PROCEDURY PROJEKTOWANIA KONSTRUKCJI
PRZY WYKORZYSTANIU
PROGRAMU ROBOT MILLENNIUM I ROBOT EKSPERT

dr inż. Stefan Dominikowski

Olsztyn, 16.08.2005

Wszelkie prawa zastrzeżone

SPIS TREŚCI

1. PROCEDURA PROJEKTOWANIA HALI STALOWEJ 4

1.1 PRZYJMOWANIE PRZEKROJÓW 5
1.2 DEFINIOWANIE GEOMETRII HALI 6
1.3 DEFINIOWANIE HALI 3D 9
1.4 PRZYPISANIE, ZAZNACZONYM NA RYGLACH WĘZŁOM, PRĘTÓW PŁATWI. 10
1.5 DEFINIOWANIE PRĘTÓW RYGIELKÓW LEKKIEJ OBUDOWY 13
1.7 DEFINIOWANIE STĘŻEŃ 15
1.8 DEFINIOWANIE OFFSETÓW 17
1.9 DEFINIOWANIE PRZYPADKÓW I WARTOŚCI OBCIĄŻEŃ 19
1.10 DEFINIOWANIE KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ 23
1.11 OBLICZENIE KONSTRUKCJI 25
1.12 WYMIAROWANIE KONSTRUKCJI 26
1.13 OPTYMALIZACJA PRZEKROJÓW PRĘTÓW KONSTRUKCJI (GRUPY PRĘTÓW) 28
1.13.1 DEFINIOWANIE GRUP PRĘTÓW 28
1.13.2 WYMIAROWANIE GRUP PRĘTÓW 28

2 PROCEDURA PROJEKTOWANIA HALI Z AUTOMATYCZNYM UWZGLĘDNIENIEM OBCIĄŻEŃ KLIMATYCZNYCH 32

2.1 DEFINIOWANIE OBCIĄŻEŃ KLIMATYCZNYCH. 34
2.2 DEFINICJA NORMOWYCH KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ. 36
2.3 WYDRUK WYNIKÓW OBLICZEŃ STATYCZNYCH 37
2.4 EKSPORT PLIKU OBLICZENIOWEGO DO RCADA 41
2.5 TWORZENIE POŁĄCZEŃ W PROGRAMIE RCAD 43
2.6 DEFINIOWANIE GRUP 47
2.7 PRZYPISANIE POZYCJI POJEDYNCZYM ELEMENTOM I ELEMENTOM WARSZTATOWYCH 48

3. PROCEDURA PROJEKTOWANIA KONSTRUKCJI ŻELBETOWYCH PRZY WYKORZYSTANIU PROGRAMU „ROBOT MILLENNIUM V.18” 51

3.1 DEFINIOWANIE OSI KONSTRUKCJI 52
3.2 DEFINIOWANIE PRĘTÓW KONSTRUKCJI (SŁUPY, BELKI) 53
3.3 DEFINIOWANIE PŁYTY ŻELBETOWEJ STROPU. 54
3.3.1. DEFINIOWANIE PANELA (PŁYTY ŻELBETOWEJ). 54
3.3.2. DEFINIOWANIE OTWORU KLATKI SCHODOWEJ. 54
3.4. DEFINIOWANIE KONDYGNACJI +7,0 55
3.5. DEFINIOWANIE PODPÓR KONSTRUKCJI. 56
3.6. DEFINIOWANIE OKŁADZIN 57
3.7. OBCIĄŻENIA KONSTRUKCJI 58
3.8. DEFINIOWANIE KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ. 61
3.9. GENERACJA SIATKI MES 62
3.10. WYMIAROWANIE ŻELBETOWYCH PŁYT STROPOWYCH 63
3.10.1. ZBROJENIE TEORETYCZNE 63
3.10.2. ZBROJENIE RZECZYWISTE 63
3.11. WYMIAROWANIE PODCIĄGU 65
3.12. WYMIAROWANIE ŻEBRA 67
3.13. WYMIAROWANIE SŁUPA POŚREDNIEGO 68
3.14 WYMIAROWANIE STÓP FUNDAMENTOWYCH 69
3.14.1. WYMIAROWANIE STOPY POŚREDNIEJ 69
3.14.2. WYMIAROWANIE STOPY SKRAJNEJ 69
3.15. WYKONYWANIE RYSUNKÓW KONSTRUKCJI PRZY WYKORZYSTANIU PROGRAMU RCAD v.5 69
3.16. IMPORT KRZYŻY ZBROJENIA PŁYTY 72

4. PROJEKTOWANIE WIĘŹBY DACHOWEJ 77

4.1. GEOMETRIA WIĘŹBY 77
4.2. OBCIĄŻENIA KONSTRUKCJI 80
4.3. WYMIAROWANIE KONSTRUKCJI 83

5. ROBOT EXPERT 84

5.1. KALKULATOR STALI 84
5.2. SŁUP O PRZEKROJU ZŁOŻONYM ŚCISKANY OSIOWO OBUSTRONNIE PRZEGUBOWO PODPARTY 89
5.3. KALKULATOR ŻELBETU 93

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

WSTĘP

Od czasu, kiedy autor niniejszego skryptu zaczął projektować konstrukcje, minęło lat prawie czterdzieści. Projektanci, w tamtych czasach, wykorzystywali w swojej pracy, do liczenia konstrukcji, suwak logarytmiczny, później kalkulator. Konstrukcję rysowało się ołówkiem na kalce, a następnie kreślarz przenosił „ołówek" do „tuszu". W użyciu był grafion, grafos i nieraz rapidograf. Ręce były „po łokcie" ubrudzone tuszem Rysunki wykonywało się na deskach kreślarskich, rajzbretach i kulmanach.

Od tamtych czasów świat stanął na głowie. Deski kreślarskie zastąpił dobrze oprogramowany komputer i sprawny ploter. Zniknął, tak popularny wtedy, zawód kreślarza. Współcześnie projekty budowlane mogą wykonywać tylko dobrze przygotowani zawodowo inżynierowie.

Automatyzacja projektowania została wymuszona przez coraz szybsze tempo życia i silną konkurencję. Niejednokrotnie projekt budowlany trzeba złożyć w terminie kilku dni od zlecenia. W zamierzchłych czasach projekt żelbetowego budynku szkieletowego, biuro projektów wykonywało rok. Taki sam projekt współczesny projektant jest w stanie wykonać w ciągu kilku dni.

Tę gwałtowną zmianę technologii projektowania zawdzięczamy wszechobecnej komputeryzacji.

Niniejszy skrypt jest próbą przybliżenia studentom i inżynierom projektantom najnowocześniejszego programu komputerowego do projektowania konstrukcji, jakim jest „Robot Millennium".

Dlaczego próbą? Skrypt, który autor przekazuje studentom i inżynierom projektantom, jest zaledwie muśnięciem możliwości, jakie daje program Robot Millennium. Podane w skrypcie przykłady są wybrane przez autora ze względu na ich stosunkowo najczęstsze zastosowanie. Jednocześnie skrypt zawiera procedury, których znajomość jest wymagana od studentów trzeciego i czwartego roku Wydziału Nauk Technicznych - Budownictwo Uniwersytetu Warmińsko Mazurskiego do zaliczenia przedmiotu „Komputerowe wspomaganie projektowania" oraz przedmiotu „Konstrukcje stalowe". Skrypt może być również pomocny dla inżynierów projektantów zajmujących się projektowaniem konstrukcji stalowych, żelbetowych i drewnianych. W książce znajdują się procedury projektowania hali stalowej, szkieletowego budynku żelbetowego i drewnianej (płatwiowo-kleszczowej) więźby dachowej. Skrypt zawiera również procedury stosowania kalkulatorów programu Robot Millennium. Dla konstrukcji żelbetowej i stalowej, analizowane konstrukcje w programie Robot Millennium, zostały wyeksportowane do programów RCad Stal i RCad Żelbet i podano procedury automatycznego pozycjonowania oraz wykonywania rysunków warsztatowych i konstrukcyjnych analizowanych konstrukcji.

Program „Robot Millennium" jest produktem polskim. Został stworzony przez firmę RoboBat z Krakowa. Autorzy programu są programistami i jednocześnie inżynierami konstruktorami. Stworzyli program konkurencyjny na światowym, trudnym rynku programów wspomagających projektowanie konstrukcji. Program, ze względu na swoja komplementarność, jest programem trudnym do opanowania. Przeznaczony jest dla wielu dziedzin budownictwa, mostownictwa, dynamiki budowli. Rozwiązuje problemy geometrii konstrukcji boolowskich. Rozwiązuje problemy według norm kilkunastu krajów i według Eurocodów. Jest programem, który analizuje najbardziej skomplikowane problemy inżynierskie. Analiza konstrukcji jest przeprowadzana w oparciu o MES. Projektant ma możliwość wyboru kilku solverów do analizy konstrukcji.

Niestety nie wszystkie interesujące problemy i zagadnienia inżynierskie zostały opracowane w wersjach 17.0 i 18.0. Mało jest różnych typów połączeń prętów ram często stosowanych w praktyce, zbrojenie rzeczywiste płyt jest bardzo skomplikowane i przeważnie konstrukcja jest przezbrojona. Projektanci narzekają na brak możliwości obciążenia pręta obciążeniem turbulentnym od wiatru.

Program jest ciągle doskonalony. Co pół roku powstają nowe wersje programu. Problemy i zagadnienia interesujące projektantów są systematycznie rozwiązywane.

Oddając do rak czytelników niniejszy skrypt, autor ma nadzieję, że przybliży on projektantom trudny w użyciu, ale dający dużo satysfakcji z pracy, program Robot Millennium

dr inż. Stefan Dominikowski

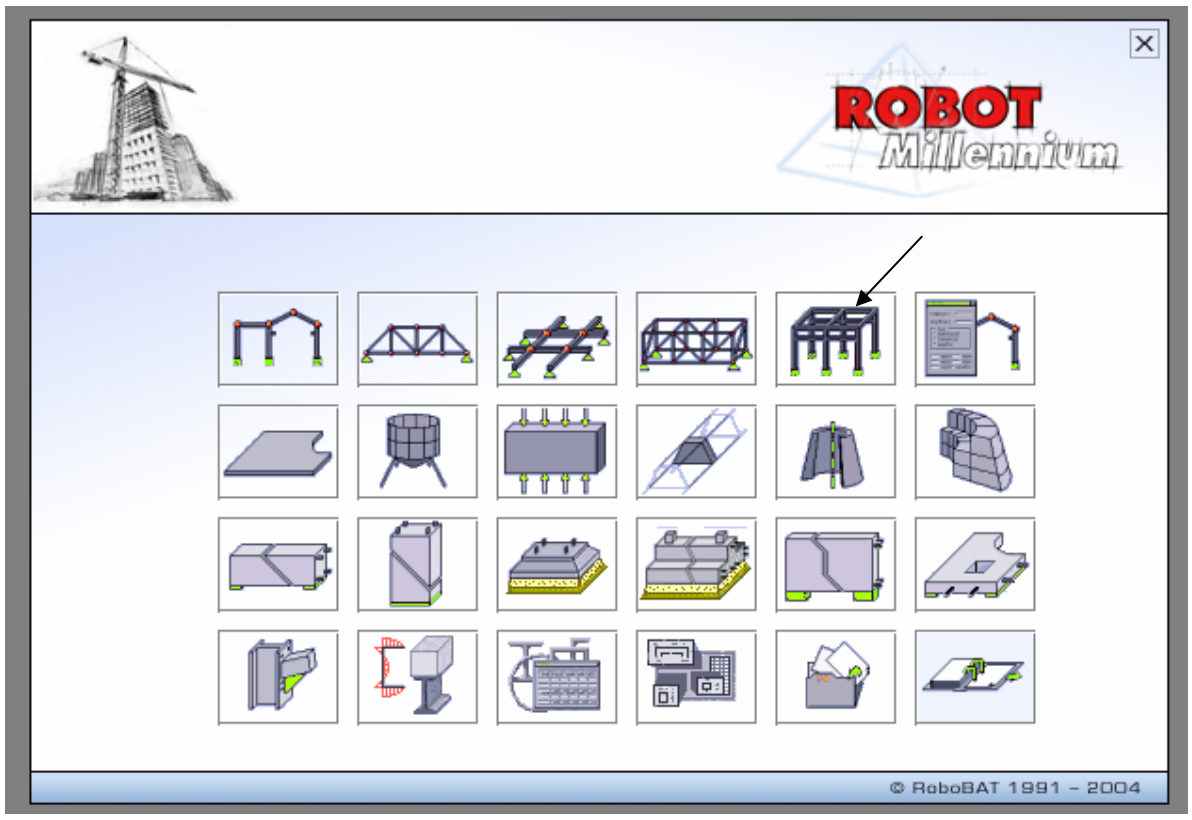
Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

1. PROCEDURA PROJEKTOWANIA HALI STALOWEJ

W niniejszym rozdziale zostaną przedstawione procedury projektowania stalowej hali jednonawowej przy wykorzystaniu programu „Robot Millennium”

Przykład (Procedura rama przestrzenna)

Zaprojektować jednonawowa hale stalową w Olsztynie, o rozpiętości *L=20,0 m*. Wysokość hali w okapie $h_1 = 6{,}0\ m$.; wysokość hali w kalenicy $h_2 = 8{,}0\ m$. Rozstaw ram *a=5,0 m.* Przyjąć układ jednokrotnie statycznie niewyznaczalny z przegubowym oparciem ram w stopach fundamentowych.



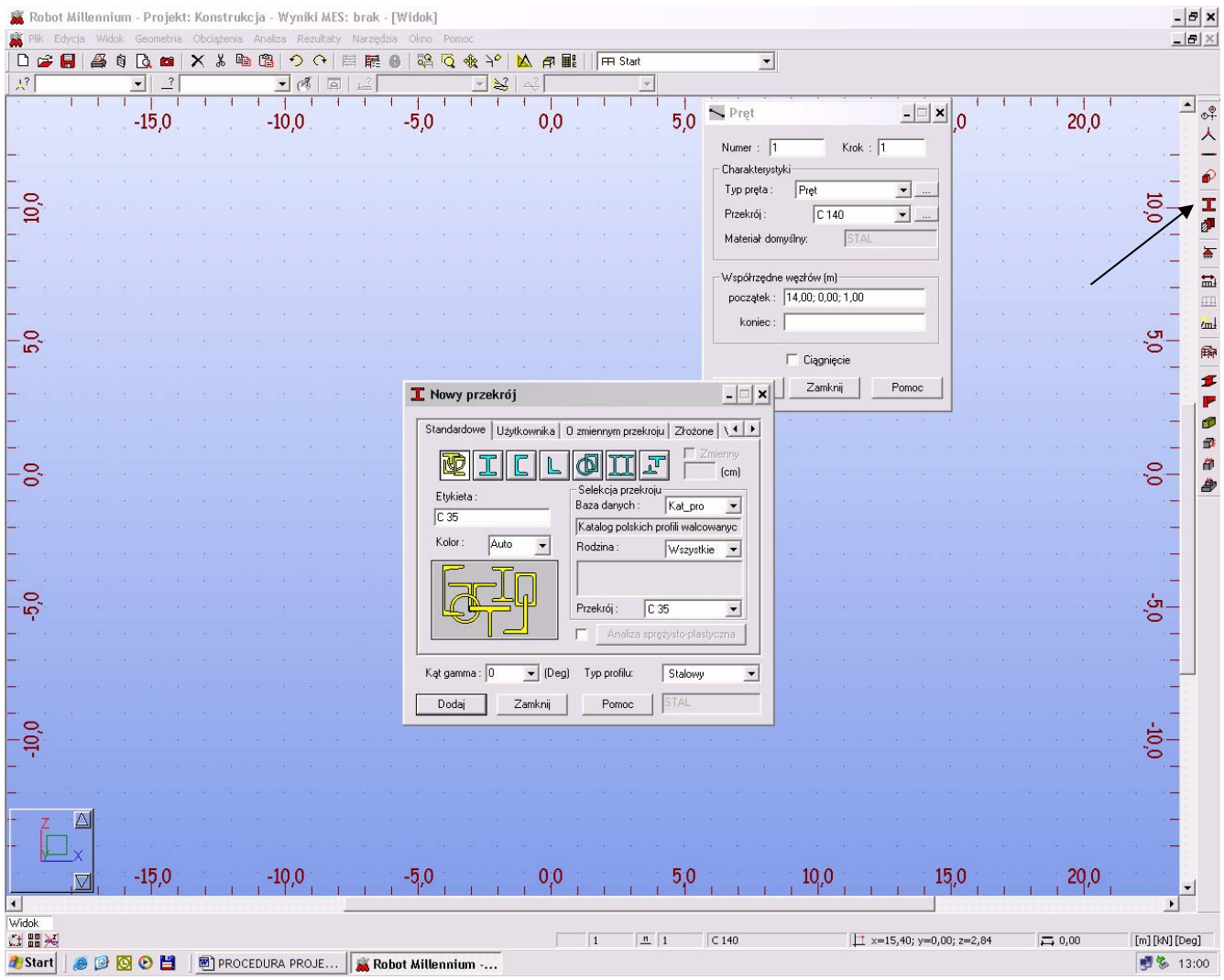
Po otwarciu programu Robot Millennium otworzyć okienko zaznaczone strzałka.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

1.1 PRZYJMOWANIE PRZEKROJÓW

lm – oznacza lewy klawisz myszy

pm – oznacza prawy klawisz myszy



lm-geometria-pręty (w otwartym okienku – baza danych – kat pro -lm przekrój „...") albo na prawym słupku narzędzi okienko oznaczone strzałką. Poniższą procedurę można również przeprowadzić klikając: Geometria-charakterystyki-profile prętów (lewy górny róg otwartego okienka „nowy" i dodać przekrój, który chcemy uwzględnić w projektowanej hali.

Wybrać okienko „symetryczny dwuteownik"

lm rodzina-HEB – przekrój HEB200 (dodaj), HEB220 (dodaj), HEB240 (dodaj), HEB260 (dodaj) etc..

lm rodzina „ceownik"; analogicznie wybrać [100, [120, [140

lm rodzina „rurowy"; analogicznie wybrać RKA100/100/4

lm „typ profilu" – stalowy; kąt gamma 0

zamknij

Wybrano profile, które będziemy stosować do projektowania hali

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

1.2 DEFINIOWANIE GEOMETRII HALI

Definiowanie prętów ramy hali:

lm-geometria-pręty

lm „typ pręta” wybrać „słup”

lm „przekrój” wybrać HEB200 (jest to przekrój, który zamierzamy zastosować w słupach projektowanej hali

Korzystając z siatki możemy określić współrzędne początku i końca słupa klikając lm w odpowiednie węzły siatki. Można również podać współrzędne początku i końca słupa wpisując je w podświetlone na zielono okienko pamiętając, że **separatorem oddzielającym współrzędne punktu, (wektora) w programie Robot jest spacja albo średnik, natomiast separatorem dziesiętnym (oddzielającym całości od ułamka) w programie Robot jest przecinek.**

W przykładzie ustalamy, że oś „z” ramy będzie przecinała kalenicę (rama będzie symetryczna wzgledem osi „z”).

lm -10;0 (podstawa słupa); lm -10;6 (głowica słupa)

lm +10;0 (podstawa drugiego słupa); +10;6 (głowica drugiego słupa)

Zamknąć okno „pręt”

Zdefiniowano słupy HEB200 ramy hali

W ciągle otwartym okienku „pręt” lm „typ pręta” wybieramy „belka”; lm „przekrój” HEB260

Definiowanie rygli ramy:

lm -10;6 - 0;8 (lewy rygiel)

lm 0;8 - +10;6 (prawy rygiel)

Zdefiniowano rygle HEB260 ramy hali.

Definiowanie podpór ramy hali

lm- geometria-podpory-definicja nowej podpory (lewy górny róg otwartego okna)

Definiowanie podpory przegubowej

Po otwarciu okna „Definicja podpory”

lm etykieta (nazwa) podpory (np „hala”)

z sześciu więzi zostawiamy zablokowane przesunięcia „U_x”;„U_y” „U_z” natomiast zwalniamy obroty podpory „R_x”; „R_y”; „R_z”.

lm – dodaj-zamknij

Zdefiniowana podpora „hala” pojawi się w oknie „podpory”

lm – hala (kursor zmieni wygląd na przypisany podporze „hala”)

lm w węzły podstawy słupa (pojawiają się symbole podpór słupów)

Przypisano podpory przegubowe zdefiniowane jako „hala” słupom ramy projektowanej hali

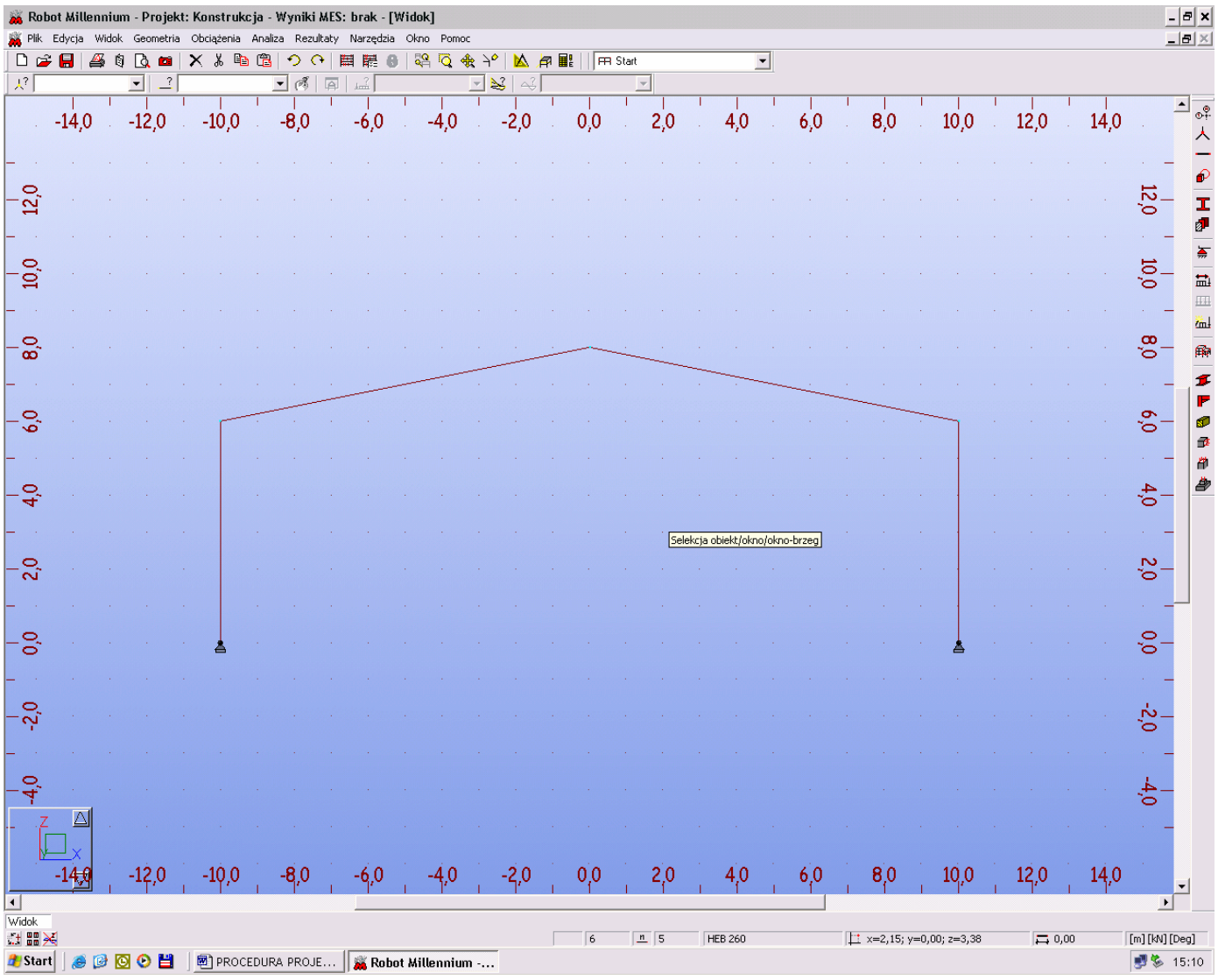
Można również zdefiniować ramę hali definiując np. lewy słup, lewy rygiel i podporę, a następnie zaznaczyć zdefiniowane elementy i:

pm „edycja”-edytuj-lustro pionowe

Wiedząc, że symetria jest pionowa (względem osi przechodzącej przez kalenicę, wystarczy raz kliknąć lm w węzeł kalenicy, a zaznaczone elementy będą skopiowane. W przypadku braku zaznaczenia elementów do skopiowania, program zapyta czy kopiować całą konstrukcje. Wystarczy potwierdzić i konstrukcja będzie skopiowana względem osi przechodzącej przez kalenicę.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

Po wykonaniu powyższych operacji monitor będzie wyglądał jak na poniższym rysunku:



Definiowanie węzłów, do których będą przypisane płatwie i rygle lekkiej obudowy

Zaznaczamy lewy rygiel ramy

lm edycja – podział

W otwartym oknie „Podział” zaznaczamy „w odległości”

W podświetlone na zielono okienko wpisujemy odległość pierwszego węzła, w którym przyłożymy pręt płatwi (np. 0,2m). Zbliżamy kursor do węzła, od którego będzie odmierzana przyjęta odległość. Na ryglu pojawią się strzałki, które wskazują kierunek, w którym narastająco będzie odmierzana odległość. Kliknięcie lm przypisze węzeł w odległości 0,2 m od połączenia słup-lewy rygiel. Węzeł wyświetli się na ryglu. Podobnie postępujemy z pozostałymi węzłami, w których będą zaczepione płatwie (0,2; 2,2; 4,2; 6,2; 8,2; 9,6)

Identycznie postępujemy z drugim ryglem, rozpoczynając od połączenia prawego słupa z prawym ryglem.

Podobnie postępujemy przy przypisywaniu węzłów, do których będą przypisane rygle lekkiej obudowy. Na potrzeby niniejszego przykładu, podzielmy oba słupy na 3 równe części.

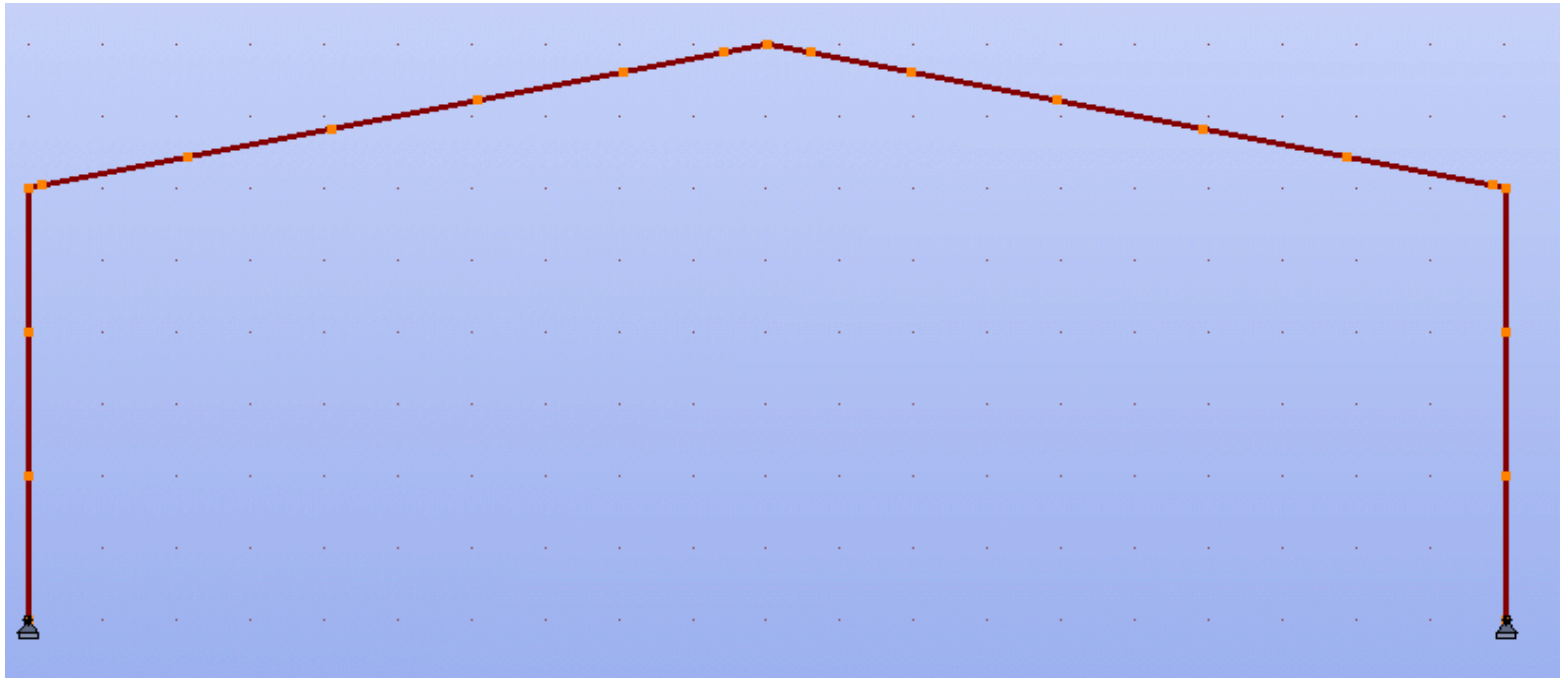
Zaznaczamy oba słupy

edycja-podział-podział na n części

W podświetlone na zielono okienko wpisujemy liczbę 3

Słupy zostały podzielone na 3 równe części

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone



Rama, z zaznaczonymi węzłami wygląda jak na rysunku

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

1.3 Definiowanie hali 3d

Zaznaczamy całą ramę poprzez obszar zaznaczenia określony w ten sam sposób, w jaki określa się obszar zaznaczenia w AutoCadzie: lm w prawy dolny róg prostokątnego obszaru zaznaczenia, trzymając lewy klawisz myszy, określamy lewy górny róg obszaru zaznaczenia. Zaznaczą się te elementy, które niekoniecznie muszą całe znaleźć się w obszarze zaznaczenia oraz te, które całkowicie znalazły się w obszarze zaznaczenia. Rozpoczynając definiowanie obszaru zaznaczenia od lewego górnego rogu, a kończąc w prawym dolnym rogu zaznaczymy tylko te elementy, które całkowicie znajda się w obszarze zaznaczenia.

Po zaznaczeniu całej ramy, klikamy:

lm edycja-edytuj-przesuń

W otwartym oknie „Translacja” definiujemy współrzędne wektora przesunięcia:

Chcemy, żeby program skopiował zdefiniowaną ramę 5 razy, założony rozstaw ram a=5,0 m

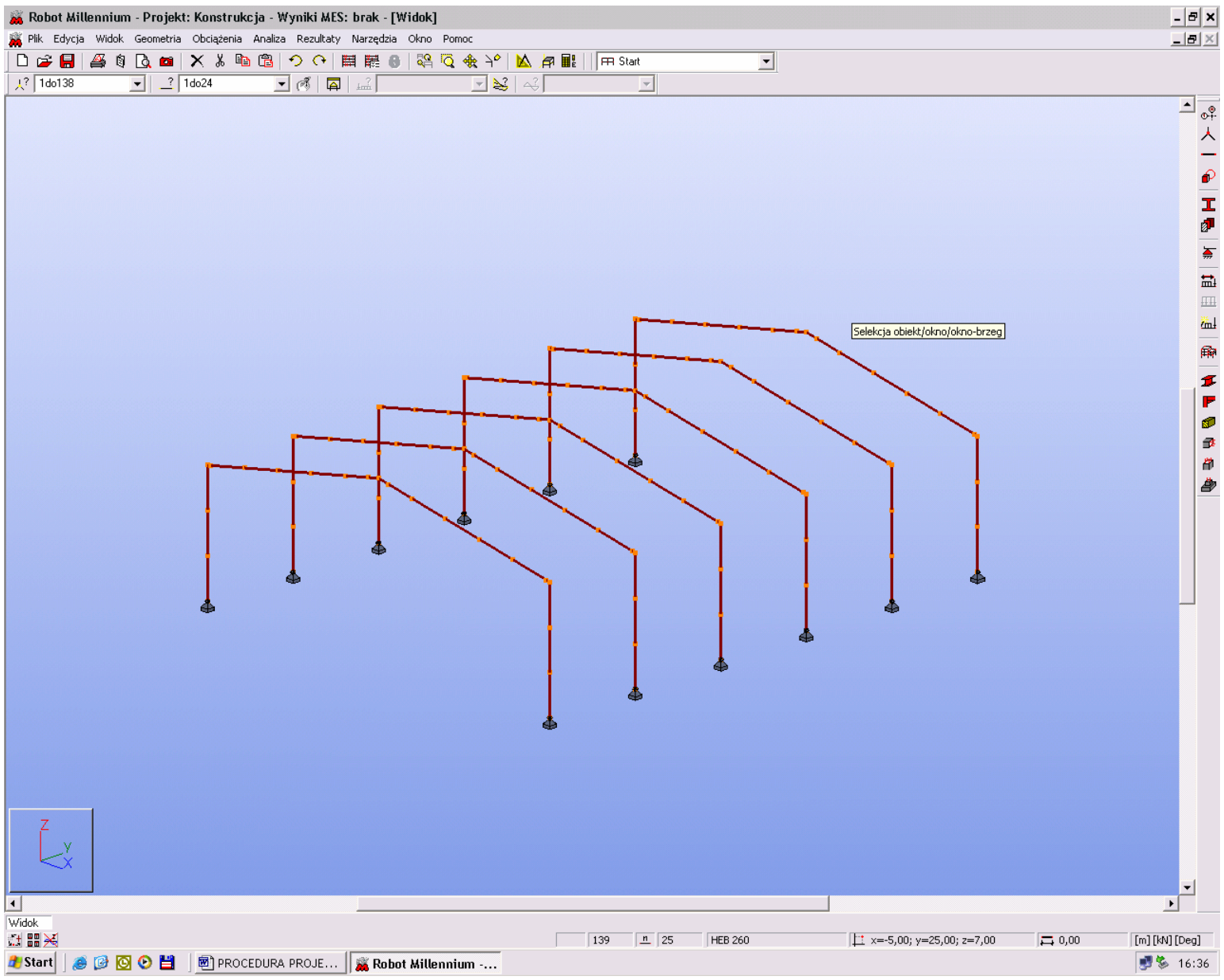
Wpisujemy w podświetlone na zielono okno, współrzędne wektora przesunięcia (0;5;0)

Tryb edycji – kopiowanie, ilość powtórzeń 5.

lm wykonaj-zamknij

lm widok-rzutowanie-3dxyz

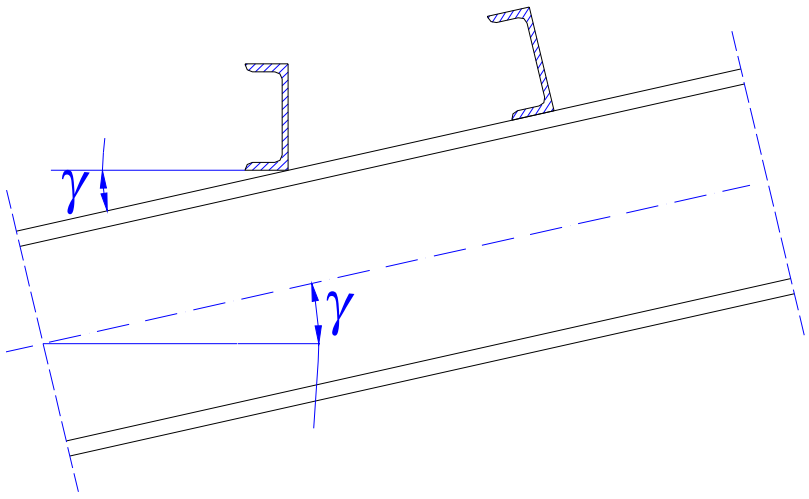
Po wykonaniu powyższych operacji ekran monitora będzie wyglądał jak na poniższym rysunku:



Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

1.4 Przypisanie, zaznaczonym na ryglach węzłom, prętów płatwi.

Ponieważ projektujemy hale w tzw. globalnym układzie współrzędnych, więc przekroje prętów płatwi przypisują się wzdłuż osi współrzędnych (jak na rysunku poniżej)



„Ułożenie" dolnej półki płatwi na ryglu polega na obrocie przekroju płatwi o kąt γ. Jest to operacja kłopotliwa, ponieważ trzeba ją przeprowadzić osobno dla wszystkich przekrojów płatwi. Należy najpierw wprowadzić pręty wszystkich płatwi, a następnie (zaznaczając poszczególne pręty płatwi) obrócić je o kat γ, który jest katem nachylenia rygla do osi x.

Operacje tę wykonuje się następująco:

Wprowadzić pręty płatwi:

lm „pręty", wybrać [120 i przypisać ten pręt węzłom zaznaczonym na ryglach

Następnie:

lm geometria-charakterystyki-kąt gamma

W otwartym oknie „kąt gamma"- wartości specjalne-lm dowolny kąt

Wpisać kąt gamma równy katowi nachylenia rygla do osi x-x

Podświetlić okno „lista prętów". Zaznaczać (trzymając Ctrl) pręty, które maja być obrócone. Numery zaznaczonych prętów wpiszą się w czynne okienko. Pręty zostaną obrócone o zadany kąt γ. Należy pamiętać, że operację powyższą można stosować tylko do płatwi znajdujących się na jednej półpołaci dachowej. Zastosowanie powyższej operacji do obu półpołaci dachowych doprowadzi do błędnego ułożenia płatwi na ryglach, ponieważ półki płatwi na drugiej półpołaci dachowej będą nachylone do osi rygli pod kątem 2γ. Operacje obrotu płatwi o kąt γ, należy przeprowadzać dla obu półpołaci dachowych niezależnie.

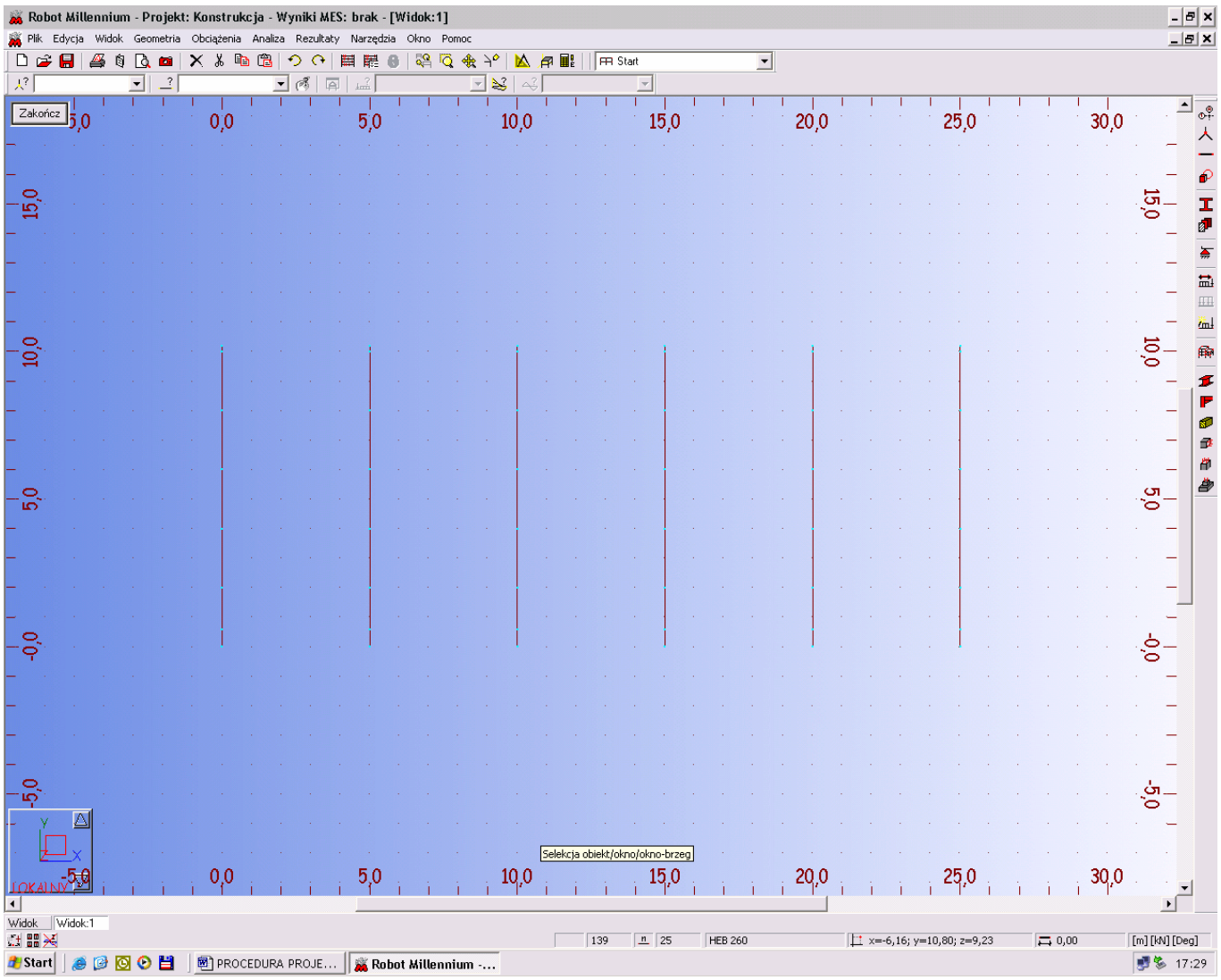
Znacznie prościej, obrót płatwi o kat γ, można przeprowadzić wprowadzając tzw. lokalny układ współrzędnych. Procedura polega na doprowadzeniu układu współrzędnych do takiego, w którym jedna z osi będzie „prostopadła" do ekranu monitora. Wtedy pozostałe osie współrzędnych będą „leżały" w płaszczyźnie monitora i γ=0. Nie ma, więc potrzeby obracać prętów płatwi, ponieważ ich dolne półki będą „leżały" na górnych półkach rygli.

Zastosujmy tę procedurę do naszego projektu.

lm widok-praca 3D-definicja układu lokalnego przez 3 punkty.

Otwiera się okno „Definicja układu lokalnego", w którym określamy trzy punkty definiujące płaszczyznę pracy dla jednej półpołaci dachowej. Te punkty można wyznaczyć klikając lm w punkty leżące na przewidywanej płaszczyźnie, albo wpisać współrzędne tych punktów w podświetlone na zielono okienka. W naszym projekcie te trzy punkty maja następujące współrzędne: (0;0;8); (0;25;8); (0;25;6). Po wpisaniu współrzędnych trzech punktów, albo po wyznaczeniu ich kursorem monitor będzie wyglądał jak na poniższym rysunku (widać tylko rygle prawej półpołaci):

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone



W lewym górnym rogu monitora wyświetla się informacja, że pracujemy w lokalnym układzie współrzędnych, z którego możemy przejść do globalnego układu współrzędnych klikając lm „zakończ”.

Pręty płatwi możemy teraz wstawić z zerowym kątem gamma.

Wstawianie prętów płatwi (praca w lokalnym układzie współrzędnych)

Usuwamy siatkę:

lm „widok”-siatka-włącz/wyłącz

lm geometria-„pręty” (albo wybrać lm pręty z paska narzędzi po prawej stronie ekranu)

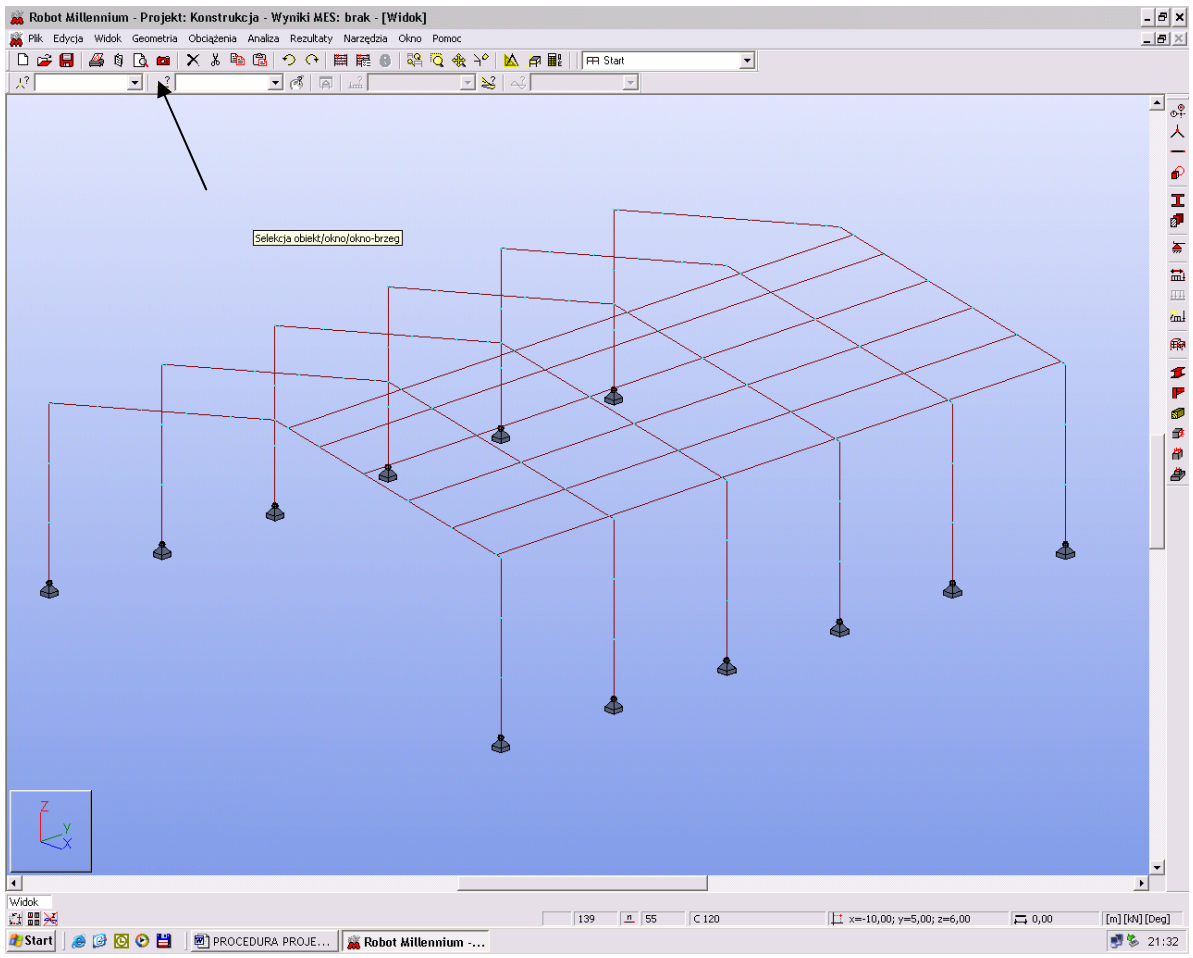
w oknie pręt wybrać „typ pręta” „pręt”

lm „przekrój”-„C120” (kursor zmienia wygląd)

lm w miejscach, w które wprowadziliśmy węzły, klikamy wprowadzając pręty płatwi. Dla uproszczenia pracy możemy zaznaczyć okienko „ciągnięcie”, pamiętając żeby wyłączyć ciągnięcie przy przechodzeniu do następnego rzędu płatwi.

Klikamy „zakończ” w lewym górnym rogu ekranu, przechodząc z lokalnego układu współrzędnych do globalnego układu współrzędnych. Ekran monitora wygląda tak jak na rysunku poniżej.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone



Procedurę wprowadzenia prętów płatwi na drugiej półpołaci dachowej możemy powtórzyć, ale można również skopiować płatwie z pierwszej półpołaci na druga:

W tym celu należy wyselekcjonować pręty, które chcemy skopiować klikając zakładkę „wybór prętów” (wskazana strzałką na rysunku powyżej). Wyświetliło się okno „selekcja prętów”.

lm w okienko zaznaczając „C120”

lm w okienko z dwiema strzałkami powoduje zaznaczenie wszystkich prętów C120.

lm „zamknij”

lm edycja-edytuj-symetria płaszczyznowa. (wyświetla się okienko „symetria płaszczyznowa”)

W oknie „symetria płaszczyznowa” definiujemy współrzędne punktów, przez które przechodzi płaszczyzna symetrii dla zaznaczonych prętów płatwi. Można również wskazać te trzy punkty klikając na odpowiednie węzły lm. Dwa z trzech punktów można zaznaczyć kursorem, leżące na kalenicy i mające współrzędne (0;0;8); (0;25;8), natomiast trzeci punkt, definiujący płaszczyznę symetrii, ma współrzędne (0;0;0). Współrzędne trzeciego punktu wpisujemy w trzecie podświetlone na zielono okienko. Po wpisaniu współrzędnych trzeciego punktu lm „wykonaj”-„zamknij”. Płatwie z prawej półpołaci dachowej zostały skopiowane na lewą półpołać dachową.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

1.5 Definiowanie prętów rygielków lekkiej obudowy

Ponieważ przekroje prętów rygielków lekkiej obudowy mocuje się do słupów pod katem γ=0, więc niekoniecznie trzeba przechodzić z globalnego układu współrzędnych do układu lokalnego.

lm „pręty”

W oknie „pręt” pozostawiamy typ pręta „pręt”, w zakładce „przekrój” wybieramy RKA100/100/4 i wprowadzamy pręty rygielków „zaczepiając” je w węzłach, które zdefiniowaliśmy dzieląc słupy na 3 części. Pręty rygielków wprowadzamy na jednej stronie, a następnie, znaną procedurą „symetria płaszczyznowa”, kopiujemy je na druga stronę (współrzędne punktów określających płaszczyznę symetrii są takie same jak w przypadku kopiowania płatwi).

Definiowanie słupów i rygielków lekkiej obudowy w ścianach szczytowych

Powracamy do widoku 2D w płaszczyźnie osi z-x

lm „widok”-rzutowanie-Zx

lm „widok”-siatka-włącz/wyłącz (wprowadzamy na ekran siatkę)

lm „pręt”

„typ preta”- „słup”

„przekrój”-HEB200

W miejscach określonych przez architekta (bramy wjazdowe, drzwi etc.) wprowadzamy, wpisując współrzędne spodu i wierzchu słupów pośrednich.

lm typ pręta-„pręt”

lm przekrój RKA100/100/4 (wprowadzamy pręty rygielków lekkiej obudowy)

1.6 WPROWADZENIE PODPÓR SŁUPÓW ŚCIAN SZCZYTOWYCH

lm „geometria”-podpory (wybieramy podporę przegubowa „hala”)

Przypisujemy podporę przegubowa „hala” słupom pośrednim ścian szczytowych. Zamykamy okno „Pręt”. Przechodzimy do widoku 3Dxyz.

Procedurę powtarzamy dla drugiej ściany szczytowej. W niniejszym ćwiczeniu skopiujemy pręty pierwszej ściany szczytowej na drugą, pamiętając, że konstrukcja hali zależy od technologa i architekta i konstrukcja ścian szczytowych niekoniecznie musi być identyczna (inny układ słupów, rygielków lekkiej obudowy, bram itp).

Zaznaczamy obszarem zaznaczenia wszystkie pręty pierwszej ściany szczytowej (wraz z podporami, ale bez słupów i rygli głównych). Po zaznaczeniu:

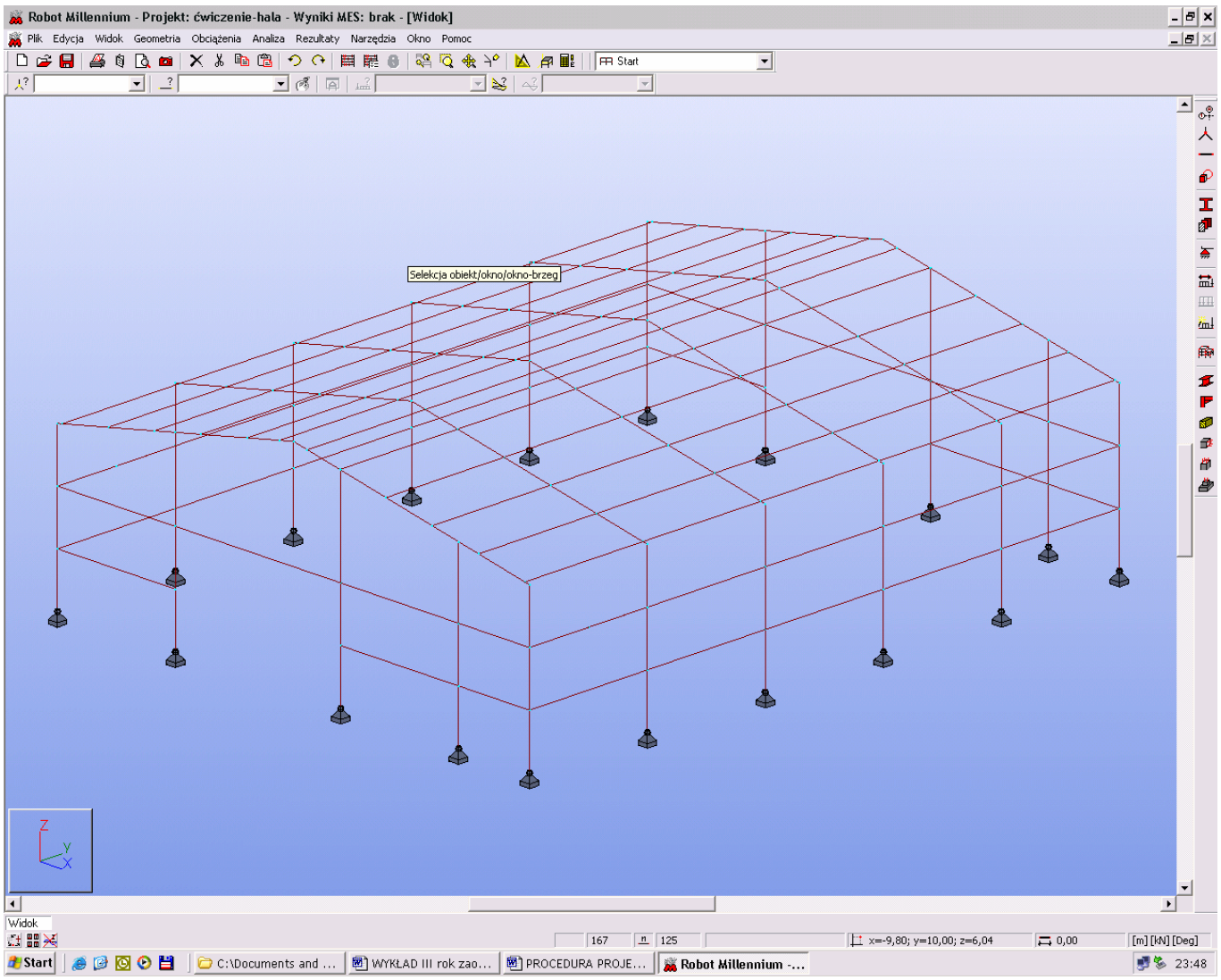
lm edycja-edytuj-przesuń

Zaznaczamy kopiowanie i wpisujemy współrzędne wektora translacji (0;25;0)

Pręty ścian szczytowych zostaną skopiowane na druga ścianę szczytową. Zamknąć okno „Translacja”

Ekran monitora będzie miał wygląd jak na rysunku poniżej.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone



Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

1.7 Definiowanie stężeń

PN-90/B-03200 wymaga stosowanie stężeń połaciowych poprzecznych, co najmniej w dwóch skrajnych lub przedskrajnych polach siatki podpór. Stężenia pionowe (skratowania pomiędzy dźwigarami) należy stosować, co najmniej w tych polach, w których występuje stężenie poprzeczne połaciowe. W uzasadnionych przypadkach pionowe stężenie należy stosować na całej długości dachu. Stężenia połaciowe należy stosować na całej szerokości dachu. Stężenia mogą być wykonane z prętów, które pracuję zarówno na ściskanie, jak i na rozciąganie. W naszym projekcie zastosujemy pręty stężeń pracujące wyłącznie na rozciąganie.

