego długości. W belce odcinek wymiarowania może obejmować więcej niż jedno przęsło, podobnie w przypadku słupów program wyznaczy współczynniki długości wyboczeniowej zarówno dla słupa pomiędzy sąsiednimi poziomami, jak i dla słupa przechodzącego przez kilka kondygnacji. To projektant decyduje o długości wybranego odcinka do wymiarowania. Program sprawdza jedynie obecność przegubów i jeśli stwierdzi, że na długości wybranego odcinka występuje przegub, to automatycznie skróci ten odcinek.

Po obliczeniu współczynników długości wyboczeniowej pokaże się plansza założeń do wymiarowania elementu.

W oknie „Opis wymiarowanego elementu” wprowadza się opis wymiarowanego fragmentu. Program proponuje swoje opisy - poziomy odcinek ustroju będzie nazywał się Rygiel, pionowy - Słup, a ukośny – Belka, ale można wprowadzić własny opis. Opis uzupełniony jest wymiarami przekroju podanymi w nawiasach. Na podstawie treści opisów można wybierać fragmenty dokumentacji z pliku .WDR. W oknie „Element” podana zostaje długość L odcinka wybranego oraz zadawany jest stopień osłabienia przekroju poprzecznego na rozciąganie.

W polu „Ugięcia” zadaje się dopuszczalną (graniczną) strzałkę ugięcia, której wartość jest odniesiona do całej długości L wybranego elementu. Np. jeśli wybrany odcinek obejmuje całą belkę wieloprzęsłową to trzeba samemu sprowadzić normowy warunek ugięć do długości odcinka L. Wartość ugięcia pokazana będzie na końcowej planszy i wystąpi w zapisie dokumentacyjnym. Przyciskiem Opis można wyświetlić normową tabelę zawierającą wartości ugięć dopuszczalnych.

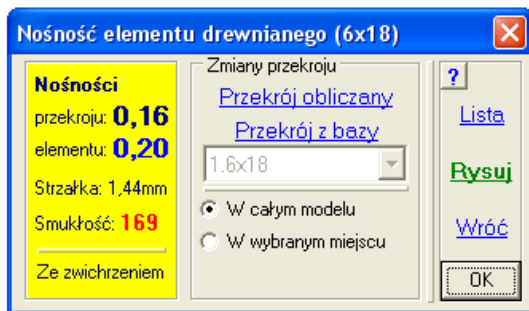
Pole „Zwichrzenie” jest aktywne tylko dla tych elementów, w których takie zjawisko może wystąpić i wtedy, kiedy będzie odpowiednia składowa momentu gnącego. Początkowa długość zwichrzenia przyjmowana jest taka sama jak długość L wybranego odcinka. Po wprowadzeniu własnej długości będzie ona pamiętana i po powtórny wybraniu tego miejsca modelu będzie podpowiadana. W sytuacji pełnego zabezpieczenia elementu przed zwichrzeniem można to pole wyłączyć – do dalszych obliczeń program przyjmie wtedy zerową długość zwichrzenia. W każdej chwili można przyciskiem [L] wprowadzić na nowo długość zwichrzenia

równą długości odcinka. Jeśli w wybranym miejscu zadano długość konstrukcyjną wtedy przyciskiem [L1] będzie można wprowadzić jej wielkość. W okienku „Kcrit” podawany jest współczynnik zwichrzenia obliczony przez program według normowej procedury dla aktualnej długości zwichrzenia  $L_d$  i zadanego miejsca (poziomu na wysokości elementu) przyłożenia obciążenia.

Kolejne pole „Wyboczenie” pokazuje się tylko wtedy, gdy wybrany odcinek jest obciążony siłami ściskającymi. W polu tym pokazane są dwie długości obliczeniowe: dla wyboczenia względem osi  $x^0$  i względem osi  $y^0$  elementu. Początkowo są to długości  $L$  wybranego odcinka. Pod nimi są okienka ze współczynnikami długości wyboczeniowej, w których podpowiadane są wartości wcześniej obliczone w sposób ścisły lub przy uwzględnieniu zadeklarowanej przesuwności węzłów. Jeśli na planszy przesuwności wybrano przycisk  $m_x = 1$  to wtedy pokaże się napis „Przyjęto  $m_x=1$ ”; podobnie będzie dla drugiego kierunku. Taki sam napis pokaże się samorzutnie, jeśli wybrany odcinek zakończony jest przegubami.

W przypadku ustrojów płaskich przyjęto regułę, że współczynnik długości wyboczeniowej elementu z płaszczyzny modelu jest zawsze równy 1,0. Użytkownik może zmieniać wartość zarówno długości obliczeniowej, jak i współczynnika długości wyboczenia. Przyciskiem [mx] i [my] może wyzerować współczynnik długości wyboczeniowej i wtedy efekt wyboczenia nie będzie uwzględniany względem osi z zerowym współczynnikiem  $m$ .