Projektowanie stężeń wiotkich (pracujących tylko na rozciąganie) w programie Robot Millennium polega na przypisaniu w miejscach projektowanych stężeń dowolnych prętów, a następnie przypisaniu tym prętom własności wcześniej zaprojektowanych stężeń wiotkich.

Procedura:

lm „pręty” (dowolny przekrój) wstawiamy w miejsca, w których przewidujemy pręty stężeń

lm „geometria”-charakterystyki-kable

Wyświetla się okno „kable”, w którym możemy zdefiniować własności prętów stężeń

lm okienko „nowy” (wyświetla się okno „nowy kabel”)

W podświetlony na zielono pasek wpisujemy nazwę kabla np. „stężenie”

lm podświetlamy pasek „przekrój AX” wpisujemy (wyliczony w cm^2) przekrój pręta stężenia. Projektujemy stężenia z prętów ϕ32; AX=8,04cm^2; domyślny materiał „stal” zamieniamy na 18G2-305, otwierając zakładkę przy pasku „materiał”.

Zaznaczamy w zakładce „parametry montażowe” naciąg F_0 i wpisujemy w podświetlony na zielono pasek 2,0. Oznacza to, że przewidywany, wstępny naciąg prętów wiotkich stężeń wynosi 2,0kN.

lm dodaj-zamknij

Zdefiniowaliśmy pręty stężeń wiotkich, które nazwaliśmy „stężenie”, a które ma wstępny naciąg F_0=2,0kN. Pręty wykonane są ze stali 18G2 i maja średnicę ϕ32mm. Na ekranie pozostaje otwarte okno „kable” z zaznaczonym poziomą strzałką kablem, który zdefiniowaliśmy.

lm w pręty, które zaprojektowaliśmy jako pręty stężeń; (przypisanie własności kabla „stężenie” prętom, które zaprojektowaliśmy jako stężenie).

lm zamknij okno „kable”

lm „widok”-wyświetl

Wyświetla się okno „wyświetlanie atrybutów”

Wchodzimy na zakładkę „profile” zaznaczając „szkice”

lm zastosuj-zamknij

lm „analiza”-weryfikacja

Sprawdzamy czy nie popełniliśmy błędów podczas definiowania konstrukcji. Wyświetla się okno „Weryfikacja konstrukcji”, na którym powinno być jedynie ostrzeżenie „brak przypadków obciążeniowych”, których rzeczywiście jeszcze nie zdefiniowaliśmy.

Na ekranie monitora rysunek hali będzie przedstawiany z elewacjami prętów. Ekran monitora będzie miał wygląd jak na rysunku poniżej.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

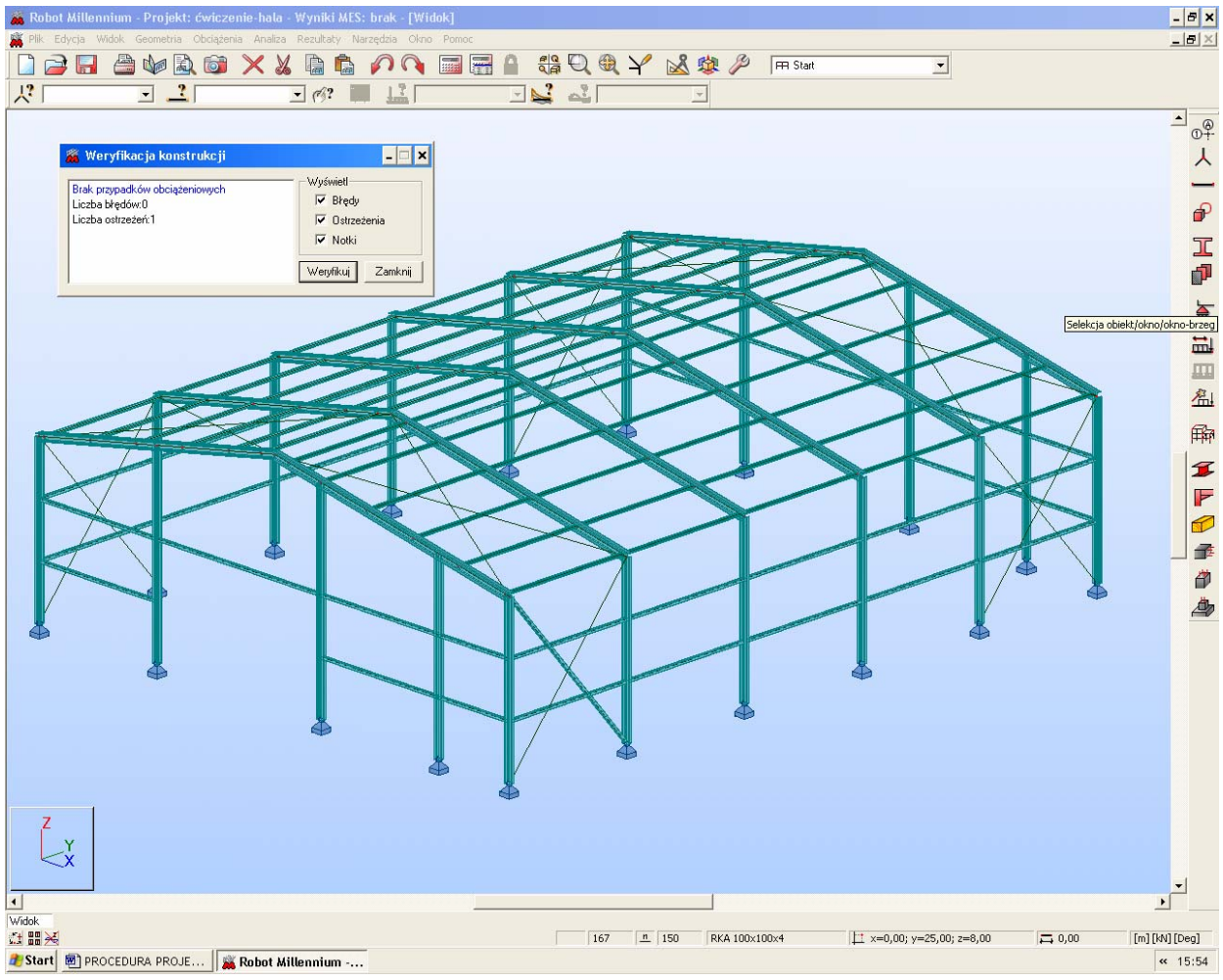
lm „zamknij” okno „weryfikacja konstrukcji”

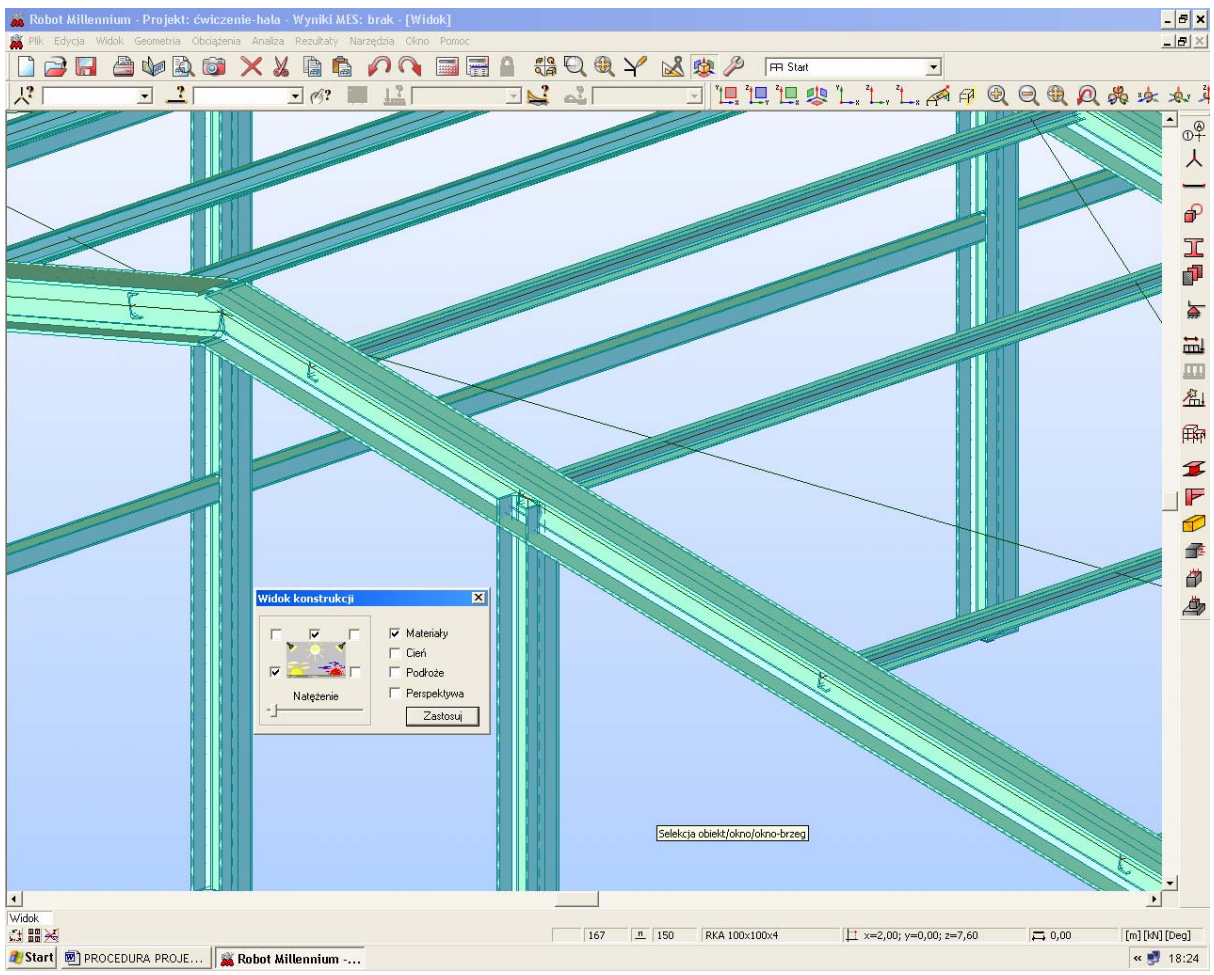
pm „okno” wybrać powiększenie dowolnego fragmentu konstrukcji, poprzez określenie tego fragmentu obszarem zaznaczenia, trzymając lm i wyznaczając obszar zaznaczenia.

lm „widok”- widok dynamiczny- prezentacja

Wyświetla się okno „widok konstrukcji”. W tym oknie możemy podświetlić konstrukcję, usunąć podłoże i obejrzeć fragment zaznaczony konstrukcji, albo całą konstrukcję, którą projektujemy.

Rendering zaznaczonego fragmentu konstrukcji pokazany jest na rysunku poniżej





Na rysunku widać przecinające się osie konstrukcji słupów, rygli i płatwi. Dla pracy konstrukcji nie ma to większego znaczenia.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

1.8 DEFINIOWANIE OFFSETÓW

Program Robot Millennium daje możliwość przesunięcia prętów do położenia, w jakim rzeczywiście pracują.

Dla wybranego fragmentu przeprowadźmy operacje przesunięcia np. płatwi na górną półkę rygla.

lm „geometria”-cechy dodatkowe-offsety

Wyświetla się okno „offsety”, w którym możemy zdefiniować wartość i kierunek przesunięcia dowolnego pręta konstrukcji względem innego pręta.

Projektujemy pręty płatwi z [120, a pręty rygli z HEB260. Żeby „umieścić” dolną półkę ceownika 120 na górnej półce rygla należy przesunąć ceownik o offset wynoszący: offset=130+60=190mm. Przesunięcie płatwi na górną półkę rygla ilustruje rysunek poniżej.

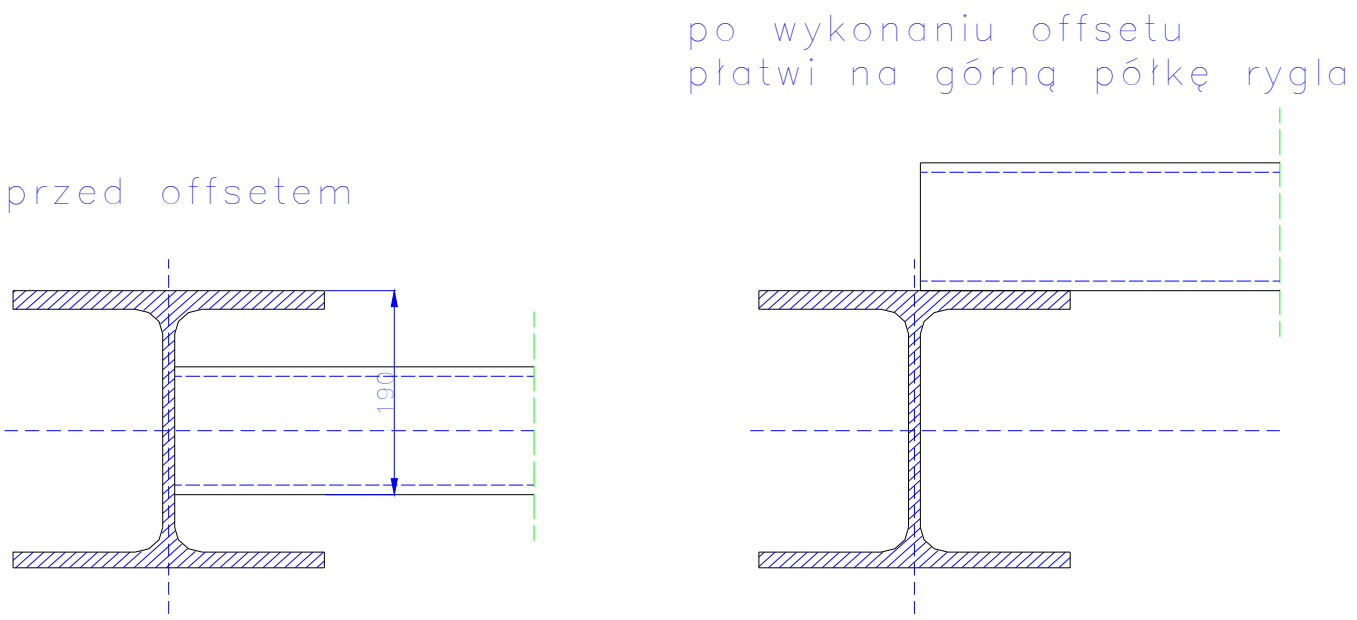
lm w okno „nowy”. Wyświetla się okno „offset”

„etykieta” np. „płatew-rygiel”

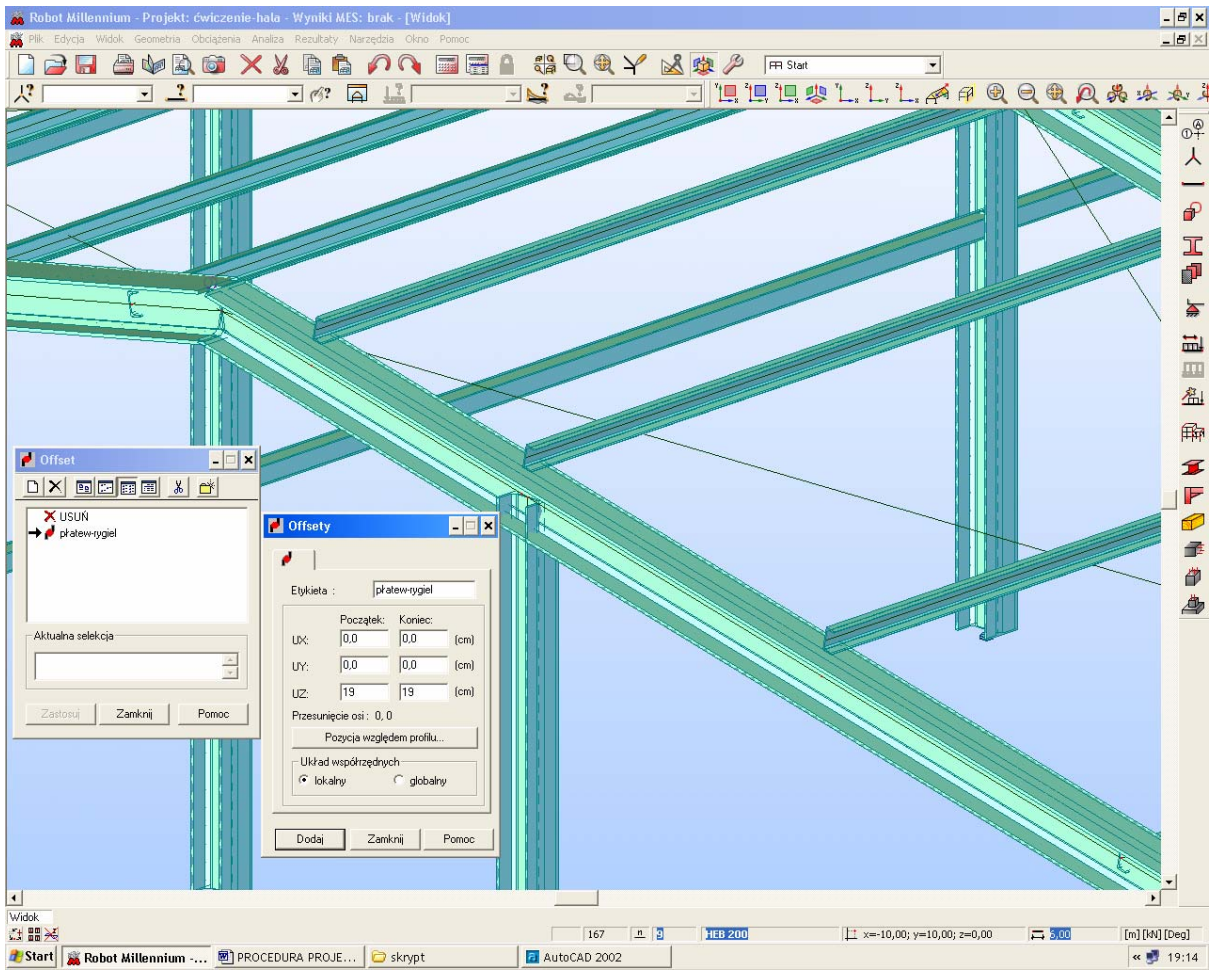
UX=0,0; UY=0,0; UZ=19 („początek” i „koniec”); lm dodaj.

Offset „płatew-rygiel” został dodany w oknie „offsety” i zaznaczony poziomą strzałką.

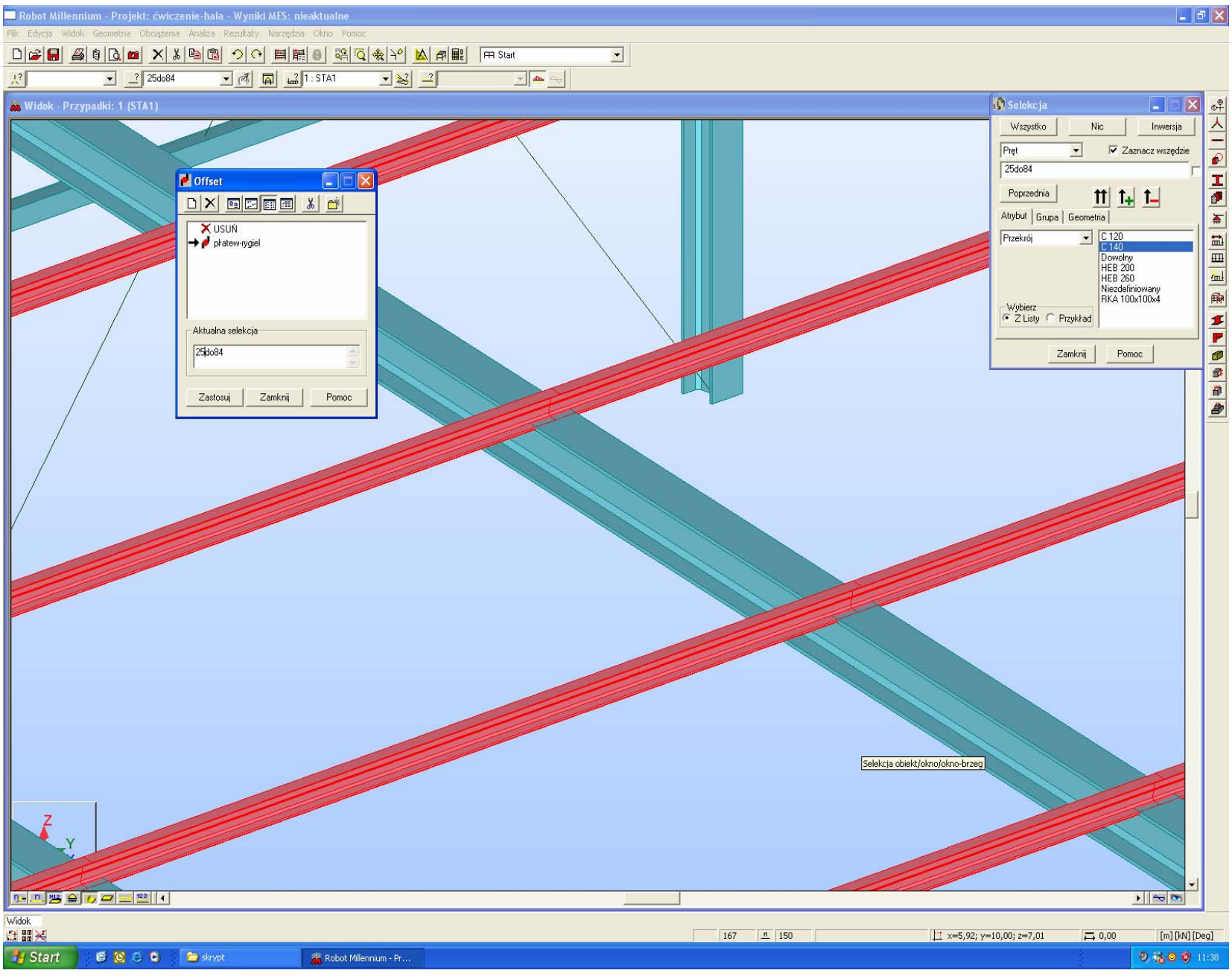
lm na płatwie, które chcemy przesunąć na górna półkę rygla. Okno „offset” lm „zamknij”, okno „offsety” lm „zamknij”.W wyniku takiej operacji płatwie znajdą się w położeniu jak na rysunku poniżej. Procedurę przeprowadziliśmy dla trzech widocznych płatwi.



Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone



Ze względu na możliwość nieprecyzyjnego określenia offsetów i na fakt, że wprowadzenie offsetów niewiele zmienia wyniki obliczeń statyczny, zaleca się przeprowadzić obliczenia dla układu konstrukcyjnego bez offsetów. Możemy również, zamiast klikać w poszczególne, pojedyncze płatwie, wprowadzić zdefiniowany offset dla wszystkich płatwi automatycznie. Po zdefiniowaniu offsetu, filtrujemy wszystkie płatwie i wklejamy w okienko dialogowe „aktualna selekcja" w oknie dialogowym „offset". Zdefiniowany offset zostanie przypisany wszystkim płatwiom. Płatwie są w położeniu jak na rysunku poniżej



Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

1.9 Definiowanie przypadków I WARTOŚCI obciążeń

lm „obciążenia”-przypadki

Wyświetla się okno „przypadki obciążeń” w którym możemy zdefiniować naturę obciążeń naszej hali.

Jeżeli chcemy, żeby program uwzględnił ciężar własny konstrukcji w obliczeniach klikamy

lm „nowy”. Program wpisze przypadek „sta1” o naturze „ciężar własny” do okienka poniżej i będzie ciężar własny konstrukcji uwzględniał w obliczeniach. Oczywiście możemy każdemu przypadkowi obciążeń przypisać nazwę (etykietę) w okienku „nazwa”.

Innymi przypadkami obciążeń, które będziemy rozpatrywać to:

śnieg - obciążenie klimatyczne

wiatr z lewej strony hali - obciążenie klimatyczne

wiatr z prawej strony hali - obciążenie klimatyczne

płyta warstwowa 100mm - obciążenie stałe

Trzeba oczywiście rozpatrywać wszystkie inne przypadki obciążeń działające na konstrukcje jak wiatr na ściany szczytowe, temperatura, obciążenia specjalne (jazda mostu suwnicy, sejsmiczne i inne). W naszym projekcie pozostaniemy przy czterech przypadkach obciążeń: ciężar własny, wiatr z lewej strony hali, wiatr z prawej strony hali i śnieg.

W otwartym oknie „przypadki obciążeń”

lm „natura”-wiatr

lm „nazwa”- wiatr z lewej-nowy

(„wiatr z lewej” został dodany jako przypadek, który będzie uwzględniony w analizie konstrukcji)

lm „nazwa”-wiatr z prawej-nowy

(„wiatr z prawej” został dodany jako przypadek, który będzie uwzględniony w analizie konstrukcji)

lm „natura”-śnieg

lm „nazwa-„śnieg”-nowy

(„śnieg” został dodany jako przypadek, który będzie uwzględniony w analizie konstrukcji)

lm zamknij w oknie „przypadki obciążeń”

Pierwszy przypadek obciążeń ciężar własny konstrukcji pod nazwą „sta1” został juz uwzględniony w analizie konstrukcji, pozostałe przypadki musimy rozpatrzeć i przypisać poszczególnym prętom, indywidualnie.

lm „obciążenie”-definicja obciążeń

Wyświetla się okno „obciążenie”

lm w zakładkę „pręt”

Po zaznaczeniu lm schematu obciążeń jednorodnie rozłożonego na pręcie, wyświetla się okno „obciążenie jednorodne”. W oknie „obciążenie jednorodne” wpisujemy w podświetlone na zielono paski dialogowe, wartości składowych obciążenia od wiatru wiejącego na lewą ścianę projektowanej hali. Wiatr będzie obciążał rygle lekkiej obudowy, poprzez które obciążenie będzie przekazywane na słupy lewej ściany hali. Wartości obciążeń wyznaczamy korzystając z PN-77/B-02011.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

Wyznaczamy:

$$p_0 = q_k \cdot C_e \cdot C \cdot \beta \cdot \gamma_f$$

$$T = 0{,}1 \cdot \frac{8{,}0}{\sqrt{25{,}0}} = 0{,}16$$

z rysunku1 z normy odczytujemy, ze konstrukcja jest niepodatna na dynamiczne działania wiatru. β=1,8

Dla Olsztyna

Parcie wiatru:

$$p_{op} = 250 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}7 \cdot 1{,}8 \cdot 1{,}3 \cong 0{,}41 kN/m^2$$

Ssanie wiatru:

$$p_{0s} = 250 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}4 \cdot 1{,}8 \cdot 1{,}3 \cong 0{,}23 kN/m^2$$

Natężenie obciążenia prętów rygli lekkiej obudowy (rozstaw rygli a=2,0m):

$$q_{parcia} = 0{,}41 \cdot 2{,}0 = 0{,}82 kN/mb$$

$$q_{ssania} = 0{,}23 \cdot 2{,}0 = 0{,}46 kN/mb$$

Wartości natężenia obciążenia śniegiem wyznaczymy korzystając z PN-80/B-02010

$$S_0 = Q_k \cdot C \cdot \gamma_f = 0{,}9 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}4 \cong 1{,}01 kN/m^2$$

Natężenie obciążenia na pręty płatwi (rozstaw płatwi $a \cong 2{,}0m$:

$$q_{sn} = 2{,}0 \cdot 1{,}01 = 2{,}02 kN/m$$

Na lewe słupy projektowanej hali będzie działało obciążenie od parcia wiatru wiejącego z lewej strony hali wzdłuż osi x-x w kierunku dodatnich wartości.

W oknie „obciążenie jednorodne” wpisujemy 0,82 w podświetlonej zakładce X. Pozostałe zakładki (Y oraz Z) pozostawiamy z zerowym obciążeniem

W lewym dolnym rogu okna „obciążenie jednorodne” lm klikamy „dodaj” (kursor zmienia wygląd). lm w pręty, które będą obciążone.

W oknie „obciążenie jednorodne” w zakładkę „X” wpisujemy 0,46. Jest to wartość natężenia obciążenia rygli lekkiej obudowy od ssania wiatru wiejącego z lewej strony hali.

lm „dodaj” wskazujemy lm pręty po prawej stronie hali, które będą obciążone wiatrem wiejącym z lewej strony hali (ssanie).

Analogicznie postępujemy rozpatrując przypadek „wiatr z prawej”. Należy pamiętać, że w przypadku „wiatr z prawej” rygle lekkiej obudowy oparte na słupach znajdujących się po prawej stronie hali będą obciążone obciążeniem o natężeniu -0,82 ponieważ wektor obciążeń od wiatru wiejącego na prawą ścianę hali będzie skierowany przeciwnie do dodatniego zwrotu osi x-x.

W przypadku trudności z wyselekcjonowaniem prętów należy obrócić halę, tak żeby można było wygodnie i jednoznacznie zaznaczyć interesujące nas pręty.

lm „widok”-widok dynamiczny-widok dynamiczny

Trzymając lm obrócić dowolnie konstrukcję.

pm –anuluj (wyjście z widoku dynamicznego). Ten sam efekt można uzyskać klikając

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

pm obrót 3D

Przypadek „wiatr z prawej” rozpatrzymy wykorzystując „tabelę obciążeń”

lm „obciążenia”-tabela obciążeń

Wyświetla się okno „obciążenia” z wpisanymi w tabelę wartościami obciążeń dla przypadku „wiatr z lewej”.

lm w kolumnie „przypadek” w pierwsze wolne okienko. Wyświetla się lista zdefiniowanych przypadków obciążeń.

Wybieramy przypadek „wiatr z prawej”; typ obciążenia (druga kolumna) pozostawiamy jako typ odpowiadający charakterowi obciążenia wiatrem.

lm zaznaczamy okienko w kolumnie „lista”. Minimalizujemy okno „tabela obciążeń”. (okno „tabela obciążeń” można ponownie otworzyć lm w lewy dolny róg ekranu, w okienko obciążenia)

Trzymając Ctrl lm w pręty, na które ma działać obciążenie parciem wiatru z prawej strony.

Otwieramy okno „obciążenia”. w kolumnie „lista” wpisane zostały numery prętów, na które działa parcie wiatru wiejącego z prawej strony hali. Wartość (-0,82) obciążenia parciem wiatru wpisujemy w kolumnę PX=0, zmieniając 0 na -0,82. Obciążenie parciem wiatru z prawej strony hali zostało przypisane rygielkom lekkiej obudowy z prawej strony hali.

Identyczną procedurę wykonujemy dla ssania wiatru wiejącego z prawej strony hali.

Identyczna procedurę wykonujemy dla przypadku „śnieg”. Korzystamy z zakładki „wybór prętów”.

lm „wybór prętów”.

Po wyselekcjonowaniu ceowników 120, jeżeli wcześniej wpisaliśmy wartość natężenia obciążenia śniegiem (-2,02) w kolumnie PZ, wartość obciążenia przypisana zostanie wszystkim płatwiom. Trzeba sobie zdawać sprawę z faktu, że płatwie skrajne (okap i kalenica) będą obciążone mniejszym obciążeniem, ponieważ „zbierają” obciążenie z węższego pasma dachu. Uproszczenie takie jest „po bezpiecznej stronie konstrukcji”. Oczywiście jest możliwość przyłożenia innego obciążenia na płatwie skrajne, ale w naszym projekcie, obciążenie na wszystkie płatwie pozostawimy jednakowe.

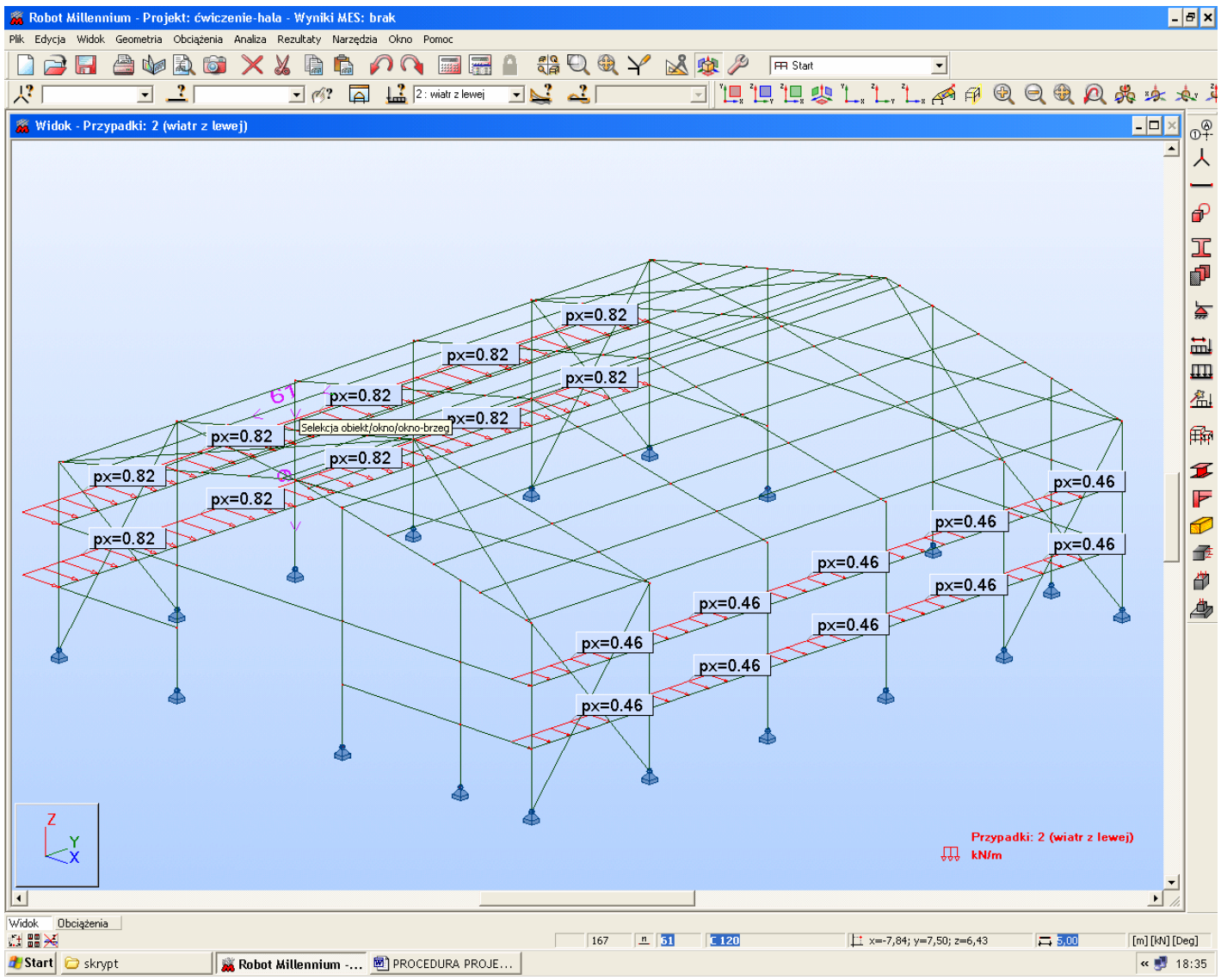
Podobnie postąpimy z przypadkiem „płyta warstwowa 100mm”

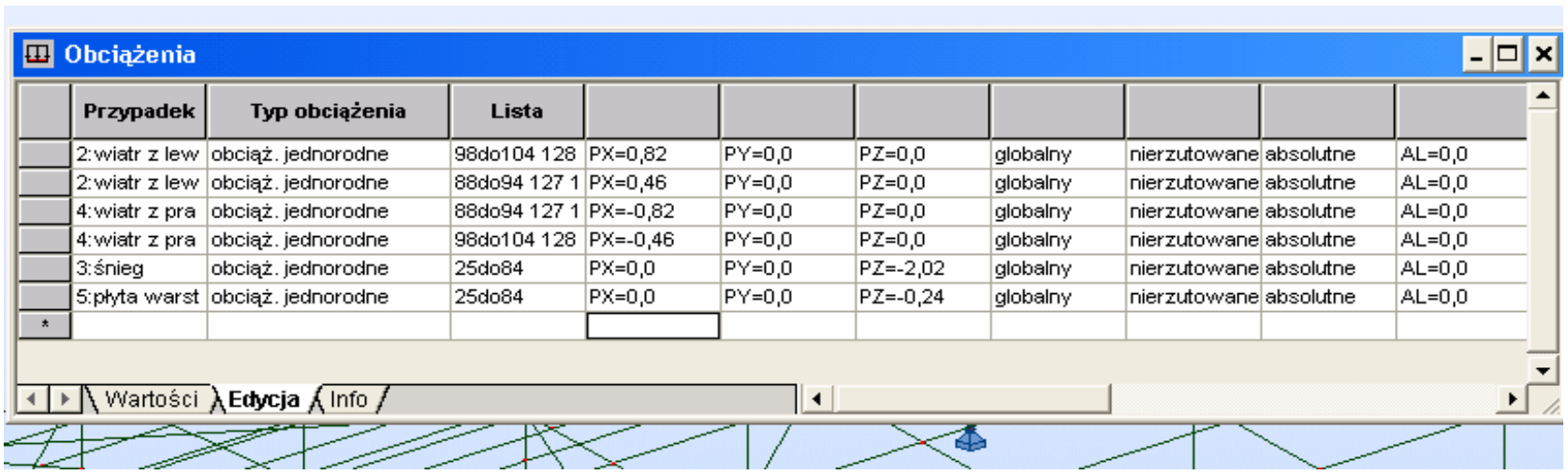
Obciążenie płyta warstwowa (Isotherm SCs 100mm) wynosi:

$$q_o = 0{,}11 \cdot 2{,}0 \cdot 1{,}1 \cong 0{,}24 kN/mb$$

Rysunek poniżej przedstawia wygląd ekranu monitora z wyświetlonym obciążeniem dla przypadku „wiatr z lewej”. Poniżej fragment tabeli obciążeń z przypisanymi prętom obciążeniami.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone





Obciążenia

	Przypadek	Typ obciążenia	Lista							
	2:wiatr z lew	obciąż. jednorodne	98do104 128	PX=0,82	PY=0,0	PZ=0,0	globalny	nierzutowane	absolutne	AL=0,0
	2:wiatr z lew	obciąż. jednorodne	88do94 127 1	PX=0,46	PY=0,0	PZ=0,0	globalny	nierzutowane	absolutne	AL=0,0
	4:wiatr z pra	obciąż. jednorodne	88do94 127 1	PX=-0,82	PY=0,0	PZ=0,0	globalny	nierzutowane	absolutne	AL=0,0
	4:wiatr z pra	obciąż. jednorodne	98do104 128	PX=-0,46	PY=0,0	PZ=0,0	globalny	nierzutowane	absolutne	AL=0,0
	3:śnieg	obciąż. jednorodne	25do84	PX=0,0	PY=0,0	PZ=-2,02	globalny	nierzutowane	absolutne	AL=0,0
	5:płyta warst	obciąż. jednorodne	25do84	PX=0,0	PY=0,0	PZ=-0,24	globalny	nierzutowane	absolutne	AL=0,0
*										

Wartości Edycja Info

Należy dodatkowo określić oddziaływanie przypadków „wiatr z lewej” i „wiatr z prawej” na ściany szczytowe. W naszym projekcie te przypadki obciążeń pominiemy.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

1.10 DEFINIOWANIE kombinacji obciążeń

Kombinacje przyjętych obciążeń można określić na dwa sposoby:

Określenie możliwych kombinacji „ręcznie”

Wykorzystanie opcji programu „kombinacje normowe”

W naszym projekcie kombinacje obciążeń określimy „ręcznie”

lm „obciążenia”-kombinacje

Wyświetla się okno „Definicja/zmiana kombinacji”

lm „ok” (Chcemy stworzyć kombinację o nazwie KOMB1 w stanie granicznym nośności)

Wyświetla się okno „kombinacje”, w którym możemy przypisać kombinacji KOMB1 logiczne obciążenia, które mogą wystąpić wspólnie. W lewym czynnym oknie mamy wyszczególnione wszystkie obciążenia, które przyjęliśmy dla naszej hali, do prawego okna operatorem „>” wprowadzimy przypadki obciążeń, których występowanie wspólne, przewidujemy w KOMB1 (STA1, śnieg, wiatr z lewej, płyta warstwowa). Ponieważ przyjmowaliśmy natężenia poszczególnych obciążeń ze współczynnikiem γ_f więc dla kombinacji obciążeń pierwszego stanu granicznego zmieniamy domyślne współczynniki na $\gamma_f=1,0$

lm w zakładkę „Definicja współczynników”. Wyświetla się okno „współczynniki kombinacyjne”, w którym możemy zmienić domyślne współczynniki γ_f na $\gamma_f=1,0$

lm „zastosuj”; „nowa”

Wyświetla się okno, w którym możemy zdefiniować następną kombinację. Potwierdzamy nazwę kombinacji KOMB2 i wpisujemy następne przypadki obciążeń występujące w kombinacji KOMB2 (STA1, wiatr z lewej, płyta warstwowa 100mm).

lm „zastosuj”; „nowa”

Analogicznie tworzymy kombinacje przypadków obciążeń

KOMB3 (STA1, śnieg, wiatr z prawej, płyta warstwowa)

KOMB4 (STA1, wiatr z prawej, płyta warstwowa)

KOMB4 zawiera przypadki obciążeń konstrukcji jeżeli wiatr w Olsztynie wieje w lipcu :-)

KOMB3 zawiera przypadki obciążeń konstrukcji jeżeli wiatr w Olsztynie wieje w śnieżnym styczniu :-)

Powyższa procedura jest przeprowadzana przez program Robot Millennium automatycznie.

lm „Obciążenia”- kombinacje normowe

Wyświetla się okno „Kombinacje normowe PN 82”

lm „oblicz”

Wszystkie możliwe kombinacje przypadków obciążeń zostaną wygenerowane przez program.

Oczywiście w oknie „Kombinacje normowe PN 82” możemy wariantować stany graniczne, dla których mają być generowane kombinacje.

Sprawdzamy, czy nie ma ostrzeżeń ani błędów konstrukcji i obciążeń:

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

lm „Analiza”-weryfikacja.

Jeżeli geometria konstrukcji oraz obciążenia wraz z kombinacjami są przyjęte prawidłowo możemy przystąpić do obliczenia konstrukcji.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

1.11 OBLICZENIE KONSTRUKCJI

lm „Analiza”- rodzaje analizy

Wyświetla się okno, w którym podana jest informacja o rodzajach analizy konstrukcji.

Dla naszej hali, ze względu na fakt, że przyjęliśmy wiotkie stężenia, których praca jest analizowana przy wykorzystaniu analizy nieliniowej, wszystkie przypadki obciążeń i kombinacje będą liczone analizą nieliniową.

lm „obliczenia” w otwartym oknie „opcje obliczeniowe”

Program kilka sekund oblicza konstrukcję. Na górze monitora pojawia się informacja: „Wyniki MES aktualne”. Równania Metody Elementów Skończonych zostały rozwiązane solverem SPARS”. Solver możemy zmienić klikając: lm „Narzędzia”- preferencje zadania i dwukrotnie lm w zakładkę „analiza konstrukcji”. Wybrać inny solver.

Możemy teraz obejrzeć wyniki:
lm „Rezultaty”- ugiecia-ekstrema globalne

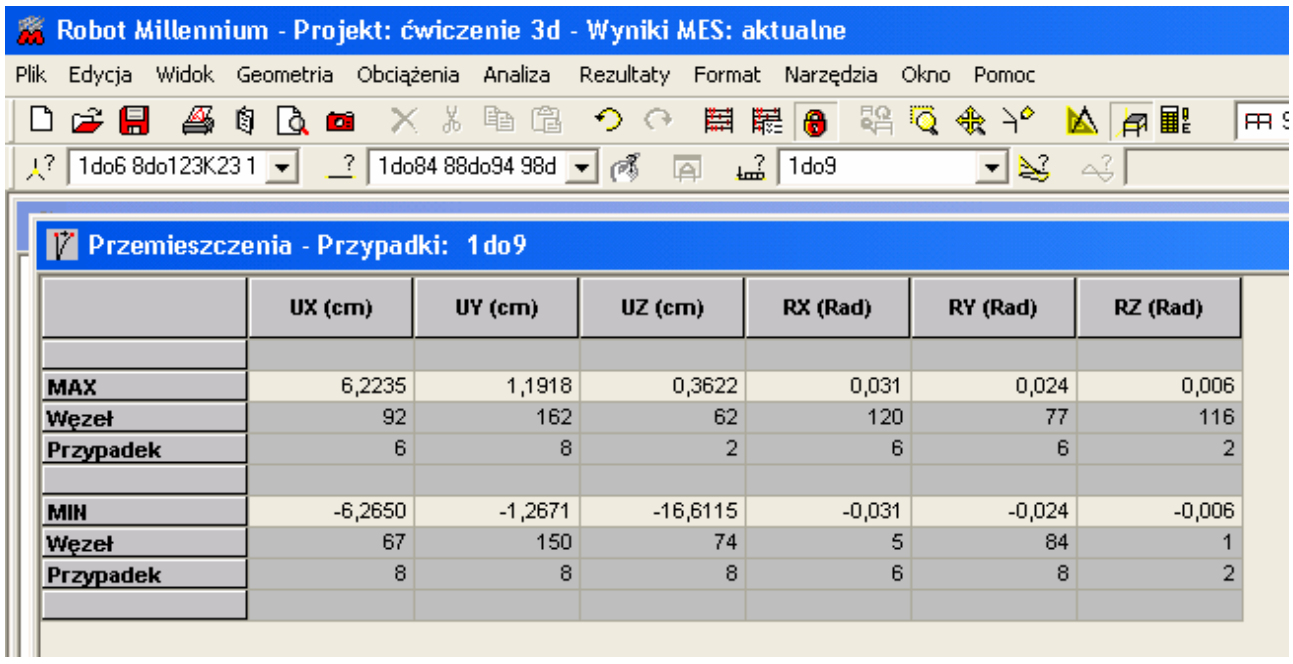
Ugięcia maksymalne - Przypadki: 1do9

	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)
MAX	0,0010	0,9673	3,0140
Pręt	23	54	9
Przypadek	6	8	8
MIN	-0,0011	-1,0356	-3,1690
Pręt	4	80	12
Przypadek	8	8	8

Wyświetla się okno, w którym możemy obejrzeć i przeanalizować maksymalne ugiecia prętów konstrukcji naszej hali. Z tablicy wynika, ze maksymalne ugięcia (z) będzie miał pręt numer 12 i wynoszą one ~3,17cm, dla ósmego przypadku obciążeń (KOMB3). Podobnie możemy obejrzeć i analizować inne wyniki: lm „Rezultaty” i wybieramy interesujące nas wyniki np przemieszczenia węzłów prętów.

lm „rezultaty-przemieszczenia” Wyświetlają sie wartości przemieszczeń globalnych węzłów konstrukcji, które możemy analizować. lm w zakładkę „ekstrema globalne”. Wyświetlają się ekstrema globalne przemieszczeń węzłów konstrukcji.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone



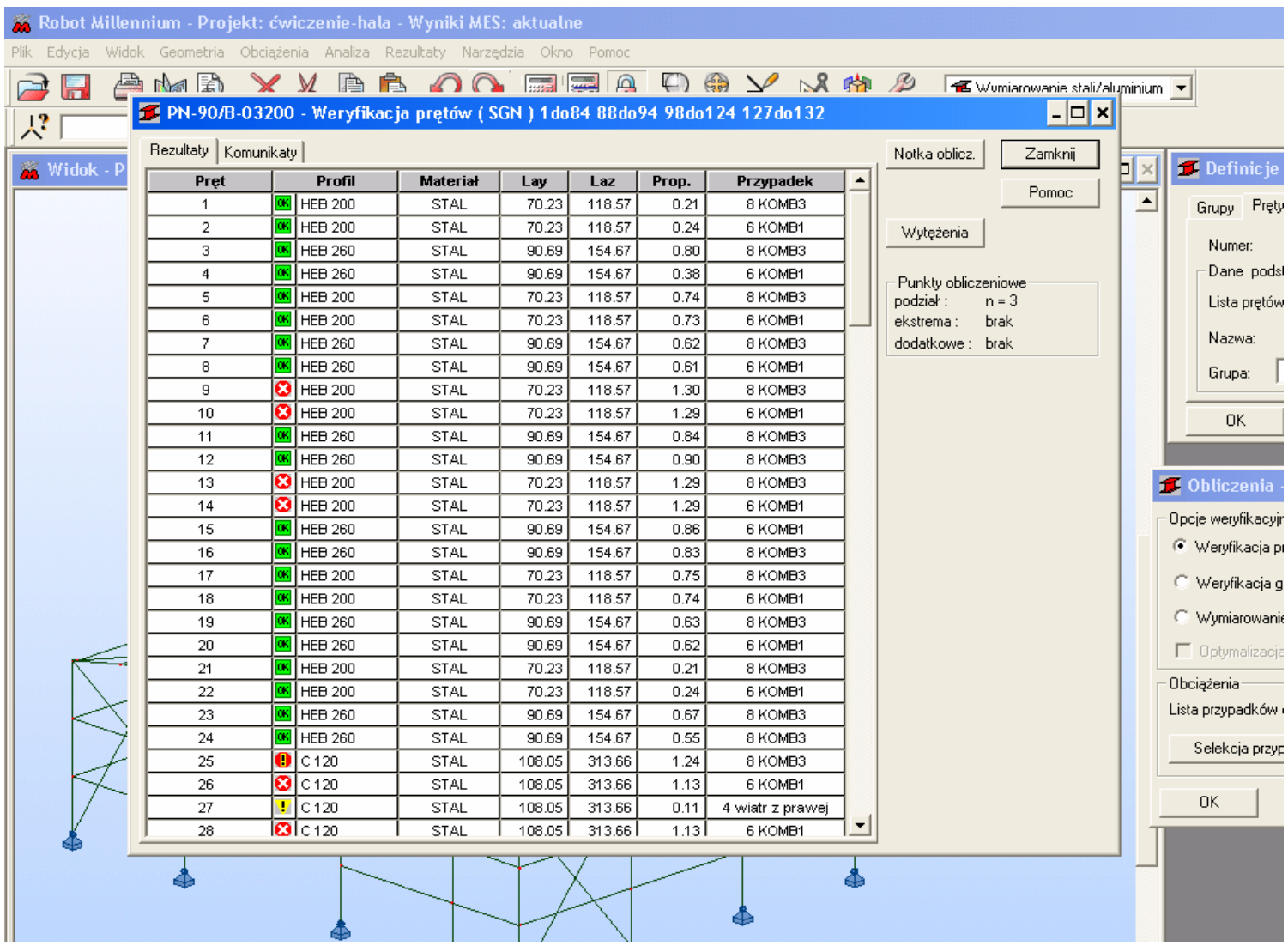
	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Rad)	RY (Rad)	RZ (Rad)
MAX	6,2235	1,1918	0,3622	0,031	0,024	0,006
Węzeł	92	162	62	120	77	116
Przypadek	6	8	2	6	6	2
MIN	-6,2650	-1,2671	-16,6115	-0,031	-0,024	-0,006
Węzeł	67	150	74	5	84	1
Przypadek	8	8	8	6	8	2

1.12 WYMIAROWANIE KONSTRUKCJI

Policzoną konstrukcje (wyniki MES aktualne) możemy zwymiarować

W oknie dialogowym „start” wybieramy suwakiem: lm „wymiarowanie”- wymiarowanie stali/aluminium.

Ponieważ wiemy, ze drugi stan graniczny nie jest dla żadnego pręta przekroczony (powyższa tabelka ukazująca ekstrema globalne dla ugięć prętów konstrukcji), możemy odznaczyć „użytkowanie” w oknie „obliczenia-PN-90/B-03200”. Wskazujemy pręty do wymiarowania: lm w zakładkę lista w oknie „obliczenia-PN-90/B-03200”, przy zaznaczonej opcji weryfikacyjnej „Weryfikacja prętów”. Wyświetla się okno „Selekcja prętów”, lm w zakładkę „wszystkie”. Program wyselekcjonował wszystkie pręty do weryfikacji. Program zweryfikuje wszystkie pręty konstrukcji. lm w zakładkę „obliczenia” w oknie „obliczenia-PN-90/B-03200”. Program zweryfikował wszystkie pręty konstrukcji. Ekran monitora wygląda jak na rysunku poniżej.