Po prawej stronie planszy założeń do wymiarowania elementu usytuowany jest włącznik „Pełna lista”, który umożliwi na bieżąco sterować zakresem dokumentacji wymiarowania. Przycisk Numery pozwala pokazać na ekranie listę z numerami wariantów przyjętych do wymiarowania. Będą to na ogół dwie listy - jedna dla maksymalnego naprężenia i druga dla naprężenia minimalnego. Numery tych wariantów będą też zamieszczone w dokumentacji wymiarowania.



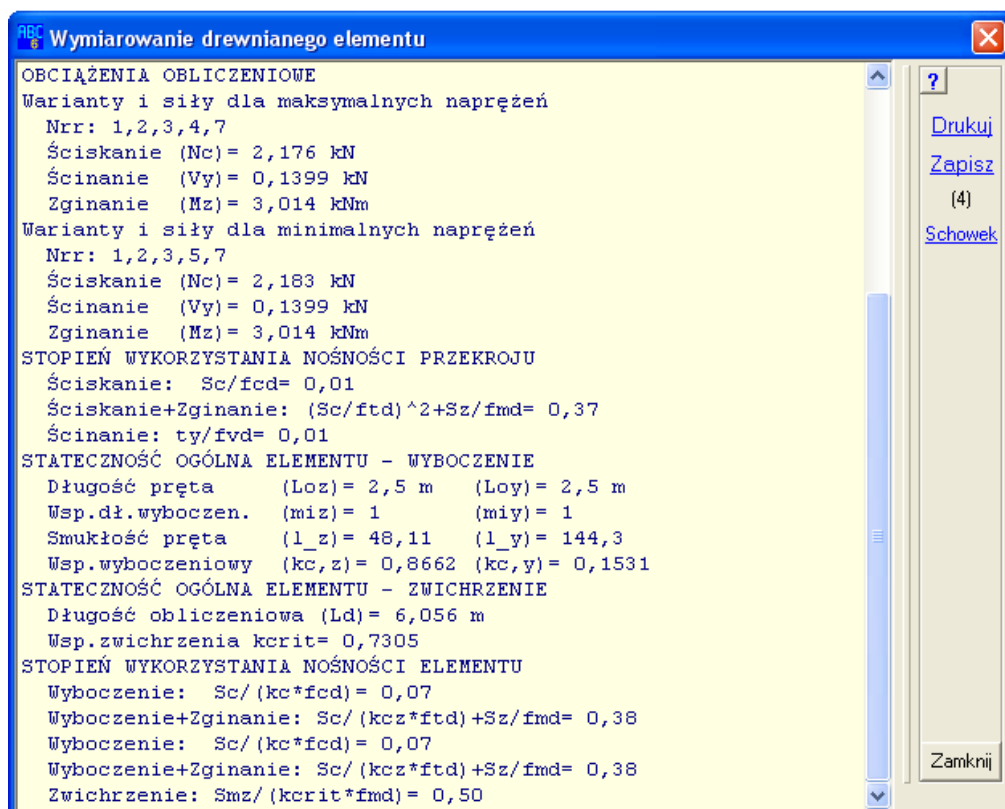
Po wybraniu przycisku [OK] program obliczy nośność elementu, a wyniki pokaże na osobnej planszy. W żółtym oknie pokazany jest stopień wykorzystania nośności przekroju oraz elementu. Wartości większe od 1,0 będą miały kolor czerwony. W trzeciej linii podawana jest strzałka ugięcia. Jeśli program stwierdzi, że jeden z końców wybranego odcinka nie jest podparty i nie ma przy nim elementów sąsiednich, to potraktuje wybrany odcinek

jako wspornik i wtedy opis tej linii zmieni się na Ugięcie, a podana wartość będzie różnicą przemieszczeń początku i końca odcinka wymiarowanego. Jeśli wartość strzałki lub ugięcia będzie większa od zadanej wartości dopuszczalnej, wtedy napis ten będzie czerwony. W żółtym oknie będzie podana także smukłość odcinka. Również ta liczba może być wyświetlona na czerwono, jeśli będzie większa od wartości granicznej równej 150. Dla smukłości większej od 200 nie pokazuje się stopień nośności elementu ponieważ jest się poza zakresem stosowalności wzorów normy. Na dole tego okna będzie też napis „Ze zwichrzeniem”, jeśli ten stan uwzględniano w obliczeniach, lub „Bez zwichrzenia”, jeśli kształt przekroju eliminuje to zjawisko lub użytkownik wyłączył odpowiedni przycisk na planszy założeń wymiarowania. Jeśli wymiarowany odcinek jest tylko rozciągany (np. pręt kratownicowy), wtedy w tym miejscu będzie napis „Rozciąganie”.