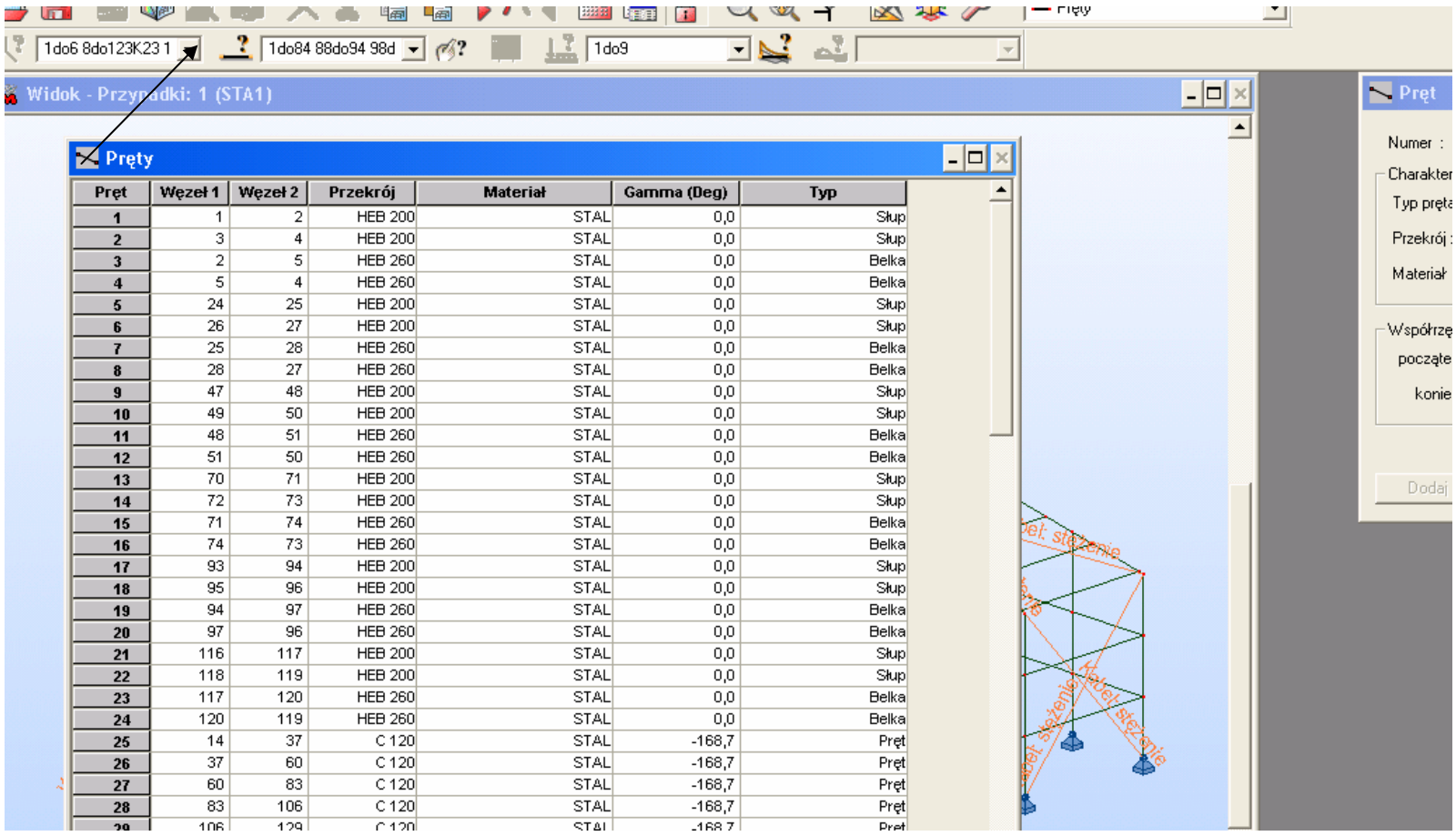


Pręt	Profil	Materiał	Lay	Laz	Prop.	Przypadek
1	HEB 200	STAL	70.23	118.57	0.21	8 KOMB3
2	HEB 200	STAL	70.23	118.57	0.24	6 KOMB1
3	HEB 260	STAL	90.69	154.67	0.80	8 KOMB3
4	HEB 260	STAL	90.69	154.67	0.38	6 KOMB1
5	HEB 200	STAL	70.23	118.57	0.74	8 KOMB3
6	HEB 200	STAL	70.23	118.57	0.73	6 KOMB1
7	HEB 260	STAL	90.69	154.67	0.62	8 KOMB3
8	HEB 260	STAL	90.69	154.67	0.61	6 KOMB1
9	HEB 200	STAL	70.23	118.57	1.30	8 KOMB3
10	HEB 200	STAL	70.23	118.57	1.29	6 KOMB1
11	HEB 260	STAL	90.69	154.67	0.84	8 KOMB3
12	HEB 260	STAL	90.69	154.67	0.90	8 KOMB3
13	HEB 200	STAL	70.23	118.57	1.29	8 KOMB3
14	HEB 200	STAL	70.23	118.57	1.29	6 KOMB1
15	HEB 260	STAL	90.69	154.67	0.86	6 KOMB1
16	HEB 260	STAL	90.69	154.67	0.83	8 KOMB3
17	HEB 200	STAL	70.23	118.57	0.75	8 KOMB3
18	HEB 200	STAL	70.23	118.57	0.74	6 KOMB1
19	HEB 260	STAL	90.69	154.67	0.63	8 KOMB3
20	HEB 260	STAL	90.69	154.67	0.62	6 KOMB1
21	HEB 200	STAL	70.23	118.57	0.21	8 KOMB3
22	HEB 200	STAL	70.23	118.57	0.24	6 KOMB1
23	HEB 260	STAL	90.69	154.67	0.67	8 KOMB3
24	HEB 260	STAL	90.69	154.67	0.55	8 KOMB3
25	C 120	STAL	108.05	313.66	1.24	8 KOMB3
26	C 120	STAL	108.05	313.66	1.13	6 KOMB1
27	C 120	STAL	108.05	313.66	0.11	4 wiatr z prawej
28	C 120	STAL	108.05	313.66	1.13	6 KOMB1

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

Wyświetla się okno „PN-90/B-03200-Weryfikacja prętów (SGN).....”, w którym przy większości prętów jest symbol „ok”, ale przy niektórych jest symbol ostrzegający o przekroczeniu któregoś z warunków normy PN-90/B-03200. Wytężenie prętów podane jest w kolumnie „prop.”. Wszystkie pręty wykonane są z domyślnego materiału „STAL” tzn ze stali S235JRG2. Ponieważ wytężenia prętów są przekroczone kilkadziesiąt procent, zmienimy stal konstrukcji ze stali S235JRG2 na stal S355J2G3.

Zamknij okno „PN-90/B-03200-Weryfikacja prętów (SGN).....”; lm w suwak w oknie dialogowym „model konstrukcji”- pręty. Wyświetla się okno „Pręty”, w którym wyszczególnione są wszystkie pręty wykorzystane w konstrukcji naszej hali. Rysunek poniżej.



Pręt	Węzeł 1	Węzeł 2	Przekrój	Materiał	Gamma (Deg)	Typ
1	1	2	HEB 200	STAL	0,0	Słup
2	3	4	HEB 200	STAL	0,0	Słup
3	2	5	HEB 260	STAL	0,0	Belka
4	5	4	HEB 260	STAL	0,0	Belka
5	24	25	HEB 200	STAL	0,0	Słup
6	26	27	HEB 200	STAL	0,0	Słup
7	25	28	HEB 260	STAL	0,0	Belka
8	28	27	HEB 260	STAL	0,0	Belka
9	47	48	HEB 200	STAL	0,0	Słup
10	49	50	HEB 200	STAL	0,0	Słup
11	48	51	HEB 260	STAL	0,0	Belka
12	51	50	HEB 260	STAL	0,0	Belka
13	70	71	HEB 200	STAL	0,0	Słup
14	72	73	HEB 200	STAL	0,0	Słup
15	71	74	HEB 260	STAL	0,0	Belka
16	74	73	HEB 260	STAL	0,0	Belka
17	93	94	HEB 200	STAL	0,0	Słup
18	95	96	HEB 200	STAL	0,0	Słup
19	94	97	HEB 260	STAL	0,0	Belka
20	97	96	HEB 260	STAL	0,0	Belka
21	116	117	HEB 200	STAL	0,0	Słup
22	118	119	HEB 200	STAL	0,0	Słup
23	117	120	HEB 260	STAL	0,0	Belka
24	120	119	HEB 260	STAL	0,0	Belka
25	14	37	C 120	STAL	-168,7	Pręt
26	37	60	C 120	STAL	-168,7	Pręt
27	60	83	C 120	STAL	-168,7	Pręt
28	83	106	C 120	STAL	-168,7	Pręt

lm w zakładkę oznaczona na rysunku strzałką. Wyświetla się okno „filtrowanie: pręty”

lm w zakładkę „nic”. Ponieważ pręty rygielków lekkiej obudowy (RKA 100/100/4) są wszystkie poprawnie zaprojektowane, więc zmienimy stal wszystkich prętów z wyjątkiem RKA100/100/4.

lm w wiersz C120; lm w okienko oznaczone strzałką z plusem. Odfiltrowane zostały pręty płatwi C120. Analogicznie postępujemy z prętami HEB200 i HEB260. Odfiltrowane zostały wszystkie pręty konstrukcji z wyjątkiem rygielków lekkiej obudowy i stężeń wiotkich. Procedurę można również wykonać następująco:

lm w zakładkę „wszystko”, a następnie lm w RKA100/100/4; lm w zakładkę ze strzałka z „minusem”.

Wprowadzamy kursor nad kolumnę, której właściwości chcemy zmienić. Kursor zmienia wygląd na strzałkę skierowaną ku dołowi. lm nad kolumną „Materiał”. Cała kolumna została podświetlona. Pm w dowolnym miejscu okna „Pręty”. Wyświetla się okno dialogowe, w którym lewym klawiszem myszy klikamy zakładkę „wklej specjalnie”. Wyświetla się okno „wstaw do kolumny”; lm w zakładkę „stal”; lm wybieramy STAL 18G2-305; lm-„ok”. Pojawia się ostrzeżenie, że zmiana materiału odfiltrowanych prętów spowoduje zmianę wyników na nieaktualne. Potwierdzamy zgodę i przeliczamy konstrukcje jeszcze raz, tym razem z prętami ze stali S355J2G3 (18G2). Ponieważ po zmianie stali prętów nie są zweryfikowane pręty płatwi, zmienimy je na C140 (S355J2G3). W ten sposób można doprowadzić wszystkie pręty konstrukcji do stanu, w którym współczynnik wytężenia<1, a wszystkie pręty są stabilne.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

1.13 OPTYMALIZACJA PRZEKROJÓW PRĘTÓW KONSTRUKCJI (GRUPY PRĘTÓW)

Program Robot Millennium ma możliwość weryfikacji grup prętów i optymalizacji przekrojów prętów użytych w konstrukcji naszej hali.

1.13.1 Definiowanie grup prętów

Przy otwartym oknie „Wymiarowanie stali/aluminium” w oknie „Definicje” klikamy lm w zakładkę „grupy”. Numerujemy pierwszą z definiowanych grup prętów 1.

Do pierwszej grupy zaliczymy pręty stanowiące słupy konstrukcji. W oknie „lista prętów” wpisujemy numery prętów stanowiących słupy. Ponieważ jest to praca mozolna, korzystamy z zakładki „Wybór prętów”.

lm w ikonkę „wybór prętów”, wprowadzamy dwiema strzałkami HEB200. W okienku „selekcja” wpiszą się numery wszystkich prętów HEB200. Zaznaczamy te numery prętów w okienku „selekcja”, kopiujemy i wklejamy w okienko „lista prętów w oknie „Definicje”. W tym samym oknie nazywamy tę grupę „słupy”. Dla grupy prętów „słupy” definiujemy grupy profili, które mają być uwzględnione w optymalizacji. Klikamy lm w zakładkę „przekroje”. Otwiera się okienko „selekcja przekrojów”, w którym wybieramy grupę przekrojów, które maja być uwzględnione w optymalizacji. Zaznaczamy „kat. pro”, w okienku „rodziny profili” wybieramy „HEB”, w okienku „profile” zaznaczą się wszystkie profile HEB, które są w bazie profili programu „Robot”, w okienku „wybrane profile” możemy określić, które z profili HEB mają być uwzględnione w optymalizacji. Poniżej w okienku „materiał” wyszukujemy stal 18G2. lm „zapisz”. Zdefiniowaliśmy grupę prętów, którą nazwaliśmy „słupy”. W taki sam sposób definiujemy grupę 2 „rygle”, grupę 3 „rygielki lekkiej obudowy”, grupę 4 „płatwie”.

1.13.2 Wymiarowanie grup PRĘTÓW

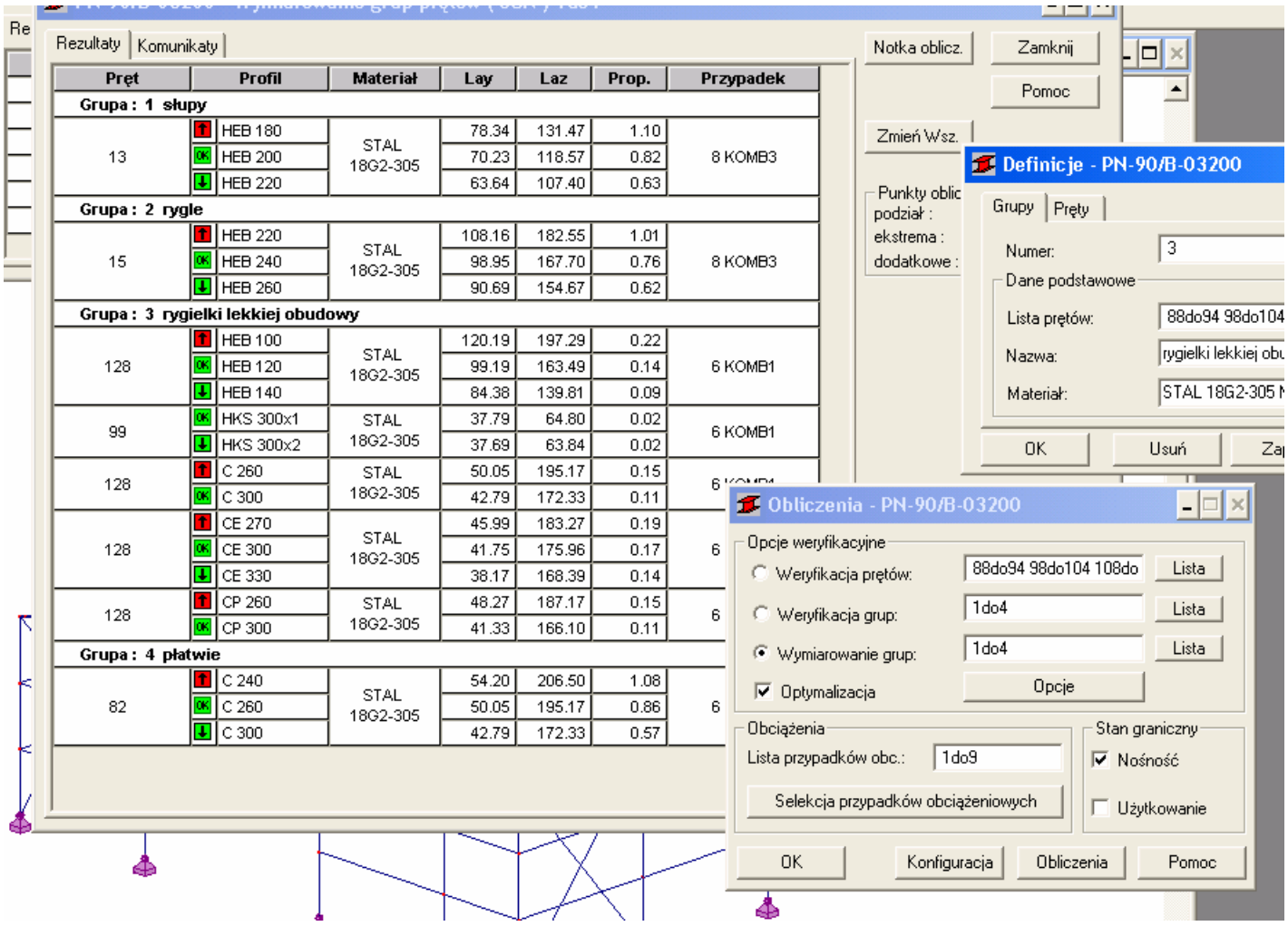
Jeżeli ta opcja jest włączona to przeprowadzone zostanie wymiarowanie grup prętów. Wymiarowanie polega na kolejnym przeglądaniu wcześniej przyjętego zbioru profili określonego przez definicję grupy i odrzucaniu tych, które nie spełniają kryteriów normowych. Odrzucanie kolejnych profili trwa do momentu znalezienia pierwszego spełniającego warunki normowe. Obliczenia grup prętów mogą być prowadzone z uwzględnieniem opcji optymalizacyjnych. Opisany proces przeprowadzany jest dla każdej rodziny profili należącej do analizowanej grupy z osobna. Obliczenia normowe dla każdego profilu wykonywane są dla kolejnych punktów pośrednich na pręcie, kolejnych przypadków obciążeniowych, kolejnych elementów danego pręta grupy i wszystkich prętów tworzących grupę. Jeśli dany profil nie spełnia warunków normowych dla jakiegoś punktu pośredniego, przypadku obciążeniowego lub elementu dowolnego pręta grupy, to jest on odrzucany i pobierany jest następny profil z listy przyporządkowanej grupie. Proces ten odbywa się aż do momentu wyczerpania się listy profili.

Aby można było rozpocząć obliczenia w trybie wymiarowania, przynajmniej jedna grupa musi być zdefiniowana. Wymiarowanie może być przeprowadzone dla wielu grup. W takim przypadku proces opisany powyżej przeprowadzany jest dla każdej grupy osobno.

Po zdefiniowaniu grup prętów, w oknie „Obliczenia-PN-90/B-03200, zaznaczamy opcję „wymiarowanie grup” oraz „optymalizacja”. Otwieramy zakładkę „opcje” i zaznaczamy „ciężar”. Program Robot będzie optymalizował grupy prętów ze względu na ciężar prętów. Oczywiście możemy wybrać inna opcję optymalizacyjną np określając maksymalną wysokość przekroju lub minimalną grubość półki. Wtedy wpisujemy te wielkości w okienku „opcje optymalizacyjne. W zakładce „selekcja przypadków obciążeniowych wybieramy „wszystkie”.

Jeszcze raz sprawdzamy ewentualne pomyłki w oknie „analiza-weryfikacja”, a następnie lm w zakładkę „obliczenia” w oknie „obliczenia-PN-90/B-03200”. Program zoptymalizuje grupy prętów, które spełniają warunki pierwszego stanu granicznego. Fragment ekranu monitora będzie miał wygląd jak na rysunku poniżej.

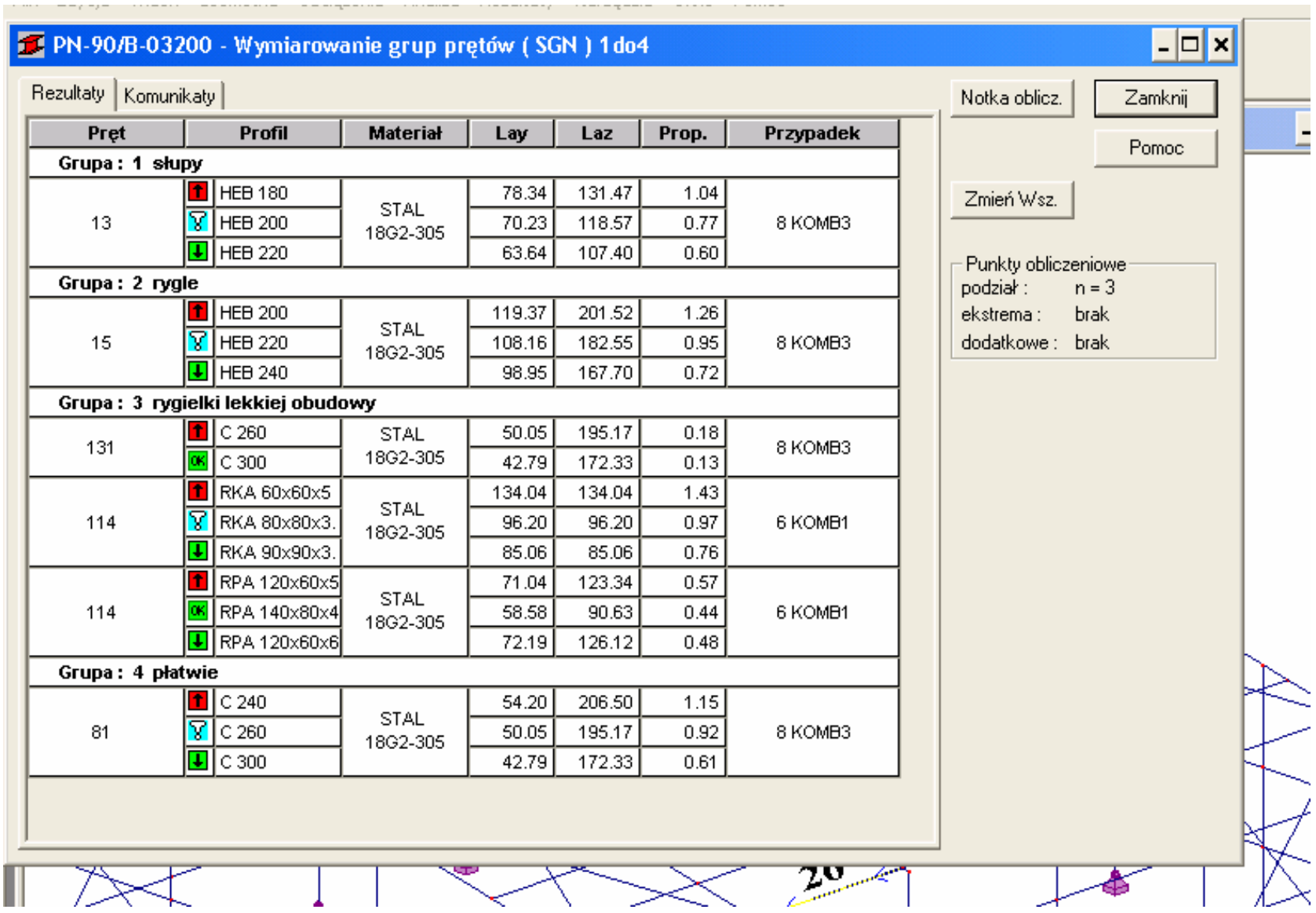
Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone



Pręt	Profil	Materiał	Lay	Laz	Prop.	Przypadek
Grupa : 1 słupy						
13	HEB 180	STAL 18G2-305	78.34	131.47	1.10	8 KOMB3
	HEB 200		70.23	118.57	0.82	
	HEB 220		63.64	107.40	0.63	
Grupa : 2 rygle						
15	HEB 220	STAL 18G2-305	108.16	182.55	1.01	8 KOMB3
	HEB 240		98.95	167.70	0.76	
	HEB 260		90.69	154.67	0.62	
Grupa : 3 rygielki lekkiej obudowy						
128	HEB 100	STAL 18G2-305	120.19	197.29	0.22	6 KOMB1
	HEB 120		99.19	163.49	0.14	
	HEB 140		84.38	139.81	0.09	
99	HKS 300x1	STAL 18G2-305	37.79	64.80	0.02	6 KOMB1
	HKS 300x2		37.69	63.84	0.02	
128	C 260	STAL 18G2-305	50.05	195.17	0.15	
	C 300		42.79	172.33	0.11	
128	CE 270	STAL 18G2-305	45.99	183.27	0.19	
	CE 300		41.75	175.96	0.17	
	CE 330		38.17	168.39	0.14	
128	CP 260	STAL 18G2-305	48.27	187.17	0.15	
	CP 300		41.33	166.10	0.11	
Grupa : 4 płatwie						
82	C 240	STAL 18G2-305	54.20	206.50	1.08	
	C 260		50.05	195.17	0.86	
	C 300		42.79	172.33	0.57	

Rezultaty są przedstawione w oknie „Wymiarowanie grup prętów PN-90/B-03200..”. Widać, że np w grupie „rygle”, program informuje, że profil HEB220 będzie za słaby (wytężenie1,01), profil HEB260 jest zbyt duży (wytężenie 0,62). Optymalny jest profil HEB240 (wytężenie 0,76). Ponieważ na płatwie przyjęliśmy profil C240, więc należy wykonać obliczenia dla przyjętego przez program profilu C260.

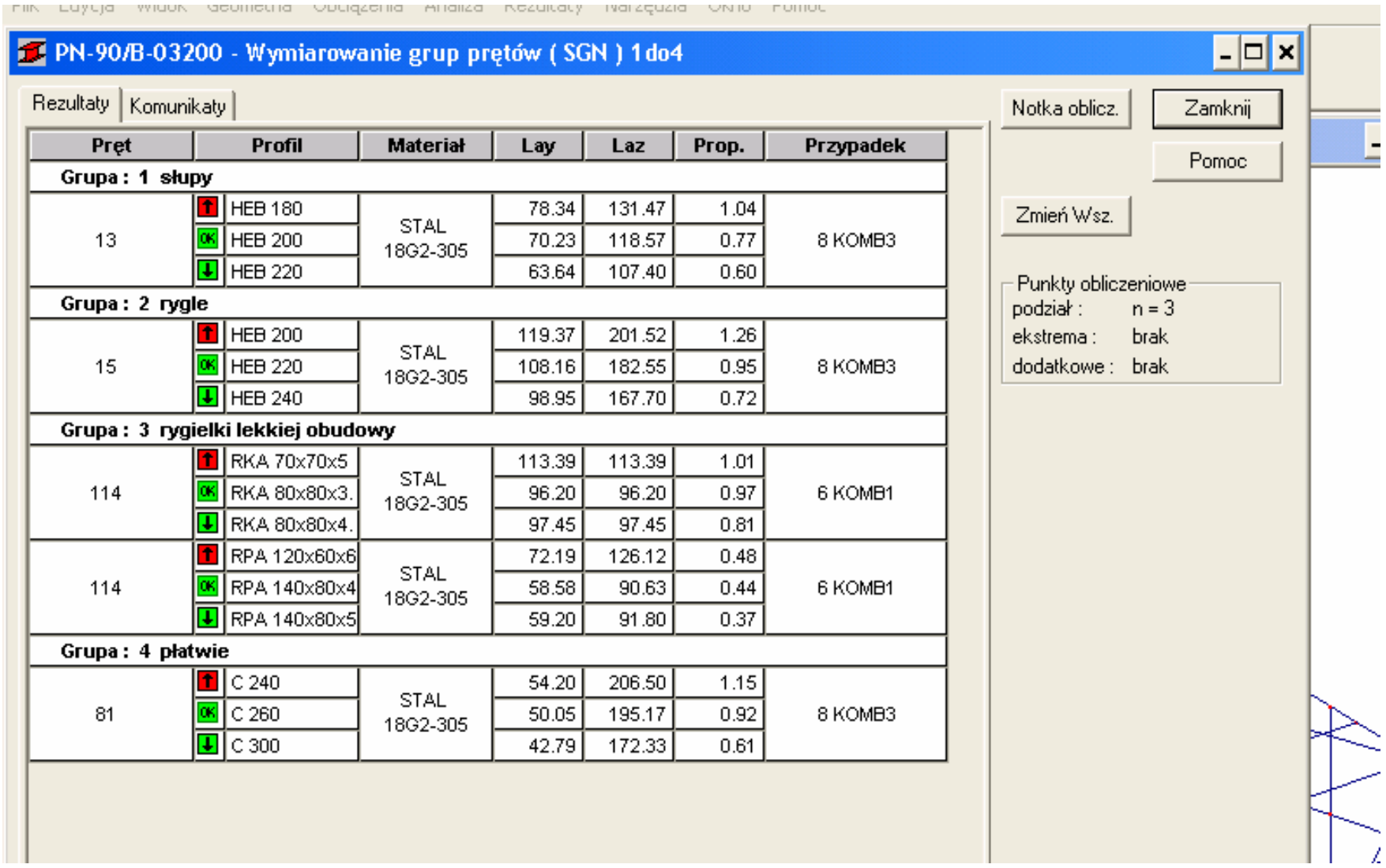
lm w oknie „Wymiarowanie grup prętów PN-90/B-03200...” w zakładkę „zmień wszystko”. Pojawia się ostrzeżenie, że operacja ta może spowodować zmianę wyników na nieaktualne. Potwierdzamy polecenie i program jeszcze raz liczy konstrukcję dla ceownika C260. Fragment ekranu monitora wygląda jak na rysunku poniżej.



Pręt	Profil	Materiał	Lay	Laz	Prop.	Przypadek
Grupa : 1 słupy						
13	HEB 180	STAL 18G2-305	78.34	131.47	1.04	8 KOMB3
	HEB 200		70.23	118.57	0.77	
	HEB 220		63.64	107.40	0.60	
Grupa : 2 rygle						
15	HEB 200	STAL 18G2-305	119.37	201.52	1.26	8 KOMB3
	HEB 220		108.16	182.55	0.95	
	HEB 240		98.95	167.70	0.72	
Grupa : 3 rygielki lekkiej obudowy						
131	C 260	STAL 18G2-305	50.05	195.17	0.18	8 KOMB3
	C 300		42.79	172.33	0.13	
114	RKA 60x60x5	STAL 18G2-305	134.04	134.04	1.43	6 KOMB1
	RKA 80x80x3.		96.20	96.20	0.97	
	RKA 90x90x3.		85.06	85.06	0.76	
114	RPA 120x60x5	STAL 18G2-305	71.04	123.34	0.57	6 KOMB1
	RPA 140x80x4		58.58	90.63	0.44	
	RPA 120x60x6		72.19	126.12	0.48	
Grupa : 4 płatwie						
81	C 240	STAL 18G2-305	54.20	206.50	1.15	8 KOMB3
	C 260		50.05	195.17	0.92	
	C 300		42.79	172.33	0.61	

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

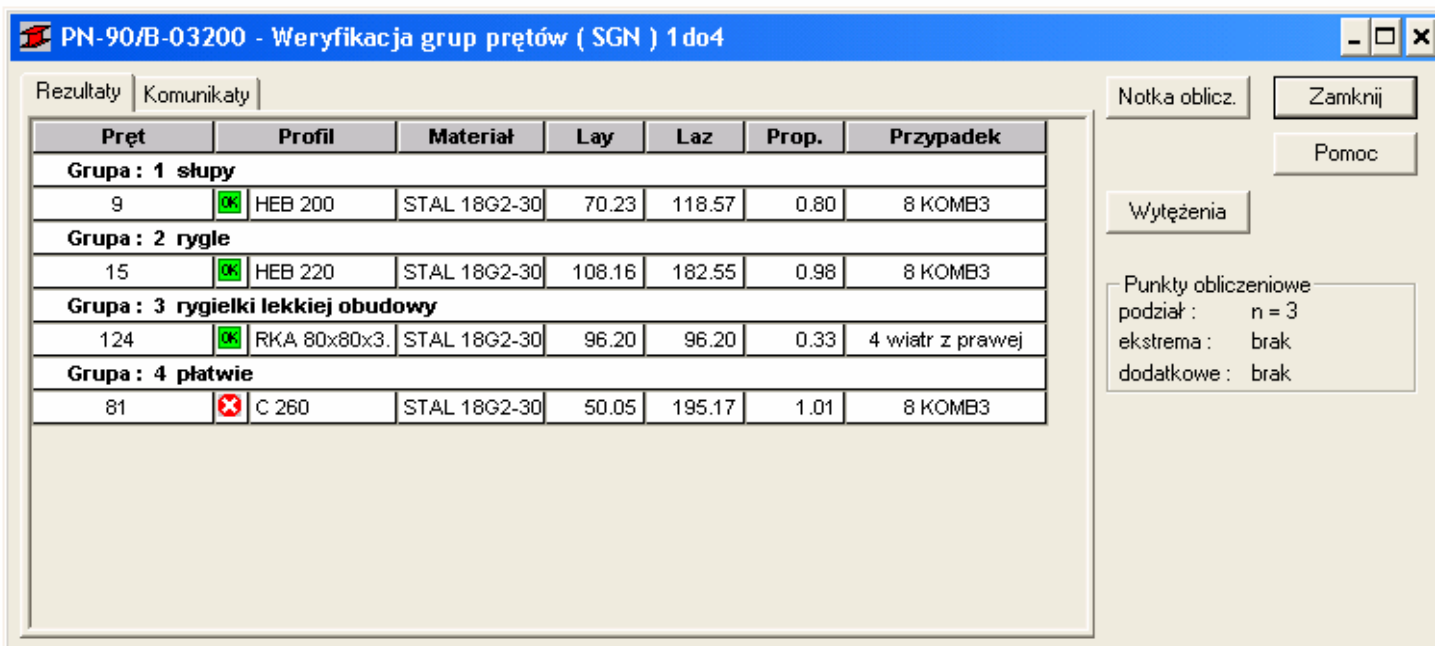
Program zaproponował zmianę profili rygli z HEB240 na HEB220 oraz zmianę profili płatwi z C240 na C260. Po odrzuceniu w grupie 3 profili innych niż RKA i RPA weryfikacja grup prętów wygląda jak na rysunku poniżej.



Pręt	Profil	Materiał	Lay	Laz	Prop.	Przypadek
Grupa : 1 słupy						
13	HEB 180	STAL 18G2-305	78.34	131.47	1.04	8 KOMB3
	HEB 200		70.23	118.57	0.77	
	HEB 220		63.64	107.40	0.60	
Grupa : 2 rygle						
15	HEB 200	STAL 18G2-305	119.37	201.52	1.26	8 KOMB3
	HEB 220		108.16	182.55	0.95	
	HEB 240		98.95	167.70	0.72	
Grupa : 3 rygielki lekkiej obudowy						
114	RKA 70x70x5	STAL 18G2-305	113.39	113.39	1.01	6 KOMB1
	RKA 80x80x3.		96.20	96.20	0.97	
	RKA 80x80x4.		97.45	97.45	0.81	
114	RPA 120x60x6	STAL 18G2-305	72.19	126.12	0.48	6 KOMB1
	RPA 140x80x4		58.58	90.63	0.44	
	RPA 140x80x5		59.20	91.80	0.37	
Grupa : 4 płatwie						
81	C 240	STAL 18G2-305	54.20	206.50	1.15	8 KOMB3
	C 260		50.05	195.17	0.92	
	C 300		42.79	172.33	0.61	

Weryfikacja grup prętów lm w oknie „obliczenia-PN-90/B-03200” w zakładkę „wymiarowanie grup” lm „obliczenia”

Fragment ekranu monitora wygląda jak na rysunku poniżej



Pręt	Profil	Materiał	Lay	Laz	Prop.	Przypadek
Grupa : 1 słupy						
9	HEB 200	STAL 18G2-30	70.23	118.57	0.80	8 KOMB3
Grupa : 2 rygle						
15	HEB 220	STAL 18G2-30	108.16	182.55	0.98	8 KOMB3
Grupa : 3 rygielki lekkiej obudowy						
124	RKA 80x80x3.	STAL 18G2-30	96.20	96.20	0.33	4 wiatr z prawej
Grupa : 4 płatwie						
81	C 260	STAL 18G2-30	50.05	195.17	1.01	8 KOMB3

Program przyjął profile prętów hali zmieniając profile rygielków lekkiej obudowy z rury RPA140/80/4 na profil RKA80/80/3,6. Pozostawił dla płatwi profil C260 (o 1% przekraczający dopuszczalne wytężenie) i my też ten profil zostawmy:-)

W rezultatach możemy znaleźć wykaz materiałów użytych do budowy hali i konieczną powierzchnię malowania elementów hali.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

lm „rezultaty”- dowolna zakładka-pm w oknie „rezultaty” – lm „tabele” . Wybieramy „obmiar” – „ok” wyniki na rysunku poniżej.

Robot Millennium - Projekt: ćwiczenie 3d - Wyniki MES: aktualne

Plik Edycja Widok Geometria Obciążenia Analiza Rezultaty Format Narzędzia Okno Pomoc

1do6 8do123K23 1 | 1do84 88do94 98d | 1do9

Zestawienia materiału

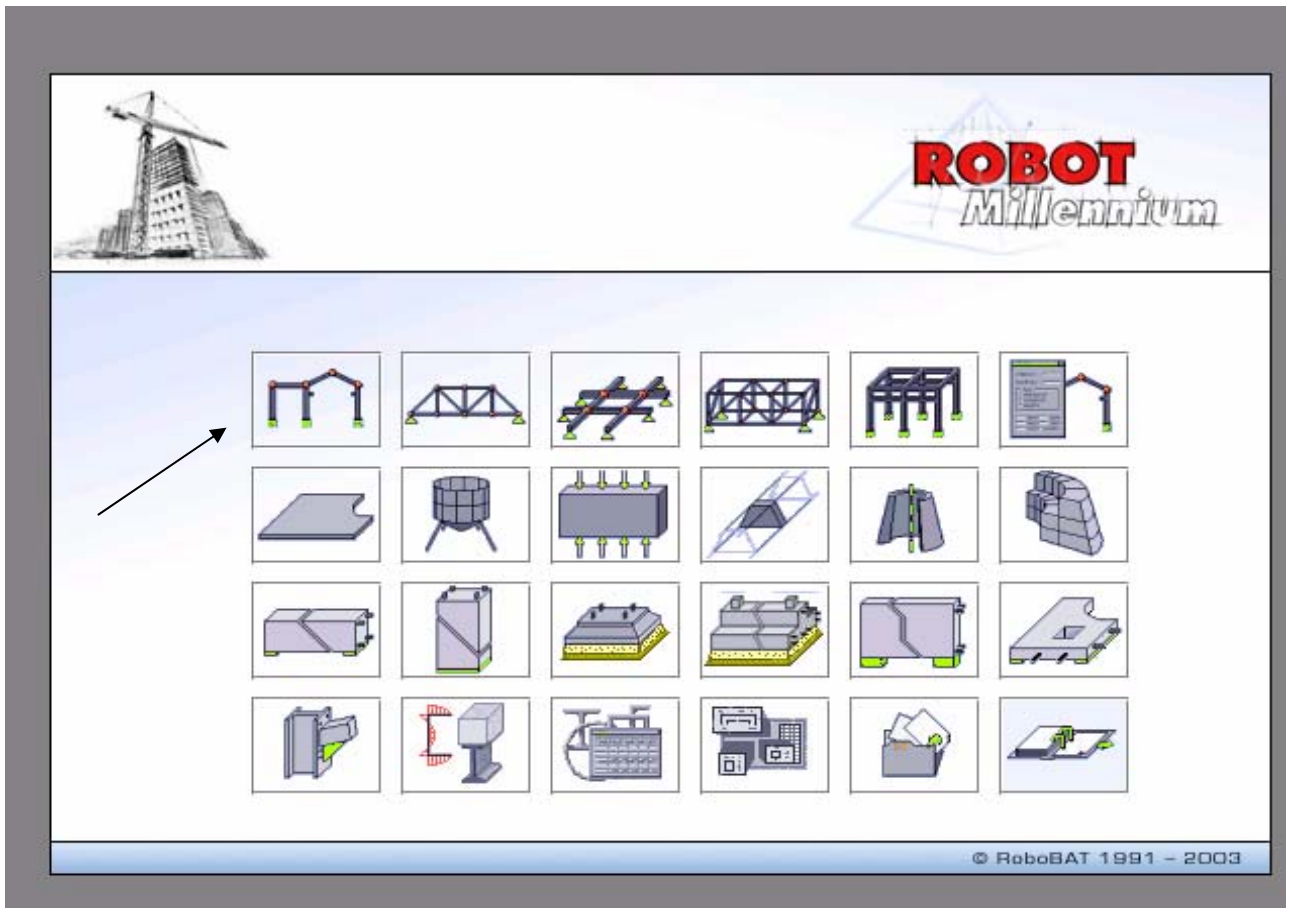
Typ	Liczba	Długość (m)	Ciężar jednostkowy	Ciężar pręta (kG)	Ciężar całkowity (kG)	Powierzchnia malowania
STAL 18G2-305						
C 260	60	5,00	37,93	189,65	11379	247,20
HEB 200	12	6,00	61,33	367,98	4416	82,87
HEB 200	2	6,60	61,33	404,78	810	15,19
HEB 200	2	7,00	61,33	429,31	859	16,11
HEB 200	2	7,60	61,33	466,11	932	17,50
HEB 220	12	10,20	71,46	728,90	8747	155,45
RKA 80x80x3.6	4	3,00	8,56	25,68	103	3,84
RKA 80x80x3.6	28	5,00	8,56	42,80	1198	44,80
RKA 80x80x3.6	2	7,00	8,56	59,92	120	4,48
stężenie	8	7,81	6,31	49,31	394	0,0
stężenie	8	11,36	6,31	71,72	574	0,0
Sumarycznie						
C 260	60	300,00	37,93	11378,76	11379	247,20
HEB 200	18	114,40	61,33	7016,22	7016	131,67
HEB 220	12	122,40	71,46	8746,80	8747	155,45
RKA 80x80x3.6	34	166,00	8,56	1420,89	1421	53,12
stężenie	16	153,36	6,31	968,27	968	0,0
Razem					29531	587,44

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

2 PROCEDURA PROJEKTOWANIA HALI Z AUTOMATYCZNYM UWZGLĘDNIENIEM OBCIĄŻEŃ KLIMATYCZNYCH

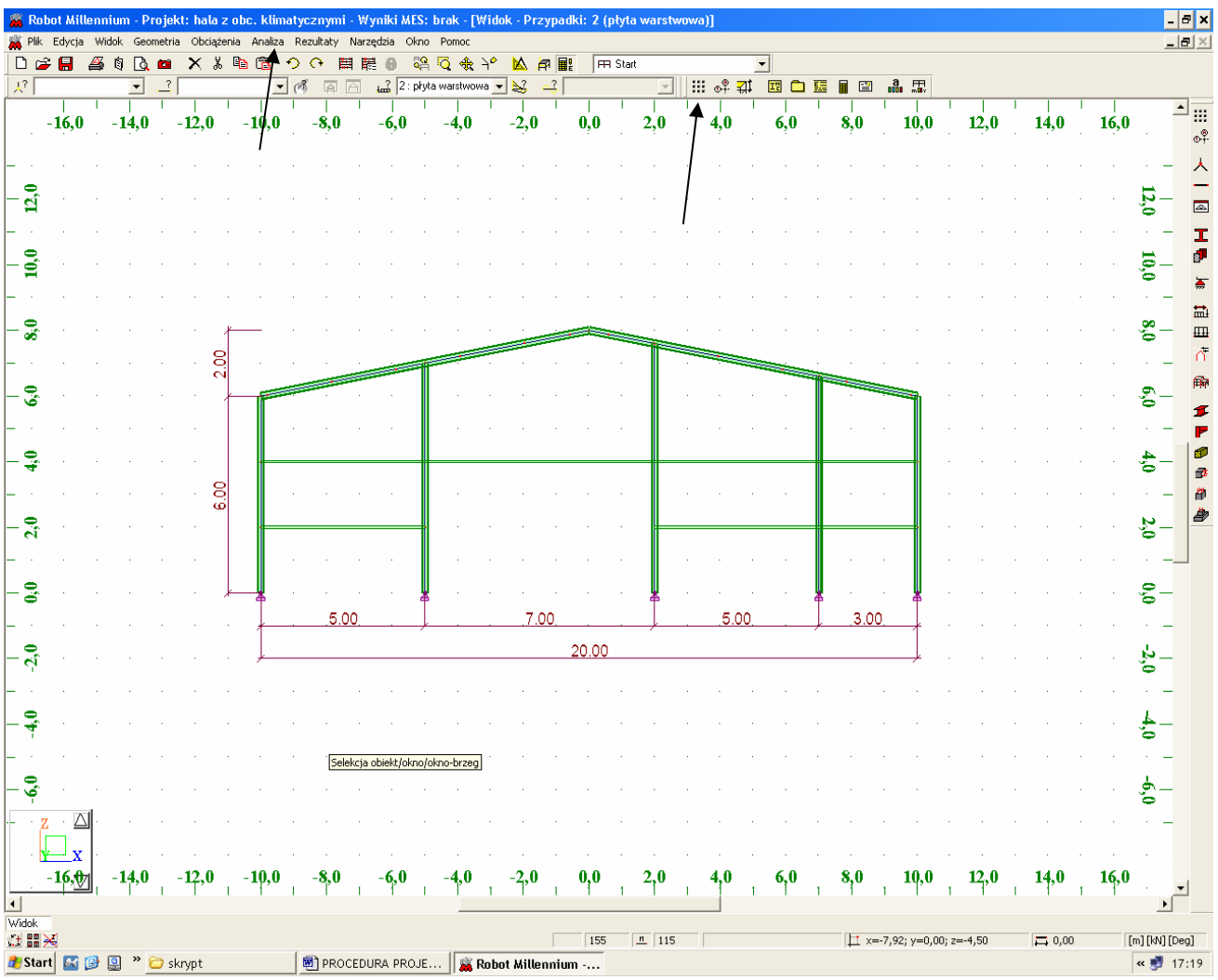
Zaprojektujemy halę o takiej samej geometrii jak hala z poprzedniego przykładu, ale w sposób, który umożliwi wygenerowanie automatyczne obciążeń klimatycznych (wiatr i śnieg).

Lm w okienko wskazane strzałką (rama 2d)



Otwiera się okno, w którym określamy geometrię projektowanej hali (rysunek poniżej)

Możemy wprowadzić wymiary hali: lm w zakładkę „narzędzia” (na rysunku poniżej wskazane strzałką) a następnie, po otworzeniu paska „narzędzia” lm w zakładkę „linie wymiarowe (również pokazane strzałką na rysunku poniżej)



Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

Po wygenerowaniu geometrii hali określimy przypadki obciążeń

lm „obciążenia” – „przypadki obciążeń”.

Po otwarciu okna „przypadki obciążeń” określamy dwa przypadki: 1. „ciężar własny” i „płyta warstwowa”.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

2.1 Definiowanie obciążeń klimatycznych.

Na pionowym pasku narzędzi z prawej strony ekranu lm klikamy zakładkę „obciążenia klimatyczne 2D/3D, albo:

lm „obciążenia-obciążenia specjalne-obciążenia klimatyczne 2D/3D”

Otwiera sie okno „Śnieg i wiatr 2D/3D-PN/B-02010”. W tym oknie definiujemy pręty, na które będą działać obciążenia klimatyczne.

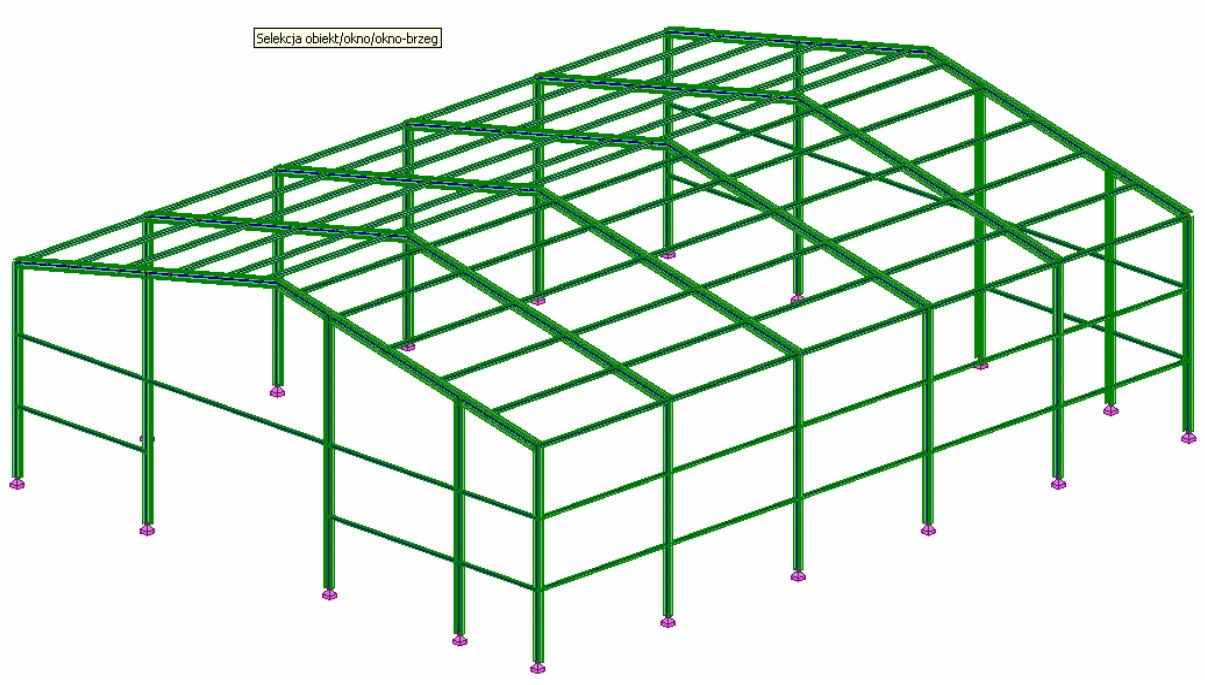
Lm okienko „obwiednia” „auto”. W okienku zapisały się numery prętów, na które będą działały obciążenia wiatrem. Jednocześnie obwiednia tych prętów zostanie podświetlona.

Zaznaczamy „bez wystających części” oraz „bez części wsporczych”. Wpisujemy w czynne okienka dialogowe „głębokość” 25m, „rozstaw” ram 5m. lm „parametry”, otwiera się okno dialogowe, w którym określamy, w zakładce „ogólne” wysokość konstrukcji 8m, poziom posadowienia pozostawiamy 0 i wysokość nad poziomem morza również 0. „Zamiana obciążenia ciągłego na węzłowe” zaznaczamy „dla wszystkich prętów obwiedni”. W zakładce „wiatr” zaznaczamy strefę wiatrową terenu gdzie znajdzie się projektowana hala (I) oraz rodzaj terenu (A). Ponieważ nasza hala jest niższa niż 10m, zaznaczamy stały rozkład ciśnienia wiatru na wysokości konstrukcji.

Pozostałe okienka pozostawiamy odznaczone. W zakładce „śnieg” w czynne okienko dialogowe wpisujemy druga strefę śniegową (jak dla Olsztyna). Zaznaczamy redystrybucję śniegu. W zakładce przepuszczalność pozostawiamy wszędzie 0% (brak otworów). Oczywiście procentowy udział otworów uzgadniamy z technologiem i architektem, ale na potrzeby naszego projektu niech hala będzie bez otworów :-)). Po kliknięciu „generuj” program wygeneruje wartości obciążeń klimatycznych naszej konstrukcji, które możemy (poprzez zrzut ekranu) zapisać w obliczeniach statycznych.

Po kliknięciu „generacja 3D” otworzy się okno dialogowe „obciążenia klimatyczne-geometria 3D”, w którym definiujemy rozmieszczenie prętów podłużnych (rygielków lekkiej obudowy). W tym oknie dialogowym jest szkic zdefiniowanej wcześniej ściany szczytowej, w którym podświetlony jest lewy słup hali. Podświetlamy, klikając lm, okienko dialogowe „rozmieszczenie”. W podświetlonym na zielono okienku wpisujemy rzędne „z” rygielków lekkiej obudowy na lewym słupie 2;4. Lm „przekrój”, otwiera się okienko, z którego wybieramy przekrój pręta mającego być rygielkiem lekkiej obudowy RKA80/80/3,6 – „zastosuj”. Obok zakładki „przekrój” wyświetla się symbol pręta, który wybraliśmy na rygielek lekkiej obudowy. Klikamy lm w zakładkę oznaczona symbolem „>”. Pręt rygielka został wprowadzony, co zaznacza się krótką poziomą kreską na szkicu. Jednocześnie podświetla się pręt lewego rygla, gdzie w podobny sposób wprowadzamy pręty płatwi. lm „przekrój” wybieramy C140 (np 0;2;4;6;8;9,5). Dla drugiego półrygla wprowadzamy analogiczne rzędne (odległość liczy sie od okapu). Podświetlamy drugi skrajny słup i podobnie wprowadzamy rygielki lekkiej obudowy (RKA80/80/3,6). Rozmieściliśmy pręty podłużne w projektowanej hali. W prawym górnym rogu okna „obciążenia klimatyczne-geometria 3D” znajduje sie zakładka „ściany szczytowe definicja”. Po otwarciu zakładki otwiera się okno „obciążenia klimatyczne-ściany szczytowe”, w którym możemy zdefiniować pręty, które występują tylko w ścianach szczytowych. Przy podświetlonym na zielono okienku „pręty powielane tylko w ścianach szczytowych, klikamy lm wskazując te pręty kursorem. Numery prętów zapiszczą sie w podświetlonym na zielono okienku. Podświetlamy okienko „pręty ścian szczytowych obciążone wiatrem. Zaznaczamy wszystkie słupy. lm „ok”. Okno definicji ścian szczytowych zostało zamknięte. lm „generuj 3D”. Wyświetla sie okienko „zmiana typu konstrukcji”. Program pyta czy zapisac rame 2D. „Zapisz jako” – zapisujemy w wybranym katalogu. Zrzucamy wyświetlone wyniki obciążeń klimatycznych. Ekran monitora wygląda jak na rysunku poniżej.

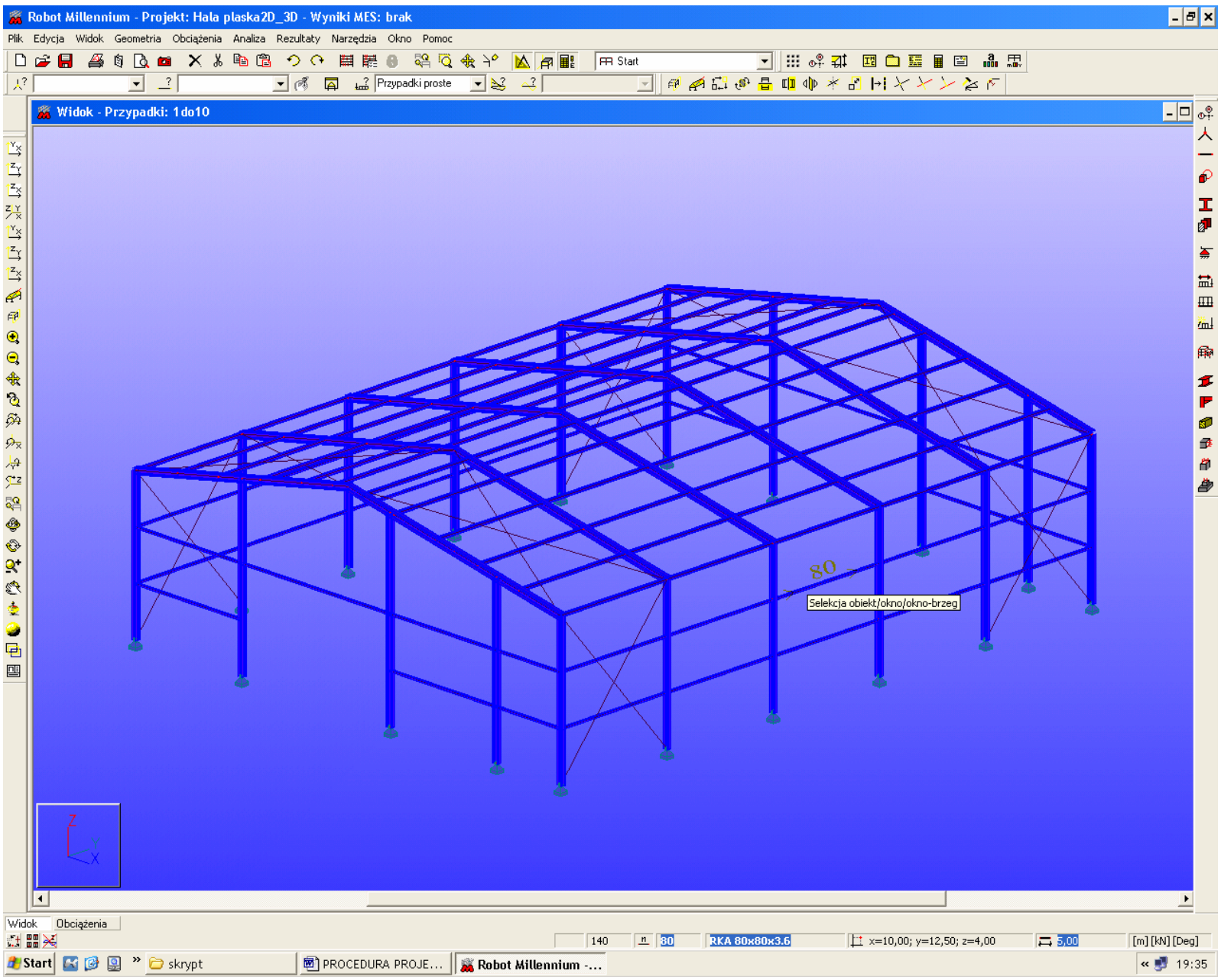
Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone



Pracujemy już w układzie przestrzennym. Jednocześnie program wygenerował wszystkie możliwe obciążenia klimatyczne działające na poszczególne pręty. Wystarczy kliknąć lm „obciążenia-tabela obciążeń”. Definicja obciążenia stałego płytą warstwową: lm „obciążenia-tabela obciążeń.

W pierwszej kolumnie pod obciążeniami klimatycznymi klikając lm znajdujemy przypadek „płyta warstwowa”, typ obciążenia „obciążenie jednorodne”, w kolumnie, w której definiujemy obciążenia pionowe (PZ) wpisujemy PZ=-0,24 (tak jak w poprzednim przykładzie). Zaznaczamy okienko w kolumnie „lista”. Minimalizujemy okno „tabela obciążeń”. Otwieramy okno „selekcja prętów”, filtrujemy wszystkie płatwie (C140). Wszystkie pręty płatwi C140 zostaną zapisane w kolumnie „lista”. Płatwie zostały obciążone obciążeniem „płyta warstwowa”. Analogicznie postępujemy z przypisaniem obciążeń „płytą warstwową” prętów rygielków lekkiej obudowy (filtrujemy RKA80/80/3,6).

Definiujemy stężenia cięgnowe analogicznie jak w poprzednim przykładzie. Ekran monitora wygląda jak na rysunku poniżej.



Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

2.2 Definicja NORMOWYCH kombinacji obciążeń.

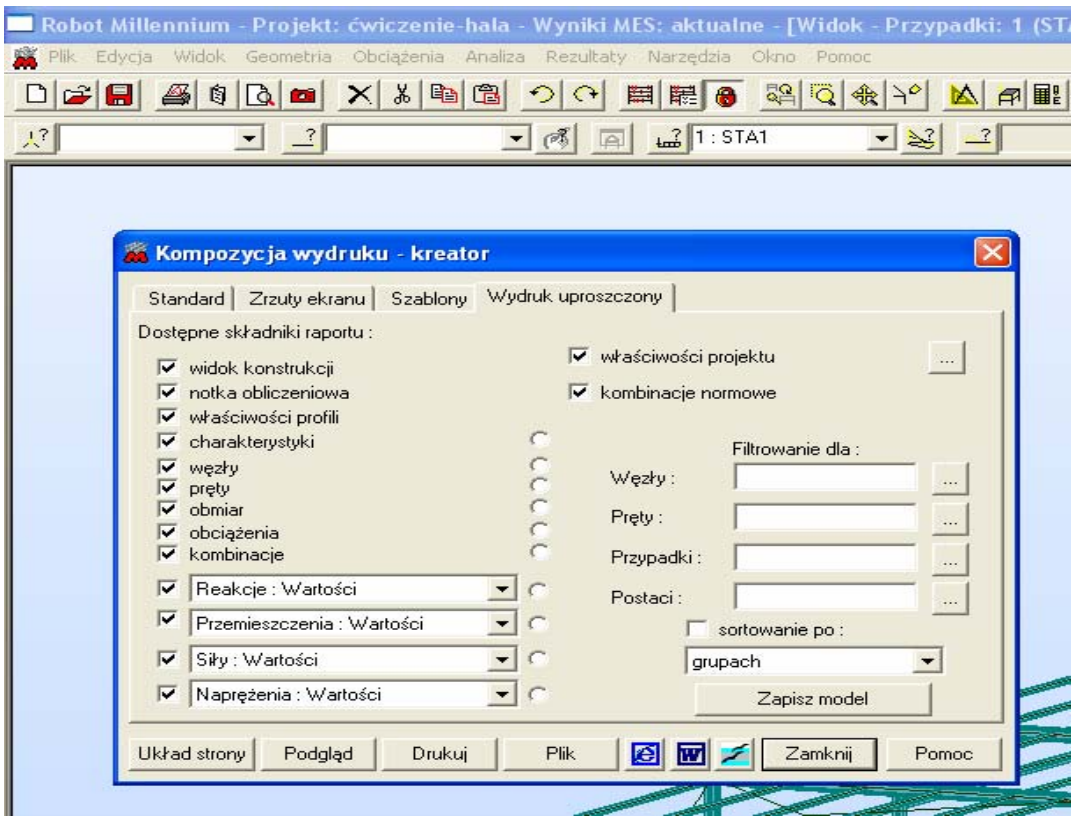
lm „obciążenia-kombinacje normowe” Otwiera się okno, w którym definiujemy rodzaj kombinacji. Uwzględnimy wszystkie przypadki obciążeń (domyślnie zaznaczone). Klikamy „oblicz”. Program wyznaczył wszystkie możliwe i logiczne kombinacje obciążeń przyjętych w tabeli obciążeń.. lm „analiza-weryfikacja” sprawdzamy czy nie popełniliśmy błędu. lm „analiza-obliczenia”. Dalej postępujemy jak w przypadku projektowania hali 3d.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

2.3 Wydruk wyników obliczeń statycznych

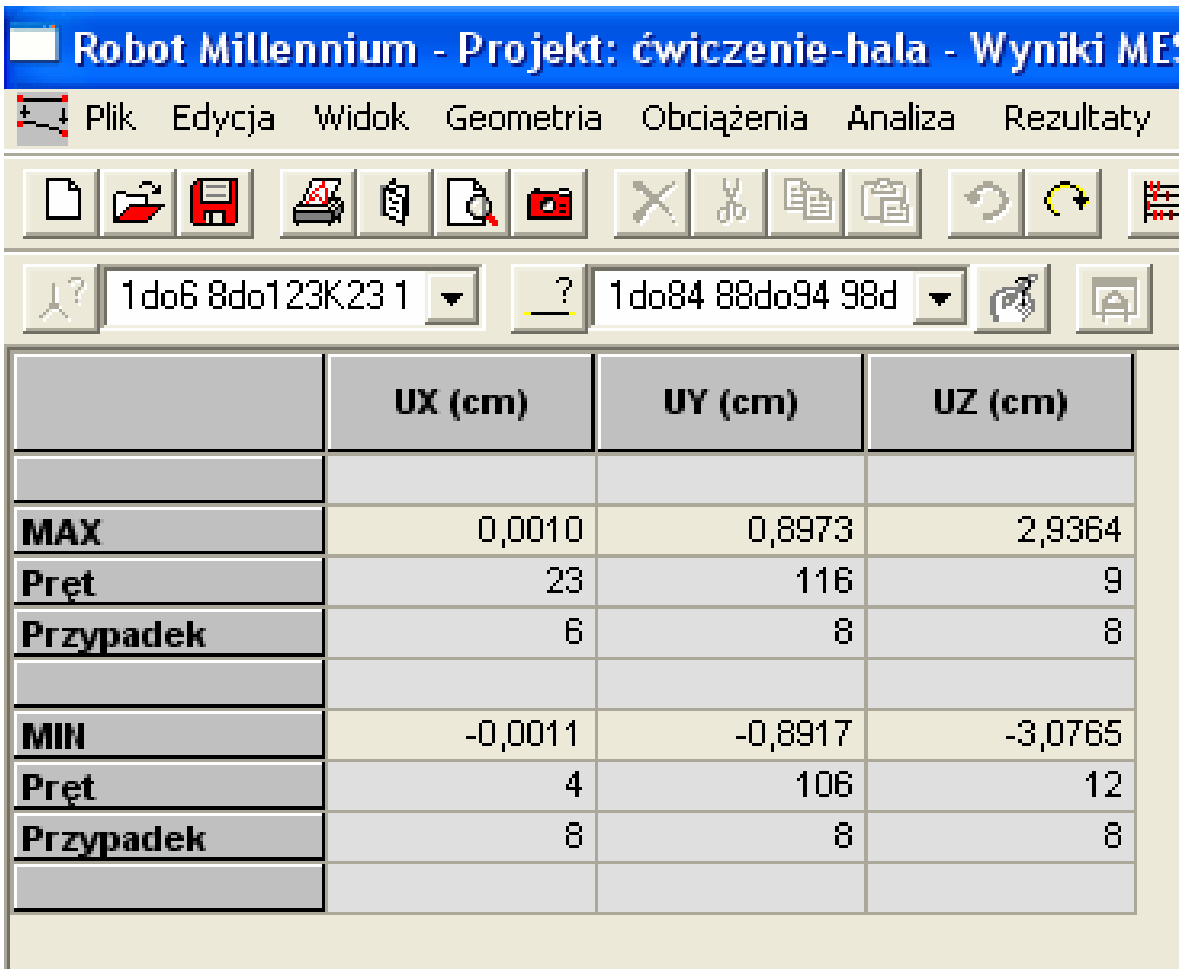
Wyniki obliczeń możemy wydrukować

L.m- plik- kompozycja wydruku. Wyświetla się okno dialogowe jak na rysunku poniżej.



l.m w zakładkę „standard", wyświetla się okno, w którym możemy wybrać te dane, jakie chcemy wydrukować. Zaznaczając je, wprowadzamy do okienka po prawej stronie. Wyniki, szkice rysunków, tabele, których nie ma w oknie dialogowym „kompozycja wydruku-standard" możemy wprowadzić do pliku, który będzie drukowany, klękając lm w zakładkę „zrzuty ekranu". Np. chcemy, aby w wydruku obliczeń statycznych znalazły się ekstrema globalne ugięć prętów oraz tabela zawierająca wykaz stali profilowej wraz z powierzchnią malowania.

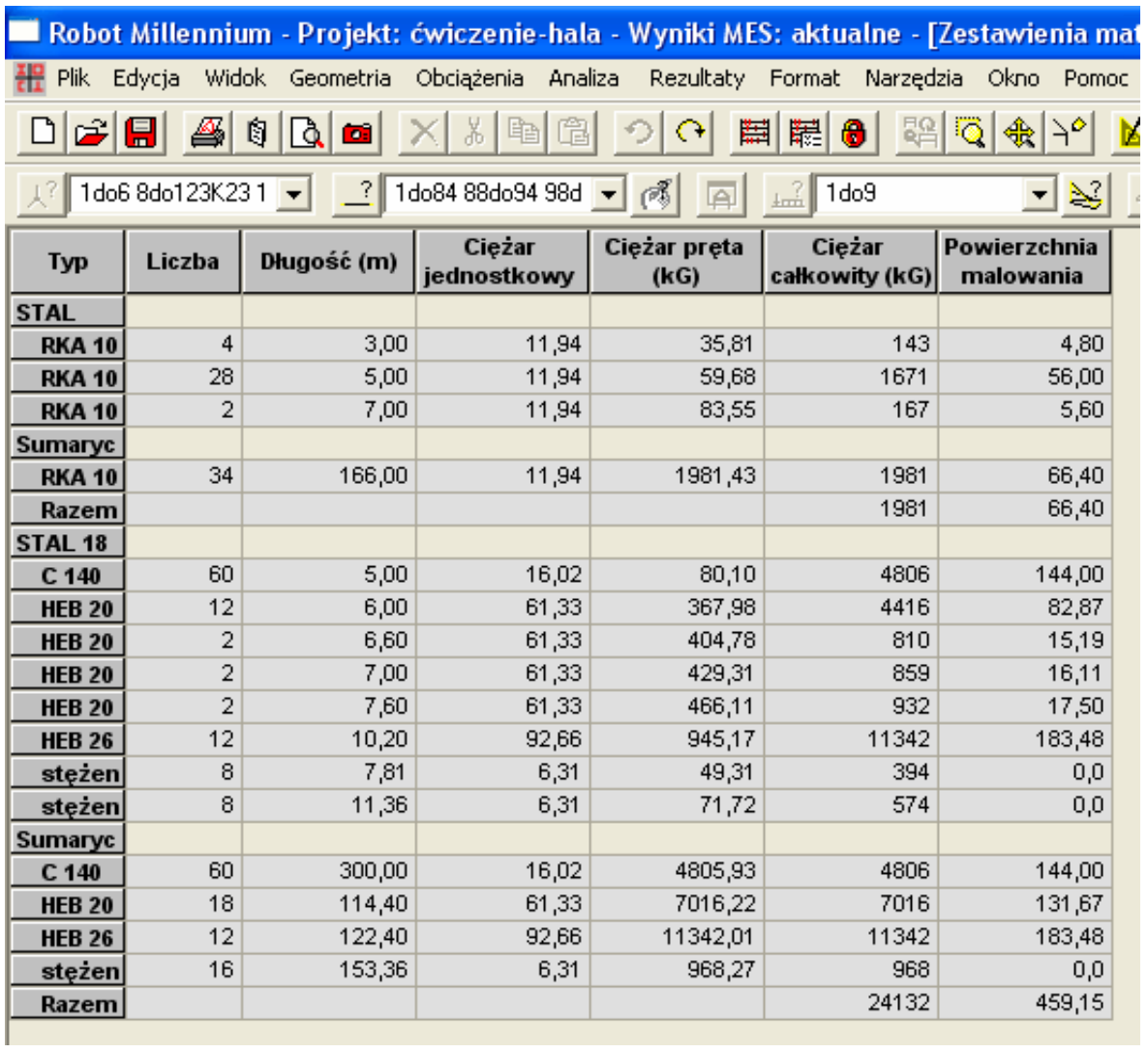
Mając „wyniki MES aktualne" l.m rezultaty-ugięcia. Otworzy się okno z tabela ugięć wszystkich prętów użytych w konstrukcji. L.m „ekstrema globalne" na dole okna; wyświetli się tabela z ekstremalnymi ugięciami prętów wraz z informacją dla jakich kombinacji obciążeń ekstremalne ugięcie występuje. Fragment tabeli przedstawia rysunek poniżej. L.m plk- „zrzuć ekran"; wyświetla się okno, w którym program pyta o tytuł zrzutu. Wpisujemy np. „ekstremalne ugięcia".



	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)
MAX	0,0010	0,8973	2,9364
Pręt	23	116	9
Przypadek	6	8	8
MIN	-0,0011	-0,8917	-3,0765
Pręt	4	106	12
Przypadek	8	8	8

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

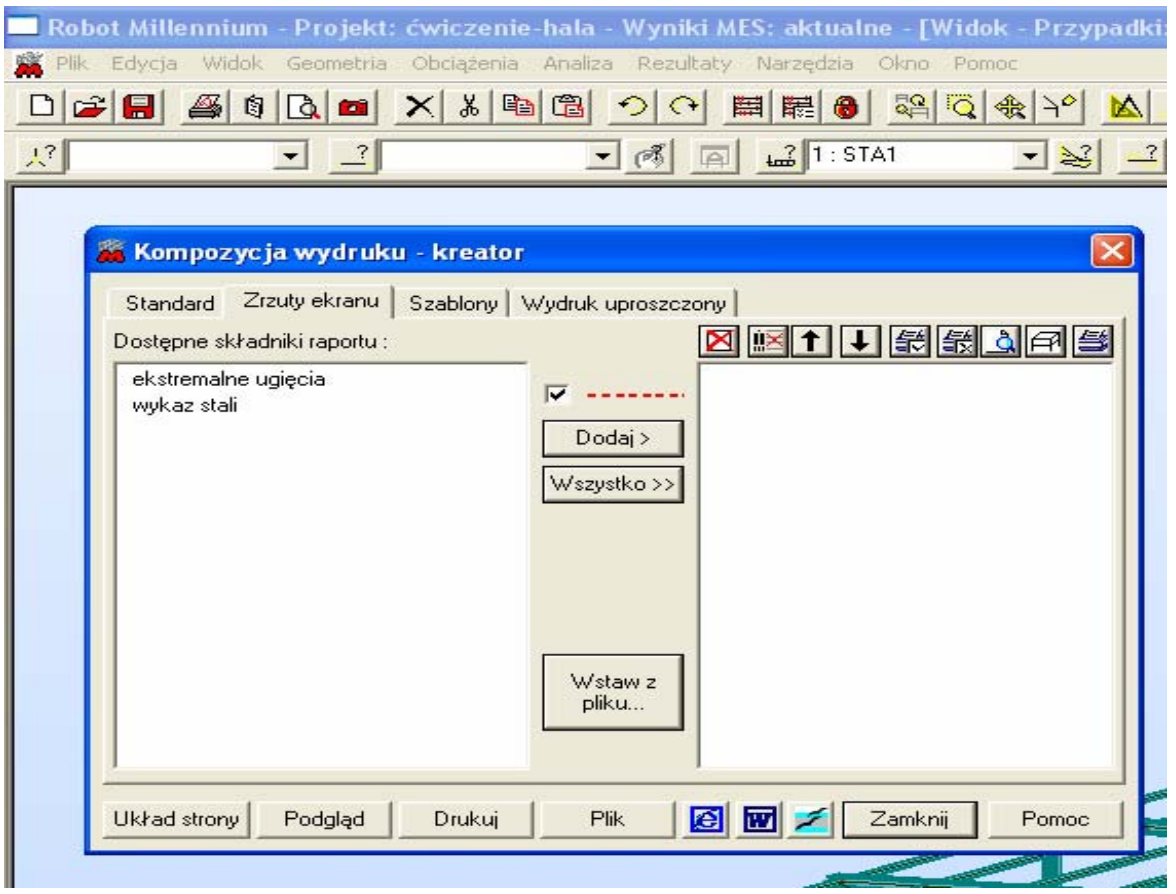
Przechodzimy do widoku konstrukcji. P.m. w dowolnym miejscu ekranu. Wyświetla się okno dialogowe, w którym wybieramy l.m. „tabele”. Wyświetla się okno z propozycjami tabel, które możemy ująć w wydruku obliczeń statycznych. Wybieramy l.m. „obmiar”. Wyświetla się tabela, w której zawarte są informacje dotyczące wykazu stali profilowej, powierzchni malowania użytych profili, długości użytych profili etc. Klękając p.m. w obrysie tabeli następnie l.m. „kolumny”, możemy do tabeli dodać wielkości charakteryzujące materiał użytych profili. Tabela wygląda jak na rysunku poniżej. Następnie zrzucamy ekran wg zaleceń powyżej.. Nazwa nowego zrzutu niech będzie np. „wykaz stali”.



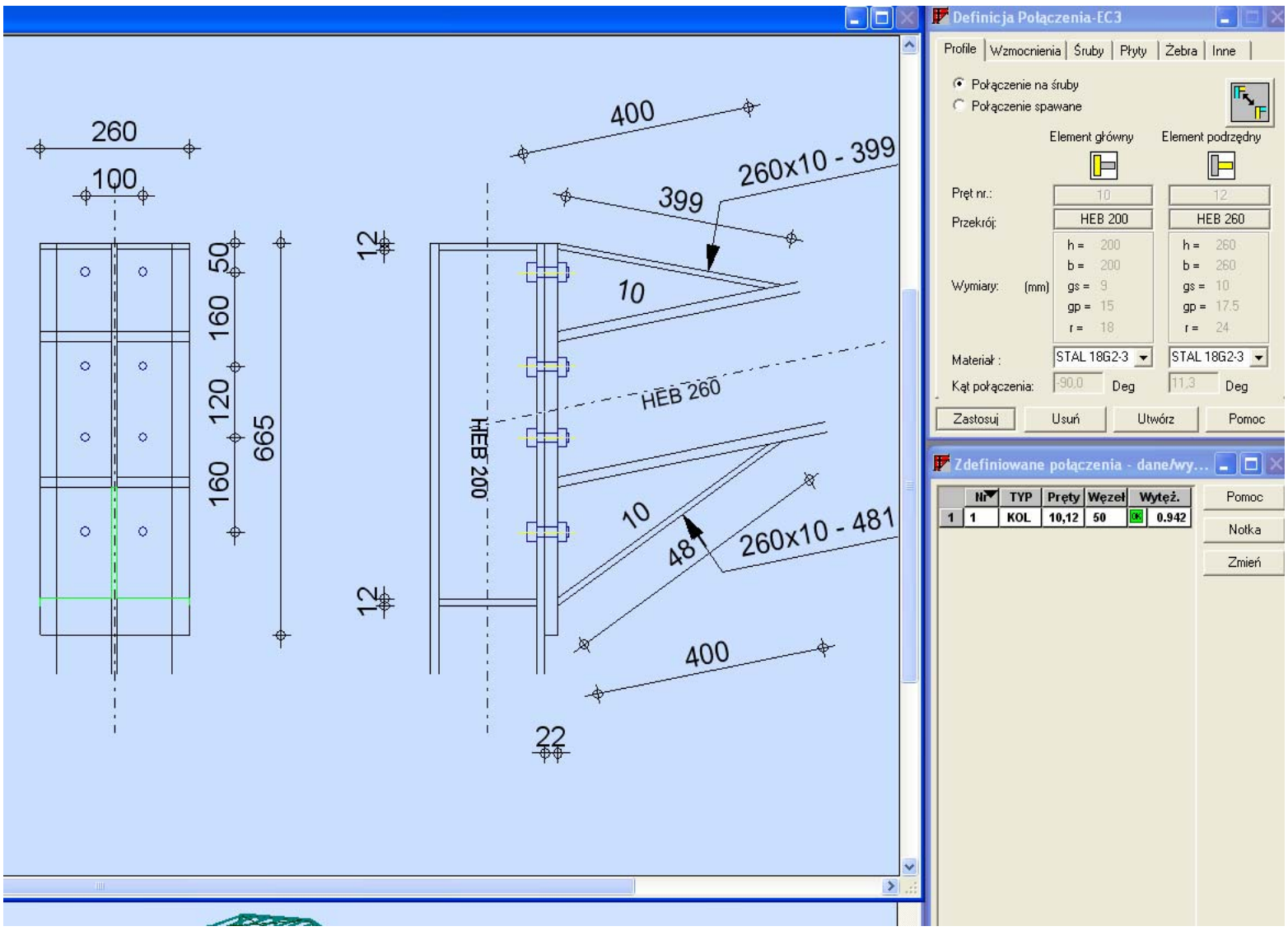
Typ	Liczba	Długość (m)	Ciężar jednostkowy	Ciężar pręta (kG)	Ciężar całkowity (kG)	Powierzchnia malowania
STAL						
RKA 10	4	3,00	11,94	35,81	143	4,80
RKA 10	28	5,00	11,94	59,68	1671	56,00
RKA 10	2	7,00	11,94	83,55	167	5,60
Sumaryc						
RKA 10	34	166,00	11,94	1981,43	1981	66,40
Razem					1981	66,40
STAL 18						
C 140	60	5,00	16,02	80,10	4806	144,00
HEB 20	12	6,00	61,33	367,98	4416	82,87
HEB 20	2	6,60	61,33	404,78	810	15,19
HEB 20	2	7,00	61,33	429,31	859	16,11
HEB 20	2	7,60	61,33	466,11	932	17,50
HEB 26	12	10,20	92,66	945,17	11342	183,48
stężen	8	7,81	6,31	49,31	394	0,0
stężen	8	11,36	6,31	71,72	574	0,0
Sumaryc						
C 140	60	300,00	16,02	4805,93	4806	144,00
HEB 20	18	114,40	61,33	7016,22	7016	131,67
HEB 26	12	122,40	92,66	11342,01	11342	183,48
stężen	16	153,36	6,31	968,27	968	0,0
Razem					24132	459,15

Po klikniecie na zakładkę „zrzuty ekranu” okno dialogowe wygląda jak na rysunku poniżej. L.m. zaznaczamy „ekstremalne ugięcia” i wprowadzamy poprzez klikniecie l.m. „dodaj”. Podobnie postępujemy z „wykazem stali”. Można również, bez zaznaczania poszczególnych zrzutów kliknąć l.m. „wszystko”. Oba zrzuty zostaną wprowadzone do wydruku obliczeń statycznych. W lewym dolnym rogu znajduje się zakładka układ strony, gdzie (po kliknięciu l.m.) możemy skonfigurować układ strony n.p. marginesy, stronę tytułową, stronę typową, stopkę, autora etc. „podgląd” pozwoli nam podejrzeć formę wydruku. Po kliknięciu l.m. „plik” program jest gotowy zapisać, w wybranym i zatytułowanym przez nas miejscu, obliczenia statyczne. Plik będzie zapisany w formacie rtf (rich text format). Zapisywanie, z uwagi na objętość pliku, trwa dosyć długo. Warto być cierpliwym ☺.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone



Powyższa procedura nie uwzględnia projektowania połączeń, które można zaprojektować klikając (po wykonaniu obliczeń) l.m. w suwak „start”-„połączenia”. Przykład zaprojektowanego połączenia słup-rygiel przedstawia rysunek poniżej. Rodzaj połączenia, dane elementów połączenia można definiować i zmieniać w oknie górnym, po prawej stronie ekranu, albo bezpośrednio w oknie graficznym. Obliczenie połączenia następuje poprzez kliknięcie l.m. w liczydełko na górze ekranu lub l.m. analiza-obliczenia, przy czynnym oknie graficznym. Poprawnie zaprojektowane połączenie, po obliczeniu, powinno w prawym dolnym rogu wyświetlić informację o wytężeniu najsłabszego elementu połączenia, mniejszym niż 1. Jednocześnie wyświetla się informacja „o.k” na zielonym tle. Poniżej pokazane połączenie nie będzie eksportowane do RCada; jest tylko przykładem tworzenia połączeń.



Procedura nie zawiera również wykorzystania tzw „okładzin”, które umożliwiają bardziej racjonalne rozłożenie obciążeń na pręty. Okładziny są elementami nieważkimi, służącymi jedynie do przekazania obciążeń powierzchniowych na pręty konstrukcji.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

Po zdefiniowaniu konstrukcji prętowej, definiujemy przy pomocy polilinii kontur na powierzchni, na która ma oddziaływać obciążenie powierzchniowe, a następnie przypisujemy konturowi własności okładziny. Okładzinę definiujemy l.m. geometria-charakterystyki-okładziny-nowa. Przypisanie konturowi własności okładziny następuje poprzez klikniecie l.m we wnętrze konturu. Po zdefiniowaniu okładziny, obciążenia powierzchniowe przypisujemy okładzinie, a nie prętom, jak to było przedstawione w niniejszym ćwiczeniu. Wykorzystanie okładzin w projektowaniu konstrukcji zostało opisane w przykładzie projektowania szkieletu żelbetowego.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

2.4 EKSPORT PLIKU OBLICZENIOWEGO DO RCada

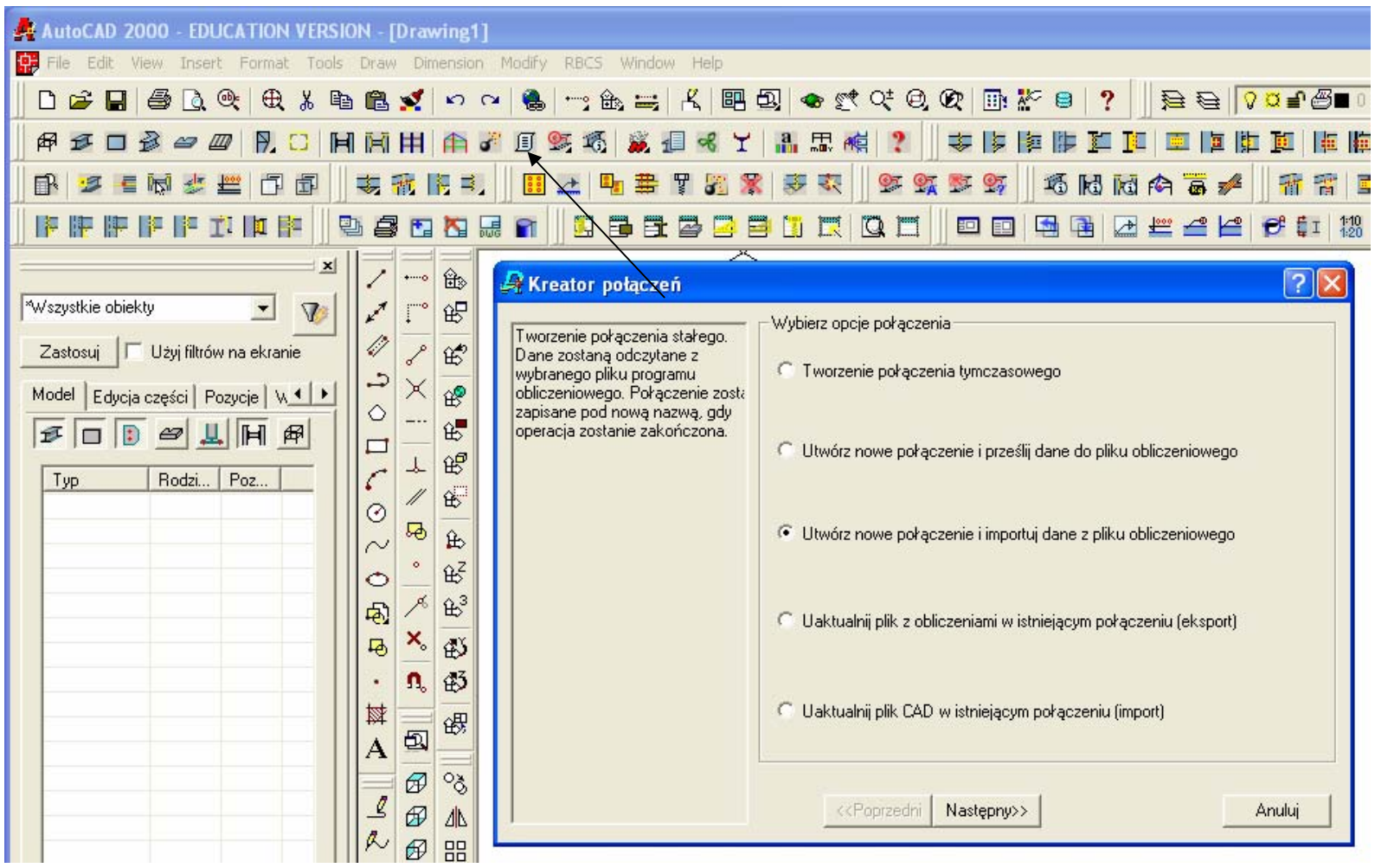
Po wykonaniu obliczeń konstrukcji w programie Robot Millennium, możemy wykonać projekt warsztatowy zaprojektowanej konstrukcji korzystając z programu RCad Stal.

RCad Stal jest programem AutoCad z dodanymi makrami ułatwiającymi wykonywanie rysunków warsztatowych i montażowych konstrukcji stalowych. Program RCad nie jest programem, który liczy i wymiaruje konstrukcję. Analiza konstrukcji przeprowadzana jest przez program Robot Millennium. RCad ma możliwość importu pliku rtd (obliczeniowego) z programu Robot Millennium.

Po otwarciu programu RCad, ekran monitora zawiera wiele zakładek (makr) ułatwiających rysowanie konstrukcji. Jednym z okien dialogowych jest tzw „inspektor obiektów", w którym zapisywane są na bieżąco zmiany w rysunkach dokonywane przez projektanta. Inspektor obiektów znajduje się po lewej stronie ekranu monitora.

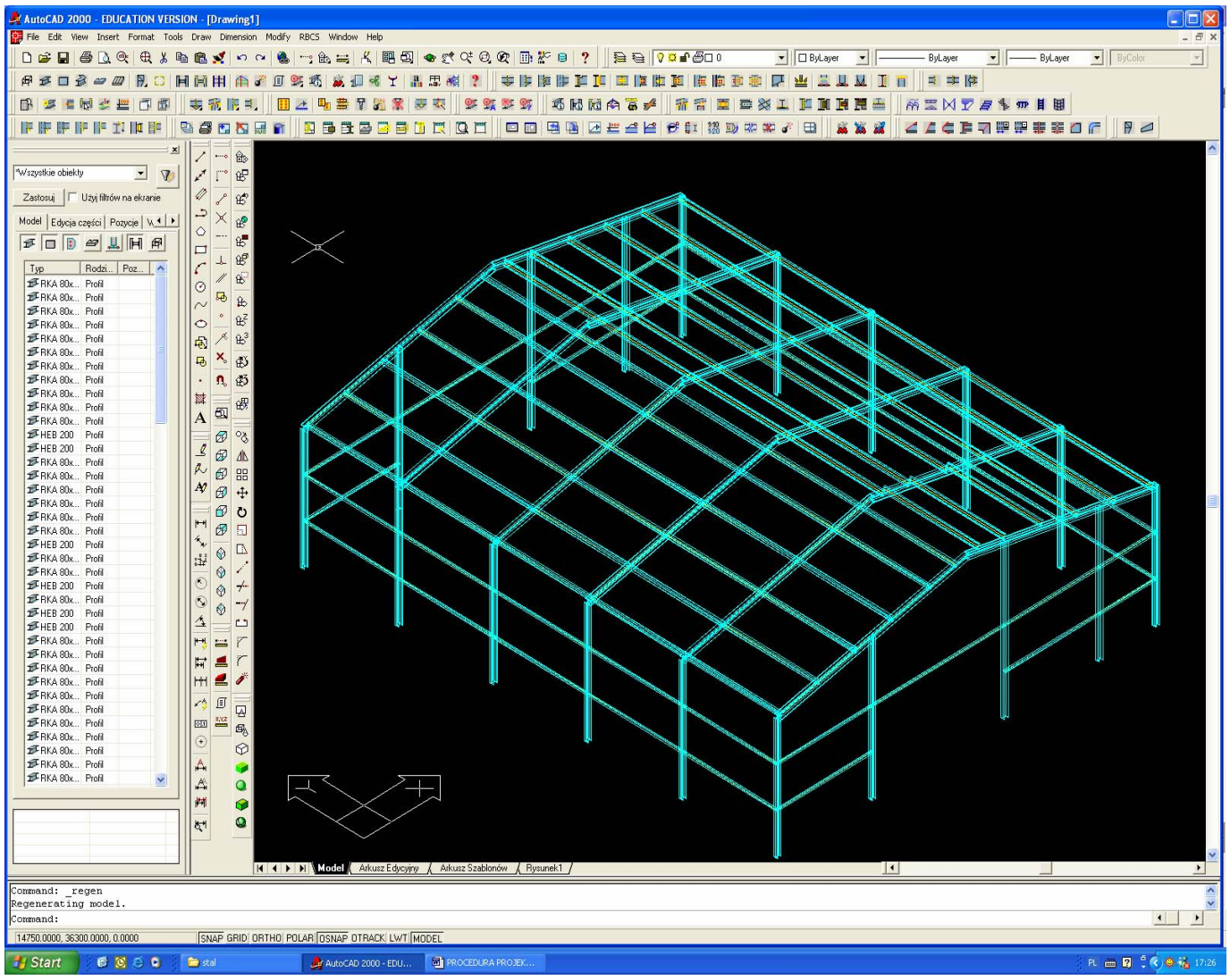
IMPORT PLIKU RTD

L.m. w okienko oznaczone strzałka na poniższym rysunku, albo l.m. „RBCS-obliczenia statyczne Robot Millennium"



Wyświetla się okno dialogowe „Kreator połączeń", w którym zaznaczamy opcję „utwórz nowe połączenie i importuj dane z pliku obliczeniowego" l.m „następny". W następnym oknie nazywamy importowany plik i wskazujemy ścieżkę dostępu do pliku rtd; „następny". W następnym oknie określamy cechy pliku, który importujemy (offsety, węzły izolowane, połączenia, dokładność). L.m. „rozpoczęcie uaktualniania danych". Program importuje plik rtd; trochę to trwa; czekamy…. czekamy ☺. W pewnym momencie, w tle, wyświetli się importowany plik rtd….czekamy, aż monitor będzie miał wygląd jak na rysunku poniżej ☺

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone



Program RCad zaimportował plik rtd analizowanej konstrukcji hali. Jednocześnie w inspektorze obiektów zostały zapisane wszystkie elementy projektowanej hali. Dane każdego elementu możemy odczytać w dolnej części inspektora obiektów, po kliknięciu l.m. w dowolną., interesującą nas część.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

2.5 TWORZENIE POŁĄCZEŃ W PROGRAMIE RCAD

W naszym przykładzie, utworzymy połączenia doczołowe kalenicowe „rygiel-rygiel”, „słup-rygiel” oraz połączenie przegubowe słupa ze stopa fundamentową. Nie są to oczywiście wszystkie wymagane połączenia. Poniżej przedstawiane będą rysunki fragmentów ekranu.

Połączenie kalenicowe

L.m. „RBCS-połączenia-blacha czołowa-wierzchołek”. Zaznaczamy (zgodnie z poleceniem w dolnym pasku dialogowym) oba rygle. Wyświetla się okno, w którym możemy zdefiniować wielkości, które nas interesują (blachy, wzmocnienia, śruby, spoiny etc.). Fragment ekranu monitora przedstawia rysunek poniżej. L.m. „zastosuj”. Jeżeli chcemy zmienić cos w projektowanym połączeniu, robimy to przed klikniecie „zamknij” lub „ok.”. Powiększone połączenie przedstawia rysunek poniżej. Połączenie zaznaczone jest kółkiem.

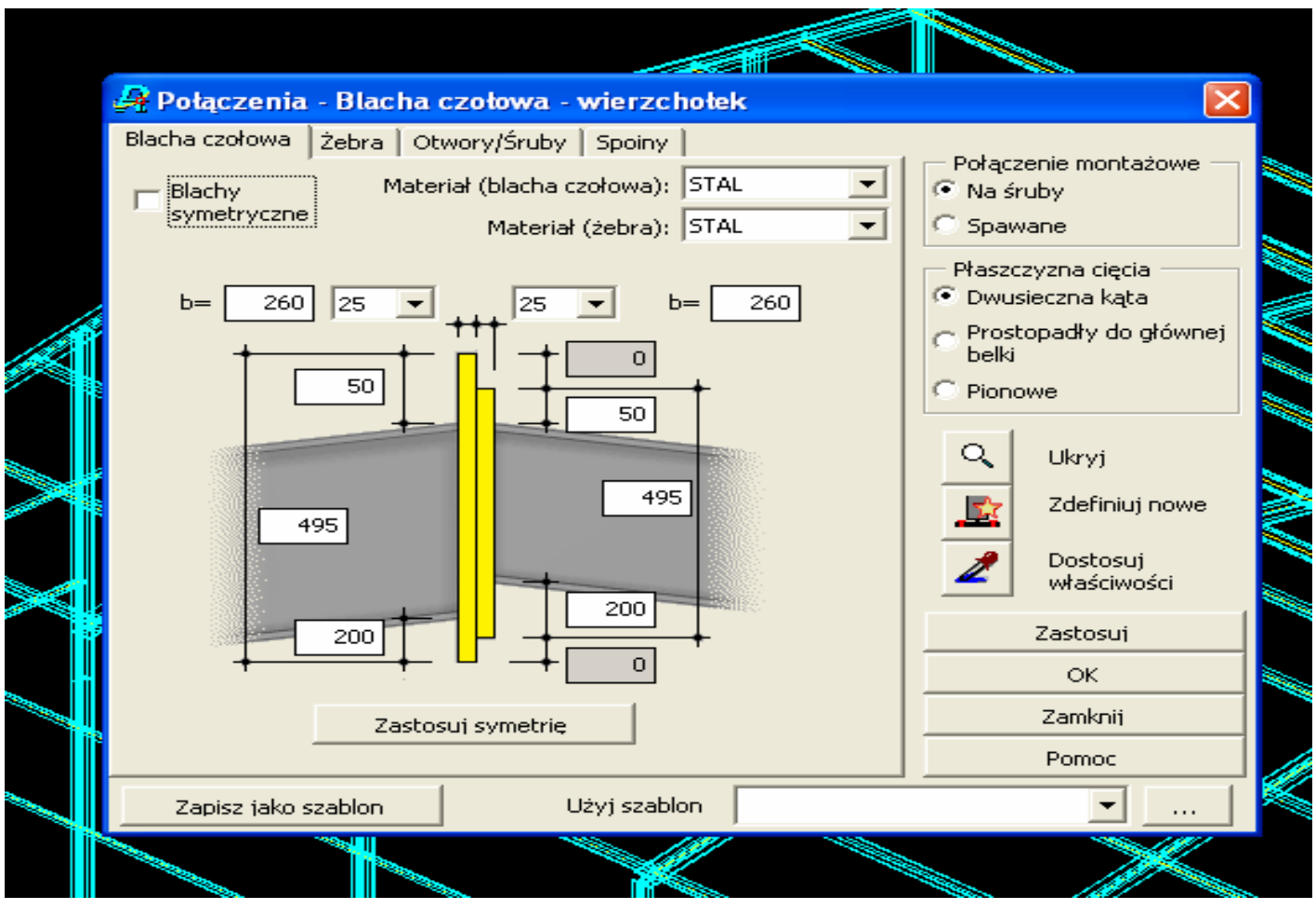
Połączenie słupa z ryglem

L.m. „RBCS-połączenia-blacha czołowa belka-półka słupa”. Zaznaczamy (zgodnie z poleceniem w dolnym pasku dialogowym) słup i belkę. Wyświetla się okno dialogowe, w którym definiujemy cechy charakterystyczne elementów połączenia. Po zdefiniowaniu, l.m. „zastosuj-zamknij”

Widok połączenia przedstawia rysunek poniżej.

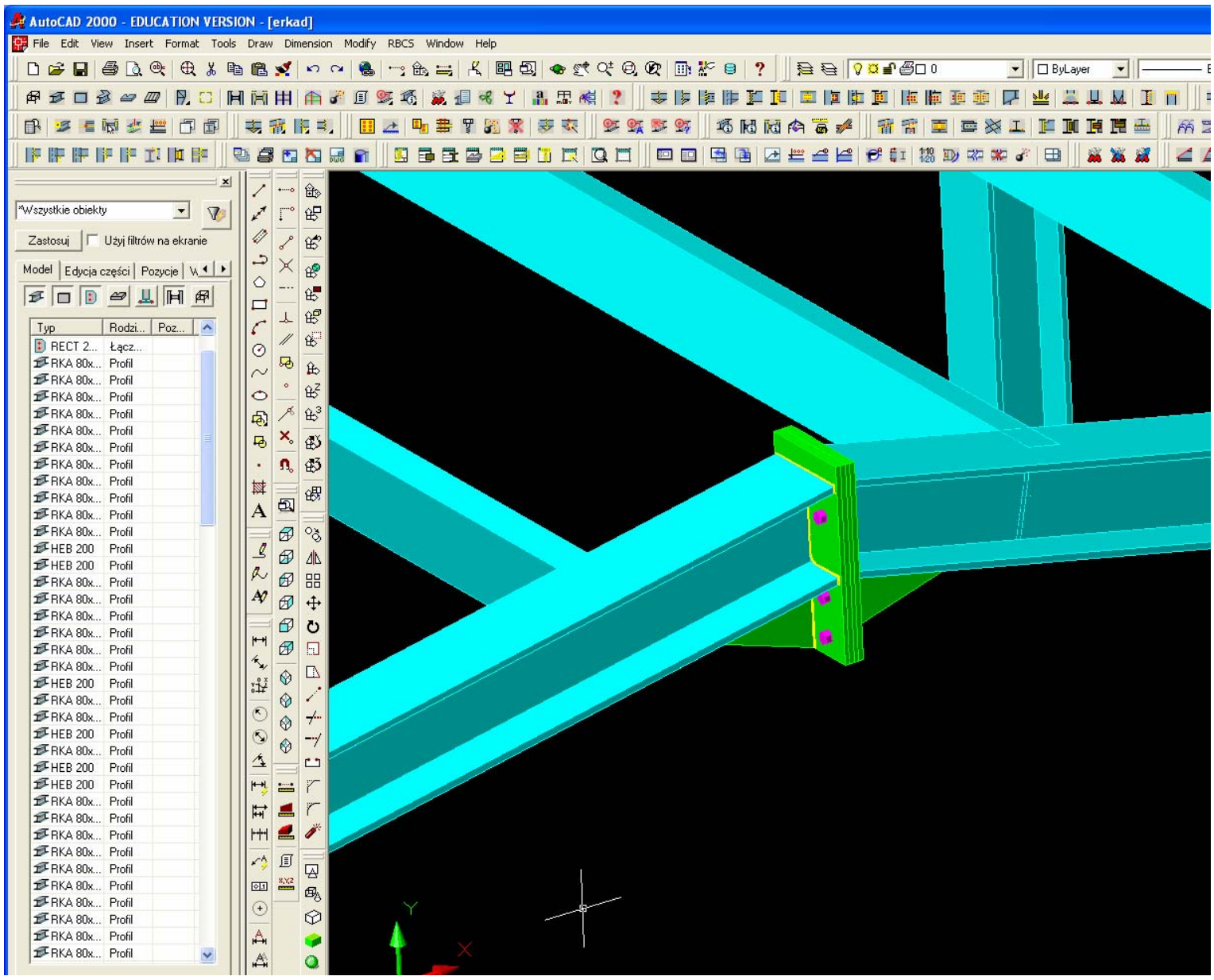
Połączenie słupa ze stopą fundamentową

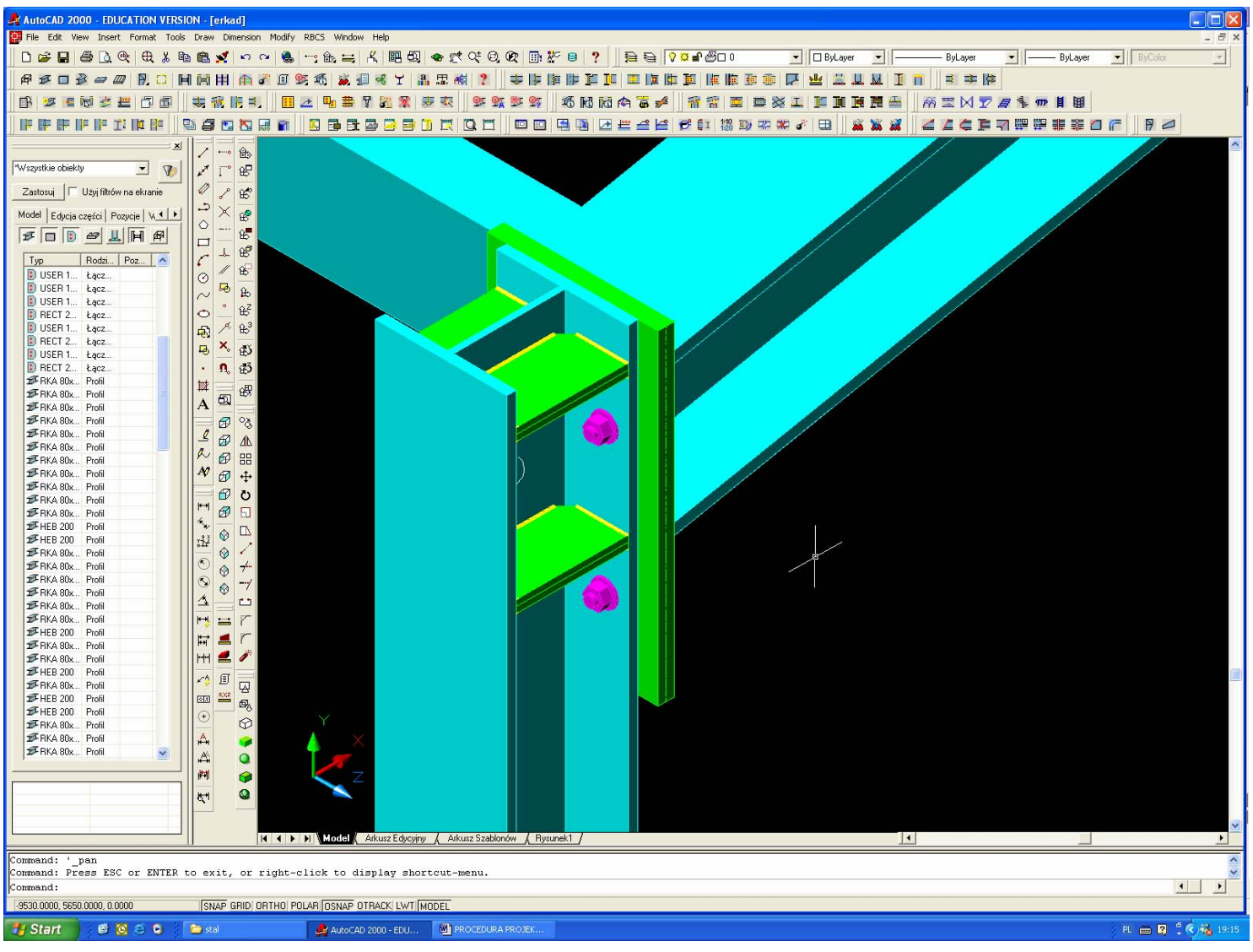
L.m. „RBCS-połączenia-stopa słupa-przegub”. Zaznaczamy (zgodnie z poleceniem w dolnym pasku narzędzi) miejsce w pobliżu którego definiujemy połączenie. Wypełniamy wyświetlone okienko dialogowe, l.m. „zastosuj”. Program wygenerował połączenie przegubowe słupa ze stopą. Niestety połączenie to jest trudne w praktycznej realizacji, ponieważ wymaga pokonania wielu, nieraz karkołomnych, czynności przy rektyfikacji konstrukcji. Nowoczesne systemy lekkich hal stalowych i niektórzy projektanci stosują połączenie przegubowe słup-stopa, na cztery srubu. Takie rozwiązanie umożliwia łatwą rektyfikację konstrukcji. Na etapie projektowania, klikamy połączenie utwierdzone słupa ze stopą, a następnie definiujemy odległość pomiędzy otworami na kotwy („szpilkami”) ~100÷200mm. Tworzymy „niby utwierdzenie”, które w istocie jest przegubem po zmontowaniu konstrukcji. W ten sposób „oszukujemy” program Robot Millennium. Jest to rozwiązanie często stosowane w praktyce (Astron, Remco i inne). W naszym przykładzie pozostaniemy przy „akademickiej” definicji przegubowego połączenia słupa ze stopa fundamentową ☺



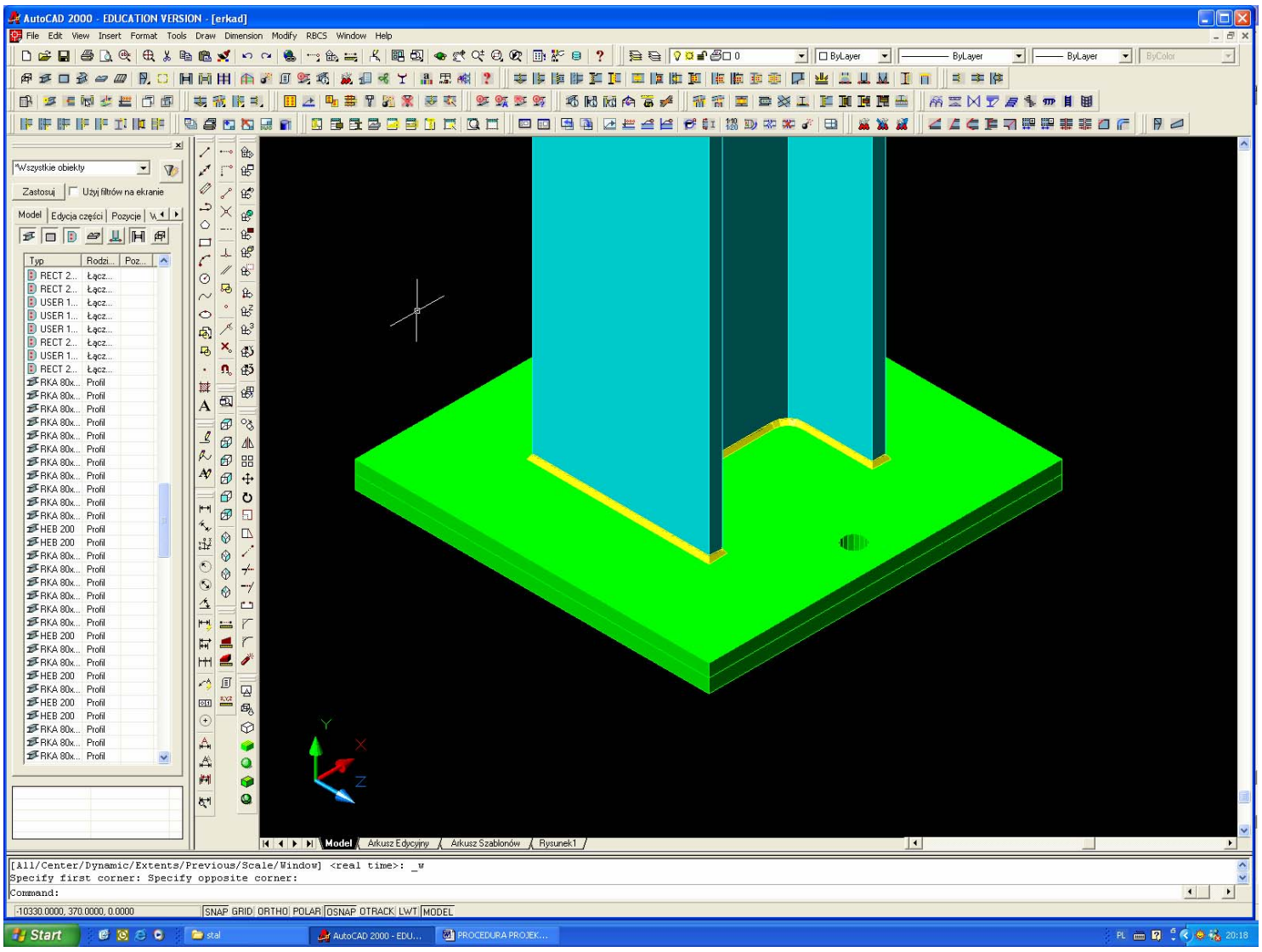
Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

Wygenerowane połączenia przedstawiają rysunki poniżej





Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone



Innych połączeń, w naszym przykładzie, nie będziemy definiować.

Po zdefiniowaniu trzech, podstawowych połączeń, należy skopiować połączenia na pozostałe węzły konstrukcji.