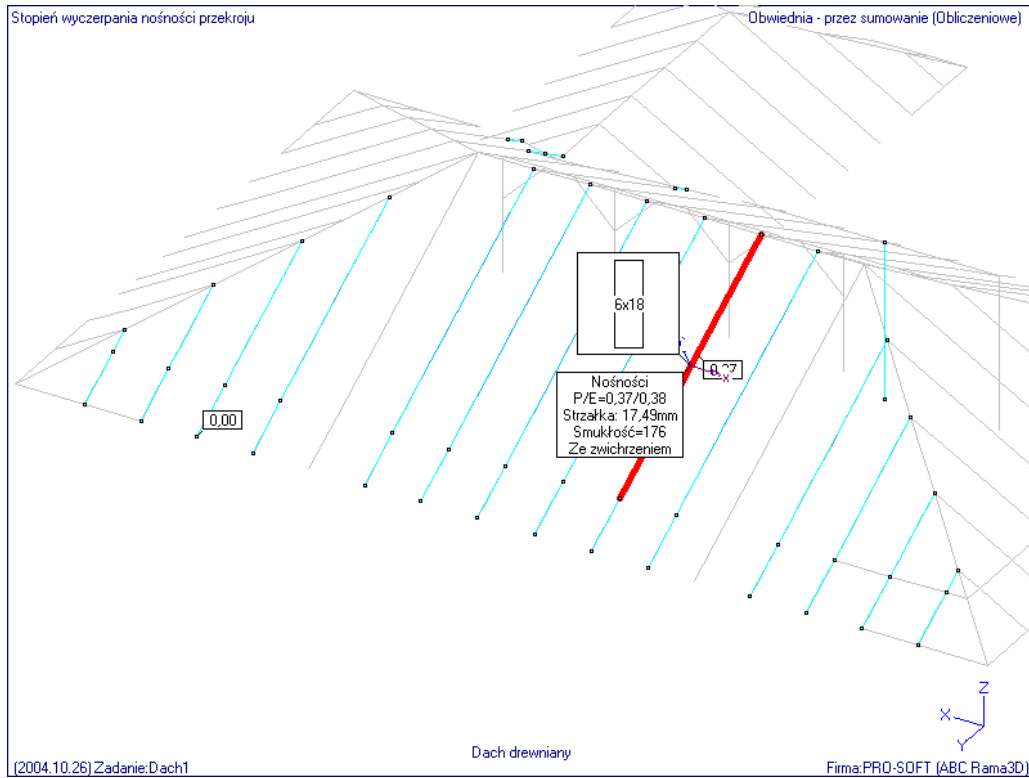
W drugim polu tej planszy, „Zmiany przekroju”, można wprowadzić nowy przekrój, o większej nośności - jeśli nie spełnione są warunki z lewego okna, lub o mniejszej nośności -

jeśli użytkownik uzna to uzasadnione. Nowy przekrój może być albo obliczony modułem MOMBEZ albo odczytany z bazy danych albo też może być wprowadzony z przekrojów występujących w innych miejscach modelu. Nowy przekrój może zastąpić obliczany w całym modelu (wtedy liczba przekrojów nie ulega zmianie), może też być wprowadzony tylko w analizowanym miejscu albo też może być wprowadzony tylko w elementach pokazywanych na ekranie (w tych dwóch ostatnich przypadkach liczba elementów w modelu zostanie zwiększona o jeden). Po wybraniu nowego przekroju zostaną ponownie obliczone nośności przekroju oraz nośności elementu dla takich samych założeń jakie zadano przy starym przekroju. Wyniki nowych obliczeń wymiarowania zostaną od razu pokazane na planszy wyników. Zmieniony model trzeba powtórnie przeliczyć, o czym przypomni odpowiedni komunikat.

Przyciskiem Lista wywołuje się planszę z dokumentacją obliczeń. W dokumentacji zawarte są podobne bloki informacji jak przy wymiarowaniu elementu stalowego. Na planszy z listą dokumentacyjną znajduje się przycisk Zapisz, który pozwala zapisać listę dokumentacyjną do pliku .WDR. Pod tym przyciskiem podawana jest liczba zapisanych analiz. W tym miejscu można do pliku tylko dopisywać. W opcji Lista wymiarowania można usunąć z listy wybraną analizę.



Na planszy ze stopniami wykorzystania nośności przekroju i elementu jest przycisk **Rysuj**, który pozwala sporządzić rysunek modelu z zaznaczonym odcinkiem wymiarowania, kształtem przekroju i wynikami obliczeń. Rysunek ma identyczną postać jak dla konstrukcji stalowych.



Przyciskiem **Wróć** można zamknąć planszę wyników i wrócić bezpośrednio do planszy założeń, na której można zmienić jakieś dane, np. długość zwichrzenia, i otrzymać nowy, powtórnie obliczony, stopień wykorzystania nośności elementu. Przycisk **[OK]** zamyka obie plansze i program wraca do trybu wyboru kolejnego odcinka do wymiarowania.