Kopiowanie połączeń

Kopiowanie połączenia kalenicowego

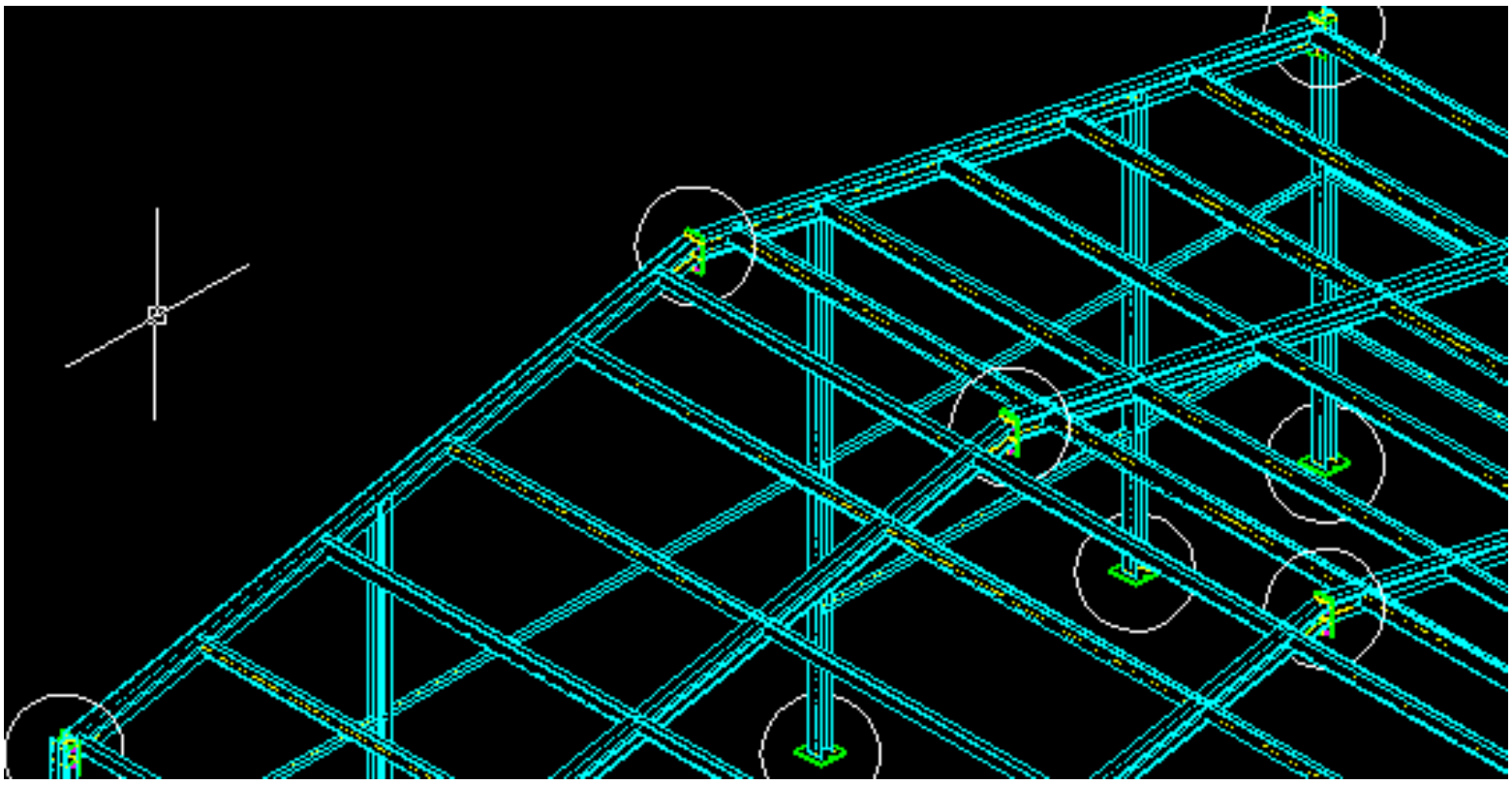
L.m. w okienko zaznaczone strzałką na rysunku poniżej, albo RBCS-obróbka-kopiuj połączenie”

L.m. w białe kółko oznaczające połączenie. Zaznaczamy, obszarem zaznaczenia całą konstrukcje hali; „enter”. Program filtruje te węzły, w których może „umieścić” kopiowane połączenie. Połaczenie kalenicowe zostało skopiowane tylko do węzłów kalenicowych.

Podobnie postępujemy z pozostałymi połączeniami.

Widok konstrukcji ze skopiowanymi połączeniami przedstawia rysunek poniżej.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone



Oczywiście, możemy modyfikować połączenia. Żeby zmodyfikować dowolne połączenie, należy l.m. kliknąć w białe kółeczko, albo zaznaczyć obszarem zaznaczenia całe połączenie, a następnie p.m. i wybrać zakładkę „modyfikacja”. Wyświetli się okno dialogowe, w którym możemy zmodyfikować dowolną własność połączenia.

Wszystkie operacje, które wykonywaliśmy na konstrukcji, zostały zapisane w inspektorze obiektów.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

2.6 DEFINIOWANIE GRUP

Projekt warsztatowy konstrukcji, oprócz pojedyńczych profili i blach, musi zawierać pewne elementy, które są połączone ze sobą w wytwórni, a które są jednocześnie przeznaczone do bezpośredniego montażu na budowie.

W naszym przykładzie zdefiniujemy następujące grupy:

słup skrajny; słup pośredni

rygiel

rama

Definiowanie grupy „słup skrajny”

L.m. „RBCS-grupy”

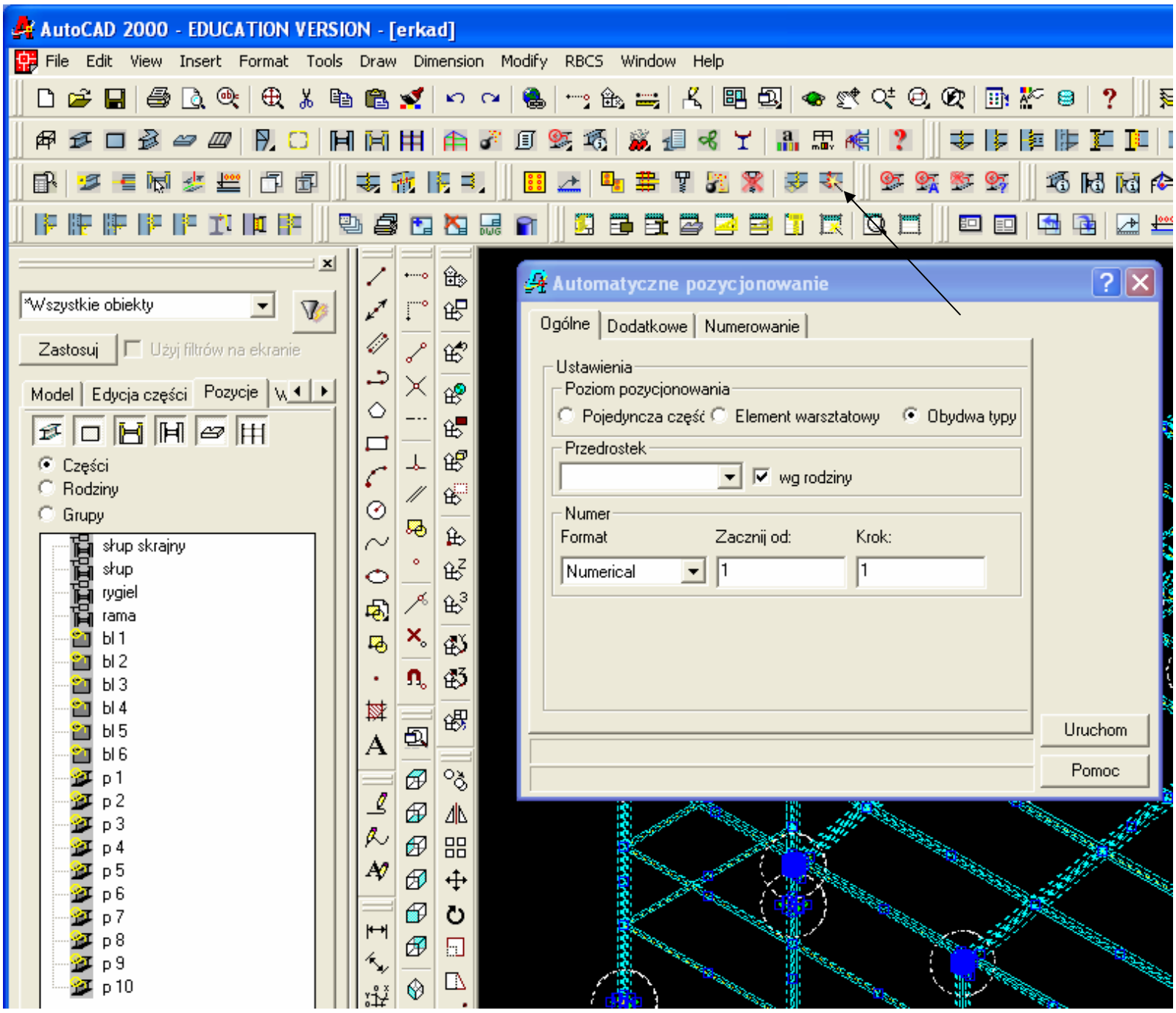
Lewym klawiszem myszy zaznaczamy elementy mające wejść w skład grupy „słup skrajny” (profil słupa, żebra usztywniające połączenia słup-rygiel, blacha stopowa słupa), wpisujemy nazwę grupy, lewym klawiszem myszy określamy główny element grupy; „enter”. Została utworzona grupa elementów do wykonania w wytwórni, którą nazwaliśmy „słup skrajny”.

Podobnie postępujemy tworząc grupę „słup pośredni”, „rygiel”, „rama”. W skład grupy „rama wchodzą wszystkie elementy tworzące ramę hali.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

2.7 PRZYPISANIE POZYCJI pojedynczym elementom i elementom WARSZTATOWYCH

Program RCad Stal daje możliwość pozycjonowania wszystkich elementów warsztatowych. Pozycje, dowolnemu elementowi, możemy przypisać ręcznie, albo zastosować pozycjonowanie automatyczne. L.m. „RBCS-pozycje-uruchom pozycjonowanie automatyczne", albo okienko wskazane strzałką na rysunku poniżej. Polecenie „proszę wybrać obiekty", zaznaczamy obszarem zaznaczenia całą konstrukcję (chcemy, żeby program nadał automatycznie pozycje wszystkim elementom); „enter". Wyświetla się okno dialogowe „automatyczne pozycjonowanie", w którym zaznaczamy opcję „obydwa typy" (chcemy, żeby program nadał pozycje pojedynczym częściom i elementom warsztatowym). L.m. „uruchom".



Program nadał pozycje wszystkim elementom warsztatowym i wszystkim pojedyńczym elementom projektowanej konstrukcji.

Przechodzimy na zakładkę „pozycje" w inspektorze obiektów".

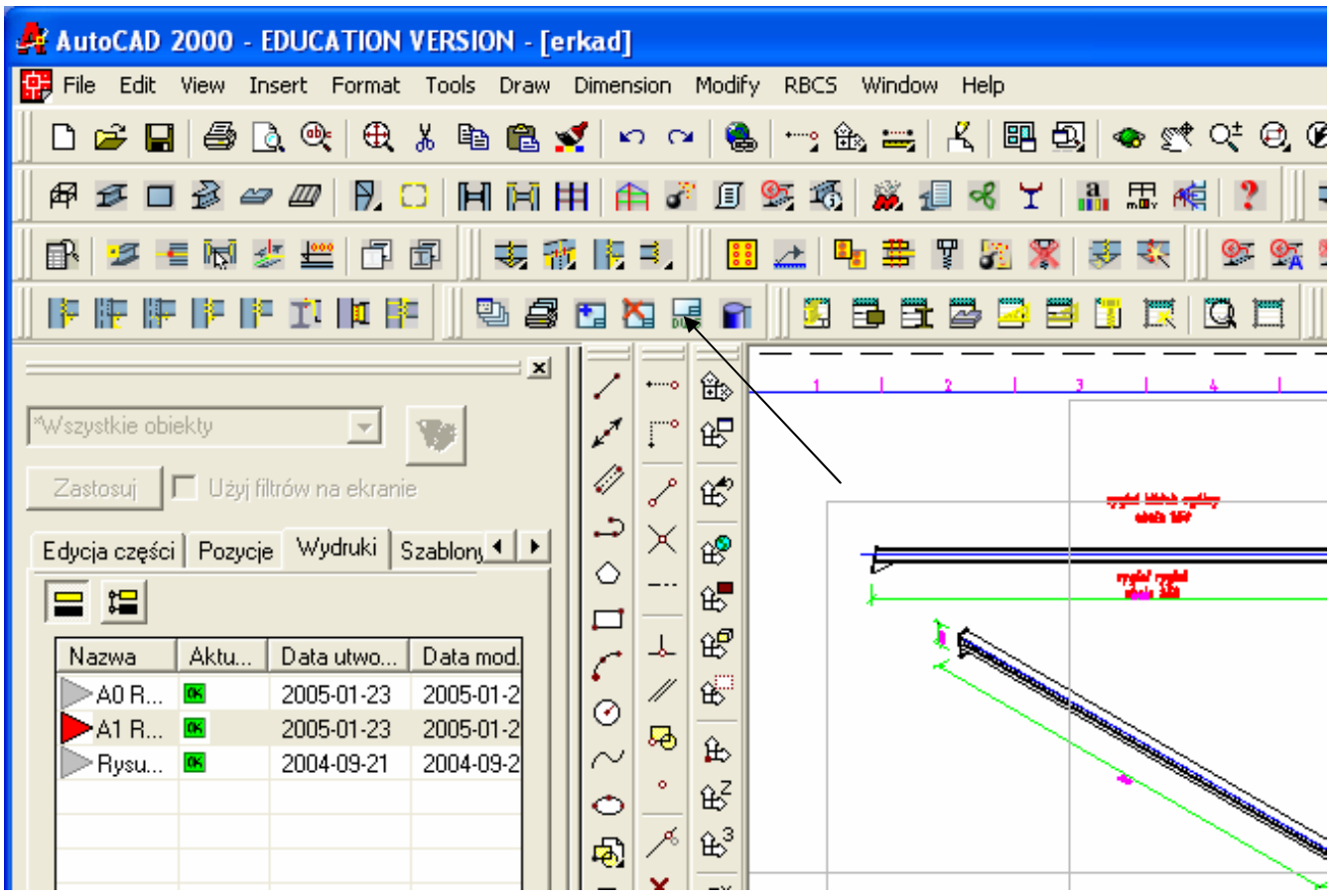
Zaznaczamy np. pozycję „bl5"; p.m. na pozycji „bl5"-l.m –„dołącz dokument". Wyświetla się okno dialogowe „wybierz szablon", w którym określamy skalę, w jakiej ma być drukowana blacha „bl5" np. 1:5; „ok.". W arkuszu edycyjnym zostaje wyświetlony, zwymiarowany rysunek blachy „bl5" w skali 1:5.

Podobnie postępujemy ze wszystkimi, interesującymi nas elementami konstrukcji hali. Na rysunku poniżej przedstawiono rysunek rygla, słupa i kilku (przypadkowych blach).

Klikamy p.m. w dolny pasek narzędzi, otwiera się zakładka, w której wybieramy l.m. „z szablonu" (from template". Wybieramy przygotowane arkusze dopasowane do plotera, jakim dysponujemy np. A0 RoboBat 048; „otwórz". W okienku „wstaw arkusz" (insert layout(s)) „o.k. W dolnym pasku narzędzi l.m. otwieramy arkusz A0RoboBat 048. W inspektorze obiektów (przy otwartym arkuszu A0 RoboBat) p.m. otwieramy zakładkę i l.m. „dodaj do aktualnego wydruku" przenosimy rysunek na arkusz.

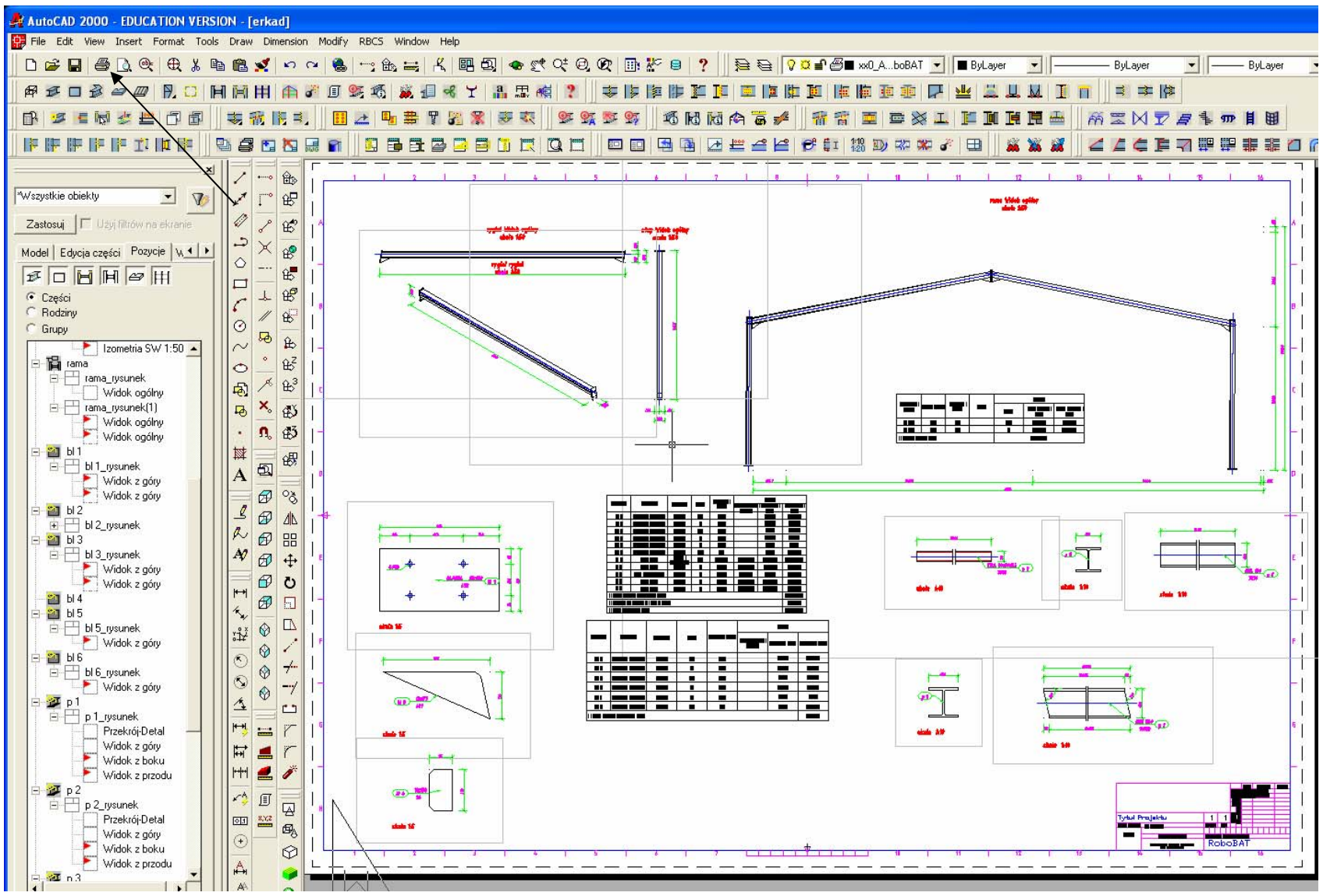
Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

L.m. „RBCS-raporty”. Wybieramy „zestawienie stali” i wstawiamy je do otwartego arkusza. Podobnie wstawiamy „zestawienie blach” i „zestawienie śrub”. Jeżeli współpracujemy z projektantem, który nie dysponuje RCadem, możemy zapisać nasz wydruk w formacie dwg, który można otworzyć bez zainstalowanego RCada. L.m. w okienko zaznaczone strzałką na poniższym rysunku; w inspektorze obiektów, wybieramy zakładkę „wydruk”, a następnie wybieramy arkusz, który chcemy zapisać w formacie dwg, a następnie zapisujemy plik w określonym katalogu. W celu weryfikacji połączeń i całej konstrukcji, możemy wygenerowany w RCadzie model konstrukcji wysłać znowu do Robota Millennium. Procedura eksportu jest bardzo podobna do procedury importu, dlatego nie będziemy się nią tutaj zajmować.



Wystarczy uaktualnić tabelkę w prawym dolnym rogu arkusza i kliknąć w okienko zaznaczone strzałką…drukować ☺.

Gotowy do wydruku arkusz (z przypadkowymi elementami konstrukcji ☺) przedstawia rysunek poniżej.



Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

Przedstawione procedury projektowania hali stalowej nie wyczerpują wszystkich możliwości programu Robot Millennium i RCad. Zaznaczyłem jedynie możliwość i sposoby projektowania geometrii, przyjęcia obciążeń, analizę i wymiarowanie hali stalowej. Jednocześnie pokazałem możliwość szybkiego i łatwego wykonania rysunków warsztatowych i montażowych hali zaprojektowanej w programie Robot. Opisane procedury służą jedynie jako materiały pomocnicze w ćwiczeniach z programem Robot i RCad.

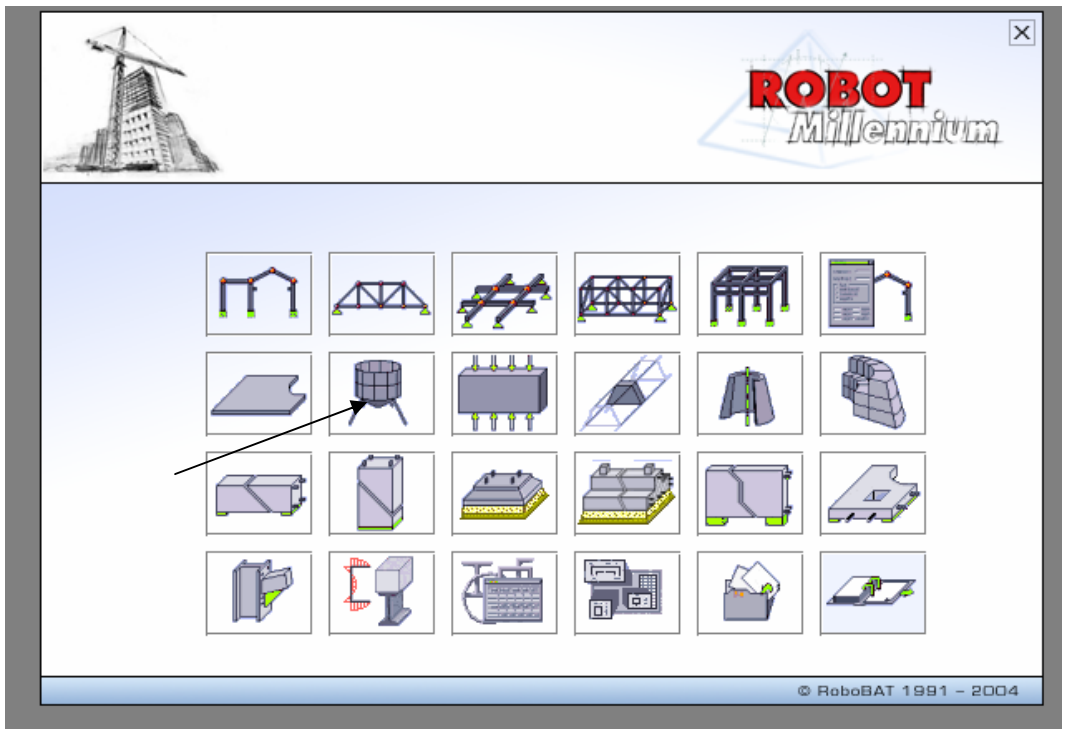
Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

3. PROCEDURA PROJEKTOWANIA KONSTRUKCJI ŻELBETOWYCH PRZY WYKORZYSTANIU PROGRAMU „ROBOT MILLENNIUM v.18”

Ćwiczenie

Zaprojektować budynek szkieletowy w technologii żelbetowej monolitycznej. Dane: 2 kondygnacje, siatka słupów 5,0/6,0. Wysokość kondygnacji 3,5 m. Stropy płyta monolityczna. Beton B25, stal AIII (A0).Na potrzeby naszego ćwiczenia projektowego przyjmiemy obciążenie eksploatacyjne na wszystkich kondygnacjach p=4,0kN/m^2.

Po otwarciu programu Robot Millennium otwieramy zakładkę „projektowanie powłoki (wskazana strzałką na rysunku poniżej).



Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

3.1 Definiowanie osi konstrukcji

L.m. „geometria-osie”. Definiujemy osie „x”. Zakładka „pozycja” 0, zakładka „ilość powtórzeń” np. 2, zakładka „rozstaw” 5,0. Zakładka „numeracja” pozostawiamy bez zmian. Osie „x” będą numerowane 1,2,3…. l.m. zakładka „wstaw”. Zdefiniowaliśmy osie „x” naszej konstrukcji.

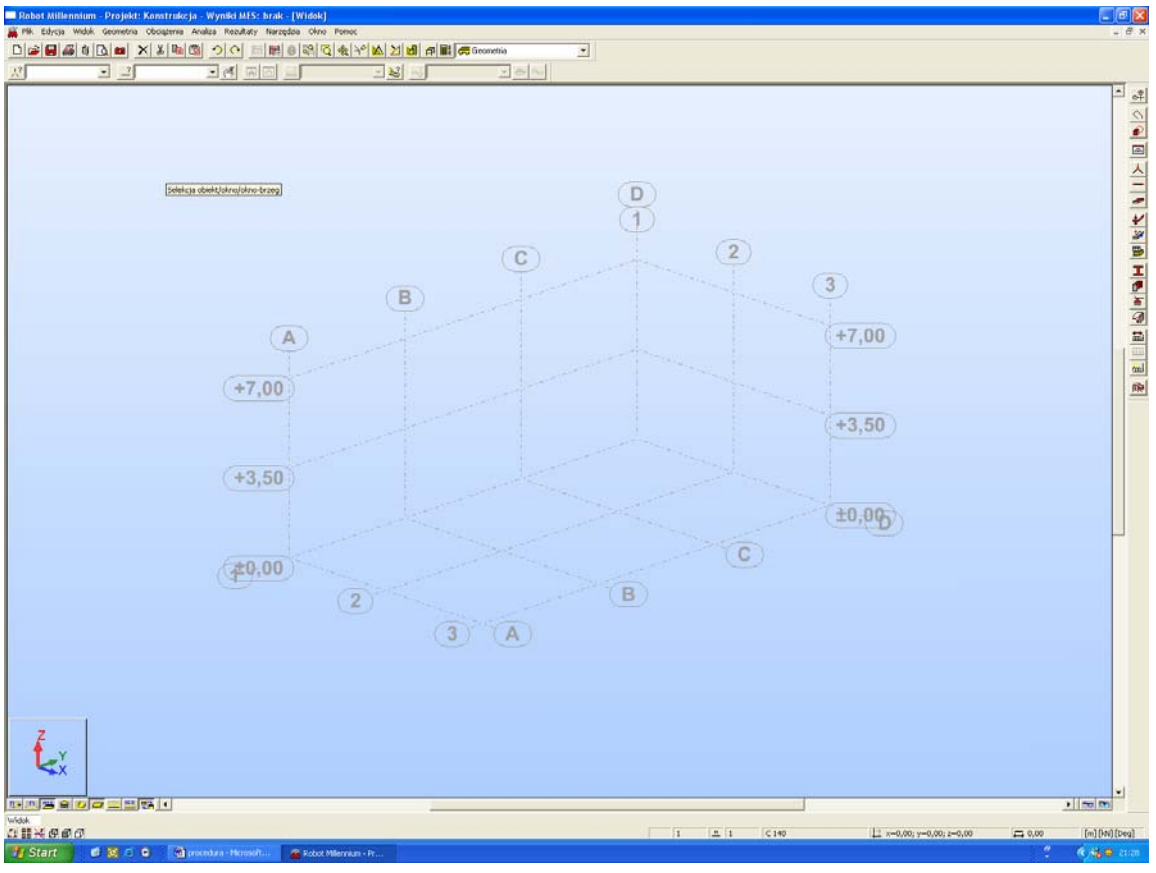
L.m. zakładka „y”. „Pozycja” 0, zakładka „ilość powtórzeń” np. 3, zakładka „rozstaw” 6,0. Zakładka „numeracja” l.m. w suwak i wprowadzamy numerację A,B,C,D…. Zakładka „wstaw”. Zdefiniowaliśmy osie „y” naszej konstrukcji.

L.m. zakładka „z”. „Pozycja” 0, zakładka „ilość powtórzeń” 2, zakładka „rozstaw” 3,5m, zakładka „numeracja” l.m. w suwak i wprowadzamy numerację „wartość”, „wstaw”.

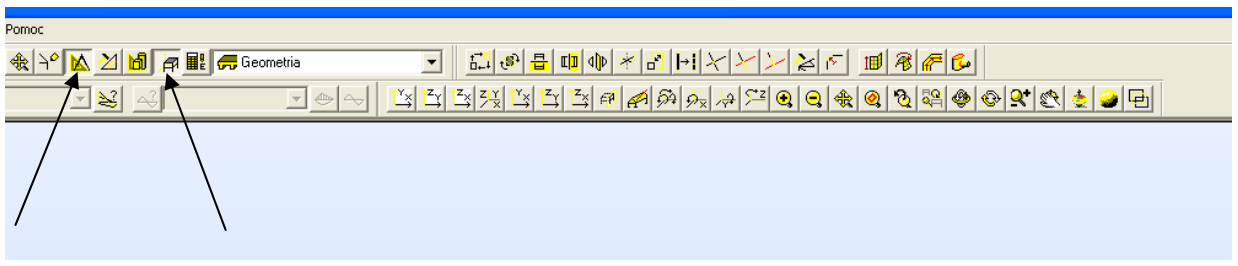
Zdefiniowaliśmy osie x,y,z naszej konstrukcji. L.m. „zastosuj”-„zamknij”.

Pracujemy w układzie globalnym widocznym w lewym dolnym rogu ekranu.

L.m. „widok”-„rzutowanie”-3dxyz. Ekran monitora będzie wyglądał jak na rysunku poniżej.



Uwaga! Dla ułatwienia pracy warto otworzyć dodatkowe paski narzędzi „edycja” i „widok”. Wystarczy kliknąć l.m. w okienka wskazane strzałką na poniższym rysunku i wprowadzić paski na ekran monitora. Pasek narzędzi będzie wyglądał jak na rysunku poniżej.



Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

3.2 Definiowanie prętów konstrukcji (słupy, belki)

L.m. „geometria”-pręty (albo na prawym słupku z paskiem narzędzi kliknąć l.m. w okienko „pręty”.

Otworzyło się okienko dialogowe, w którym zdefiniujemy belki i słupy konstrukcji.

L.m. w zakładkę „typ pręta” wybrać „słup żelbetowy”. L.m w „…” obok okienka „przekrój”, otwiera się okienko „nowy przekrój”, w którym możemy zdefiniować przekrój i nazwę słupa.

W okienku „etykieta” wpisujemy np. 40/40 (przekrój słupa będzie miał wymiary

40x40 [cmxcm]. Wymiary słupa wpisujemy w okienko „wymiary [cm]”. L.m. „dodaj-zamknij”. Zdefiniowaliśmy słupy projektowanej konstrukcji. Zdefiniowany słup został wpisany do bazy danych profili w okienku dialogowym „pręt”. L.m. „typ pręta” wybieramy „belka żelbetowa” i postępujemy analogicznie jak przy definicji słupa. Definiujemy belkę, która nazwiemy np. 40/60 (podciąg) oraz np. 40/50 (żebro). Żebro definiujemy jako belkę teową przyjmując b_f=120cm, h_f=20cm. L.m. „dodaj-zamknij”.

W oknie „pręt” wybieramy „słup żelbetowy” i wprowadzamy słupy do siatki konstrukcyjnej (osi konstrukcji). Następnie w oknie „pręt” wybieramy „podciąg” i wprowadzamy podciągi do siatki konstrukcyjnej wzdłuż osi y. Rozsądnym jest, aby każdy podciąg był obciążony dwoma żebrami, ale na potrzeby naszego ćwiczenia obciążmy każde przęsło podciągu jednym żebrem. Zaznaczmy podciągi klikając l.m. w każdy podciąg i trzymając jednocześnie klawisz „ctrl”. Podciągi zostały podświetlone. Oczywiście możemy zaznaczyć podciągi filtrując je w zakładce „wybór prętów”

L.m „edycja-podział”. Otwiera się okno „podział”, w którym definiujemy liczbę

podziałów (6) oraz zaznaczamy „generuj węzły bez dzielenia prętów/krawędzi”. L.m. „wykonaj-zamknij”. W każdym przęśle podciągu został wygenerowany jeden węzeł, do którego „przyczepimy” żebra.

L.m. okno „pręt”, typ pręta „belka żelbetowa, przekrój „żebro”. Wprowadzamy żebra do siatki konstrukcyjnej wzdłuż osi x..

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

3.3 Definiowanie płyty żelbetowej stropu.

Zdefiniujemy kontur stropu korzystając z polilinii. L.m. „geometria-obiekty-polilinia-kontur”.

Otwiera się okno dialogowe, w którym zaznaczamy „kontur”. L.m. klikamy w naroża konstrukcji o współrzędnych (0;0;3,5) (0;18;3,5) (10;18;3,5) (10;0;3,5) i zamykamy kontur w narożniku (0;0;3,5).

3.3.1. Definiowanie panela (płyty żelbetowej).

L.m. na prawym słupku paska narzędzi okienko „grubości ES”. L.m. w zakładkę „nowy”. Otwiera się okienko „nowa grubość”, w którym definiujemy płytę stropu. Etykieta „płyta 20”, grubość płyty 20 cm. Grubość płyty stała, „dodaj-zamknij”. Przy podświetlonej strzałką „płyta 20” w oknie dialogowym „grubości ES’ klikamy w oknie graficznym w zaznaczenie konturu (kreseczka zakończona kropką) i przypisujemy własności panela konturowi. L.m. „geometria-panel”. Typ obszaru panel, tworzenie poprzez punkt wewnętrzny. Klikamy w dowolnym punkcie wewnątrz panela. Rysunek konstrukcji zmienił kolor. Panel „płyta 20” został przypisany konturowi. Zamknij okno „panel” i „grubości ES”.

3.3.2. Definiowanie otworu klatki schodowej.

L.m. „widok-rzutowanie xy2d”. W przewidzianym przez architekta miejscu definiujemy kontur o wymiarach również podanych przez architekta. W naszym ćwiczeniu niech to będzie kontur o wymiarach 2,0x3,5. Współrzędne (0,5;9,0;3,5) (0,5;11,0;3,5) (4,0;11,0;3,5) (4,0;9,0;3,5) i zamykamy kontur (0,5;9,0;3,5). Zdefiniowanemu konturowi przypisujemy „otwór” w okienku „panel”. W naszym ćwiczeniu nie będziemy definiować biegów i spoczników klatki schodowej. Zdefiniowaliśmy konstrukcje budynku do poziomu +3,5.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

3.4. Definiowanie kondygnacji +7,0

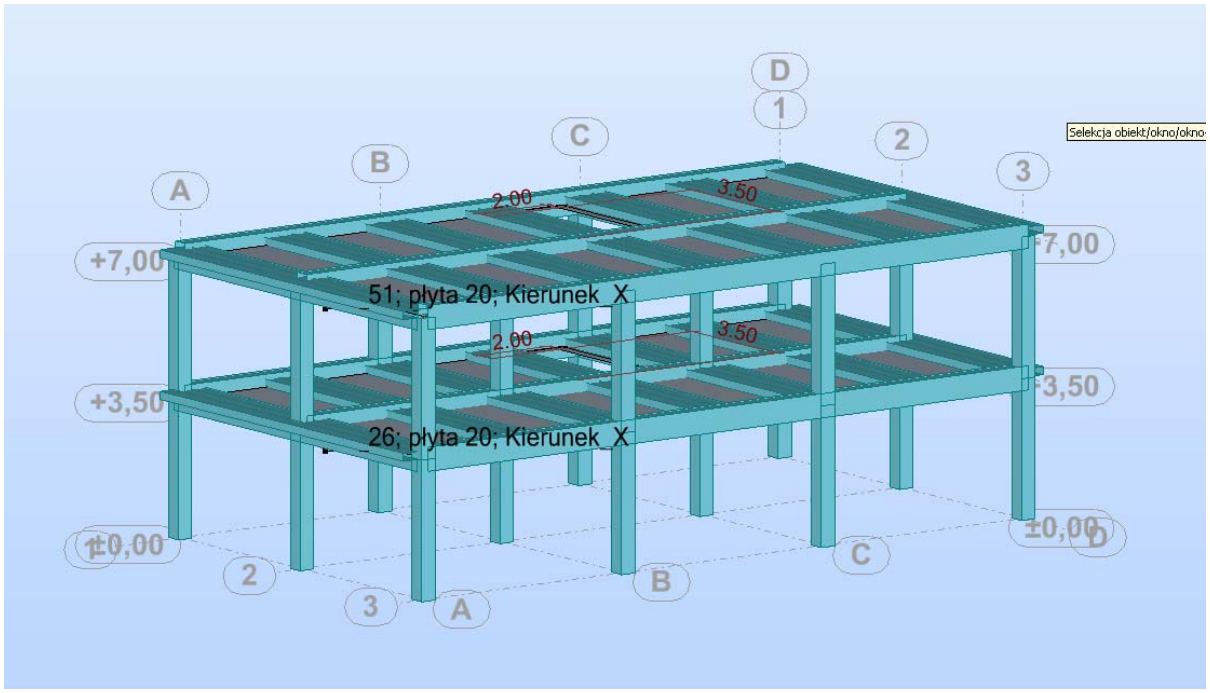
Zaznaczamy całą konstrukcje, L.m. „edycja-edytuj-przesuń” Wskazujemy l.m podstawę słupa, a następnie głowicę słupa (zaznaczona opcja „kopiowanie”). Zdefiniowaliśmy wektor przesunięcia. Konstrukcja została skopiowana.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

3.5. Definiowanie podpór konstrukcji.

Przypiszmy konstrukcji podpory utwierdzone. L.m. „geometria-podpory-(podświetlamy) „utwierdzenie”.

P.m w dowolnym miejscu ekranu, l.m. „wyświetl-profile-(zaznaczamy) „szkice. Konstrukcja na ekranie monitora będzie wyglądała jak na rysunku poniżej.



Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

3.6. Definiowanie okładzin

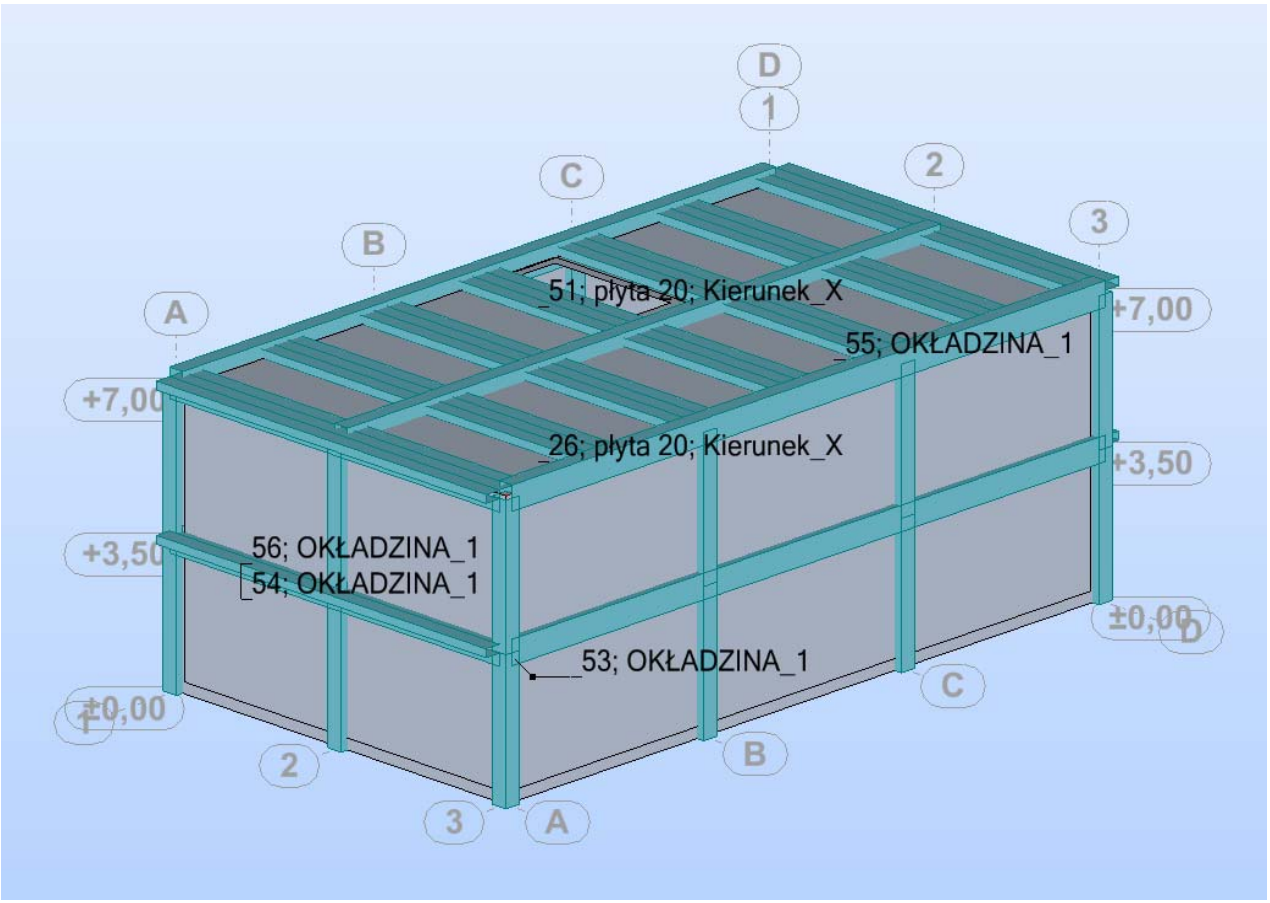
Opcja służy do definicji nowego typu obiektu - powierzchni, która jest obiektem służącym do przeniesienia obciążeń powierzchniowych na pręty (nie jest to obiekt przenoszący obciążenia). Opcja umożliwia definicję konstrukcji prętowych ze ścianami osłonowymi. Okładziny mogą być wykorzystana podczas generacji obciążenia prętów obiektami 3D oraz podczas generacji obciążeń śniegiem i wiatrem 3D. Obiekt taki znacznie ułatwia generację obciążeń poprzez możliwość definicji rzeczywistych obiektów konstrukcyjnych, niemających udziału w nośności konstrukcji takich jak ściany osłonowe i pokrycia dachowe.

Obiekt powierzchni jest generowany jako bok ze zdefiniowaną okładziną. Definicja powierzchni jest przeprowadzana w taki sam sposób jak definicja panela (przez wskazanie punktu wewnętrznego albo listy obiektów liniowych).

Definiujemy kontury na 4 ścianach projektowanej konstrukcji szkieletowej.

L.m. „polilinia kontur”. Każdy kontur na ścianach definiujemy klikając w naroża ścian; pamiętając o domknięciu konturu.

L.m. „geometria-cechy dodatkowe-okładziny”. Otwiera się okno dialogowe, w którym definiujemy okładzinę. Domyślnie jest zaznaczony typ okładziny przenoszący obciążenia powierzchniowe na prety poziome i pionowe. Pozostawiamy nazwę „okładzina1” oraz „metoda analizy rzutu”. Podświetloną okładzinę klikamy w wewnętrzny punkt każdego, zdefiniowanego wcześniej konturu. Po przypisaniu konturom okładzin zamykamy okno „okładziny”. Projektowana konstrukcja zmienia wygląd. Wygląd konstrukcji jest przedstawiony na rysunku poniżej.



Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

3.7. Obciążenia konstrukcji

Przyjmijmy jednakowe obciążenie stropów poziomu +3,5 i +7,0.

Definicja przypadków obciążeń:

L.m. „obciążenia-przypadki”. Otwiera się okno dialogowe, w którym definiujemy przypadki obciążeń projektowanej konstrukcji.

Przypadek „ciężar własny”. Chcemy, aby program uwzględnił ciężar własny konstrukcji w analizie konstrukcji; l.m. „nowy”; l.m. w suwak „natura” wybieramy „stałe”; nazwa „podłoga”; „nowy”. Przypadek obciążenia stałego o nazwie „podłoga” będzie uwzględniony w analizie konstrukcji. L.m. w suwak „natura” wybieramy eksploatacyjne”; nazwa „zmienne”. L.m. „natura” „wiatr”; nazwa „wiatr z lewej”; „nowy”. Pozostawiamy natura „wiatr” i wpisujemy nazwę „wiatr z prawej” jako oddzielny przypadek obciążeń; „nowy)

Należałoby uwzględnić pozostałe dwa przypadki obciążeń wiatrem (wiatr z przodu i wiatr z tyłu), ale dla naszego ćwiczenia pozostańmy przy dwóch przypadkach obciążenia wiatrem. W naszym ćwiczeniu nie zaprojektowaliśmy dachu i dlatego przypadek „śnieg” uwzględnimy jedynie jako przypadek ćwiczeniowy ☺.

L.m. „natura” wybieramy „śnieg”, nazwa „śnieg”; „nowy”; „zamknij”.

Określiliśmy 7 przypadków obciążeń, które będą analizowane przez program.

Określenie wartości obciążeń stałych.

Warto jest skorzystać z kalkulatora obciążeń, który określa wartość obciążeń na podstawie polskich norm obciążeń. Należy pamiętać, że wyznaczone wartości obciążeń nie są automatycznie przykładane do konstrukcji oraz nie są modyfikowane przy zmianie obciążeń. Kalkulator obciążeń stanowi wygodne narzędzie do wyznaczania natężeń obciążeń stałych i zmiennych.

L.m. „obciążenia-obciążenia specjalne-zestawienie obciążeń”. W oknie dialogowym „zestawienie obciążeń” określamy nazwę zestawu np. „podłoga”, w prawej części okna dialogowego „typ” wybieramy „materiały izolacyjne i inne niesypkie”, „lepik, papa” i wprowadzamy do tabeli w lewej części okna dialogowego. Korygujemy grubość na

np. 0,5 cm. Konstrukcja tabeli jest przejrzysta i nie wymaga komentarzy. Podobnie wybieramy inne materiały „uwarstwiające” podsadzkę.

Należy pamiętać, że ponieważ obciążenie będziemy przykładać do powierzchni, trzeba zaznaczyć „obciążenie powierzchniowe”. L.m. w zakładkę „notka”; wyświetla się „gotowe do użytku” zestawienie obciążeń, które możemy skopiować i wkleić do obliczeń statycznych, albo zrzucić ekran i potem uwzględnić w wydruku. Poniżej skopiowane, przykładowe zestawienie obciążeń.

Zestawienie obciążeń
Nazwa zestawu: podłoga

Opis / Geometria	**Charakterystyczne**	**Obliczeniowe**
Lepik, papa		
11,00 (kN/m3) * 0,5 (cm)	= 0,06 (kPa) * 1,10	= 0,06 (kPa)
Styropian		
0,45 (kN/m3) * 5,0 (cm)	= 0,02 (kPa) * 1,10	= 0,02 (kPa)
Wyprawa cementowa na siatce metalowej		
24,00 (kN/m3) * 5,0 (cm)	= 1,20 (kPa) * 1,10	= 1,32 (kPa)
Deszczułki podłogowe (na lepiku) o grubości 19 mm		
0,20 (kPa)	= 0,20 (kPa) * 1,10	= 0,22 (kPa)
RAZEM	**1,48 (kPa)**	**1,63 (kPa)**
Obciążenie powierzchniowe	**1,48 (kPa)**	**1,63 (kPa)**

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

Ponieważ w zadaniu mamy narzucone obciążenie użytkowe, więc procedury określania obciążeń użytkowych nie ma potrzeby przeprowadzać.

Określenie obciążenia wiatrem.

Dla Olsztyna

Parcie wiatru:

$$p_{op} = 250 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}7 \cdot 1{,}8 \cdot 1{,}3 \cong 0{,}41 kN/m^2$$

Ssanie wiatru:

$$p_{0s} = 250 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}4 \cdot 1{,}8 \cdot 1{,}3 \cong 0{,}23 kN/m^2$$

Określenie obciążenia śniegiem

Wartości natężenia obciążenia śniegiem wyznaczymy korzystając z PN-80/B-02010

$$S_0 = Q_k \cdot C \cdot \gamma_f = 0{,}9 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}4 \cong 1{,}01 kN/m^2$$

Dla przypadku „śnieg”: l.m. „obciążenia-definicja obciążeń-powierzchnia-obciążenie powierzchniowe jednorodne”; wpisujemy „z” -1,01; l.m. „zastosuj do” wpisujemy „51” (numer panala górnego), albo „dodaj” i podświetlamy panel 51; „zamknij”.

Zmieniamy przypadek obciążenia: W górnym pasku narzędzi l.m. suwak „podłoga”. L.m. „obciążenia-definicja obciążeń-powierzchnia-obciążenie powierzchniowe jednorodne” wpisujemy „z” -1,63; l.m. „zastosuj do” 26; 51 (oba panele stropowe); zamknij. Ponownie zwracam uwagę, że Jak śnieg to nie parkiet ☺, ale niech będzie ☺.

Zmieniamy przypadek obciążenia: W górnym pasku narzędzi l.m. suwak „zmienne”.

Postępujemy jak powyżej wpisując zadane obciążenie p=-4,0kN/m^2.

Zmieniamy przypadek obciążenia: W górnym pasku narzędzi l.m. suwak „wiatr z lewej”.

Wiatr wiejący z lewej strony projektowanej konstrukcji będzie obciążał lewą okładzinę parciem $p_{op} = 250 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}7 \cdot 1{,}8 \cdot 1{,}3 \cong 0{,}41 kN/m^2$, a prawą okładzinę ssaniem $p_{0s} = 250 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}4 \cdot 1{,}8 \cdot 1{,}3 \cong 0{,}23 kN/m^2$

Okładzina lewa ma numer 56, a prawa 53.

L.m.„obciążenia-definicja obciążeń-powierzchnia-obciążenie powierzchniowe jednorodne” wpisujemy „x” 0,41; l.m. „zastosuj do” 56 (lewa okładzina);

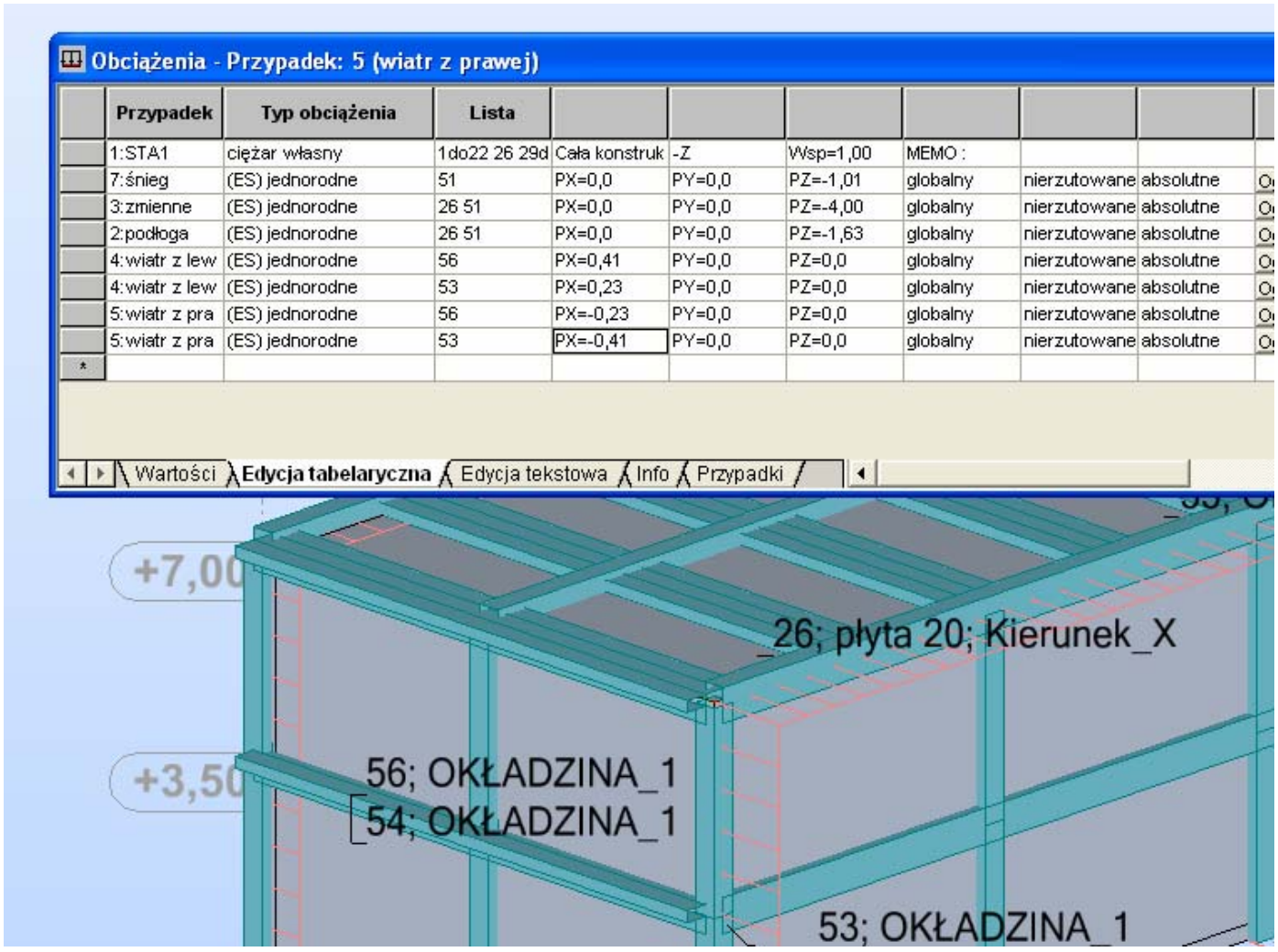
Do zdefiniowania obciążenia na prawej okładzinie (ssanie) wykorzystamy „tabelę obciążeń”.

obciążeń.m. „obciążenia-tabela obciążeń”. obciążeń.m. obciążeń w wolna komórkę rubryki „przypadki. Wybieramy przypadek „wiatr z lewej”, w rubrykę lista wpisujemy 53 (prawa okładzina); w rubrykę PX wpisujemy o,23 (ssanie).

Analogicznie postępujemy z przypadkiem „wiatr z prawej” pamiętając, żeby wartości ciśnień wiatru wpisać ze znakiem (-). W naszym przykładzie, jako jeszcze jedno uproszczenie, przyjmiemy brak oddziaływania przypadków „wiatr z lewej” i „wiatr z prawej” na okładziny ścian szczytowych (54 i 55) wymagane przez PN-77/B-02011

Wygląd tabeli obciążeń przedstawia rysunek poniżej.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone



Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

3.8. Definiowanie kombinacji obciążeń.

L.m. „obciążenia-kombinacje. Po otwarciu okna dialogowego „kombinacje” definiujemy wszystkie, możliwe i logiczne kombinacje przypadków obciążeń, pamiętając, żeby pozmieniać współczynniki γ_f jak dla obciążeń obliczeniowych, na $\gamma_f = 1$, ponieważ nadaliśmy już wcześniej konstrukcji obciążenia obliczeniowe. L.m. w zakładkę „definicja współczynników”, po otwarciu okna dialogowego „współczynniki kombinacyjne” dla wszystkich przypadków wpisać w czynne okno dialogowe 1,0 l.m. w zakładkę „zmień”; zamknij. Zmianę współczynników γ_f przeprowadzamy dla wszystkich przypadków z wyjątkiem przypadku „ciężar własny”. Po zdefiniowaniu kombinacji, l.m. „analiza-weryfikacja”. Wyświetla się okno, które zawiera ostrzeżenie „boki (obiekty bez nadanej grubości) nie użyte w tworzeniu powierzchni bryły. Brak generacji siatki ES”. Po kliknięciu „weryfikuj” podświetlają się okładziny, których rzeczywiście nie wykorzystaliśmy do nadania obciążeń konstrukcji. Gdybyśmy uwzględnili wiatr „od przodu” i „wiatr od tyłu” nie byłoby tego ostrzeżenia.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

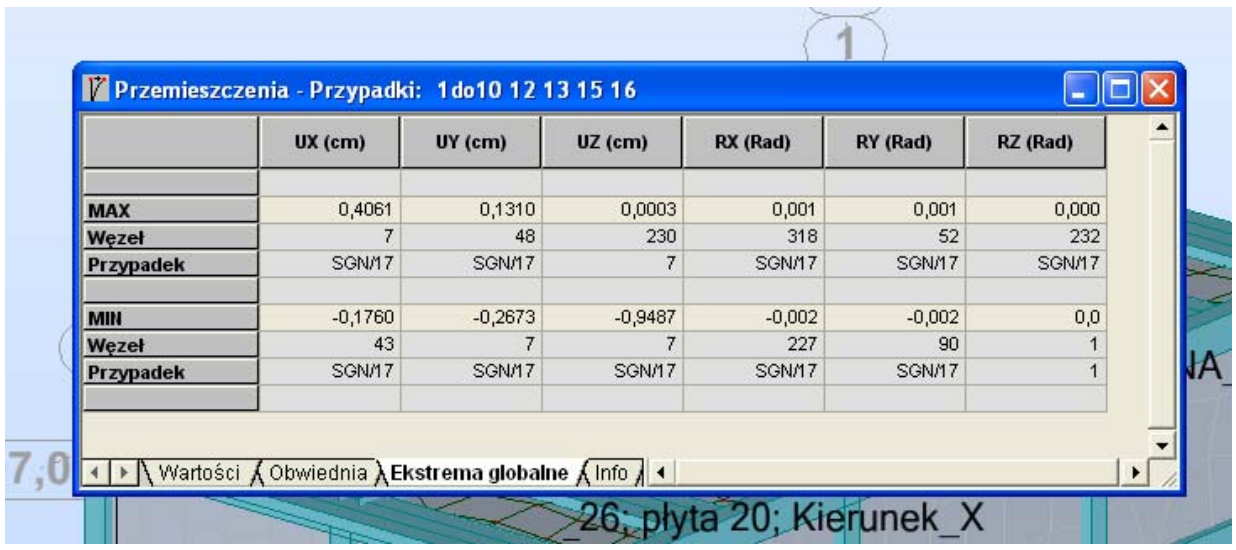
3.9. Generacja siatki MES.