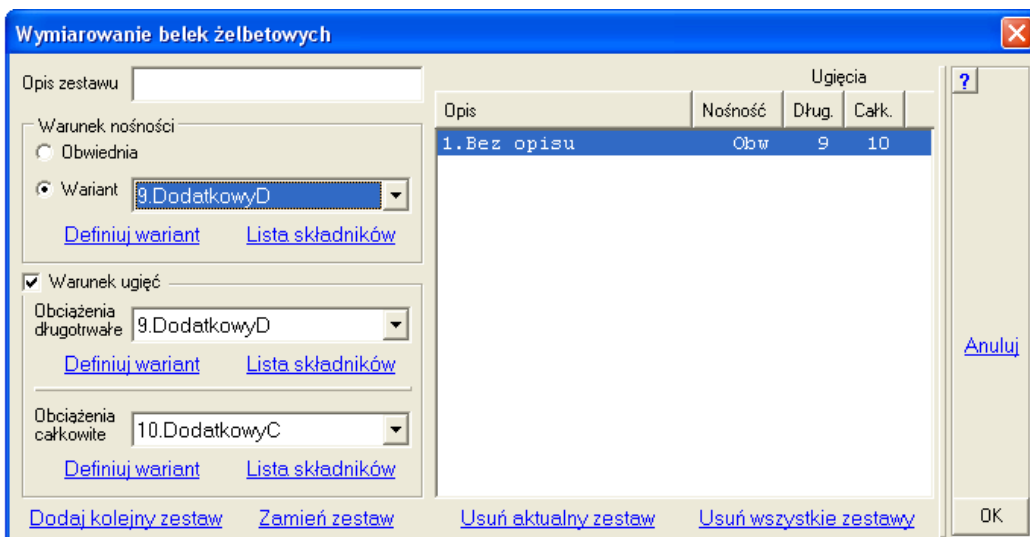
## 57. Wymiarowanie konstrukcji żelbetowej

W programie Rama3D można przeprowadzić wymiarowanie konstrukcji żelbetowej wg PN-B-03264:2002. Obliczenia wytrzymałościowe są przeprowadzane w oparciu o algorytm tzw. metody dokładnej. Zasady tej metody przedstawiono w punkcie 5.1.1 normy. Możliwe jest wymiarowanie belek i słupów. Moduł wymiarowania automatycznie dobiera algorytm w zależności od wielkości sił ściskających i momentów gnących. Proces wymiarowania konstrukcji żelbetowej przebiega inaczej niż w pozostałych przypadkach. Co prawda wstępnie ustala się warunki obciążenia, ale potem wybiera się od razu elementy które mają być zwymiarowane.

Po wybraniu przycisku [Wymiar] jako pierwsza pojawi się plansza definiowania warunków obciążeniowych które mają być uwzględnione przy wymiarowaniu. Zawsze będzie włączony warunek nośności. Jeśli w zadaniu jest kilka schematów obciążenia to domyślnie będzie włączona obwiednia, ale zawsze można wybrać wymiarowanie na jeden z bazowych lub dodanych wariantów. Po włączeniu warunku „Wariant” można wybrać numer odpowiedniego zestawu wyników. Przyciskiem Definiuj wariant można zdefiniować nowy wariant dodany. Nie trzeba w tym celu wybierać przycisku Wariant z głównego menu. Przycisk Lista składników będzie aktywny tylko wtedy, kiedy wybrano jeden z wariantów dodanych.

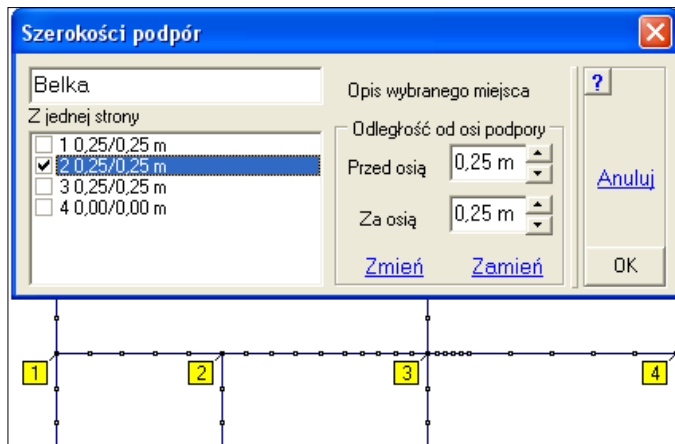
Przy wymiarowaniu konstrukcji żelbetowej nie trzeba uwzględniać warunku eksploatacyjnego. Aby był on wprowadzony do wymiarowania trzeba uaktywnić ramkę „Warunek ugięć”. W tej ramce można określić dla którego wariantu wyników będą uwzględniane obciążenia długotrwałe, a dla którego obciążenia całkowite. Każde z tych obciążeń może być zdefiniowane bez potrzeby wchodzenia do menu „Wariant” z głównego pola przycisków. Jeśli zostaną wybrane warianty dodatkowe wtedy przyciskiem Lista składników będzie można wyświetlić listę schematów wchodzących do niego i mnożniki udziału.

Zestaw warunków obciążeniowych można opisać i może on być zapisany na dysku. W ten sposób można utworzyć szereg warunków obowiązujących np. przy wymiarowaniu belek i słupów. W polu po prawej stronie planszy będą umieszczone te zestawy. Na dole planszy są cztery przyciski które pozwalają na edytowanie tych zestawów.



Po zdefiniowaniu lub wybraniu warunków obciążeniowych program przechodzi do procesu wybierania elementów do wymiarowania. Muszą to być prostoliniowe odcinki o stałym przekroju. Belki mogą być wieloprzęsłowe. Podobnie słupy mogą przechodzić przez kilka kondygnacji. Program przeprowadza wymiarowanie dla całego zaznaczonego elementu zapewniając ciągłość zbrojenia nad podporami.