Zaznaczamy całą konstrukcję; l.m. „analiza-model obliczeniowy-opcje siatkowania”. W otwartym oknie „opcje siatkowania” l.m. w zakładkę „opcje zaawansowane” zaznaczamy generacja siatki użytkownika; podział 1 „10”, podział 2 „10”. Zaznaczamy metodę siatkowania Delaunay’a.

L.m. „analiza-model obliczeniowy-generacja”. Program automatycznie osiatkował całą konstrukcję (z wyjątkiem okładzin, które nie podlegają siatkowaniu).

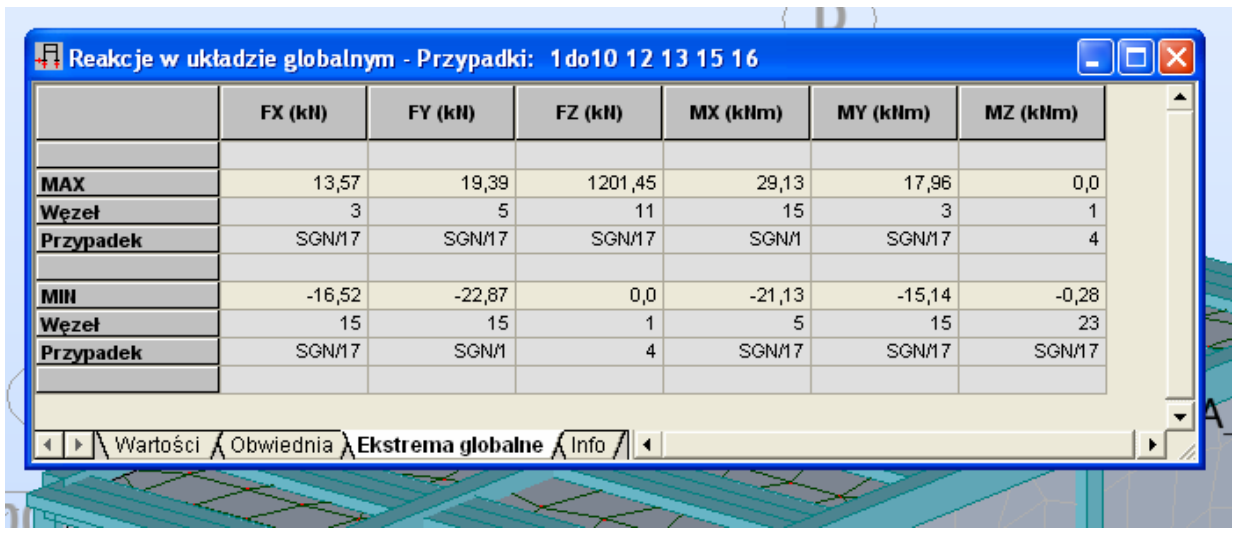
L.m. „analiza-obliczenia” albo w liczydełko w górnym pasku narzędzi.

Program obliczył konstrukcję. Możemy obejrzeć wyniki np. przemieszczenia węzłów konstrukcji (ekstrema globalne) przedstawia rysunek poniżej.



	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Rad)	RY (Rad)	RZ (Rad)
MAX	0,4061	0,1310	0,0003	0,001	0,001	0,000
Węzeł	7	48	230	318	52	232
Przypadek	SGN/17	SGN/17	7	SGN/17	SGN/17	SGN/17
MIN	-0,1760	-0,2673	-0,9487	-0,002	-0,002	0,0
Węzeł	43	7	7	227	90	1
Przypadek	SGN/17	SGN/17	SGN/17	SGN/17	SGN/17	1

Ekstrema globalne reakcji (rysunek poniżej)



	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	13,57	19,39	1201,45	29,13	17,96	0,0
Węzeł	3	5	11	15	3	1
Przypadek	SGN/17	SGN/17	SGN/17	SGN/1	SGN/17	4
MIN	-16,52	-22,87	0,0	-21,13	-15,14	-0,28
Węzeł	15	15	1	5	15	23
Przypadek	SGN/17	SGN/1	4	SGN/17	SGN/17	SGN/17

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

3.10. Wymiarowanie żELBETOWYCH płyt stropowych

3.10.1. ZBROJENIE TEORETYCZNE

L.m. „analiza-wymiarowanie elementów żelbetowych-wymiarowanie paneli betonowych-obliczenia” ; wyświetla się okno dialogowe „zbrojenie płyt i powłok-wyniki wymiarowania:brak”; l.m. w zakładkę „oblicz”. Program liczy płyty stropowe naszej konstrukcji; „zamknij”.

L.m. „analiza-wymiarowanie elementów żelbetowych-wymiarowanie paneli betonowych-zbrojenie teoretyczne”. W oknie „zbrojenie, po kliknięciu „AX dolne” oraz „otwórz nowe okno z pokazana skalą” możemy obejrzeć mapy teoretycznego zbrojenia dolnego płyt stropowych. Maksymalny przekrój zbrojenia wynosi (w naszym przypadku) AX=3,77cm^2/m

Klikając na zakładkę „SGU” możemy podejrzeć mapy ugięć, rozwarcia rys etc.

3.10.2. ZBROJENIE RZECZYWISTE

L.m. w suwak „model konstrukcji-geometria”; l.m. „widok-rzutowanie zx 3d. Konstrukcja „ustawiła się” w płaszczyźnie zx ścianą szczytową. Zaznaczamy, poprzez okno zaznaczenia (lewa góra-prawy dół), płytę stropu na poziomie +7,0.

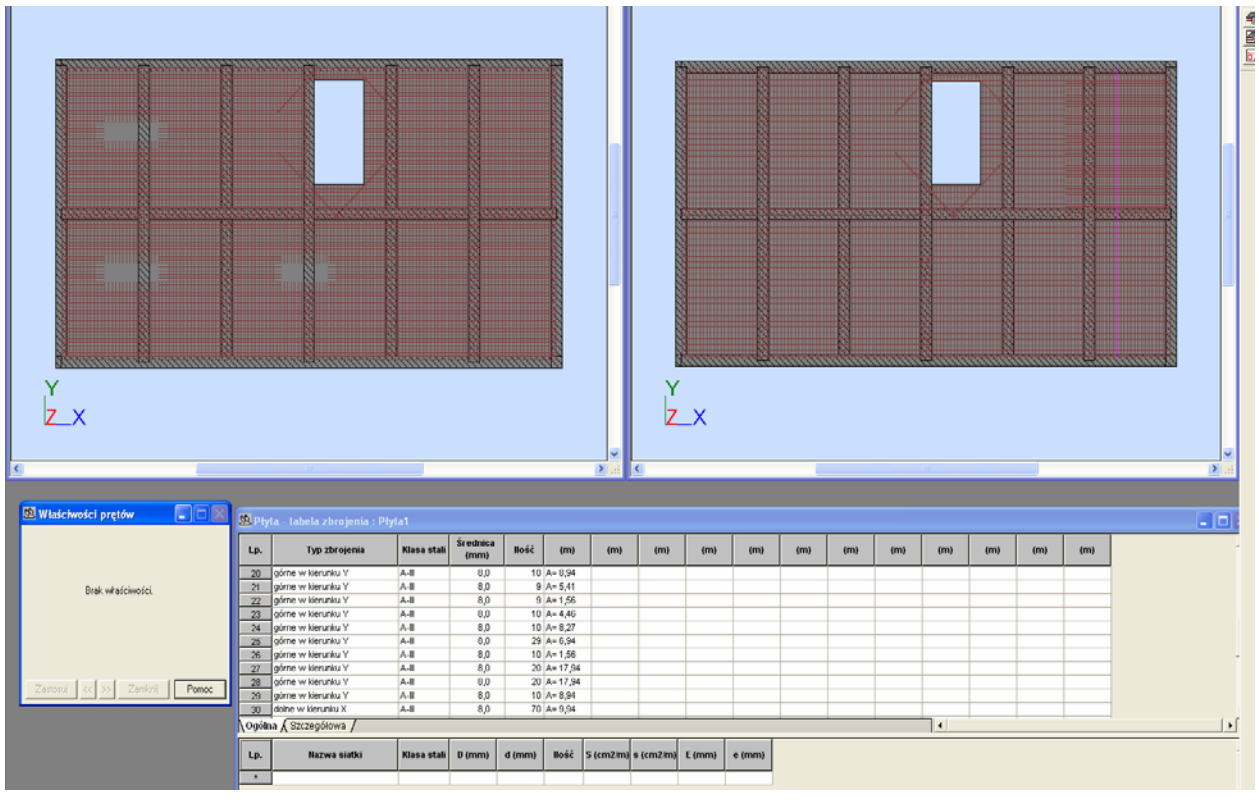
L.m. „analiza-wymiarowanie elementów żelbetowych-wymiarowanie paneli betonowych-zbrojenie rzeczywiste”.

L.m. „analiza-opcje obliczeniowe”. W oknie dialogowym wybieramy opcje, które będą uwzględnione przy wyznaczaniu zbrojenia płyty stropu. Warto jest pozostawić domyślne opcje (standard).

L.m. „analiza-parametry zbrojenia”. W oknie dialogowym „wzorzec zbrojenia” zaznaczamy „sposób zbrojenia”- zbrojenie prętami, „segment zbrojenia” pozostawiamy „pojedynczy panel”, który jest tożsamy z całą płyta stropową. W przypadku, gdy mamy zdefiniowanych. kilka paneli, zaznaczamy „cała płyta”; l.m. „zapisz jako” l.m. w suwak i wpisujemy np. „strop +7”. W pozostałych zakładkach definiujemy przewidywany sposób zbrojenia; „zamknij”.

L.m. „analiza-parametry rysunku”. W oknie dialogowym określamy parametry rysunku, które będą uwzględnione przez program. L.m. „analiza-obliczenia”. Otwiera się okno dialogowe, w którym zaznaczamy parametry obliczeniowe oraz parametry zbrojenia „strop+7”. Można pozostawić „standard”, wtedy program wykorzysta domyślne opcje i parametry.

Zaznaczamy „po obliczeniach przejście do ekranu zbrojenia”. W oknie „zestaw opcji obliczeniowych” l.m. „obliczenia”. Program wyznaczył zbrojenie rzeczywiste płyty stropowej na poziomie +7,0m. Na ekranie wyświetliły się 4 okna: „płyta zbrojenie górne i dolne, płyta- tabela zbrojenia oraz okno właściwości prętów (rysunek poniżej).



Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

Po kliknięciu w interesujący nas pręt w górnych oknach graficznych, podświetla się ten pręt w oknie „tabela zbrojenia” i jednocześnie wyświetlane są właściwości tego pręta w oknie „właściwości prętów”. Możemy sporządzić notatkę z wyników obliczeń zbrojenia rzeczywistego klikając l.m. w „rezultaty-notka obliczeniowa” albo na prawym słupku paska narzędzi, odpowiednie okienko.

L.m. w suwak „płyty zbrojenie rzeczywiste”. Otwiera się okno, w którym w dwu oknach graficznych, zakreskowane są obszary konieczne do zazbrojenia. Jednocześnie wyświetliło się okno „rezultaty”, w którym podana jest lista możliwych rozwiązań zbrojenia. W naszym wypadku jest to dziesięć możliwych sposobów zazbrojenia płyty stropu +7,0m. od 2148kg do 2317 kg. Przyjęcie „cięższej” opcji zbrojenia ułatwi prace zbrojarskie i uprości sposób zbrojenia, „lżejsza” opcja jest bardziej skomplikowana, za to wymaga mniej stali.

Coś za coś ☺.

L.m. „rezultaty-rysunki”. Program wygenerował 4 rysunki: ”deskowanie”, „zbrojenie górne płyty”, „zbrojenie dolne płyty” oraz „zestawienie zbrojenia”. Rysunki, w formacie dxf możemy wyeksportować do AutoCada i po „obrobieniu” drukować. W podobny sposób postępujemy przy wymiarowaniu płyty stropowej na poziomie +3,5m. W naszym cwiczeniu pominiemy to wymiarowanie.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

3.11. WYMIAROWANIE PODCIĄGU

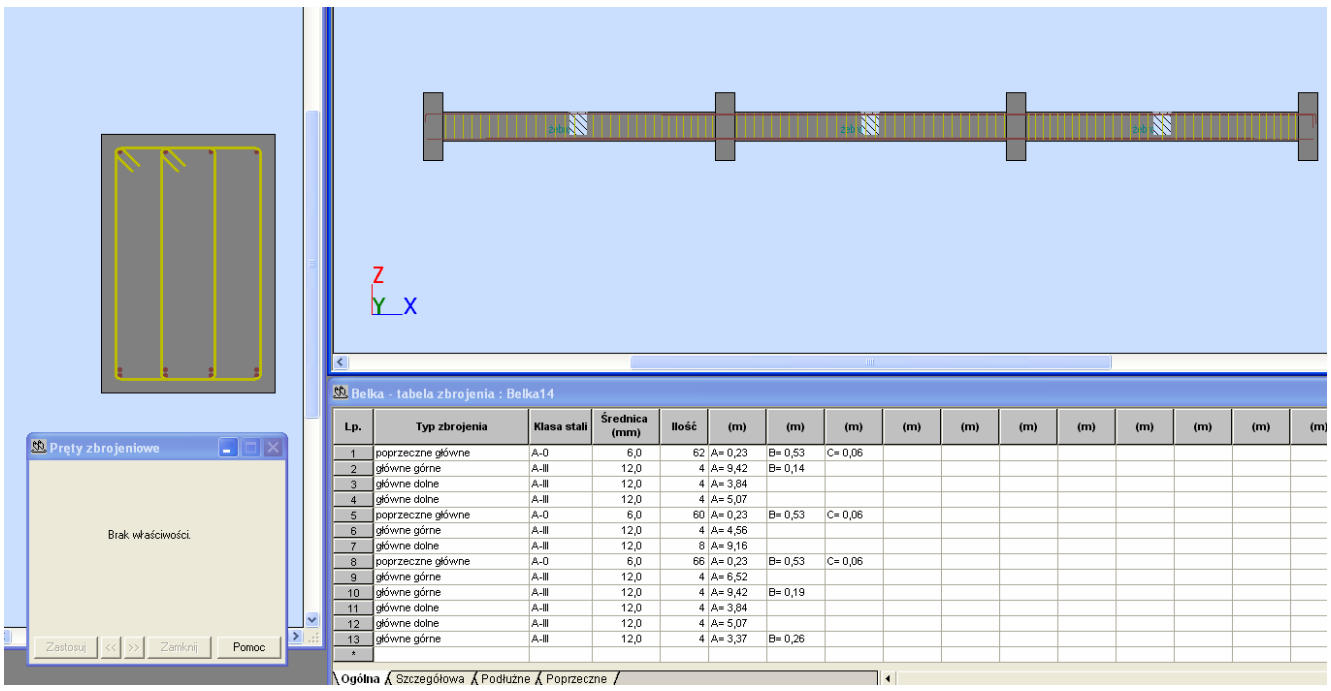
L.m. „model konstrukcji-geometria”; l.m. „widok-rzutowanie-3dxyz.

Podświetlamy podciąg na poziomie +3,5.

L.m. „analiza-wymiarowanie elementów żelbetowych-wymiarowanie belek betonowych. Wyświetla się okno, w którym program pyta o wybór obciążenia. Zaznaczamy „kombinacje ręczne”; „o.k”. Wyświetla się okno ze schematem podciągu pośredniego na poziomie +3,5 oraz ze schematem przekroju tego podciągu. L.m. „analiza-opcje obliczeniowe” Przeglądamy zaproponowane przez program opcje i po korekcie, pozostawiamy „standard”; „ok.”.

L.m. „analiza-parametry zbrojenia”. Przeglądamy i ustalamy parametry zbrojenia podciągu; wpisujemy „standard”; „ok.”. podobnie postępujemy przy „parametrach rysunku” i „Tabeli danych”. L.m. „analiza-obliczenia” w oknie dialogowym „zestaw opcji obliczeniowych zaznaczamy „standard” oraz przejście po obliczeniach do okna „zbrojenie”;

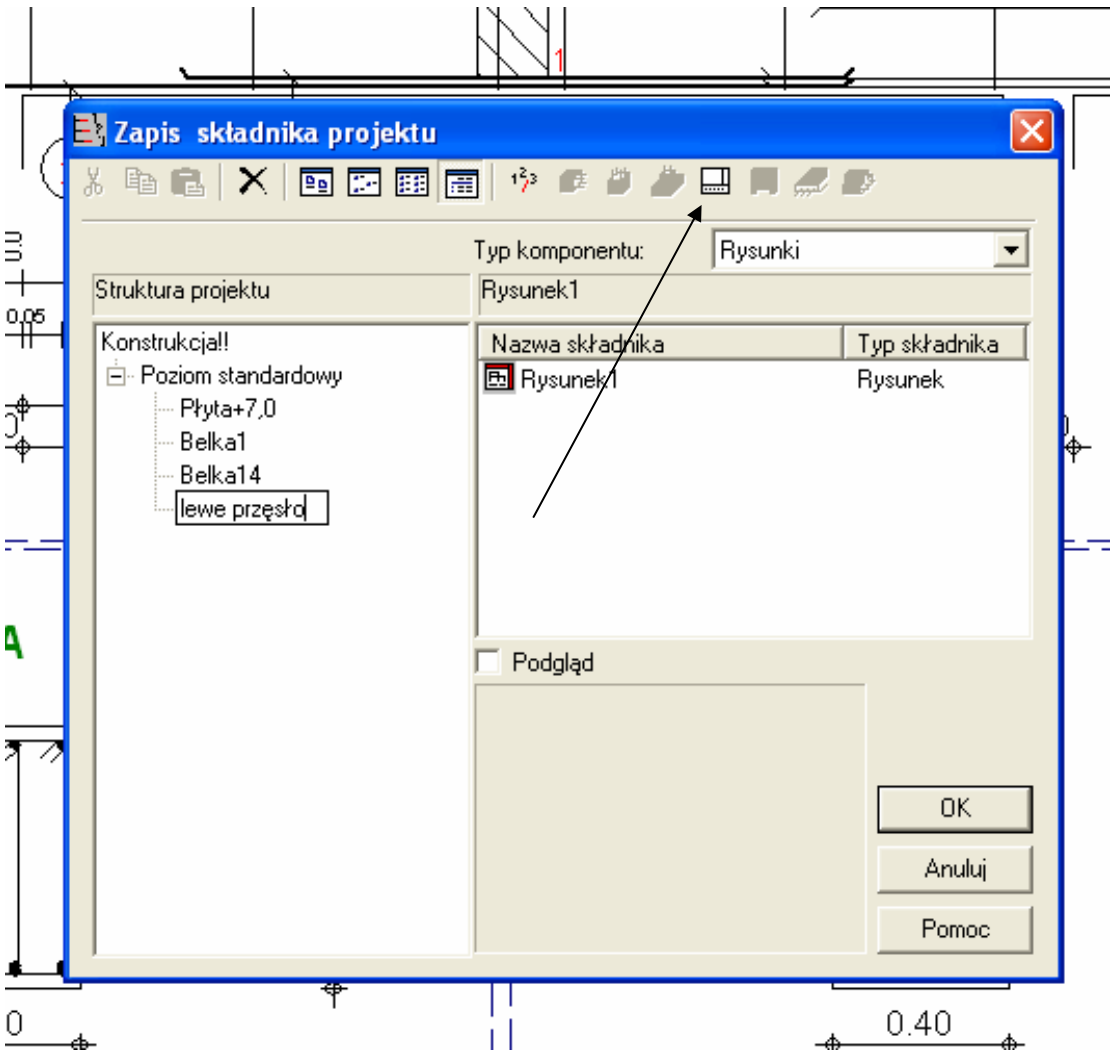
l.m. „obliczenia”. Wyświetliło się okno graficzne z całkowicie zazbrojoną belką podciągiem oraz z tabelą zbrojenia (rysunek poniżej).



Lp.	Typ zbrojenia	Klasa stali	Średnica (mm)	Ilość	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1	poprzeczne główne	A-0	6,0	62	A= 0,23	B= 0,53	C= 0,06								
2	główne górne	A-III	12,0	4	A= 9,42	B= 0,14									
3	główne dolne	A-III	12,0	4	A= 3,84										
4	główne dolne	A-III	12,0	4	A= 5,07										
5	poprzeczne główne	A-0	6,0	60	A= 0,23	B= 0,53	C= 0,06								
6	główne górne	A-III	12,0	4	A= 4,56										
7	główne dolne	A-III	12,0	8	A= 9,16										
8	poprzeczne główne	A-0	6,0	66	A= 0,23	B= 0,53	C= 0,06								
9	główne górne	A-III	12,0	4	A= 6,52										
10	główne górne	A-III	12,0	4	A= 9,42	B= 0,19									
11	główne dolne	A-III	12,0	4	A= 3,84										
12	główne dolne	A-III	12,0	4	A= 5,07										
13	główne górne	A-III	12,0	4	A= 3,37	B= 0,26									

L.m. suwak „rysunki wykonawcze. Program wygenerował rysunki, które możemy zapisać w formacie dxf i przesłać do AutoCada. Można również elementy prętowe zapisać jako składnik projektu i potem „wywołać” je w RCadzie. P.m. w obojętnym miejscu rysunku, który chcemy zapisać; l.m. „składowe rysunku. Rysunek zostanie, przerywaną linią podzielony na składowe, które możemy zapisać. L.m. „plik-zapisz jako”. Otwiera się okno dialogowe, w którym możemy zapisać składowe projektu (rysunek poniżej).

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone



Rozwijamy „poziom standardowy, podświetlamy „belka 14”, klikamy w okienko oznaczone strzałka na rysunku, wpisujemy nazwę widoku np. „lewe przęsło”, „ok.”.

Podobnie postępujemy z przęsłem środkowym oraz prawym przęsłem”.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

3.12. WYMIAROWANIE ŻEBRA

L.m. „model konstrukcji-geometria”; l.m. „widok-rzutowanie-3dxyz. Podświetlamy żebro na poziomie +3,5. L.m. L.m. „analiza-wymiarowanie elementów żelbetowych-wymiarowanie belek betonowych. Wyświetla się okno, w którym program pyta o wybór obciążenia. Zaznaczamy „kombinacje ręczne”; „o.k”. Wyświetla się okno ze schematem żebra pośredniego na poziomie +3,5 oraz ze schematem przekroju tego zebra. Pozostawiamy opcje obliczeniowe i parametry zbrojenia, pozostawiamy również bez zmian „wybór obciążenia”. L.m. „ok.”. Program wyznaczył zbrojenie zebra pośredniego na poziomie +3,5m. L.m. na prawym pionowym pasku narzędzi „rysunki wykonawcze”. P.m. „składowe rysunku”; l.m „plik-zapisz jako”; postępujemy jak przy zapisie składowych rysunku podciągu.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

3.13. WYMIAROWANIE SŁUPA POŚREDNIEGO

L.m. „model konstrukcji-geometria”. Podświetlamy słup pośredni (dolny).

Jeżeli przeszkadza nam widok okładzin klikamy l.m. „widok-wyświetl-zakładka „ES” i odznaczamy „wnętrza paneli”.

L.m. „analiza-wymiarowanie elementów żelbetowych-wymiarowanie słupow betonowych”. W oknie „wybór obciążenia” pozostawiamy te same obciążenia; „ok.” Program zazbroił słup pośredni na poziomie 0-+3,5. L.m. „rysunki wykonawcze”; zapisujemy rysunek jako składnik projektu pod nazwą np.„słup dolny”.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

3.14 WYMIAROWANIE STÓP FUNDAMENTOWYCH

3.14.1. WYMIAROWANIE STOPY POŚREDNIEJ

Postępujemy analogicznie jak w poprzednich przypadkach. Wymiarowana stopę należy zaznaczyć wraz ze słupem, który ja obciąża. Rysunek zapisujemy jako „stopa pośrednia. Należy zauważyć, że program optymalizuje zbrojenie dla domyślnego gruntu. Rodzaj gruntu i uwarstwienie należy wprowadzić klikając l.m. w okienko „definiowanie gruntu" na pionowym pasku narzędzi. W parametrach zbrojenia należy zmienić standardowe zbrojenie trzonu na takie, które zawiera pręty wypuszczone dla połączenia stopy ze słupem.

3.14.2. WYMIAROWANIE STOPY SKRAJNEJ

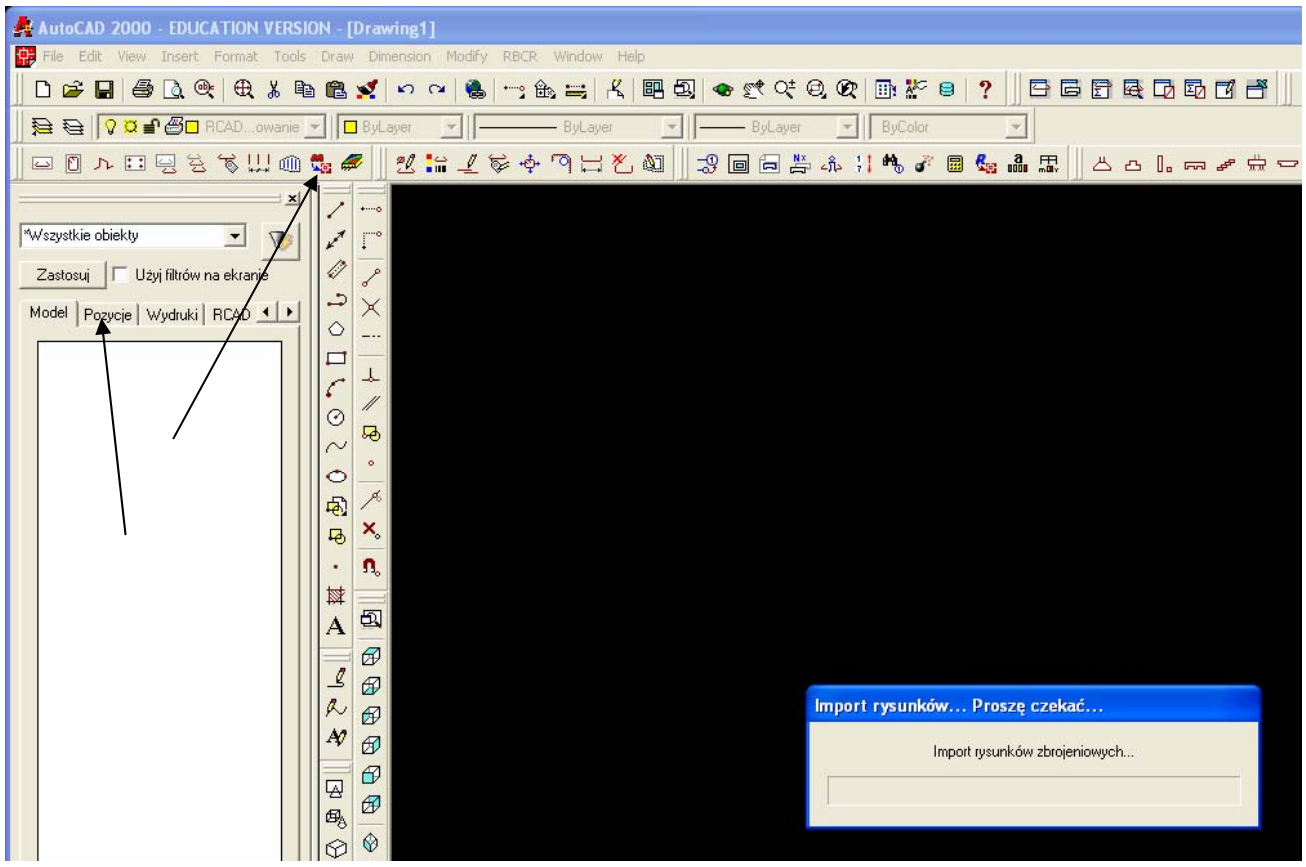
Postępujemy jak wyżej, zapisując składnik projektu jako „stopa skrajna" oczywiście na poziomie „0". Wszystkie powyższe czynności należy wykonać również dla poziomu +7,0 (oprócz stóp ☺), zapisując składniki projektu albo, jeżeli nie przewidujemy pracy z Radem, poprzez komendę „zapisz rysunek w innym formacie" wyeksportować rysunki do AutoCada.

Podobnie postępujemy ze wszystkimi, interesującymi nas elementami konstrukcyjnymi.
Zapisane składniki projektu wyeksportujemy do RCada.

3.15. WYKONYWANIE RYSUNKÓW KONSTRUKCJI PRZY WYKORZYSTANIU PROGRAMU RCAD v.5

Po otworzeniu programu RCad Żelbet importujemy rysunki z programu Robot.

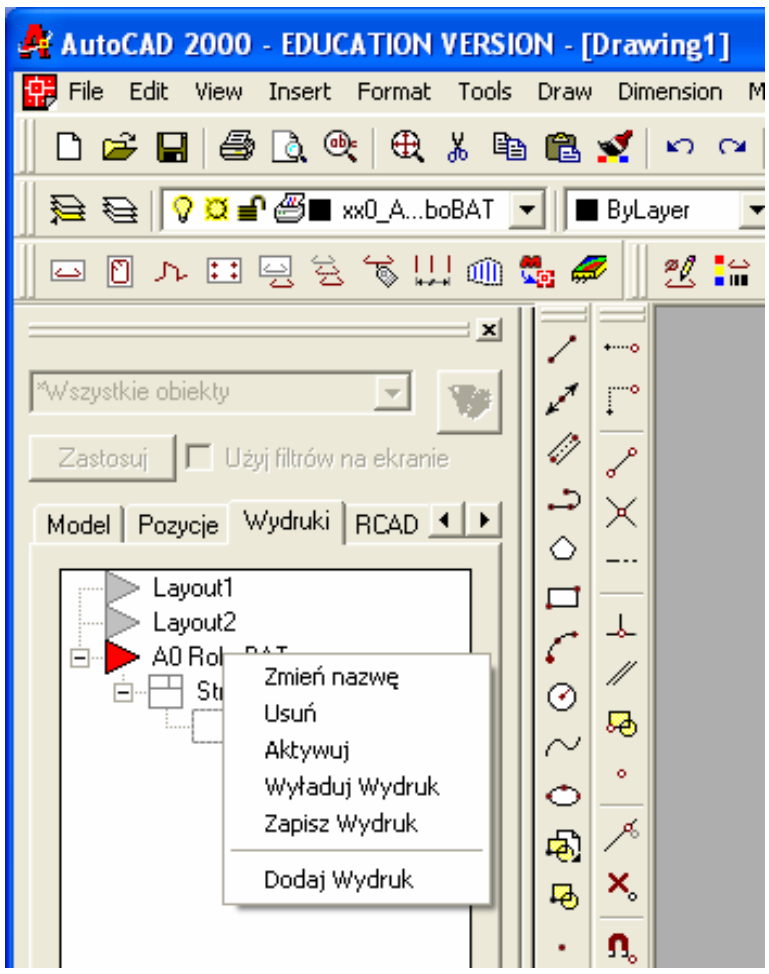
L.m. w okienko zaznaczone strzałką na rysunku poniżej. Wskazujemy ścieżkę dostępu do pliku rtd.



Program wyświetla informacje o rozpoczęciu importu rysunków. W inspektorze obiektów (strzałka na rysunku powyżej) klikamy na zakładkę „pozycje". Wszystkie zaimportowane rysunki uaktywniamy. Po uaktywnieniu rysunków, uaktywniamy model. Wszystkie rysunki, które maja wejść w skład rysunku złożeniowego, kopiujemy i wklejamy do uaktywnionego modelu. Następnie, korzystając z możliwości AutoCada i RCada, tworzymy rysunki, które będą drukowane. Do rysunku możemy dodać wykaz stali zbrojeniowej.

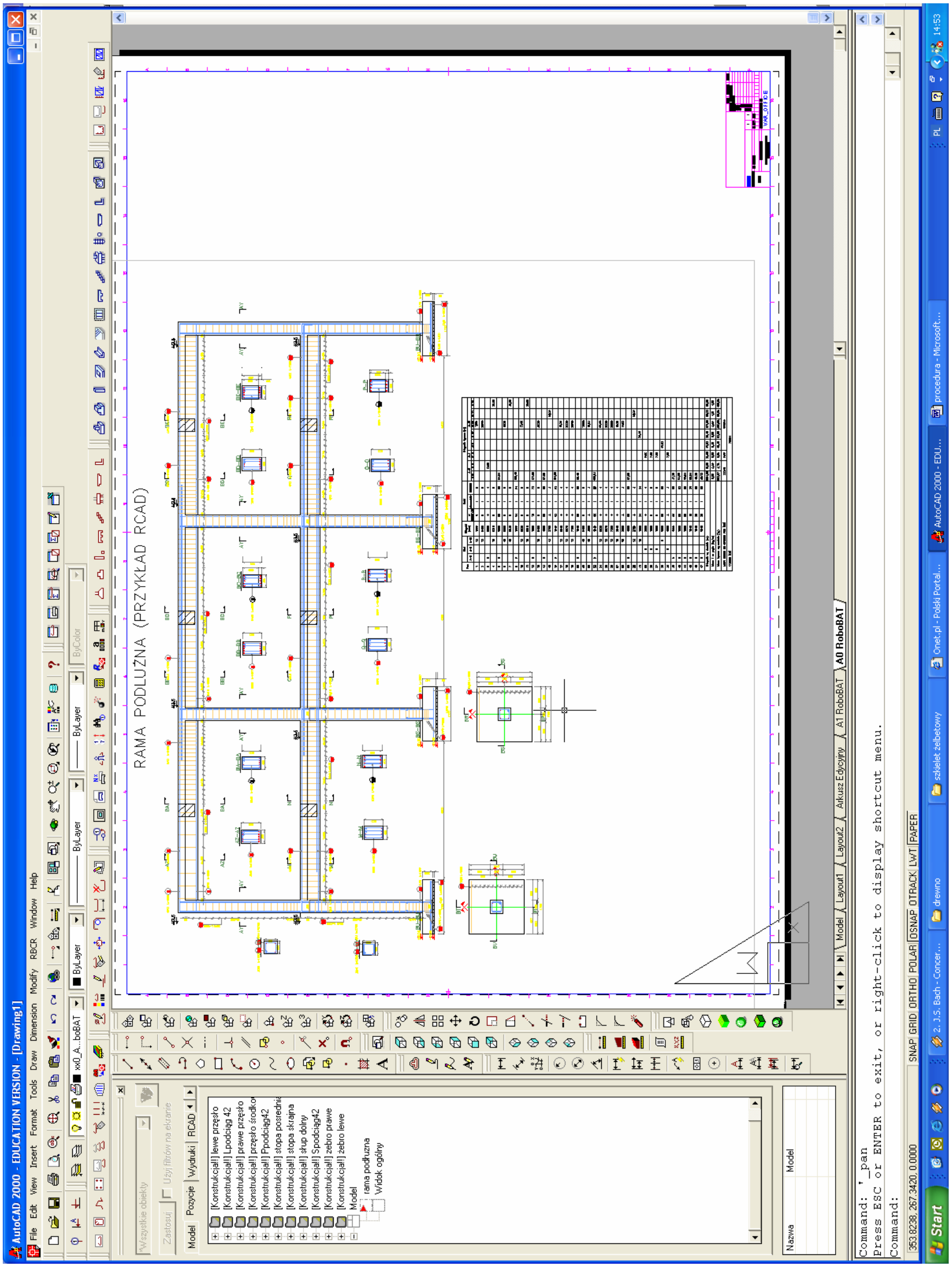
Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

L.m RBCR-wykaz zbrojenia-prety zestawienie główne”. Wygenerowaną przez program tabelkę wstawiamy do rysunku. Tabelkę możemy modyfikować po modyfikacji prętów zbrojeniowych. Tabele możemy eksportować do Exela w następnie wkleić w dowolne miejsce w projekcie. Jeżeli z naszymi rysunkami będzie pracował projektant, który nie dysponuje RCadem, możemy zapisać je w formacie dwg, w którym można otworzyć rysunki „czystym” AutoCadem. W inspektorze obiektów wchodzimy na zakładką „wydruki” (rysunek poniżej); l.m. „zapisz wydruk” i zapisujemy rysunek,w formacie dwg, w wybranym katalogu.



L.m. RBCR-narzędzia-utwórz widok. Program prosi o zaznaczenie składowych, które będą wchodzić w skład tworzonego widoku oraz nazwanie tworzonego widoku (np. „RAMA PODŁUŻNA”), narzucamy skalę drukowanego rysunku, a następnie klikamy p.m. nad dolnym paskiem narzędzi. Otwiera się pasek dialogowy, w którym wybieramy arkusz „from template”, do którego wstawimy utworzony widok; np. A0 RoboBAT 048. Otwieramy arkusz A0 RoboBAT 048. W zakładce model klikamy p.m; otwiera się okienko „dodaj do aktualnego wydruku”. Przeciągamy myszka rysunek na arkusz. Następna czynność to wypełnienie metryczki rysunku (w dolnym, prawym rogu arkusza) oraz zadbanie o sprawny ploter ☺.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

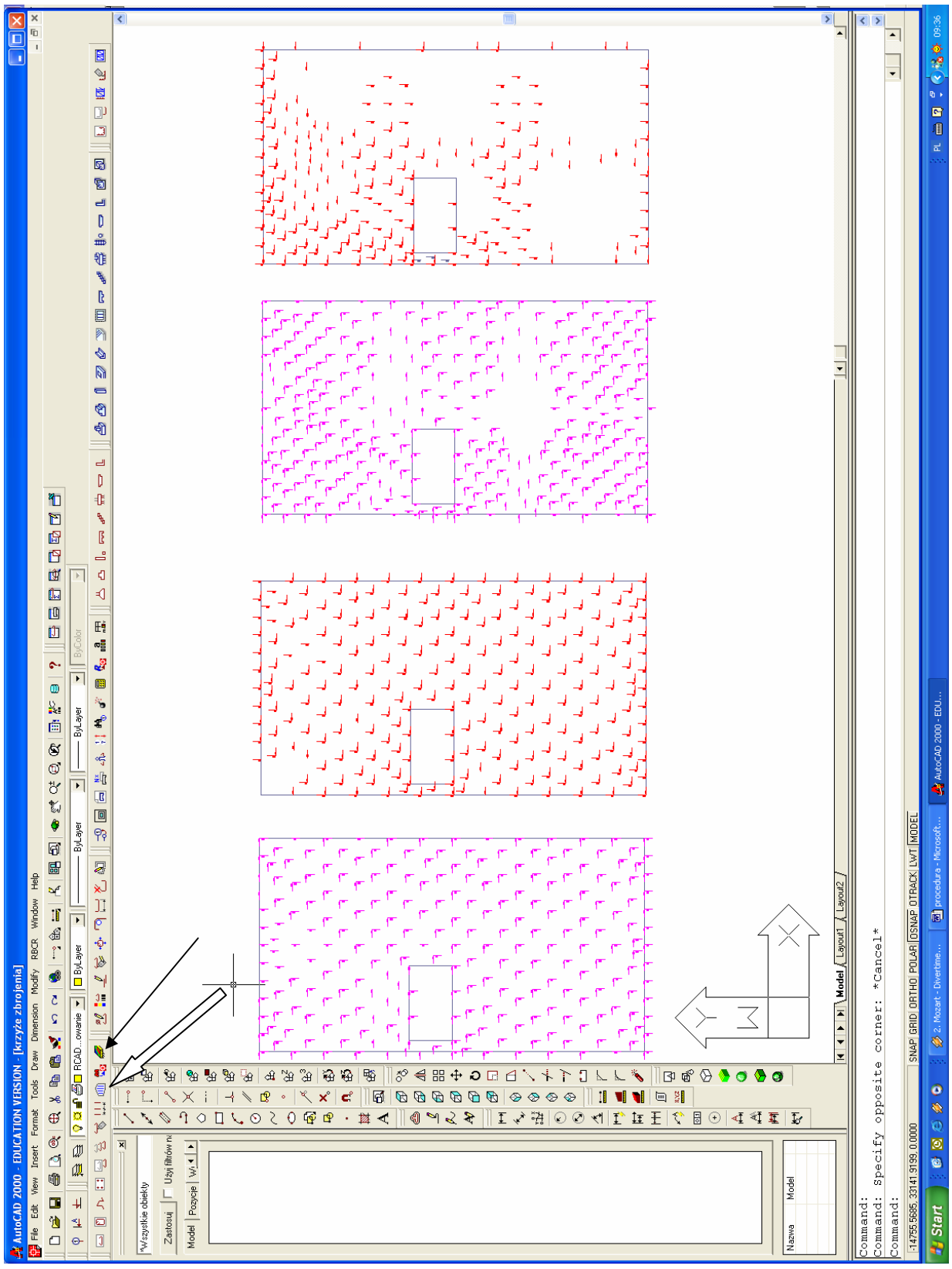


Gotowy (prawie ☺) do wydruku arkusz z ramą podłużną projektowanego budynku, przedstawia rysunek powyżej.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

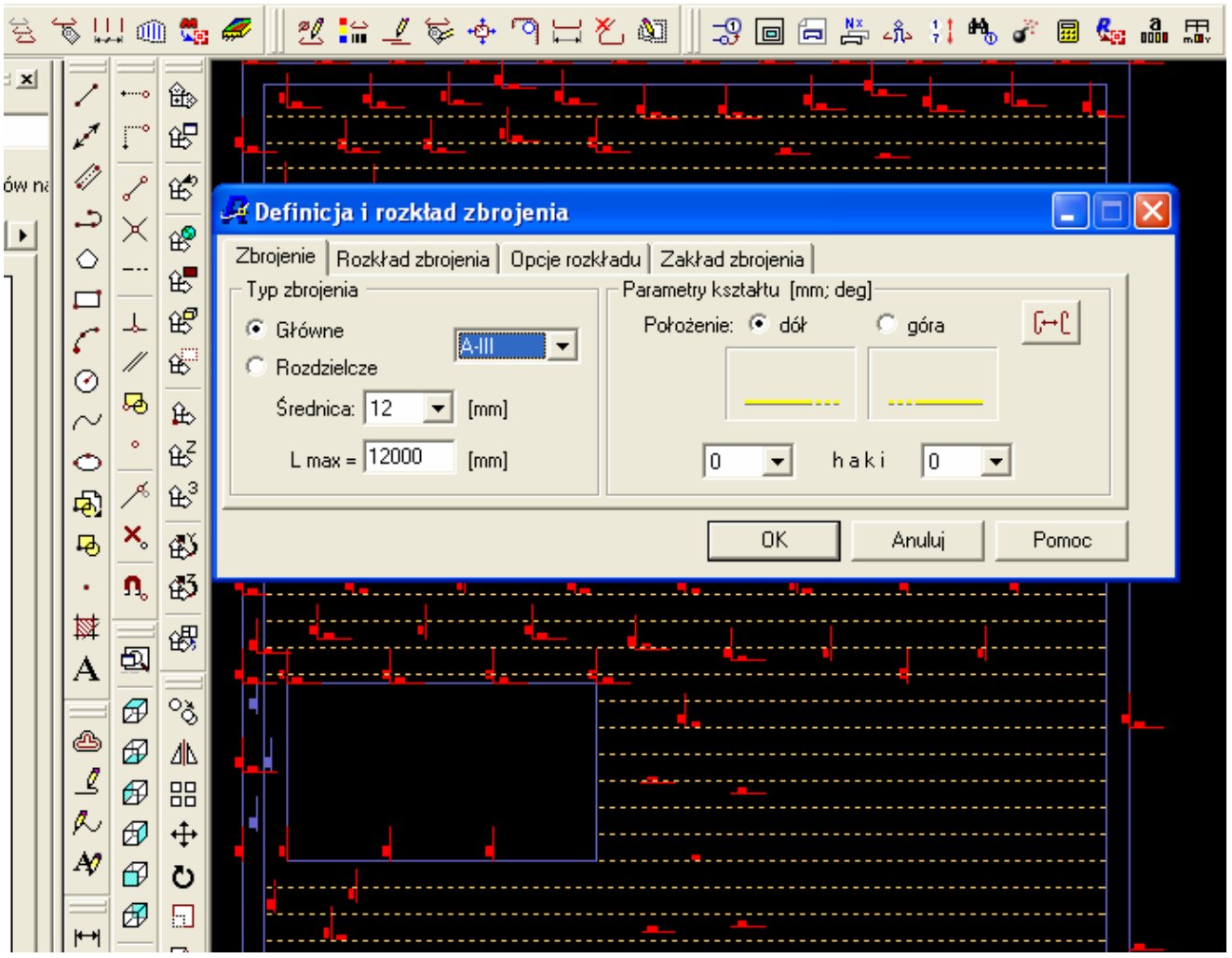
3.16. IMPORT KRZYŻY ZBROJENIA PŁYTY

Aby otworzyć w RCadzie krzyże zbrojenia, klikamy w ikonkę „powierzchnie zbrojenia z Robot Millennium” (zaznaczona strzałką na rysunku poniżej); program zaimportuje z Robota Millennium rysunki pokazane poniżej. Są to kontury obu stropów z zaznaczonymi potrzebnymi ilościami zbrojenia górnego i dolnego dla obu płyt stropowych.. Rysunek poniżej pokazuje istotę importu krzyży zbrojenia. Ilości zbrojenia podane są dla obu, ortogonalnych kierunków zbrojenia. Niestety, ze względów technicznych oraz ze względu na przejrzystość rysunku, poniżej pokazano fragment zaimportowanego rysunku z Robota Millennium. W naszym przykładzie rozpatrzymy tylko zbrojenie jednej płyty.



Zajmując się kolejnymi powierzchniami zbrojenia, klikamy w okienko zaznaczone strzałką blokową. Wyświetla się okno „Zbrojenie powierzchniowe-pręty”. Ustalamy szerokość podpór naszej płyty oraz otulinę zbrojenia. Zaznaczamy „obszar rozkładu” wybierając np. punkt wewnętrzny obszaru rozkładu, klikając lm w obszar rozkładu. Następnie, po zaznaczeniu otworu, wybieramy punkt wewnętrzny w obszarze otworu; o.k. Wyświetlają się dwie strzałki wskazujące kierunek rozkładu zbrojenia. Zgadzamy się na proponowany kierunek rozkładu zbrojenia. Program proponuje podział obszaru zbrojenia na strefy, pozostajemy przy jednostrefowym rozkładzie zbrojenia; klikamy enter. Fragment ekranu monitora wygląda jak na rysunku poniżej.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone



Wyświetla się okno dialogowe „Definicja i rozkład zbrojenia”, w którym, w zakładce „zbrojenie” (na rysunku powyżej) definiujemy gatunek stali, typ zbrojenia i średnicę prętów, które chcemy zastosować. Otwieramy zakładkę „Rozkład zbrojenia”. L.m. W suwak „ilość” no momentu aż znikną części krzyży zbrojenia w kierunku rozkładu prętów. W naszym przypadku nastąpi to dla rozstawu wiekszego niż dopuszczalny według PN-99/B-03264 (2002), który dla płyty o grubości 20 cm pozwala na maksymalny rozstaw zbrojenia a=1,2h lub 25 cm. Założymy w naszej płycie rozstaw zbrojenia $a = 1{,}2 \cdot h = 24cm$

Podobnie postępujemy z górnym zbrojeniem płyty.

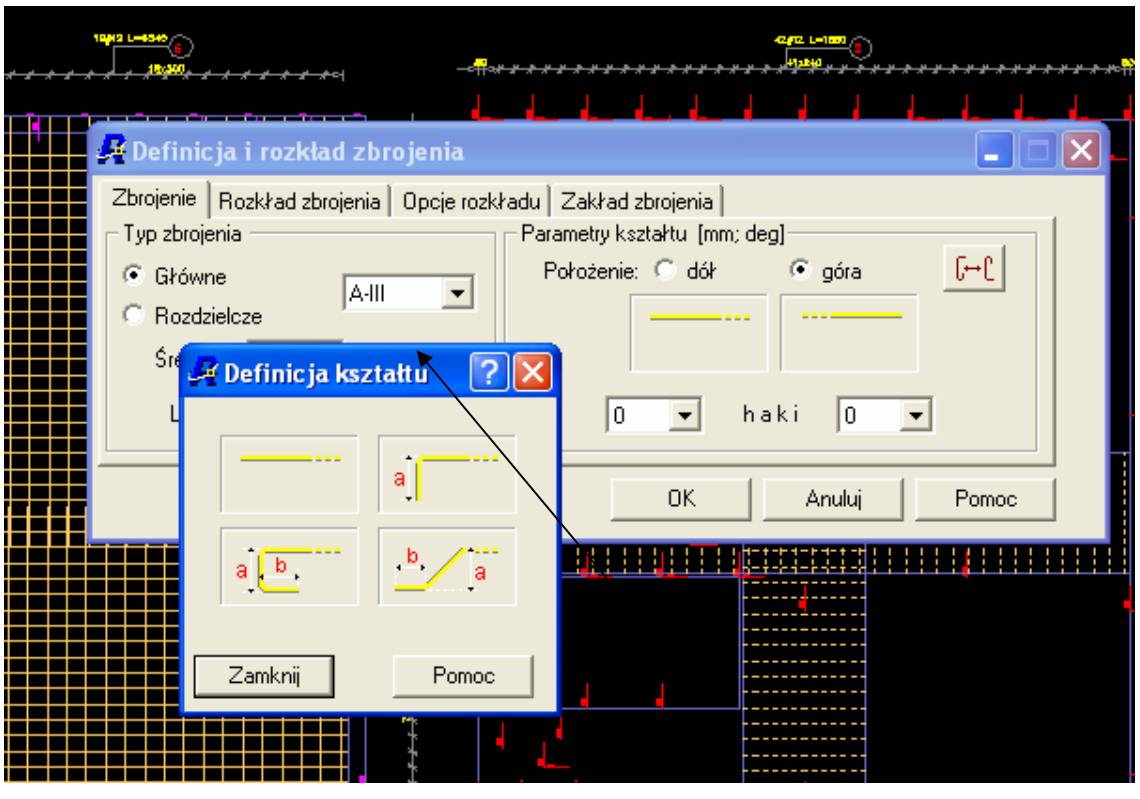
Ponieważ widać, że krzyże zbrojenia zagęszczone są w otoczeniu żeber, na których oparta jest płyta, wiec zazbroimy górą jedynie te właśnie rejony.

L.m w okienko zaznaczone strzałką. Otwiera się okno dialogowe, w którym określamy wysięg prętów górnych płyty zbrojących podporę (żebro) 800mm. L.m. w okienko

„2 punkty”. Definiujemy (trzymając l.m.) długość rozkładu prętów nad podporą. Dalej postępujemy jak przy zbrojeniu dolnym.

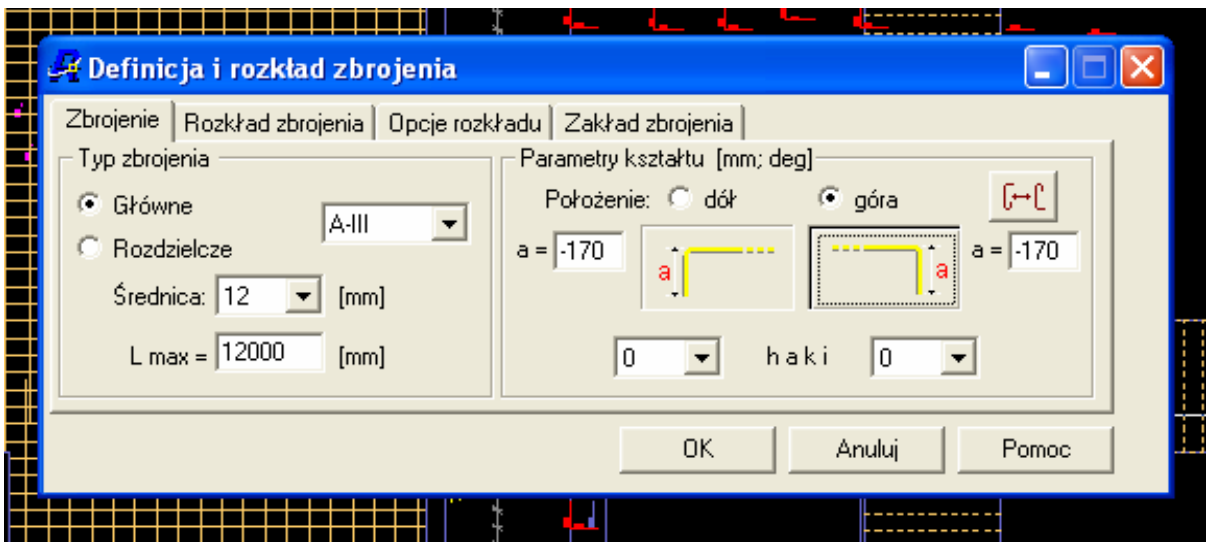
Kształt prętów można zmodyfikować oraz „wyrzucić” poza kontur płyty. Wybierzmy dowolny pręt górnego zbrojenia. L.m. w dowolny pręt; podświetlają się wszystkie pręty zbrojenia górnego o tym samym numerze. P.m. po podświetleniu prętów, l.m. „modyfikacja”. Wyświetla się „Definicja i rozkład zbrojenia”; l.m w okienko zaznaczone strzałka na rysunku poniżej. Wyświetla się okienko „Definicja kształtu”, w którym l.m. klikamy w prawy górny wzór zagięcia pręta; l.m. „zamknij”. W podświetlonym okienku w oknie „Definicja…”zmieniamy długość lewego haka, pamiętając, ze znak minus spowoduje, że hak będzie skierowany ku dołowi. Ma to znaczenie, gdy jeden hak jest skierowany ku dołowi, a drugi ku górze. Wartość „a” w naszym przykładzie, dla płyty grubości 20 cm przyjęliśmy 17 cm. Analogicznie postępujemy definiując kształt i długość haka prawego.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone



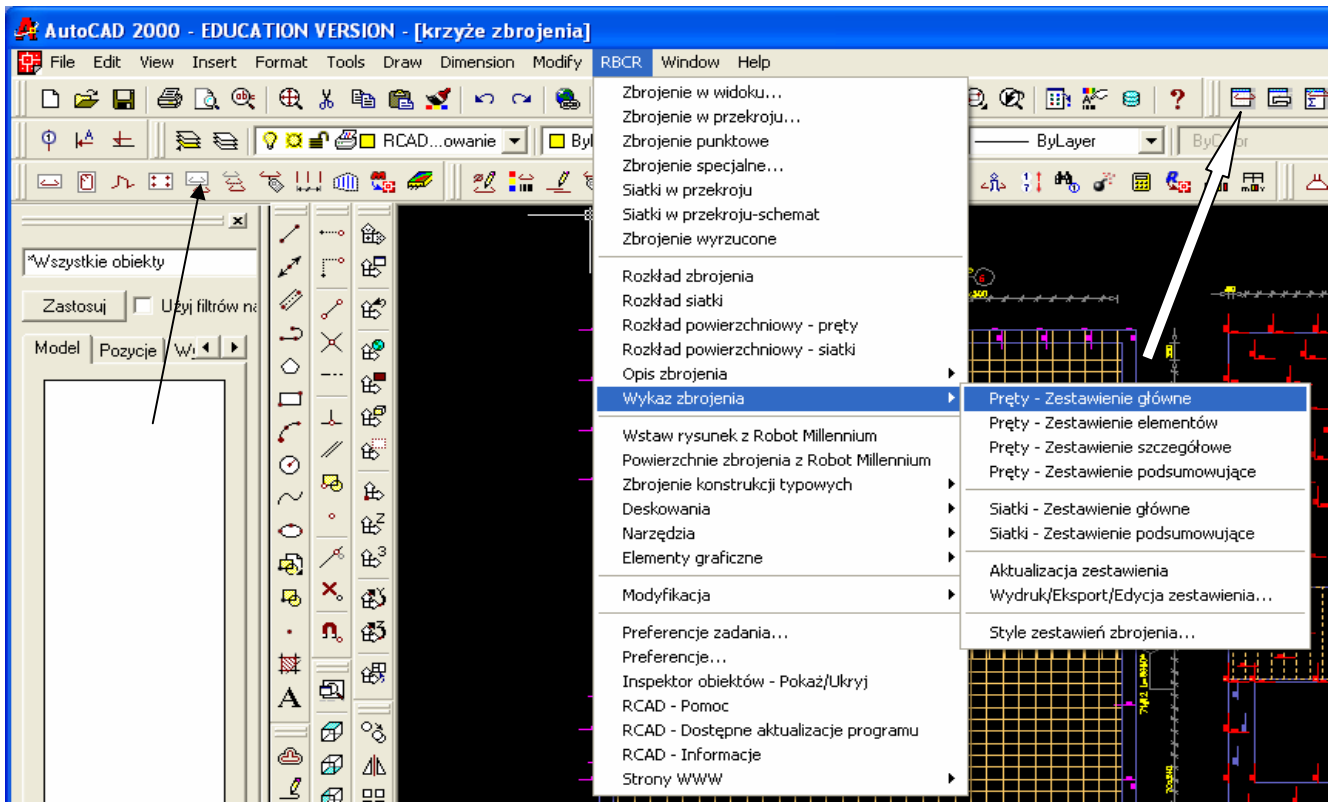
Okno „Definicja…” wygląda jak na rysunku poniżej. L.m. „o.k.”