Po wybraniu odcinka do wymiarowania pojawi się plansza „Szerokości podpór”. Pozwala ona precyzyjnie ustalić położenie przekroju krawędziowego, z którego będą przyjmowane wielkości sił wewnętrznych do wymiarowania. Jeśli dla belki podporami będą słupy, a dla słupów rygle to na planszy będą podpowiadane wymiary odczytane przez program z opisu odpowiednich przekrojów. Jeśli w modelu wprowadzono teoretyczne podpory skupione w węzłach to zamiast wymiarów będą zera. W oknie po lewej stronie planszy



pokaże się lista podpór. Będzie ona miała kolejne numery. Na rysunku modelu pokażą się plakietki z odpowiednimi numerami. Po prawej stronie planszy jest pole w którym można wprowadzić

odpowiednie odległości od osi podpory. Pojęcia „Przed osią” i „Za osią” odnoszą się do kierunku wybierania odcinka. Przyciskiem **Zmień** można zmienić wymiary w wybranym miejscu. Przyciskiem **Zamień** można zamienić miejscami odległości przed osią z odległością za osią. Ponadto można też wprowadzić warunek podwieszenia belki. W miejscu gdzie jest takie podparcie należy włączyć warunek „Z jednej strony”.

Należy zwrócić uwagę, że ta plansza pozwala precyzyjnie zazbroić belkę na wielkości krawędziowe pomimo tego, że zamodelowano ją na teoretycznych podporach punktowych.

Po zamknięciu planszy „Szerokości podpór” program przygotowuje siły wewnętrzne zgodnie z dyspozycjami z pierwszej planszy i jeśli stwierdzi, że w wybranym elemencie jest ściskanie to przeprowadzi procedurę wyznaczania współczynników długości wyboyceniowej. Podobnie jak w konstrukcji stalowej czy drewnianej można zadeklarować przesuwność wskazanego węzła, można włączyć jednostkowe współczynniki długości wyboyceniowej, obliczyć je z uwzględnieniem rzeczywistej sztywności podparcia resztą konstrukcji lub zadać własne współczynniki.

W następnym kroku pokaże się plansza danych do wymiarowania żelbetu. Jest ona mocno rozbudowana, ale też zakres obliczeń jest duży. Wygląd planszy jest zależny od tego czy wymiarowany będzie pręt zginany czy też pręt mimośrodowo ścisany. Na wstępie zostanie omówiony przypadek czystego zginania lub zginania z niewielkim udziałem siły ścisającej, której wpływ na obliczenia można pominąć. Graniczną wielkość siły ścisającej określono w punkcie 5.1.1 normy. Na planszy, w polu „Geometria” pokaże się przekrój wybranego odcinka, ale można wprowadzić swój własny zdefiniowany układem wymiarów. Inny przekrój będzie można zadać po wyłączeniu „Przekrój rzeczywisty”. W ramce „Materiały” pokaże się klasa betonu przyjęta w modelu. Można go zmienić, ale nowa klasa będzie obowiązywała tylko przy wymiarowaniu aktualnego fragmentu obiektu. Z klasą betonu związany jest współczynnik korekcyjny wytrzymałości na ściskanie  $\alpha_c$ . Domyślnie jest równy 1,0, ale można wprowadzić inną



wartość. W następnych okienkach definiuje się klasy stali i odpowiadające im gatunki, dla zbrojenia podłużnego i poprzecznego. Dla wszystkich materiałów podawane są obliczeniowe wartości wytrzymałości.

W ramce „Parametry Stanu Granicznego Użytkowalności” ustala się takie wielkości jak: procent zbrojenia doprowadzony do podpory – parametr uwzględniany w czasie wymiarowania przekroju na ścinanie, rodzaj cementu, wiek betonu w chwili obciążenia, czas trwania obciążenia, wilgotność powietrza i graniczne szerokości rozwarcia rys.

W oknie „Ugięcia” pokażą się przeszła odcinka wymiarowania. Dla każdego przeszła podana będzie graniczna wartość ugięcia wraz ze współrzędną określającą położenie przekroju miarodajnego do wyznaczenia ugięcia ze względu na sztywność elementu po zarysowaniu. Współrzędna ta odmierzana jest od początkowego węzła odcinka. Po kliknięciu w znak (+) można rozwinąć strukturę drzewiastą i klikając z kolei w graniczne ugięcie można wprowadzić własną wartość tego parametru lub zmienić położenie przekroju miarodajnego.

Włącznikiem „Obciążenia charakterystyczne całkowite” decyduje się czy obliczenia stanów granicznych użytkowalności będą przeprowadzane dla obciążeń charakterystycznych całkowitych czy też długotrwałych o ile takie warianty obciążenia zostały wcześniej osobno zdefiniowane.

**Wymiarowanie pręta żelbetowego - Dane początkowe**

Obliczenia Wyniki Drukuj Zakończ Pomoc

**Materiały**

Beton: B25  $f_{cd}=13,3\text{MPa}$

Współczynnik alfa,c: 1,00

Zbrojenie podłużne: A-III (34GS)  $f_{yd}=350\text{MPa}$

Zbrojenie poprzeczne: A-0 (St0S-b)  $f_{yd}=190\text{MPa}$

**Parametry SGU**

Zbrojenie doprowadzone do podpory [%]: 33

Rodzaj cementu: zwykły i szybkotwardniejący

Wiek betonu w chwili obciążenia  $t_0$  [dni]: 28

Czas trwania obciążenia  $t-t_0$  [dni]: 25500

Wilgotność powietrza RH [%]: 50

Graniczna szerokość rysy  $w_{lim}$  [mm]: 0,3

**Ugięcia**

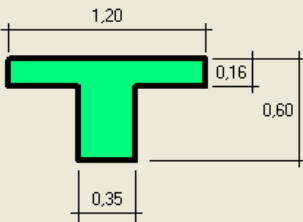
Przesła 1  $a_{lim}=0,030\text{m}$ ;  $x=2,914\text{m}$

Przesła 2  $a_{lim}=0,030\text{m}$ ;  $x=9,086\text{m}$

Obciążenia charakterystyczne całkowite:

Postęp wymiarowania: 0%

**Geometria**



$b_{eff,g}$  [m]: 1,20

$b_w$  [m]: 0,35

$b_{eff,d}$  [m]: 0,35

$h_g$  [m]: 0,16

$h$  [m]: 0,60

$h_d$  [m]: 0,00

Przekrój rzeczywisty

**Parametry zbrojenia**

Rozmieść pręty:  SGU - rysy:  SGU - ugięcia:

Zbrojenie podłużne na odcinku drugiego rodzaju:   $\theta$  [°]: 45

Obliczenia dla sił krawędziowych:

$\varnothing_g$  [mm]: 12  $c_g$  [m]: 0,02 Grupy górą: 3

$\varnothing_d$  [mm]: 16  $c_d$  [m]: 0,02 Grupy dołem: 3

$\varnothing_w$  [mm]: 8  $n_w$  [szt]: 2 Liczba podziałków: 2

Długość pręta:  $6,0+6,0=12,0\text{m}$

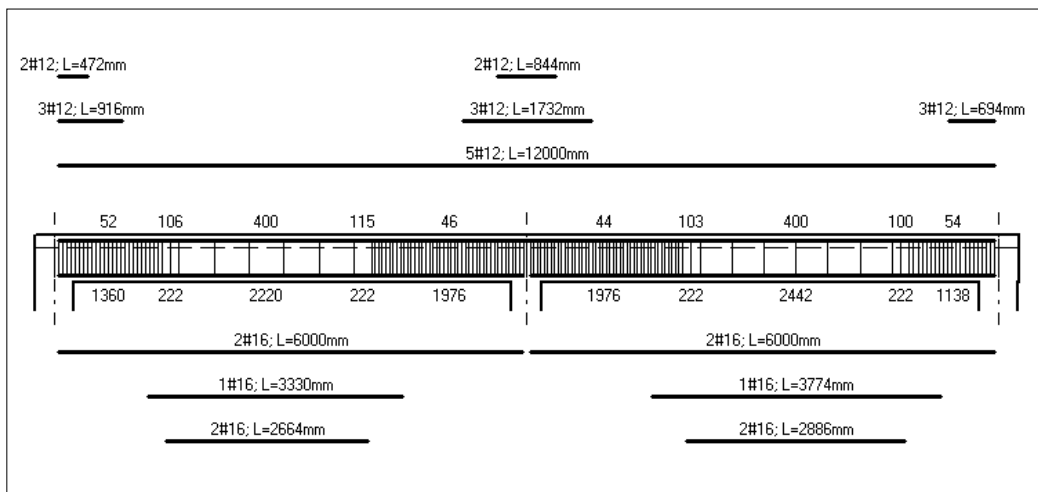
W ramce „Parametry zbrojenia” można zdecydować, czy zakres obliczeń ma obejmować tylko sprawdzenie czy przekrój da się zbroić, czy od razu mają być przeprowadzone obliczenia z uwzględnieniem rozmieszczenia prętów w przekroju. Dalej czy przy obliczaniu zbrojenia przekroju należy uwzględniać Stan Graniczny Użytkowalności – Zarysowania oraz Stan Graniczny Użytkowalności – Ugięcia. Należy zwrócić uwagę że nawet w sytuacji gdy projektant wybierze wariant obliczeń bez uwzględniania Stanu Granicznego Użytkowalności –

Zarysowania, obliczenia ugięć zostaną przeprowadzone jak dla elementu zarysowanego, jednak rysy w przekroju miarodajnym mogą okazać się większe niż założona graniczna szerokość rys.

W kolejnym kroku można określić czy w czasie wymiarowania zbrojenia podłużnego na zginanie, należy sprawdzać jego nośność na odcinku drugiego rodzaju. Można też zmienić kąt  $\Theta$  określający kąt nachylenia krzyżulców betonowych przy wymiarowaniu zbrojenia poprzecznego na ścinanie. Zmiana tego parametru ma bardzo istotny wpływ na wyniki wymiarowania zbrojenia poprzecznego. Włącznikiem „Obliczenia dla sił krawędziowych” można sterować miejscem wyboru sił wewnętrznych na podporze.