Analogicznie możemy definiować kształt pozostałych prętów.



Możemy oczywiście „wyrzucić” dowolne pręty poza kontur płyty.

L.m. w okienko pokazane strzałką na rysunku poniżej. Trzymając lewy klawisz myszy wstawiamy „wyrzucony” pręt w dowolne miejsce rysunku.

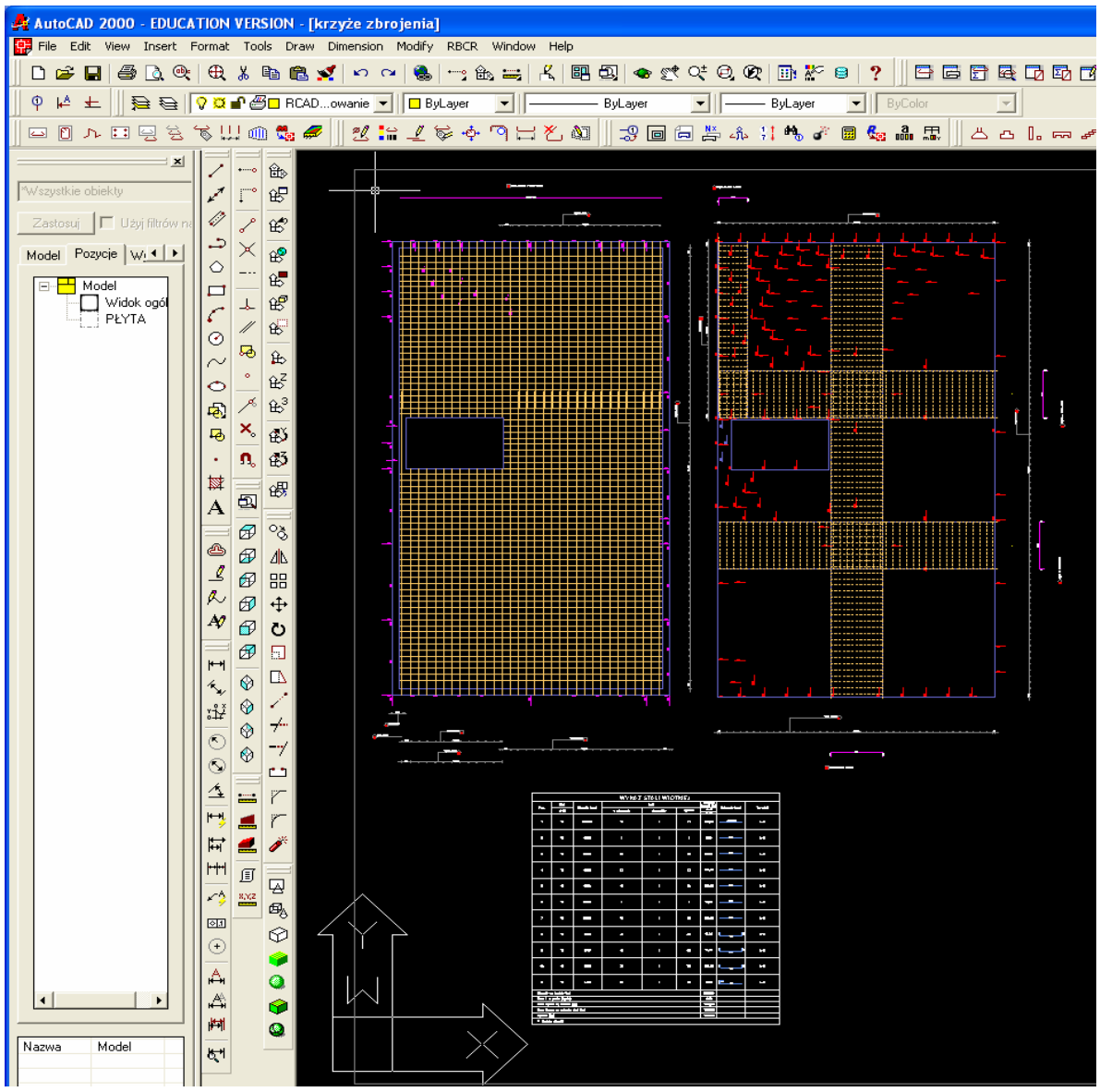


L.m. W okienko zaznaczone strzałka blokową lub l.m. „RBCR-wykaz zbrojenia-zestawienie główne”. W dowolne miejsce rysunku wstawiamy wykaz stali. Dowolna modyfikacja prętów zbrojenia będzie automatycznie uwzględniana w wykazie stali. Czytelnik

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

zauważył (na rysunku poniżej, że nie wszystkie krzyże zbrojenia zniknęły, a tym samym płyta jest niedozbrojona. Uzupełnienie zbrojenia pozostawiam uważnemu czytelnikowi ☺.

Zazbrojona (niezupełnie ☺) płyta pokazana jest na rysunku poniżej.

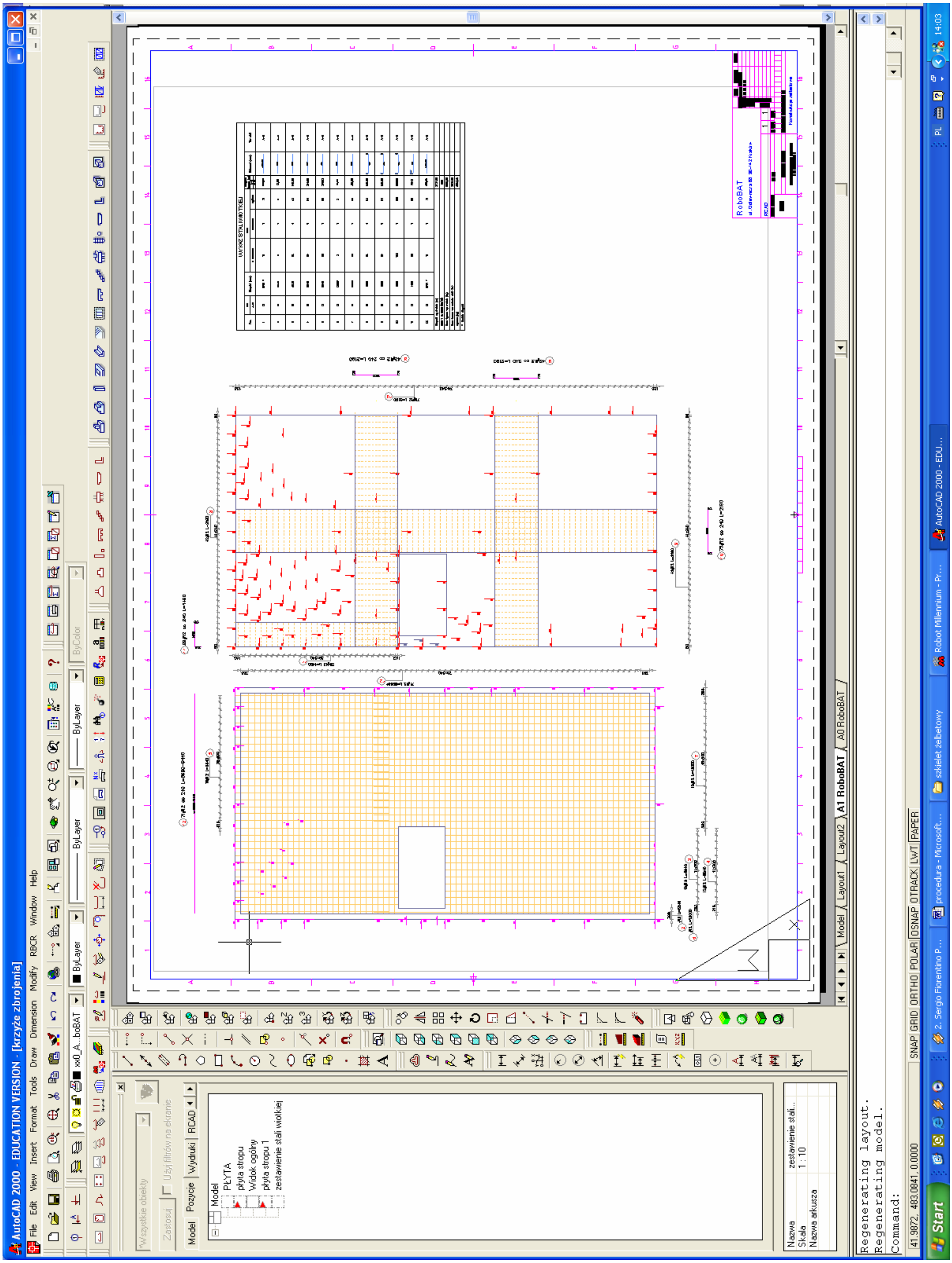


L.m. w okienko zaznaczone strzałką, albo „RBCR-narzędzia-zapisz model w formacie dwg” Zapisujemy rysunek w formacie dwg, który możemy przesłać projektantowi niedysponującemu programem RCad. Oczywiście style wykazów zbrojenia można modyfikować: RBCR-wykaz zbrojenia-style zestawień zbrojenia.

L.m RBCR-narzędzia-utwórz widok; zaznaczamy graficznie obiekty, które maja wejść w skład widoku, a następnie nazywamy widok np.: „płyta”

Widok zostanie utworzony i zapisany w inspektorze obiektów. Po otwarciu w inspektorze obiektów zakładki „pozycje”, widać zapisany widok „płyta”. P.m. nad dolnym paskiem narzędzi-l.m z szablonu. Wybieramy format arkusza do plotowania np. A1. Na podświetlonej w inspektorze obiektów nazwie widoku klikamy p.m. otwiera się zakładka, w której wybieramy „dodaj do aktualnego wydruku”. Trzymając wciśniętą l.m wprowadzamy widok na arkusz. Podobnie tworzymy widok „Zestawienie stali wiotkiej”. Arkusz A1 mógłby wyglądać np. jak na rysunku poniżej.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone



Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

4. PROJEKTOWANIE WIĘŹBY DACHOWEJ

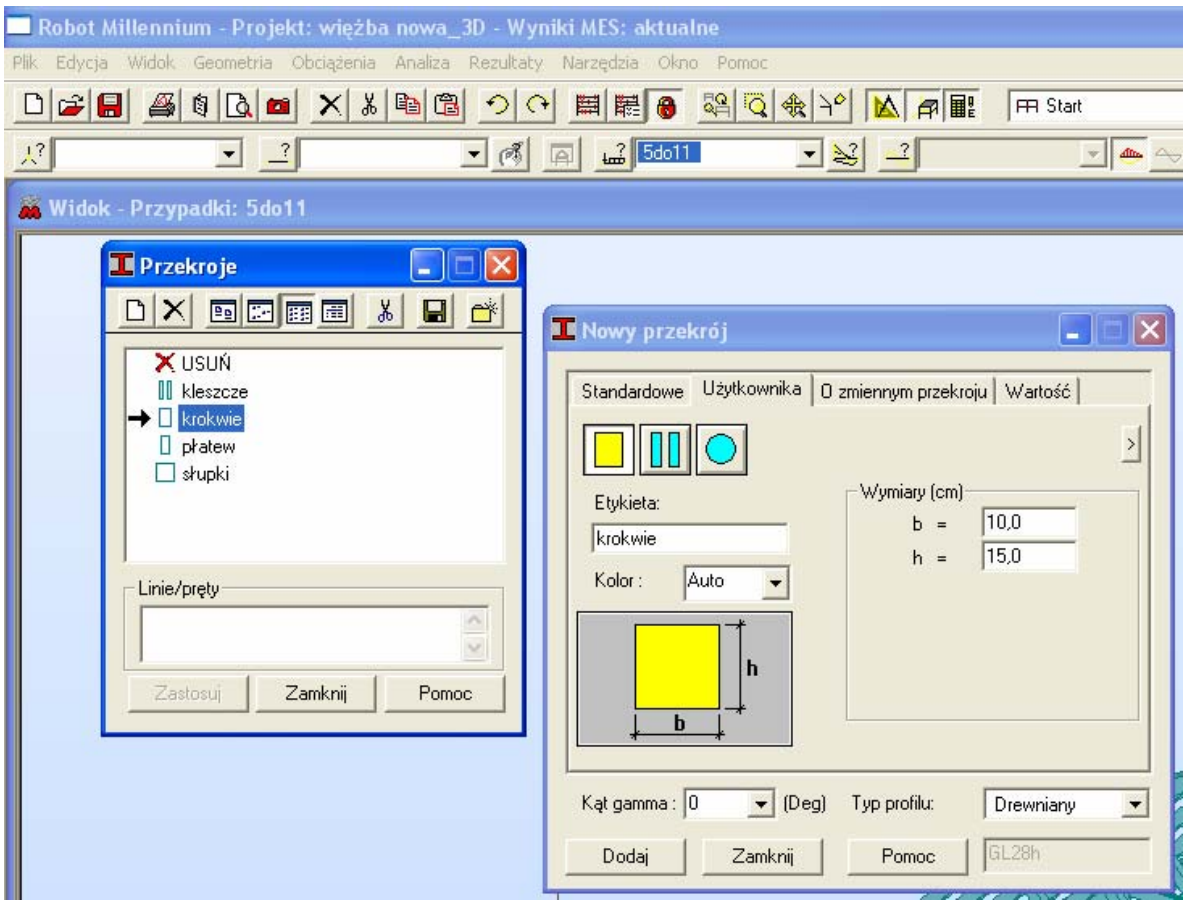
4.1. GEOMETRIA WIĘŹBY

Zaprojektować więźbę dachową płatwiowo-kleszczową domku jednorodzinnego. Więźbe zaprojektować Przyjąć obciążenie stałe w pomieszczeniu poddasza q=1,0kN/m^2.

Otwieramy zakładke „rama 3d". L.m w okienko „preferencje zadania-materiały". W okienku „drewno" wybieramy drewno klasy C27; w okienku „normy – drewniane" wybieramy

PN-B-3150; „o.k".

L.m w okienko „przekroje" w prawym pionowym pasku narzędzi. L.m. „definicja nowego przekroju (biała kartka w lewym górnym rogu okienka); po otwarciu okienka „nowy przekrój" w prawym dolnym rogu okienka wybieramy „typ profilu" drewniany. Wybieramy zakładkę „użytkownika". Etykieta „krokwie" wpisujemy wymiary b i h definiowanego przekroju; etykieta „płatew", „kleszcze", „słupki"…. Podobnie postępujemy dla wszystkich definiowanych prętów konstrukcji więźby. Rysunek poniżej.



W przedstawianym przykładzie miecze przyjęto z profili „krokwie". Po zdefiniowaniu przekrojów zamykamy oba okienka.

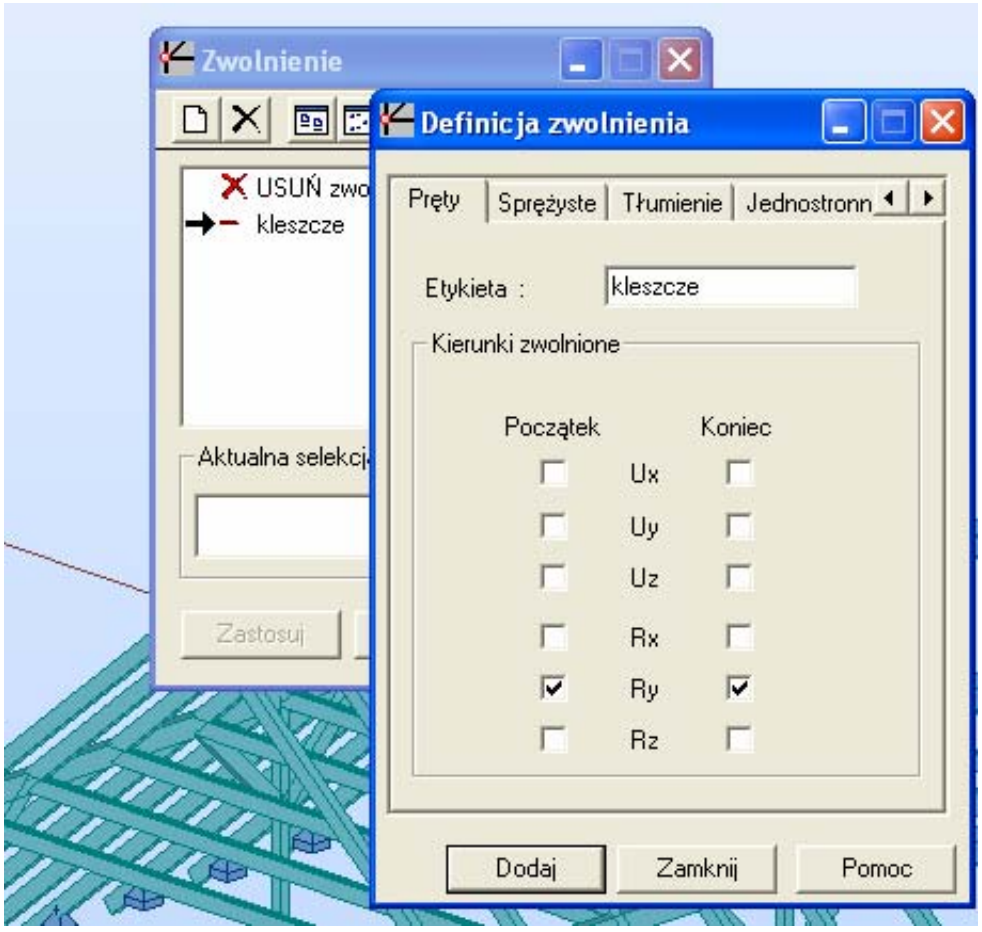
Definiujemy geometrie więźby w sposób opisany w poprzednich przykładach. Płatwie i miecze wprowadzamy po skopiowaniu płaskiej ramy więźby. Na słupkach zaczepiamy miecze wcześniej wprowadzając w odległości 1,0m poniżej wierzchu słupka węzeł. Węzły na płatwiach są wcześniej określone w miejscach zaczepienia kleszczy („edycja-podział-podział w odległości" w okienko „odległość od wierzchołka" wpisujemy 1, pamiętając, że strzałki wskazują wierzchołek, od którego mierzona jest odległość 1,0 metra).

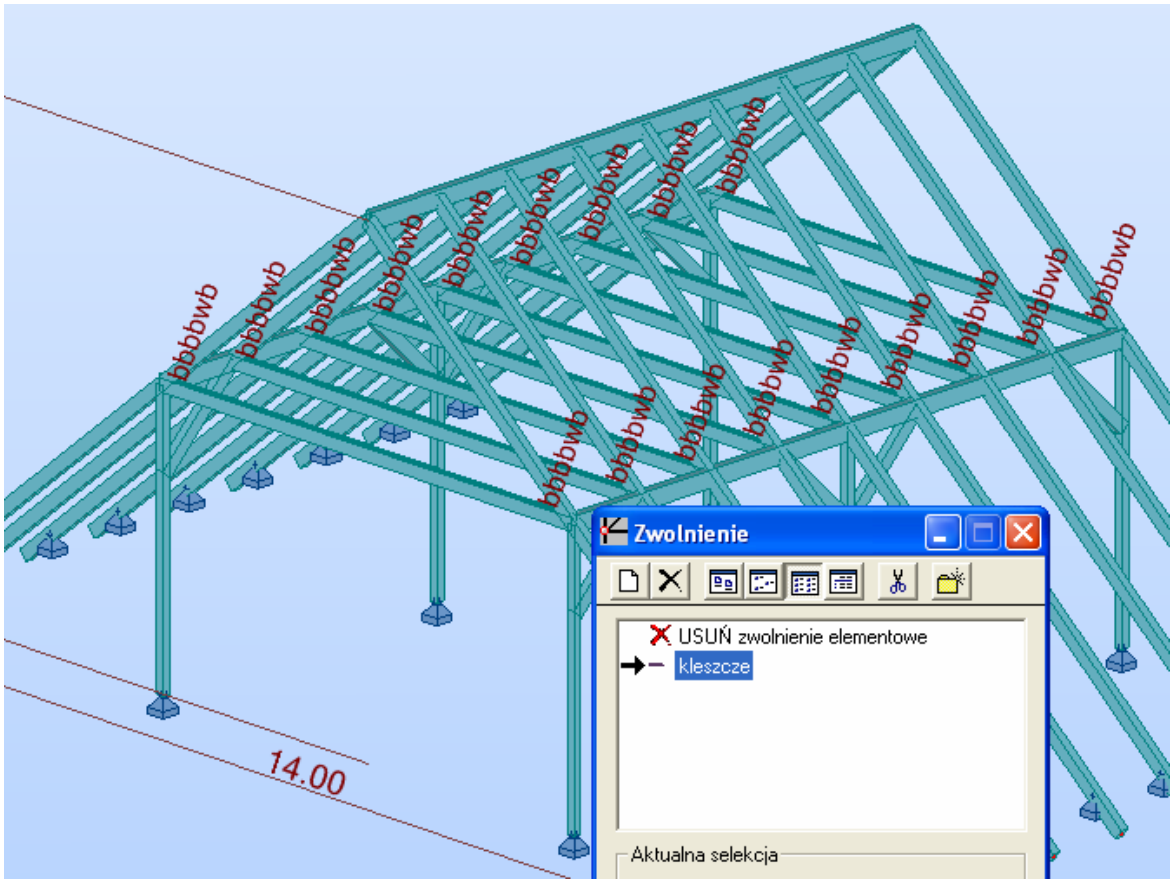
Ponieważ kleszcze oparte są Przegubowo w węzłach, a w programie Robot domyślnie wszystkie połączenia SA sztywne, więc należy wprowadzić przegubowe podparcie kleszczy.

L.m. „geometria-zwolnienia. Wyświetla się okno „zwolnienia", w którym definiujemy charakter zwolnienia. L.m. w okienko w lewym górnym rogu okienka „zwolnienia". Otwiera się okienko „definicja zwolnienia". Ponieważ każde połączenie jest definiowane przez 6 więzi (przesunięcia ux, uy, uz oraz obroty Rx, Ry, Rz), dopuszczamy obrót początku i końca pręta względem osi y zaznaczając Ry; pozostałe więzi pozostawiamy zablokowane. L.m. „dodaj"; zwolnienie „kleszcze" zostało dopisane do listy

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

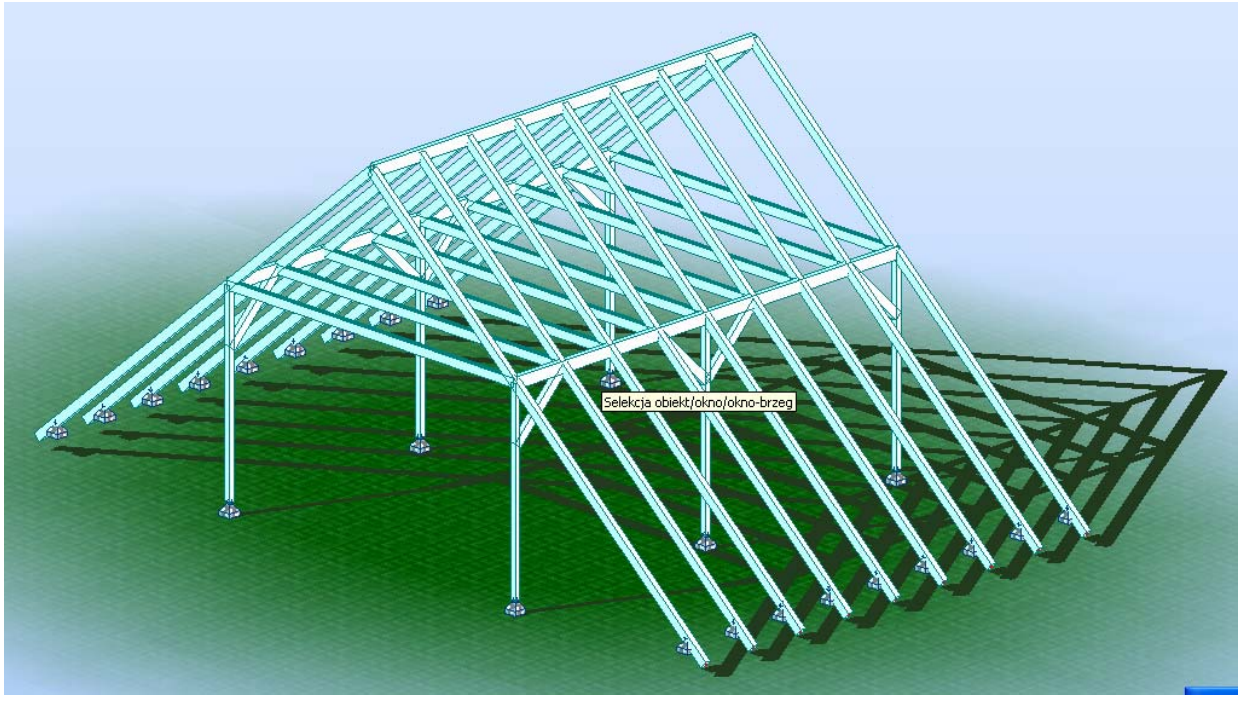
zwolnień. Następnie, zdefiniowane zwolnienie (w naszym przykładzie „kleszcze”) przypisujemy prętom kleszczy. Wyświetli się informacja o przypisaniu zwolnień prętowi (rysunki poniżej). Kody „bbbbwb” oznaczają blok dla trzech przesunięć i obrotów względem osi x i z oraz zwolnienie obrotu kleszczy względem osi y.





Widok wygenerowanej więźby przedstawia rysunek poniżej.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone



Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

4.2. OBCIĄŻENIA KONSTRUKCJI

Obciążanie konstrukcji zaczynamy od określenia przypadków obciążeń.

L.m. „obciążenia-przypadki”. Wybieramy; stałe, wiatr z lewej (wl), wiatr z prawej (wp), śnieg. Obciążenia możemy przyłożyć do płaszczyzny wykorzystując okładziny, ale w naszym przykładzie, obciążenie przyłożymy na krokwie (przypadki „wl”, „wp”, śnieg) oraz na kleszcze (przypadek „stałe”).

Ustalenie natężenia obciążenia wiatrem:

(Olsztyn I strefa wiatrowa, teren A)

Kąt nachylenia połaci $\alpha = \cong 41^{\circ}$

Dla dachów dwuspadowych (załącznik Z1-3 PN-77/B-02011)

$C_z = 0{,}015 \cdot 41 - 0{,}2 = 0{,}42 \cong 0{,}4;$

Przyjmujemy, ze konstrukcja jest niepodatna na działanie porywów wiatru ($\beta = 1{,}8;$)

$p_o = 250 \cdot 0{,}4 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}8 \cdot 1{,}3 \cong 0{,}23 kN/m^2 = 0{,}23 kN/mb;$ ponieważ rozstaw krokwi wynosi 1,0m.

Ustalenie natężenia obciążenia śniegiem:

(Olsztyn II strefa śniegowa)

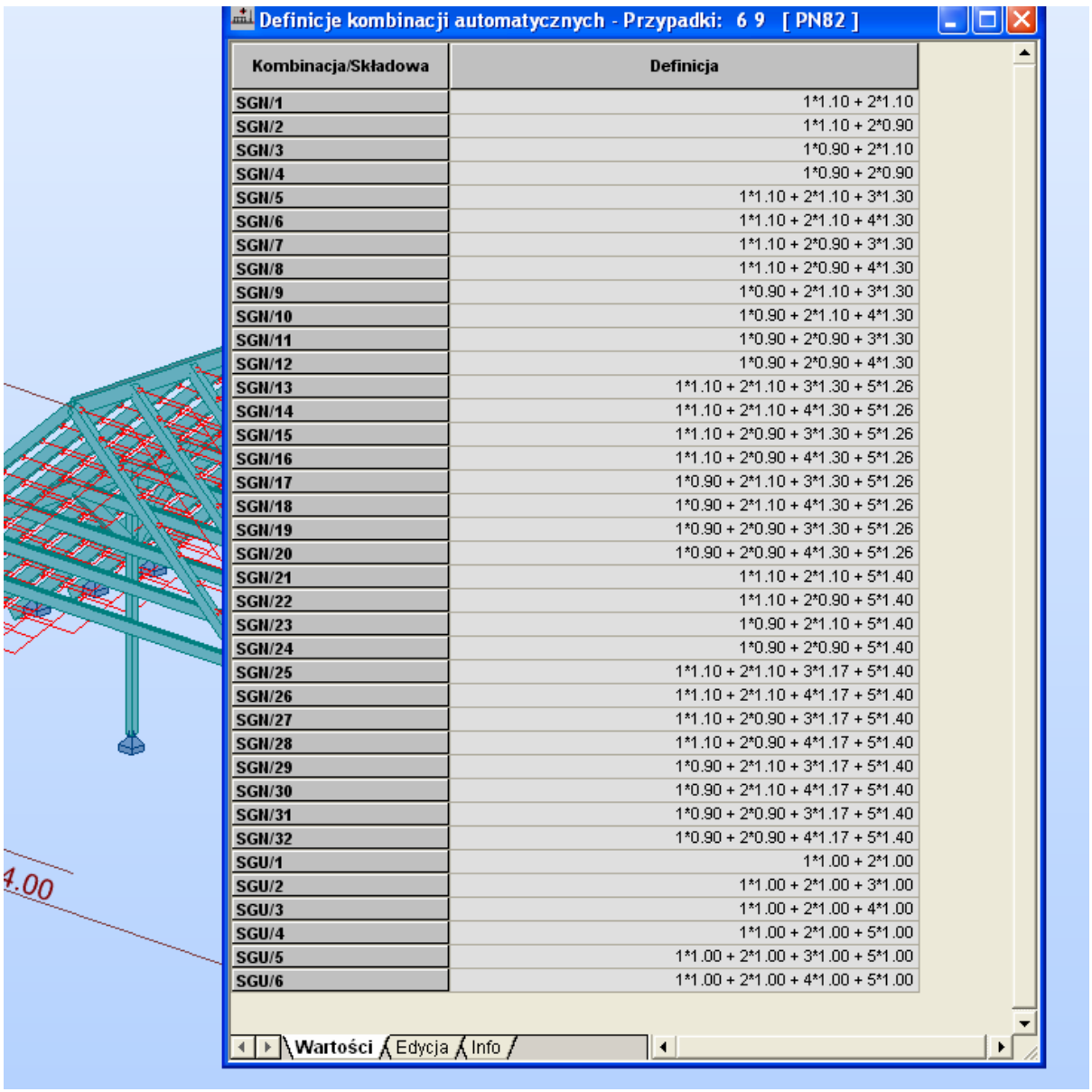
$$C_1 = C_2 = 1{,}2 \cdot \left(\frac{60 - 41}{30} \right) = 0{,}76;$$

$S_o = 1{,}4 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}76 = 0{,}96 \cong 1{,}0 kN/m^2 = 1{,}0 kN/m;$

Wyznaczone wielkości obciążeń wprowadzamy, albo przykładając bezpośrednio obciążenia do prętów, albo korzystając z tabeli obciążeń:

L.m „obciążenia-tabela obciążeń”, wprowadzamy wielkości obciążeń w odpowiednie rubryki przypisane odfiltrowanym prętom. Sposób wprowadzania obciążeń do tabeli obciążeń podano w przykładzie projektu hali stalowej. Po zdefiniowaniu obciążeń, w zakładce kombinacje normowe, po kliknięciu „oblicz” program zdefiniował i obliczył wszystkie logiczne kombinacje obciążeń. L.m. „tabela kombinacji”. Tabele kombinacji przedstawia rysunek poniżej.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone



Oczywiście można wygenerować kombinacje obciążeń ręcznie.

Dla pewności sprawdzamy czy nie popełniliśmy błędów; L.m. „analiza-weryfikacja”; brak błędów i ostrzeżeń; „zamknij”.

L.m. „analiza-oblicz”. Program przeliczył konstrukcję. W górze ekranu wyświetliła się informacja „wyniki MES aktualne”. Możemy teraz przejrzeć wyniki. L.m. „przemieszczenia; l.m (w okienku przemieszczenia) „ekstrema globalne”. Tabelę przemieszczeń globalnych przedstawia rysunek poniżej.

L.m. „rezultaty-wykresy na prętach”. Klikamy w zakładkę „deformacja”. Zaznaczamy „deformacja” i zaznaczamy „otwórz nowe okienko”. Widok zdeformowanej konstrukcji przedstawia rysunek poniżej. Pod rysunkiem zdeformowanej konstrukcji wyświetlona jest tabelka z ekstremalną deformacją jednego pręta konstrukcji (w naszym przykładzie pręt „12”). Żeby znaleźć ten pręt, wystarczy wpisać w aktywne okienko selekcji prętów i pręt nr 12 będzie podświetlony.

Trzeba zaznaczyć, że w tej wersji Robota nie można „zabujać” konstrukcji drewnianej, w odróżnieniu od konstrukcji stalowej. Dla konstrukcji drewnianych, okienko „start” jest nieaktywne.

L.m. „rezultaty-naprężenia-ekstrema globalne” wyświetla się okno z maksymalnymi naprężeniami występującymi w prętach konstrukcji. W programie Robot, naprężenia normalne oznaczane są literą „s”. Na wyświetlonym oknie naprężeń p.m. wyświetla się

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

okno, w którym l.m. klikamy na zakładkę „tabele”. Wyświetla się okno „Tabele-dane i rezultaty”. Zaznaczamy „obmiar”. Wyświetla się okno z wykazem drewna konstrukcyjnego. Ponieważ brak danych dotyczących objętości drewna, klikamy p.m. w oknie „zestawienia materiałów”, na zakładce „obmiar” zaznaczając „objętość (profile drewniane”. Do tabeli „zestawienia materiałów” program dopisał kolumnę „objętość (m3)”. Możemy zrzucić ekran i tabelki opisane powyżej zawrzeć w obliczeniach statycznych albo w opisie technicznym. Widok tabelki „zestawienie materiałów” pokazany jest na rysunku poniżej. Widać, że na naszą konstrukcję potrzeba 3,86m^3 drewna. Oczywiście wykaz nie obejmuje ubytków technologicznych drewna konstrukcyjnego.

MAX	16,14	4,82	14,17	0,78	0,00	0,00

Zestawienia materiału

Typ	Liczba	Długość (m)	Ciężar jednostkowy	Ciężar pręta (kG)	Ciężar całkowity (kG)	Powierzchnia malowania	Objętość (m3)
C27							
kleszcze	9	6,00	3,55	21,31	192	39,31	0,52
krokwie	8	1,42	5,55	7,88	63	5,68	0,17
krokwie	18	9,22	5,55	51,17	921	82,98	2,49
płatew	3	8,00	7,40	59,20	178	14,40	0,48
słupki	6	3,43	3,70	12,69	76	8,23	0,21
Sumarycznie							
kleszcze	9	54,00	3,55	191,81	192	39,31	0,52
krokwie	26	177,32	5,55	984,13	984	88,66	2,66
płatew	3	24,00	7,40	177,60	178	14,40	0,48
słupki	6	20,58	3,70	76,15	76	8,23	0,21
Razem					1430	150,60	3,86

Pręty | Info

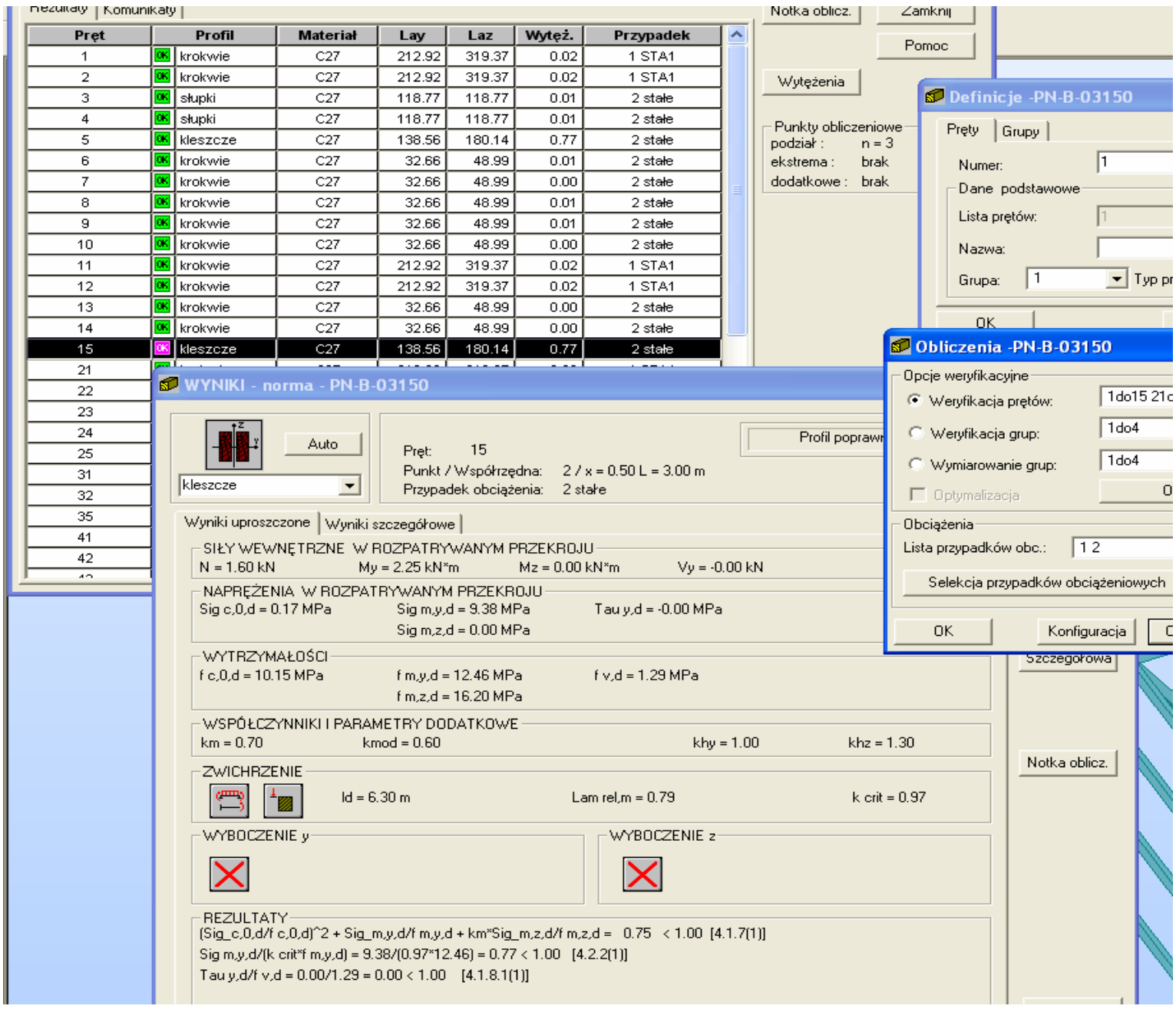
Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

4.3. WYMIAROWANIE KONSTRUKCJI

L.m. w okienko na górnym pasku narzędzi „wymiarowanie drewna”. Odznaczamy „użytkowanie” ponieważ konstrukcja nie ma przekroczonych warunków II-go stanu granicznego. Zaznaczamy „weryfikacja prętów”; „oblicz”. Wszystkie pręty zostały zwymiarowane. Ponieważ nie ustaliliśmy zaawansowanych warunków pracy konstrukcji (klas trwania obciążeń) program wyświetlił informację: „Wykryto użycie przypadków obciążenia, dla których nie zdefiniowano klas trwania obciążenia. Dla takich przypadków program przyjął domyślnie, że mają one charakter obciążenia stałego…..”. L.m. w oknie „obliczenia-konfiguracja-klasy trwania obciążenia” zaznaczamy i wprowadzamy w prawe okienko te przypadki obciążeń, które będą miały charakter stały, długotrwale działający, krótkotrwały i wyjątkowy; zaznaczamy „obciążenia ogniowe”. Wymiarowanie drewna przeprowadzamy jeszcze raz.

Tworzymy grupy prętów i przeprowadzamy weryfikację i wymiarowanie grup prętów. Do weryfikacji grup prętów tworzymy dodatkowe, różne od już użytych, przekroje drewniane

Z obliczeń i wymiarowania, możemy sporządzić notatkę L.m. „notka oblicz.- wydruk pełny”). Dwukrotne kliknięcie w rubrykę „pręt” spowoduje wyświetlenie się pełnej informacji o pręcie (rysunek poniżej). W obecnej wersji program Robot nie wymiaruje połączeń.

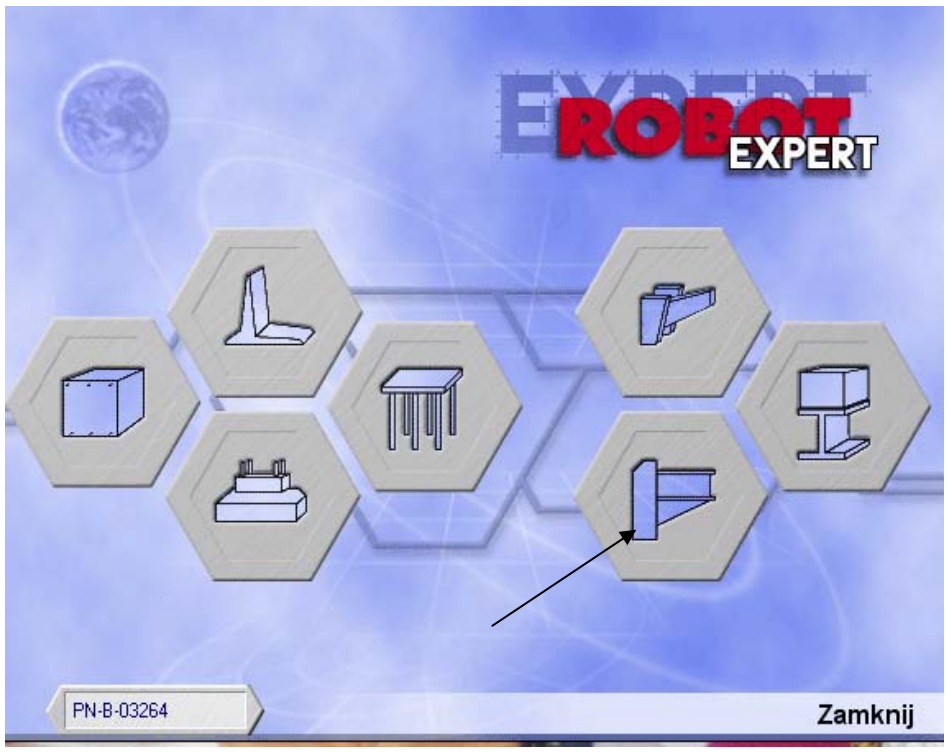


Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

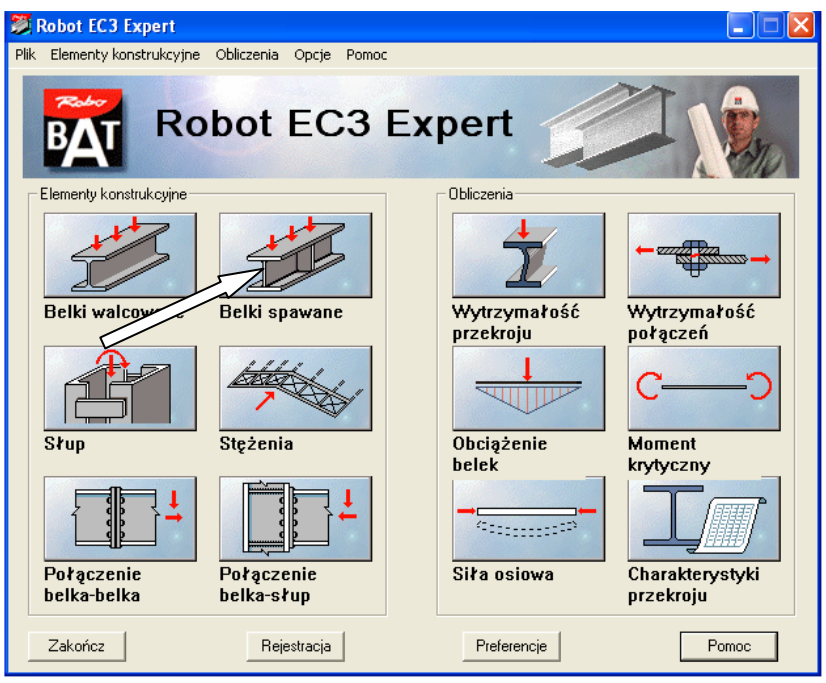
5. ROBOT EXPERT

5.1. KALKULATOR STALI

Program „Robot Ekspert” daje projektantowi możliwość szybkiego obliczenia i wymiarowania pojedyńczych elementów konstrukcji. Po otwarciu programu Robot Ekspert wyświetla się okno jak na rysunku poniżej. Wybieramy zakładkę wskazaną strzałką.



Otwiera się okno jak na rysunku poniżej, gdzie możemy wybrać interesujące nas zagadnienie.



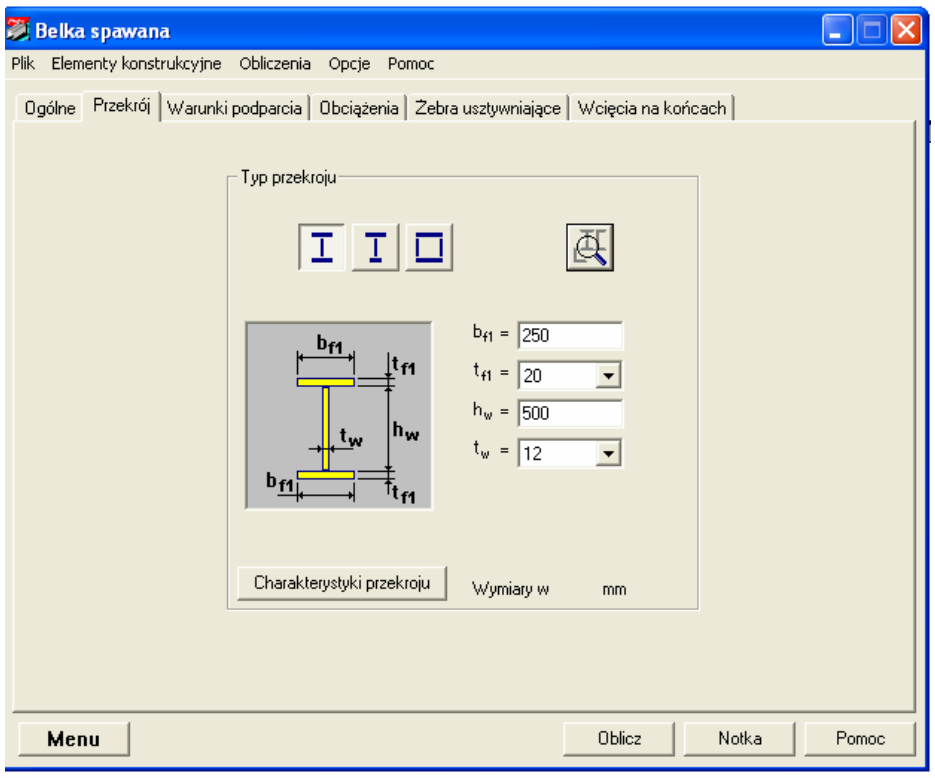
W naszym przykładzie obliczymy i zwymiarujemy żebro stropu stalowego łączone z podciągiem poprzez połączenie zakładkowe. Żebro wykonane jest z profilu blachownicowego, pracującego w stanie nadkrytycznym. Należy przewidzieć żeberka usztywniające.

Wszystkie elementy konstrukcji stalowych, w programie Robot Ekspert, liczone są w oparciu o euronormę EC3. Wybieramy okienko zaznaczone strzałka.

W otwartym oknie dialogowym definiujemy parametry pierwszego stanu granicznego takie jak: Wytrzymałość, zwichrzenie, stateczność środnika i wytrzymałość żeberek usztywniających wreszcie zniszczenie i zgniatanie. Definiujemy również warunki drugiego stanu granicznego takie jak ugięcie i częstotliwość drgań belki. W naszym przykładzie częstotliwość drgań belki przyjmiemy $\omega = 0$ (obciążamy żebro obciążeniem statycznym) oraz dopuszczalne ugięcie belki. W tej zakładce definiujemy również rozpiętość belki L=8,0m, grubość spoiny a=4mm oraz deklarujemy uwzględnienie w obliczeniach żeberek usztywniających (praca w stanie nadkrytycznym). Jednocześnie przewidując charakter połączenia żebra z podciągiem uwzględniamy wycięcia półki górnej. W zakładce „przekrój” definiujemy typ przekroju (dwuteowy) oraz wymiary geometryczne blach blachownicy.

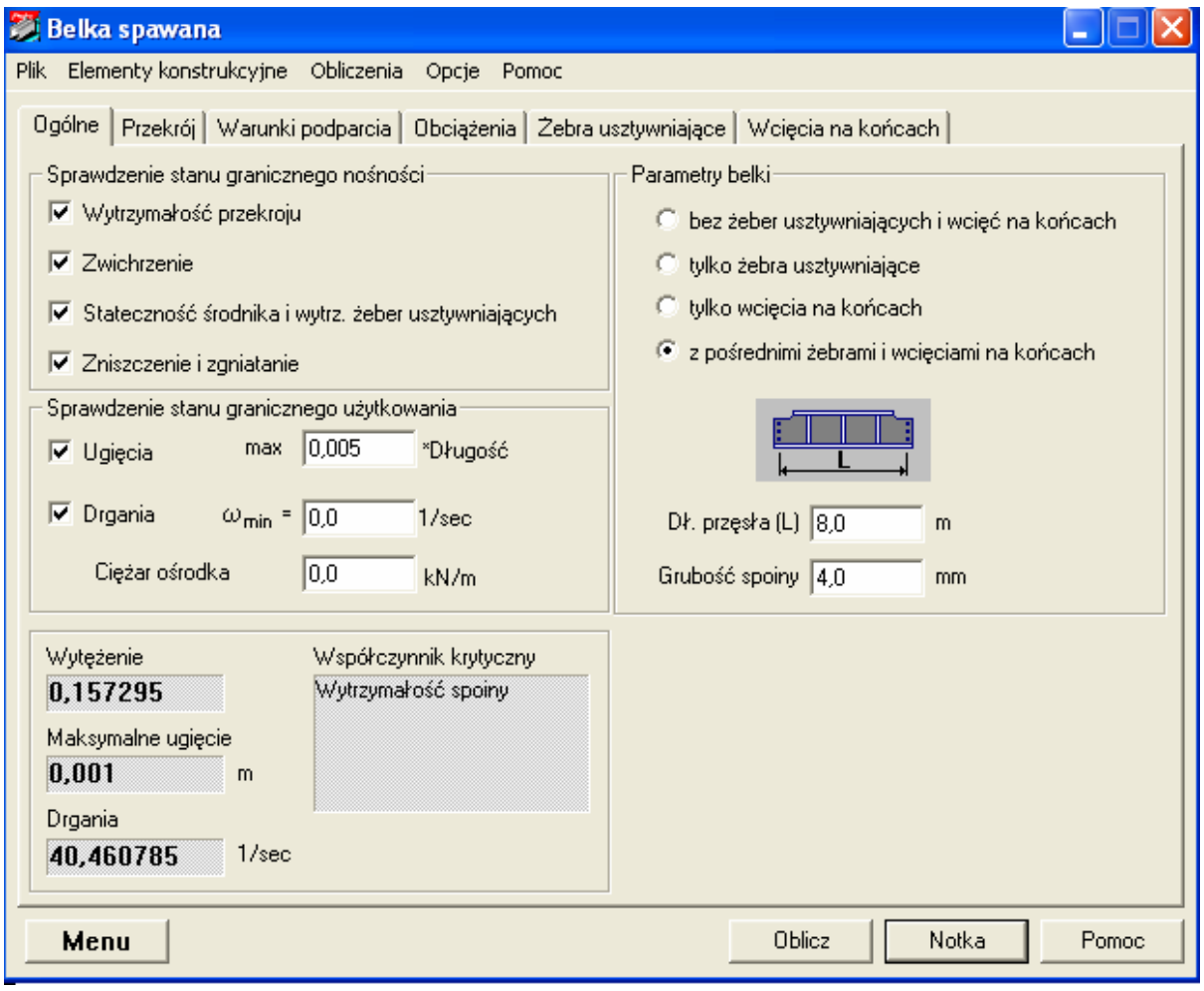
Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

Klikając na zakładkę „charakterystyki przekroju” możemy podejrzeć charakterystyki statyczne i geometryczne projektowanego przekroju.