Poniżej w pierwszej kolumnie podane są średnice zbrojenia podłużnego górnego i dolnego oraz zbrojenia poprzecznego. W następnej kolumnie są podane otuliny zbrojenia podłużnego. W linii średnicy strzemion podaje się liczbę gałęzi strzemienia. Może ona zmieniać się od 2 do 10. W ostatniej kolumnie podane są liczby grup zbrojenia górnego, dolnego oraz liczba zmian rozstawu strzemion na długości wymiarowanego pręta lub przęśła jeśli pręt jest wieloprzęsłowy. Zbrojenie podłużne może stanowić jedną grupę prętów (jest to najmniej ekonomiczne przyjęcie). Maksymalna liczba grup tego zbrojenia to 5 i wtedy ma się bardzo precyzyjne wypełnienie zbrojeniem krzywej obwiedni momentów. Pozwala to na minimalizowanie zużycia stali, ale wzrasta zakres prac związanych z wykonaniem tak dobranego zbrojenia. Dla strzemion przyjęto liczbę podziałów zmienną od 1 do 3. Na dole planszy po lewej stronie jest pasek postępu wymiarowania oraz słowny opis miejsca, nad którym znajduje się wskaźnik myszy. Po prawej stronie dolnej belki jest podana całkowita długość odcinka wymiarowania z podziałem na przęśła.

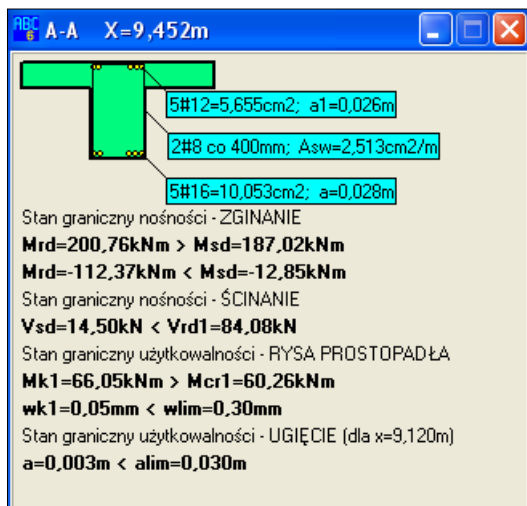
Na górze planszy są przyciski [Obliczenia], [Wyniki], [Drukuj] [Zakończ] i [Pomoc]. Przyciskiem [Obliczenia] uruchamia się procedurę obliczeniową. Po wykonaniu obliczeń uaktywni się przycisk [Wyniki]. Otwiera on planszę prezentacji obliczonego zbrojenia. W ramce „Postęp wymiarowania” pokaże się informacja o możliwości zazbrojenia wybranego elementu. W przypadku komunikatu o braku takiej możliwości projektant jest zmuszony do zmiany początkowych parametrów przyjętych do wymiarowania. W sytuacji, gdy zostanie zmieniona klasa betonu lub przekrój poprzeczny wymiarowanego pręta konieczne jest przeprowadzenie ponownych obliczeń statycznych, gdyż zmiany te mają wpływ na sztywność pręta, a co za tym idzie rozkład sił wewnętrznych w całym ustroju.



Ponieważ po wyborze odcinka wymiarowania ustalono położenie krawędzi słupów, stąd na rysunku podano w skali ich zarys. Nad szkicem belki podane są długości odcinków netto zbrojenia górnego, a pod zbrojenia dolnego. Każdy odcinek opisany jest liczbą wkładek, średnicą i długością czynną, bez uwzględnienia długości zakotwienia prętów. Zbrojenie poprzeczne u góry opisane jest rozstawem strzemion, a na dole długością odcinka z takim rozstawem. Na planszy u góry będzie przycisk [Drukuj] który pozwoli wydrukować pokazywany obrazek. Na dole będą pokazywały się informacje o miejscu wskazywanym przez kursor mysy.

Klikając dwukrotnie w przekrój belki otrzyma się osobną planszę z przekrojem poprzecznym belki. Na górnym pasku planszy będzie podany symbol przekroju (A-A) Jest on nadany automatycznie przez program jednocześnie z zaznaczeniem na rysunku belki. Ponadto podana będzie odległość od węzła początkowego.

Jeśli nie włączono warunku rozmieszczenia wkładek to zbrojenie podłużne będzie pokazane symbolicznie w postaci czterech narożnych kótek, do których będą poprowadzone plansze z podaniem liczby wkładek, ich średnicy i odpowiadającemu im polu. Plansze te będą miały czerwone tło. Jeżeli natomiast wybrano opcję obliczeń z uwzględnieniem rozmieszczenia prętów w przekroju wówczas plansze będą miały błękitne tło, a ponadto pokaże się rozkład zbrojenia podłużnego. Na szkicu przekroju pokazane też będzie zbrojenie poprzeczne w podaniem liczby, średnicy i rozstawu strzemion. Podana też będzie gęstość zbrojenia na mb.



Pod szkicem pokazane są warunki sprawdzające stany graniczne, które były uwzględnione w trakcie wymiarowania wybranego elementu.

Takich odczytów można zrobić praktycznie nieskończenie wiele. Decydować tutaj będzie czytelność. Po wydrukowaniu

wzrostu przyjętych założeń oraz otrzymanego zbrojenia można zamknąć plansze i wybrać nowy element do wymiarowania.

W sytuacji, gdy do wymiarowania wybrano element, dla którego nie jest możliwe pominięcie wpływu siły osiowej, program automatycznie wykorzysta procedurę wymiarowania pręta mimośrodowo ściskanego. W procedurze tej zastosowano metodę przygotowania zestawów sił wewnętrznych (ekstremalne siły osiowe i odpowiadające im momenty oraz siły poprzeczne, a także ekstremalne momenty i odpowiadające im siły osiowe i siły poprzeczne). Pozwala to uwzględnić wszystkie możliwe kombinacje obciążeń w przekrojach pośrednich wybranego elementu. Wygląd planszy początkowej ulegnie nieco zmianie w porównaniu do sytuacji omówionej dla przypadku czystego zginania.

Na planszy w ramce „Geometria” pojawi się możliwość wyboru płaszczyzny zginania. W ramce „Parametry Stanów Granicznych Użyteczności” będzie okno „Mimośrodody”, a dla każdej kondygnacji będzie można przyjąć podpowiadane lub zadać własne współczynniki długości wyboczeniowej i niezamierzone mimośrodody. Odbywa się to w taki sam sposób jak przy zginaniu. Trzeba kliknąć w znak (+) aby rozwinęła się struktura drzewa, następnie kliknąć w odpowiednią wielkość otwierając plansze wpisu nowej wartości.

Dla słupa w ramce „Parametry zbrojenia” będzie można włączyć tylko rozmieszczenie prętów zbrojenia podłużnego i warunek Stanu Granicznego Użytkowalności – rysy.

**Wymiarowanie pręta żelbetowego - Dane początkowe**

Obliczenia Wyniki Drukuj Zakończ Pomoc

**Materiały**

Beton: B25  $f_{cd}=13,3\text{MPa}$

Współczynnik alfa,c: 1,00

Zbrojenie podłużne: A-III (34GS)  $f_{yd}=350\text{MPa}$

Zbrojenie poprzeczne: A-0 (St0S-b)  $f_{yd}=190\text{MPa}$

**Parametry SGU**

Zbrojenie doprowadzone do podpory [%]: 33

Rodzaj cementu: zwykły i szybkotwardniejący

Wiek betonu w chwili obciążenia to [dni]: 28

Czas trwania obciążenia t-to [dni]: 25500

Wilgotność powietrza RH [%]: 50

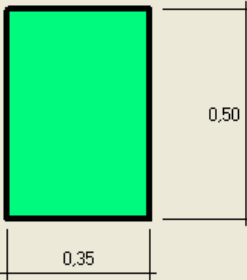
Graniczna szerokość rysy wlim [mm]: 0,3

Mimośrodry: Kond. 1 mw=1,200; ea=0,020m; Kond. 2 mw=1,200; ea=0,020m

Obciążenia charakterystyczne całkowite:

Postęp wymiarowania: 0%

**Geometria**



bw [m]: 0,35

h [m]: 0,50

Płaszczyzna zginania:  Moment Mz  Moment My

Przekrój rzeczywisty:

**Parametry zbrojenia**

Rozmieść pręty:  SGU - rysy:

Zbrojenie podłużne na odcinku drugiego rodzaju:   $\theta$  [°]: 45

Obliczenia dla sił krawędziowych:  Zbrojenie symetryczne:

$\varnothing g$  [mm]: 16 cg [m]: 0,02 Grupy górą: 3

$\varnothing d$  [mm]: 16 cd [m]: 0,02 Grupy dołem: 3

$\varnothing w$  [mm]: 8 nw [szt]: 2 Liczba podziaków: 2

Długość pręta: 5,5+5,5=11,0m

Po kliknięciu przycisku [Wyniki] otrzyma się podobny obraz jak dla belki. Czyli słup będzie pokazany poziomo. Węzeł początkowy słupa będzie zawsze po lewej stronie tej planszy. Dla poprawnej interpretacji położenia zbrojenia podłużnego proponuje się zawsze wybierać odcinki począwszy od lewego dolnego punktu do prawego górnego punktu ograniczającego. Wtedy zbrojenie pokazane na górze będzie zbrojeniem po lewej stronie odcinka wyboru, zbrojenie pokazane na dole szkicu będzie zbrojeniem po prawej stronie osi słupa. Dla słupa rysowane są też trochę inaczej podpory. Będą to zarysy w obie strony. Pozostałe możliwości są takie same jak dla belki. Zostaną równocześnie uwzględnione warunki konstrukcyjne jak dla słupa.

Klikając w odpowiednim miejscu można otrzymać planszę z przekrojem słupa z zaznaczonym zbrojeniem podłużnym i poprzecznym z podaniem wielkości tego zbrojenia podobnie jak miało to miejsce dla belki.

Pod szkicem przekroju pokazane są warunki sprawdzające stany graniczne, które były uwzględnione w trakcie wymiarowania wybranego elementu.