W zakładce „warunki podparcia” definiujemy utwierdzenie. W zakładce „obciążenia” definiujemy obciążenia stałe żebra o natężeniu np. g=10kN/m oraz obciążenia zmienne o natężeniu np. 5kN/m. Od każdego ze składowych obciążenia, możemy podejrzeć wykresy sił wewnętrznych. Podgląd jest również dostępny od wszystkich przypadków obciążeń.

W zakładce „zebra usztywniające” definiujemy rozstaw, szerokość i grubość blachy żeberek usztywniających. W zakładce „wcięcia na końcach” definiujemy ilość i średnice otworów na śruby połączenia zakładkowego żebra z podciągiem. L.m. „oblicz”



Wyświetla się okienko, w którym możemy odczytać wytężenie, ugięcie i częstotliwość drgano własnych belki. Jednocześnie wyświetla się informacja o współczynniku krytycznym dla belki, którym jest wytrzymałość spoiny. Wyniki obliczeń możemy przedstawić w formie notki obliczeniowej jak poniżej.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

ŻEBRO STROPU STALOWEGO POZ. 1

Lista weryfikacji:

Wytrzymałość przekroju

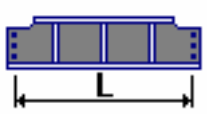
Zwichrzenie

Stateczność środników i wytrzymałość żeber usztywniających

Zgniatanie i zniszczenie

Ugięcia

Drgania

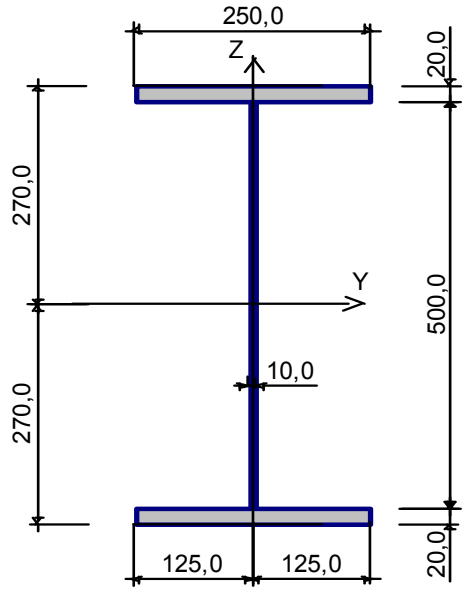


Długość przęsła L = 8,0 m

Grubość spoiny 4,0 mm

Ciężar ośrodka 0,0 kN/m

Przekrój



Charakterystyki profilu

	Parametr	**Wartość**	
A	Powierzchnia przekroju brutto	150,0	cm^2
$A_{v,y}$	Powierzchnia ścinania względem osi Y	100,0	cm^2
$A_{v,z}$	Powierzchnia ścinania względem osi Z	50,0	cm^2
I_y	Moment bezwładności względem osi Y	78050,0	cm^4
I_z	Moment bezwładności względem osi Z	5212,5	cm^4
I_t	Moment bezwładności na skręcanie	150,0	cm^4
I_w	Wycinkowy moment bezwładności	3520833,333	cm^6
i_y	Promień bezwładności względem osi Y	22,811	cm
i_z	Promień bezwładności względem osi Z	5,895	cm
W_{y+}	Maksymalny wskaźnik wytrzymałości względem osi Y	2890,741	cm^3
W_{y-}	Minimalny wskaźnik wytrzymałości względem osi Y	2890,741	cm^3
W_{z+}	Maksymalny wskaźnik wytrzymałości względem osi Z	417,0	cm^3
W_{z-}	Minimalny wskaźnik wytrzymałości	417,0	cm^3

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

względem osi Z

$W_{pl,y}$	Plastyczny wskaźnik wytrzymałości względem osi Y	3225,0	cm^3
$W_{pl,z}$	Plastyczny wskaźnik wytrzymałości względem osi Z	637,5	cm^3

Podpory

	Lewy koniec	Prawy koniec
Przemieszczenie wzdłuż X	Zablokowany	Zablokowany
Przemieszczenie wzdłuż Y	Zablokowany	Zablokowany
Przemieszczenie wzdłuż Z	Zablokowany	Zablokowany
Obrót względem X		
Obrót względem Y	Zablokowany	Zablokowany
Obrót względem Z	Zablokowany	Zablokowany
Spaczenie		

Obciążenia

Przypadek 1 - Obciążenie stałe

Wysokość punktu przyłożenia obciążenia 0,0 mm

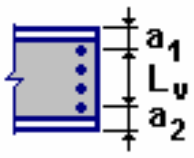
q = 10,0 kN/m

Przypadek 2 - Obciążenie zmienne

Wysokość punktu przyłożenia obciążenia 0,0 mm

q = 5,0 kN/m

Wcięcia na końcu

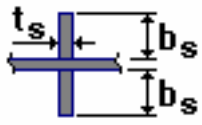


a_1 = 30,0 mm; L_v = 400,0 mm; a_2 = 30,0 mm; Liczba otworów n = 4; Średnica otworów d_0 = 18,0 mm

Żebra usztywniające

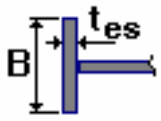
Odstęp między żebrami usztywniającymi 0,7 m

Pośrednie żebra usztywniające: symetryczne



b_s = 100,0 mm; t_s = 10,0 mm

Żebra usztywniające na końcu:



B = 210,0 mm; t_{es} = 10,0 mm

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

	Wytężenie według
Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie zob. [5.4.6 (1)]	0,090164
Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie środnika z grupą otworów przy końcu belki zob. [6.5.2.2]	0,084232
Wytrzymałość obliczeniowa przekroju na moment zginający zob. [5.4.5.2]	0,103894
Wytrzymałość poprzecznych żeber usztywniających na końcu pręta zob. [5.7.6]	0,001816
Wytrzymałość poprzecznych pośrednich żeber usztywniających zob. [5.7.6]	0,000848
Wytrzymałość wyboczeniowa półki(warunek geometryczny) zob. [5.7.7]	0,156656
Wytrzymałość spoiny zob. Aneks M	0,157295

Wytężenie 0,157295 - Wytrzymałość spoiny

Ugięcie 0,001 m

Drgania 40,460785 1/sec

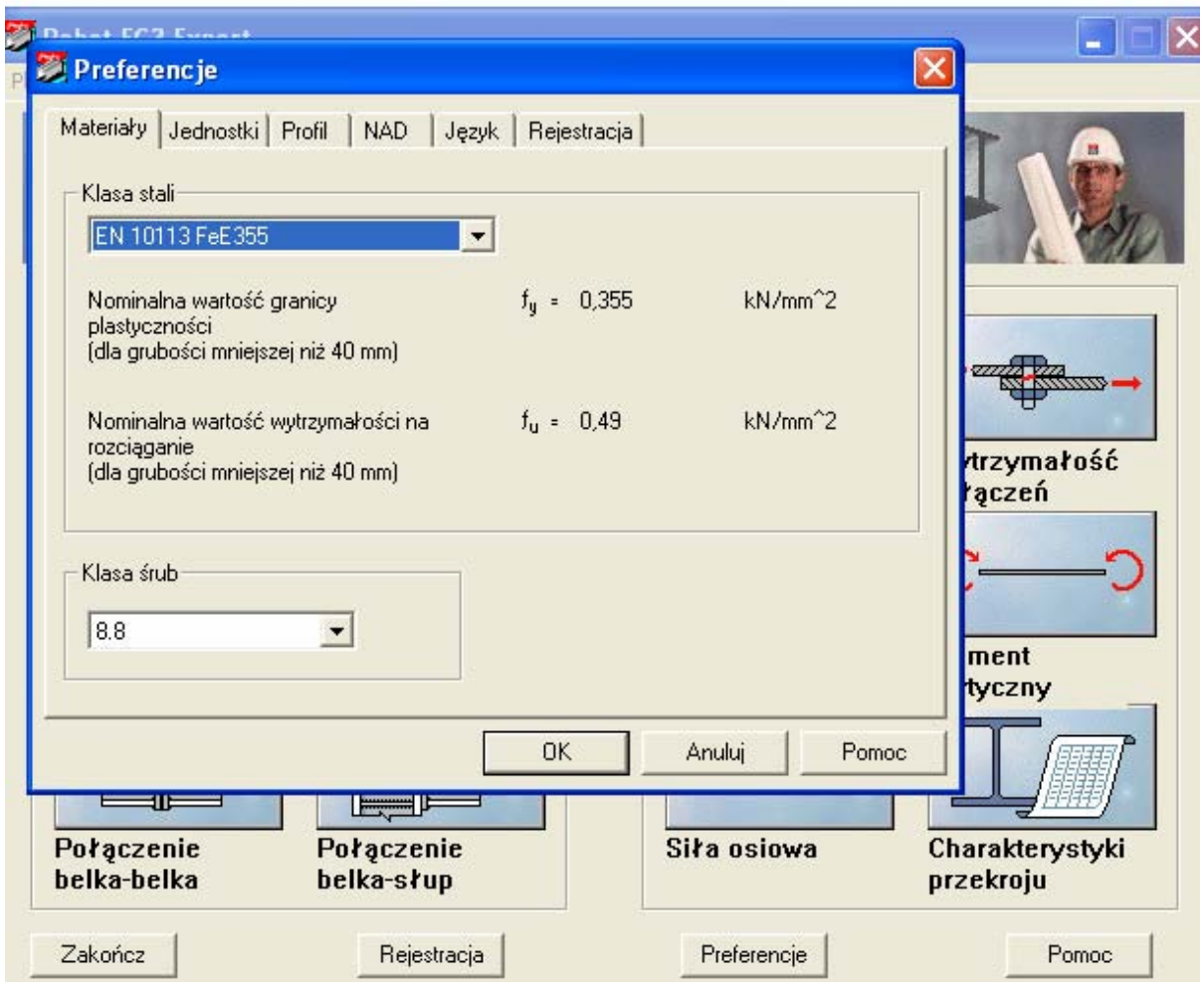
Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

5.2. SŁUP O PRZEKROJU ZŁOŻONYM ŚCISKANY OSIOWO OBUSTRONNIE PRZEGUBOWO PODPARTY

Zaprojektować słup stalowy złożony obustronnie przegubowo podparty dla następujacych danych:

H=6,0 m; N=500 kN; S235JRG2;

Wybieramy w programie Robot Expert zakładkę „Kalkulator konstrukcji stalowych EC3. Klikamy w zakładkę „preferencje" i wybieramy w zakładce „materiały" klasę stali EN 10113 FeE 355 (S355J2G3)



Po otwarciu okna dialogowego, wybieramy okno „słup"

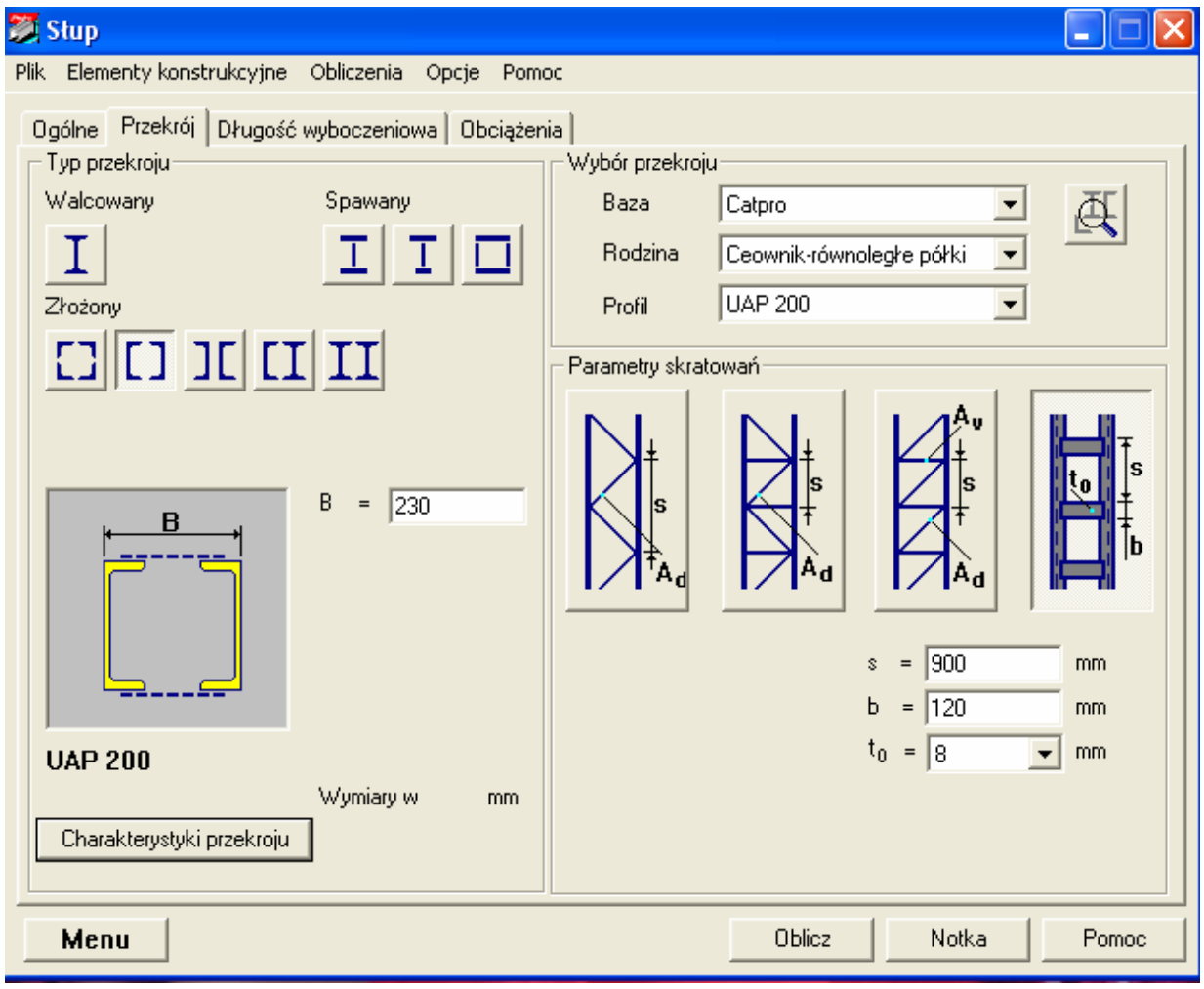
Wyświetla się okno dialogowe, w którym w zakładce „ogólne" wpisujemy długość słupa H=6,0 m oraz wybieramy proste obliczanie długości wyboczeniowej (bez prętów dochodzących)

W zakładce „przekrój" wybieramy typ przekroju poprzecznego pręta złożonego 2[200,

przewiązki co s=900mm; wysokość przewiązki b=120 mm; z blachy o grubości t_0=8 mm.

Odległość środników ceowników B=230 mm; jak na rysunku poniżej.

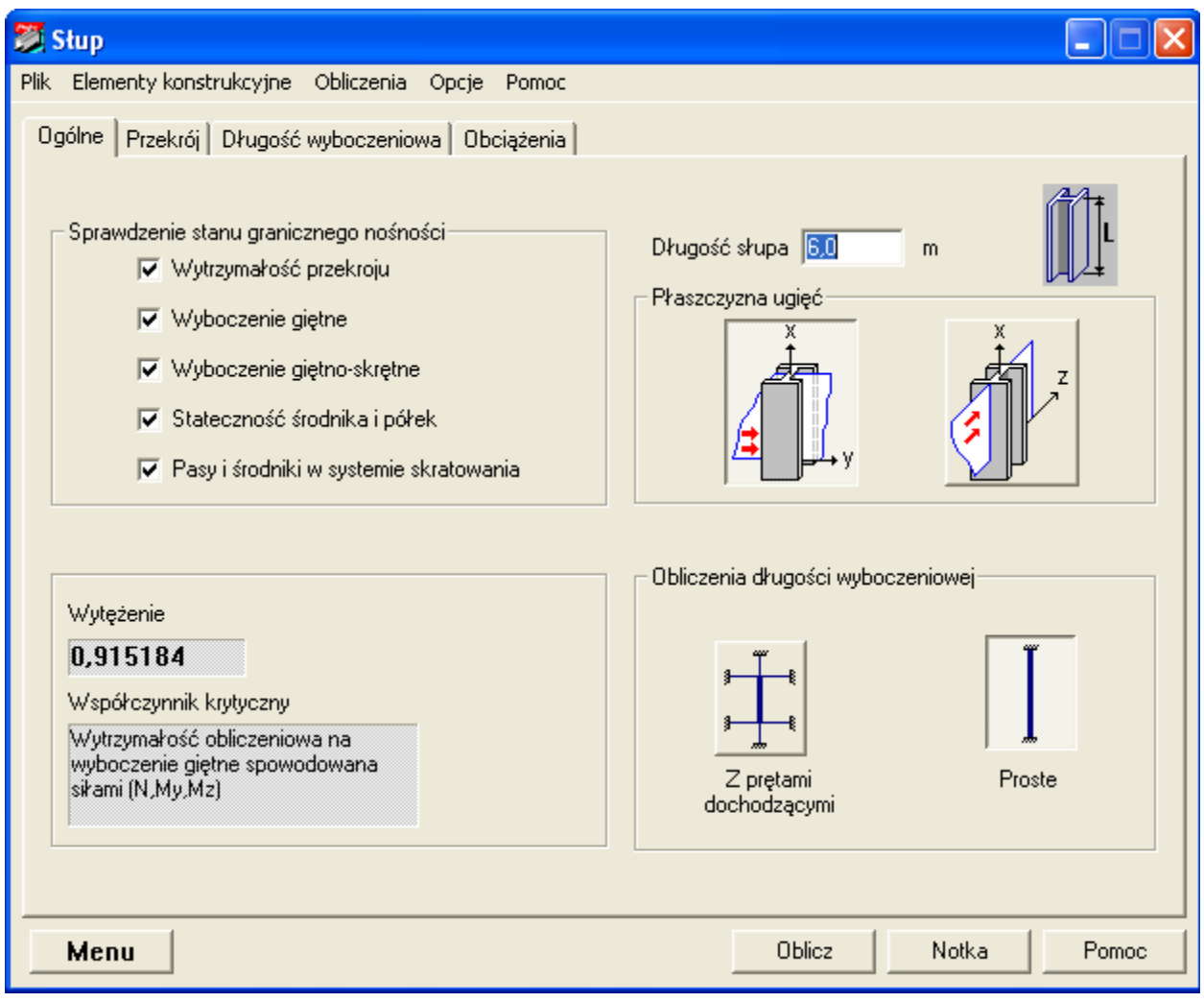
Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone



Przegubowe podparcie słupa zaznaczamy w zakładce „długości wyboczeniowe”

W zakładce „obciążenia” wpisujemy obciążenie N=500 kN; L.m. „oblicz”

W lewym dolnym rogu wyświetla się wartość wytężenia elementów słupa, jak na rysunku poniżej.



Z obliczeń sporządzamy notkę jak poniżej:

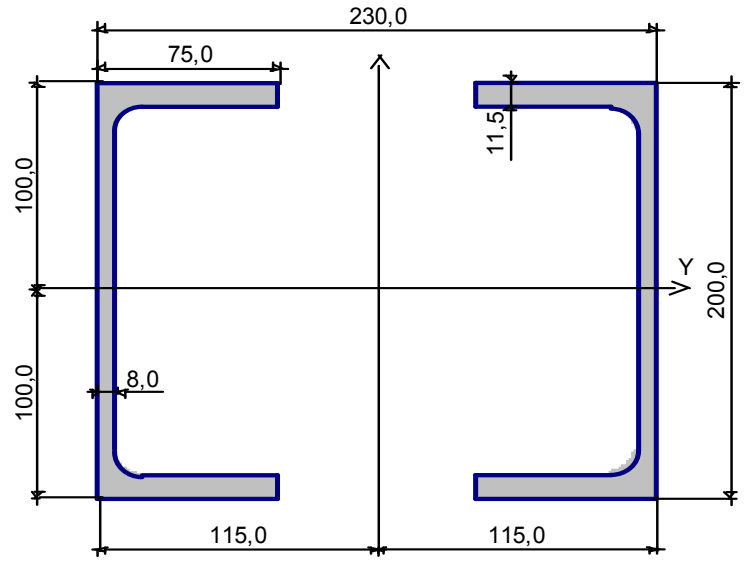
Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

SŁUP

Lista weryfikacji: Wytrzymałość przekroju; Wyboczenie giętne; Wyboczenie giętno-skrętne; Stateczność środnika i półki; Pasy i środniki w systemie skratowania

Długość słupa 6,0 m Płaszczyzna ugięcia XY:

Przekrój

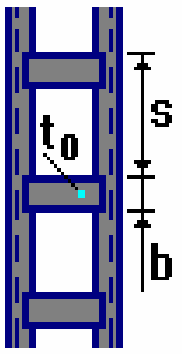


Profile: UAP 200

Skratowanie:

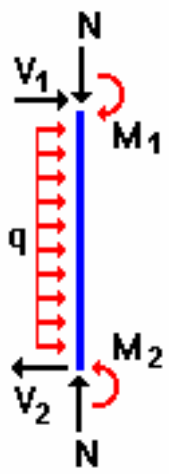
s = 900,0 mm; b = 120,0 mm; t_0 = 8,0 mm

	Parametr	Wartość	
A	Powierzchnia przekroju brutto	63,955	cm^2
$A_{v,z}$	Powierzchnia ścinania względem osi Z	32,0	cm^2
I_y	Moment bezwładności względem osi Y	3891,6	cm^4
I_z	Moment bezwładności względem osi Z	5848,368	cm^4
I_t	Moment bezwładności na skręcanie	7653,806	cm^4
I_w	Wycinkowy moment bezwładności	2703,306	cm^6
i_y	Promień bezwładności względem osi Y	7,801	cm
i_z	Promień bezwładności względem osi Z	9,563	cm



Charakterystyki profilu

Obciążenia



N =	500,0	kN
M_1 =	0,0	kN*m
V_1 =	0,0	kN
M_2 =	0,0	kN*m
V_2 =	0,0	kN
q =	0,0	kN/m

Przypadek 1 - Obciążenie stałe

	Wytężenie według
Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie osiowe zob. [5.4.4 (1)]	0,426259
Ogólna wytrzymałość obliczeniowa na wyboczenie giętne względem osi Y spowodowane siłą N zob. [5.5.1.1]	0,803493
Ogólna wytrzymałość obliczeniowa na wyboczenie giętne względem osi Z spowodowane siłą N zob. [5.5.1.1]	0,511233

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie wzdłuż osi Z zob. [5.4.6 (1)]	0,030836
Wytrzymałość obliczeniowa spowodowana siłami (N,My,Mz,Vy,Vz) zob. [5.4.8.1 - 5.4.8.3], [5.4.9]	0,008994
Wytrzymałość obliczeniowa na wyboczenie giętne spowodowana siłami (N,My,Mz) zob. [5.5.4 (1), 5.5.4 (3)]	0,915184
Stateczność środnika zob. [5.6.7.2], [5.4.5.2]	0,043383
Wytrzymałość obliczeniowa spowodowana momentem Mz zob. [5.4.5.1]	0,109158

Wytężenie 0,915184 - Wytrzymałość obliczeniowa na wyboczenie giętne spowodowana siłami (N,My,Mz)

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

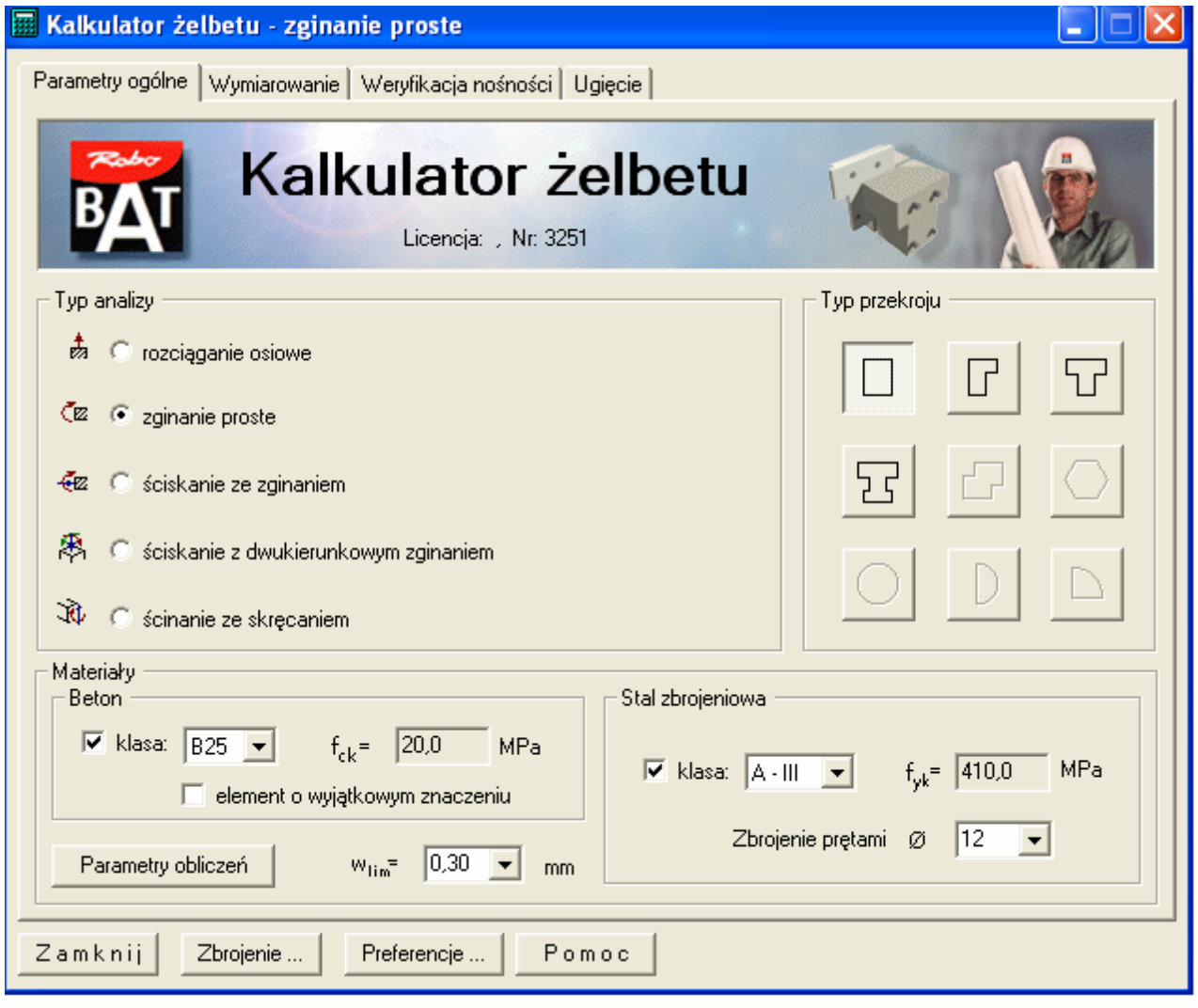
5.3. KALKULATOR ŻELBETU

Zaprojektować belkę żelbetową o rozpiętości L=7,5 m. obciążoną dwiema siłami V=15 kN.

Beton B25, stal AIII, klasa ekspozycji XC2

Po otwarciu kalkulatora l.m. w zakładkę :kalkulator żelbetu”

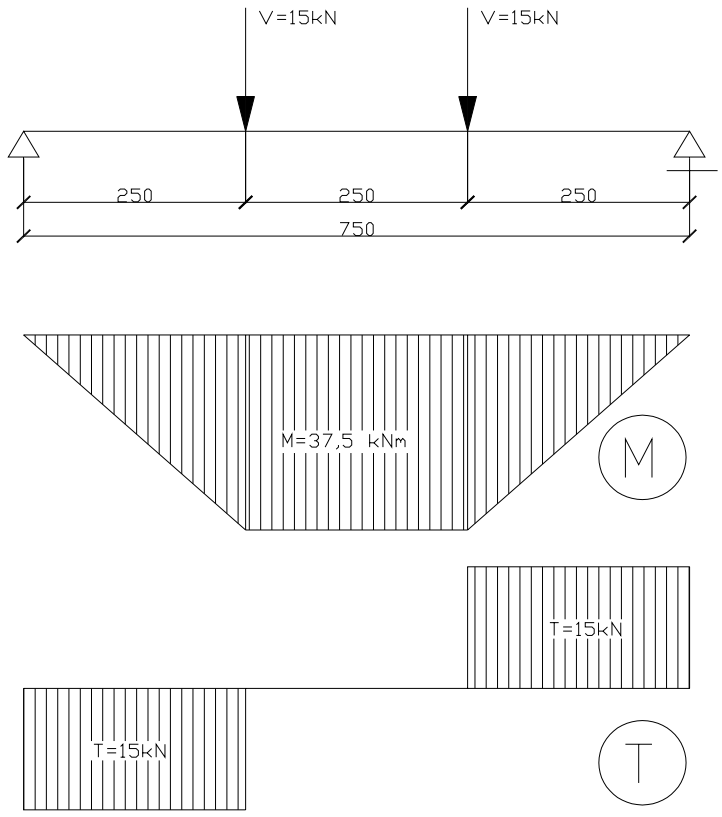
Wyświetla się okno dialogowe jak na rysunku poniżej. Zaznaczamy „zginanie proste”, otwieramy zakładkę „parametry obliczeń” i ustalamy klasę ekspozycji (środowiska) XC2, ustalamy zbrojenie stalą AIII Ø12



Przekrój belki prostokątny.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

Wykresy i wartości sił wewnętrznych podano na rysunku poniżej.



W zakładce „wymiarowanie” wpisujemy wartość momentu zginającego, przyjmujemy wymiary belki oraz zaznaczamy opcje zarysowania. Wartość M_d=M=37,5 kNm. Zaznaczamy jednocześnie wymiarowanie na rozwarcie rys. Otulenie zbrojenia d_1=d_2=3,0cm. Wymiar belki przyjmujemy bxh=25x50 [cmxcm]. L.m. „obliczenia”, l.m. „nota”. Oczywiście, konstrukcyjnie przyjmujemy A_{s2} 2Ø12. W zakładce „weryfikacja nośności” l.m. „obliczenia, l.m „nota”W zakładce „ugięcie” wpisujemy M_d=37,5kNm. L.m. „obliczenia”, l.m. „nota”.

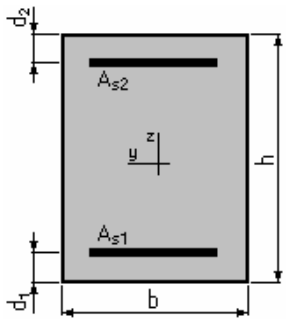
Wyniki obliczeń SGN i SGU podano poniżej.

Projektowanie przekroju dla zginania prostego

1. <u>Założenia:</u>

- **Beton klasy B25**
- **Stal klasy A-III f_{yk} = 410,0 (MPa)**
- Przekrój zbrojony prętami Ø 12
- Projektowanie na dopuszczalną szerokość rozwarcia rys a_{dop} = 0,30 mm
- Obliczenia zgodne z **PN-B-03264:2002**

2. <u>Przekrój:</u>



b = 25,0 (cm); h = 50,0 (cm); d_1 = 3,0 (cm); d_2 = 3,0 (cm);

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

3. <u>Obciążenia:</u>

Moment obliczeniowy **M = 37,50 (kN*m)**

Moment charakterystyczny, długotrwały **M_d = 37,50 (kN*m)**

Moment charakterystyczny, krótkotrwały **M_k = 0,00 (kN*m)**

4. <u>Wyniki:</u>

Teoretyczna powierzchnia zbrojenia:

A_{s1} = 2,7 (cm2)	**A_{s2} = 0,0 (cm2)**
3 Ø12 = 3,4 (cm2)	0 Ø12 = 0,0 (cm2)

Stopień zbrojenia: μ= 0,23 (%)

Minimalny stopień zbrojenia: $\mu_{a,\,min}$= 0,14 (%)

Sprawdzenie stanu granicznego rozwarcia rys prostopadłych:

Moment rysujący M_{cr}= 23,03 (kN*m)

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej w_k= 0,30 (mm)

Wyniki szczegółowe dla SGN: My = 37,50 (kN*m)

Położenie osi obojętnej: y = 3,6 (cm)

Ramię sił wewnętrznych: z = 45,6 (cm)

Względna wysokość strefy ściskanej: ξ = 0,08

Graniczna wysokość strefy ściskanej: ξ_{gr} = 0,67

Naprężenia w betonie ściskanym: σ_c = 13,3 (MPa) , α_{cc} = 1,00

Naprężenia w stali zbrojeniowej:

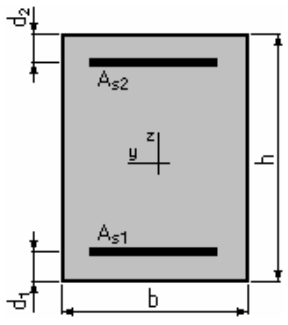
rozciągające: σ_S = 350,3 (MPa)

Analiza nośności przekroju dla zginania prostego

1. <u>Założenia:</u>

- **Beton klasy B25**
- **Stal klasy A-III f_{yk} = 410,0 (MPa)**
- Przekrój zbrojony prętami Ø 12
- Dopuszczalna szerokość rozwarcia rys a_{dop} = 0,30 mm
- Obliczenia zgodne z **PN-B-03264:2002**

2. <u>Przekrój:</u>



b = 25,0 (cm); h = 50,0 (cm); d_1 = 3,0 (cm); d_2 = 3,0 (cm)

3. <u>Powierzchnia zbrojenia:</u>

A_{s1} = 2,7 (cm2)	**A_{s2} = 0,0 (cm2)**
3 Ø12 = 3,4 (cm2)	0 Ø12 = 0,0 (cm2)

Stopień zbrojenia: μ= 0,23 (%)

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

Minimalny stopień zbrojenia: $\mu_{a,\,min}$ = 0,14 (%)

4. <u>Dopuszczalny moment zginający:</u>

Z uwagi na nośność przekroju:

M_{max} = 43,12 (kN*m) M_{min} = 0,00 (kN*m)

Z uwagi na zarysowanie przekroju (suma obc. długo- i krótkotrwałego)

M_{max} = 37,38 (kN*m) M_{min} = -23,00 (kN*m)

Stosunek obciążenia długotrwałego do całkowitego = 1,00

Wyniki szczegółowe dla SGN: My = 43,12 (kN*m)

Położenie osi obojętnej: y = 3,5 (cm)

Ramię sił wewnętrznych: z = 45,6 (cm)

Względna wysokość strefy ściskanej: ξ = 0,08

Graniczna wysokość strefy ściskanej: ξ_{gr} = 0,67

Naprężenia w betonie ściskanym: σ_c = 13,3 (MPa) , $\square_{cc}$ = 1,00

Naprężenia w stali zbrojeniowej: rozciągające: σ_s = 350,3 (MPa)

Wyniki szczegółowe dla SGU: My = 37,38 (kN*m)

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej: w_k = 0,30 (mm)

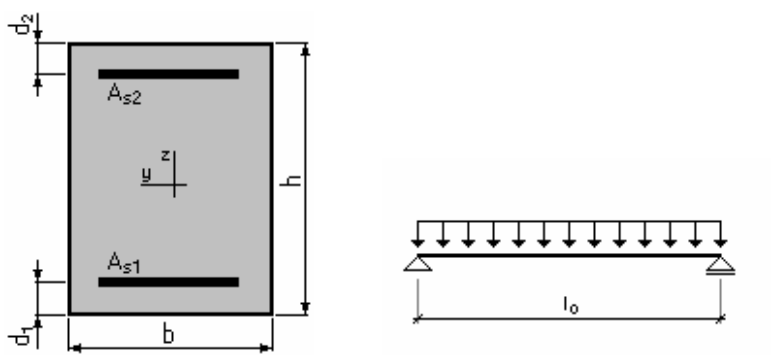
Ugięcie belki dla zginania prostego

1. <u>Założenia:</u>

- **Beton klasy B25**
- **Stal klasy A-III f_{yk} = 410,0 (MPa)**
- Przekrój zbrojony prętami Ø 12
- Obliczenia zgodne z **PN-B-03264:2002**

2. <u>Geometria:</u>

Przekrój Schemat statyczny



b = 25,0 (cm) h = 50,0 (cm) d_1 = 3,0 (cm) d_2 = 3,0 (cm) l_o = 7,5 (m)

3. <u>Założenia obliczeniowe:</u>

Współczynnik ugięcia: α_k = 1,00 * 5/48

Obciążenie:

Moment wywołany obciążeniem długotrwałym: **M_d = 37,50 (kN*m)**

Moment wywołany obciążeniem krótkotrwałym: **M_k = 0,00 (kN*m)**

Powierzchnia zbrojenia: A_{s1} = 2,7 (cm2)

A_{s2} = 0,0 (cm2)

Stopień zbrojenia: μ = 0,23 (%)

Minimalny stopień zbrojenia: $\mu_{a,\,min}$ = 0,14 (%)

Wiek betonu w chwili obciążenia: 28 dni

Wilgotność względna środowiska: 50 %

Końcowy współczynnik pełzania betonu: $\Phi_{\infty,to}$ = 2,96

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

4. <u>Wyniki:</u>

Ugięcie: **$a = 26,0$ (mm) $<$ $a_{lim} = l_o / 200 = 37,5$ (mm)**

Faza pracy przekroju: **II**

Moment rysujący: $M_{cr} = 23,03$ (kN*m)

Ugięcia składowe i sztywności:

$a_{o,k+d} = 17,7$ (mm) $B_{o,k+d} = 12$ (MN*m2)

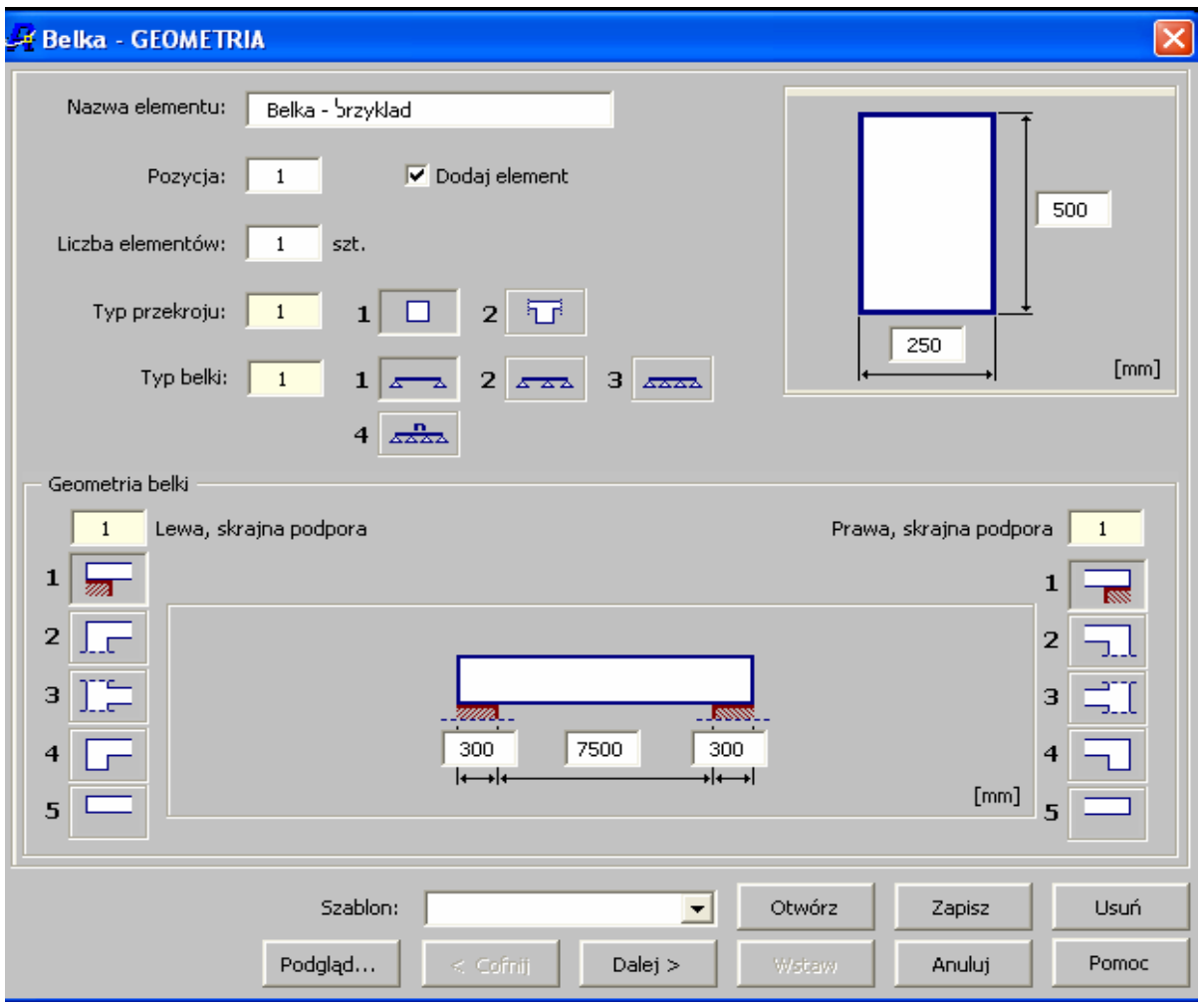
$a_{o,d} = 17,7$ (mm) $B_{o,d} = 12$ (MN*m2)

$a_{\infty,d} = 26,0$ (mm) $B_{\infty,d} = 8$ (MN*m2)

Niestety kalkulator żelbetu nie generuje plików dxf, które można otworzyć w formacie dwg. Zaprojektowaną powyżej belkę narysujemy w RCadzie

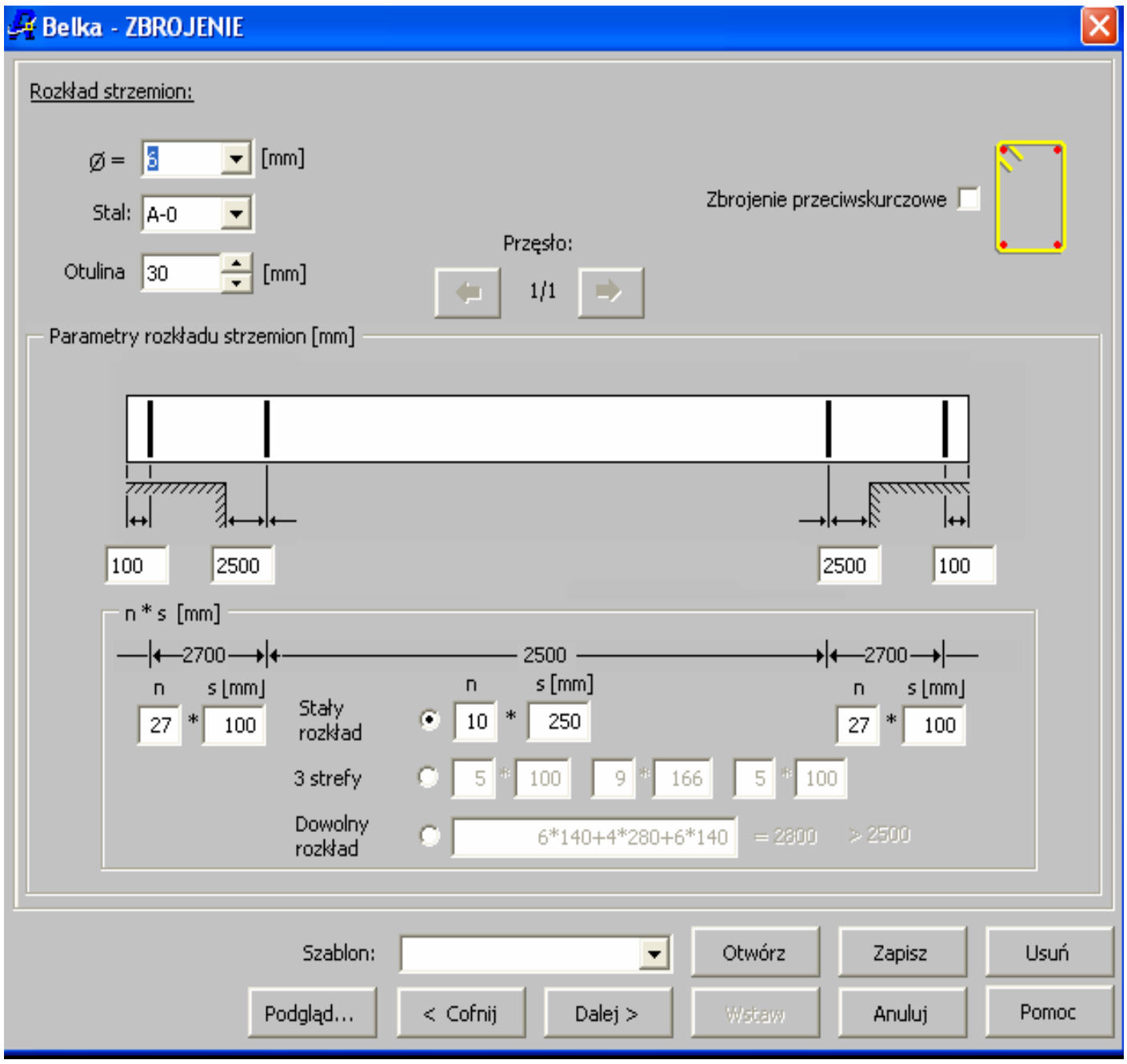
Otwieramy RCad żelbet

L.m. „RBCR-zbrojenie konstrukcji typowych-belka”, albo l.m. w okienko zaznaczone strzałką. Otwiera się okno dialogowe, w którym definiujemy parametry belki; nazwę pliku, wymiary projektowanej belki, ilość elementów, rozpiętość, sposób oparcia belki i szerokość podpór.



L.m. „dalej”. Definiujemy strefy zbrojenia poprzecznego belki. Należy pamiętać, że belka jest obciążona siłami skupionymi i zagęszczenie strzemion występuje w strefach podporowych belki zgodnie z wykresem sił poprzecznych. W strefie środkowej belki założymy strzemiona co 250 mm, w strefach podporowych założymy strzemiona co 100 mm. Stal strzemion przyjmujemy A0 Ø6.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

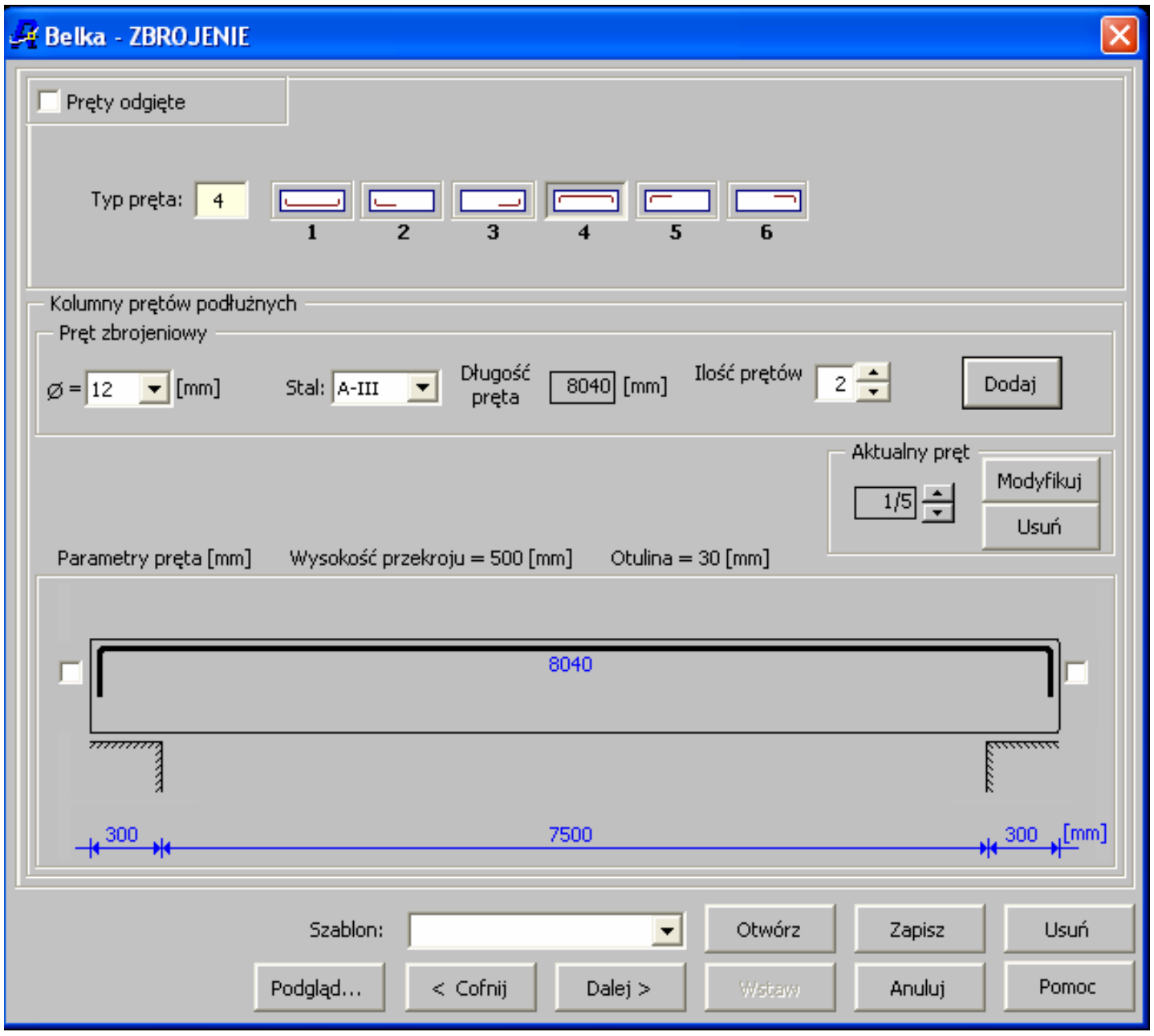


L.m. „dalej”.

W następnej zakładce definiujemy pręty podłużne belki, pamiętając, że dołem potrzebne jest

3 Ø 12 AIII, a górą, konstrukcyjnie 2 Ø 12 AIII.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

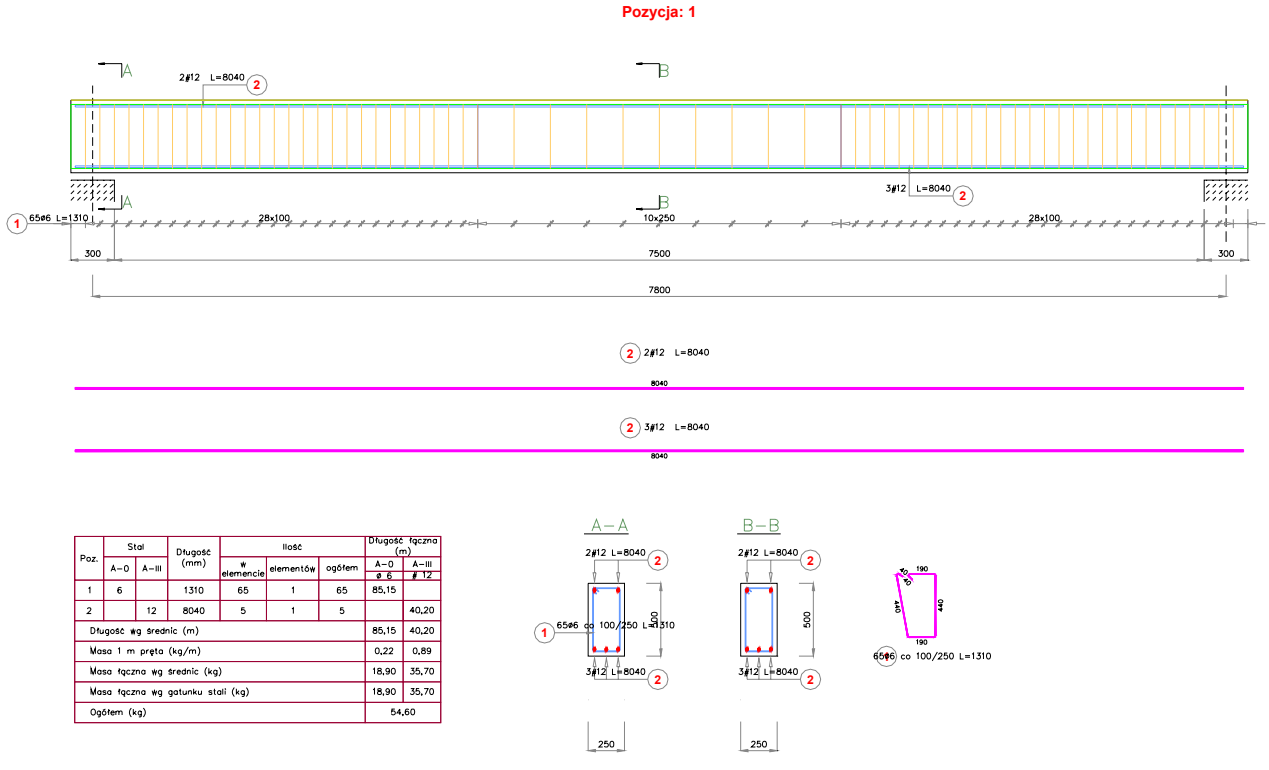


Po zdefiniowaniu prętów podłużnych, l.m. „dalej” odznaczamy przekrój „c” jako powtórzenie przekroju „a”. L.m. „wstaw”.

Fragment ekranu monitora wygląda jak na rysunku poniżej. Można modyfikować pręty zbrojenia.

Zmiana kształtu, srednicy czy innych parametrów będzie automatycznie uwzględniana w zestawieniu stali. Zmienimy kształt pręta nr 2 góra. L.m. w pręt, który jest w obrysie belki (nie „wyrzucony” !!); p.m. – l.m. „modyfikacja”, wyświetla się okno dialogowe, w którym wprowadzamy haki pręta pod kątem 90°. Długości haków możemy wpisać w okienko, a możemy również, po zamknięciu okna dialogowego, wydłużyć haki graficznie. Zaznaczamy pręt, którego haki chcemy wydłużyć, a następnie wciśniętą l.m. przesuwamy hak do miejsca, do którego chcemy go wydłużyć. Zmiana długości będzie automatycznie rejestrowana w zestawieniu stali.

Fragment rysunku belki przedstawia rysunek poniżej.



Poz.	Stal		Długość (mm)	Ilość			Długość łączna (m)	
	A-0	A-III		w elemencie	elementów	ogółem	A-0 ø 6	A-III # 12
1	6		1310	65	1	65	85,15	
2		12	8040	5	1	5		40,20
Długość wg średnic (m)							85,15	40,20
Masa 1 m pręta (kg/m)							0,22	0,89
Masa łączna wg średnic (kg)							18,90	35,70
Masa łączna wg gatunku stali (kg)							18,90	35,70
Ogółem (kg)							54,60	

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone

Dalej postępujemy jak w omówionym przykładzie z konstrukcją szkieletową.

Stefan Dominikowski, Wszelkie prawa zastrzeżone