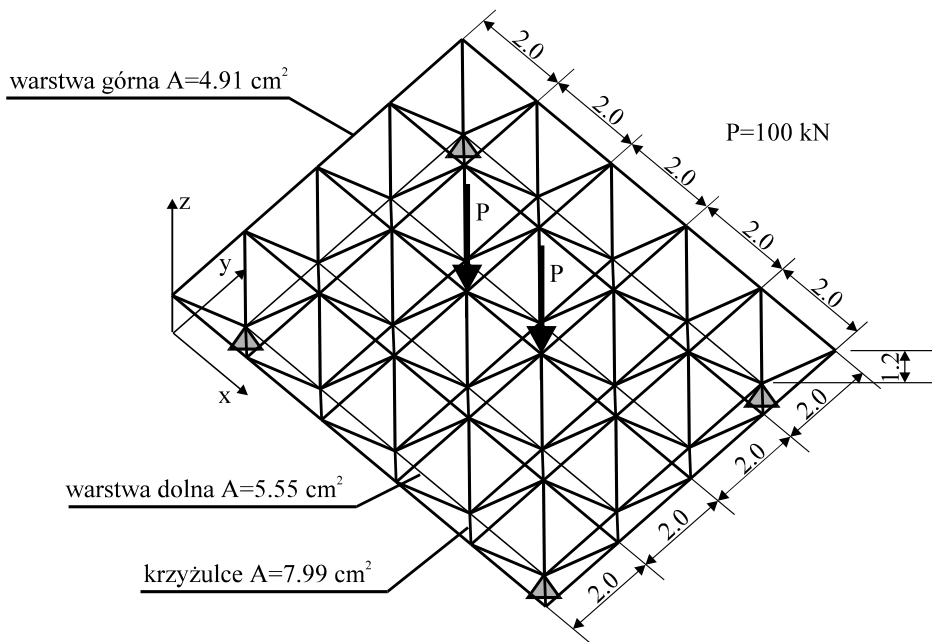


## ROZDZIAŁ II.

### ZADANIE 1 - STATYKA KRATOWNICY PRZESTRZENNEJ

#### Treść zadania

Wyznaczyć siły osiowe w prętach kratownicy pokazanej na Rys.2.1. Kratownica przestrzenna jest oparta na podporach przegubowo-nieprzesuwnych (przegub kulisty) w narożnikach dolnej warstwy prętów kratownicy. Obciążona jest dwoma siłami skupionymi oraz ciężarem własnym.







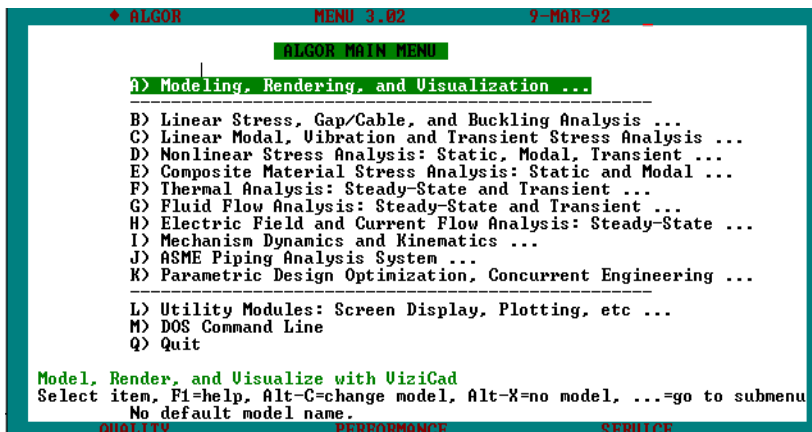
Rys.2.1

## Wprowadzenie danych

Przygotowanie danych niezbędnych do rozwiązania zadania, wykonywane jest zawsze dwuetapowo. Najpierw przy użyciu modułu **SuperDraw** tworzymy geometrię elementów oraz definiujemy obciążenie i warunki brzegowe (podpory), a następnie przechodzimy do modułu **Decods**, gdzie uzupełniamy dane geometryczne danymi materiałowymi, wybieramy rodzaj elementów, definiujemy warianty obciążenia, wybieramy typ analizy.

Rozpoczynamy zatem od uruchomienia modułu **SuperDraw**. Program ten uruchamiamy z poziomu menu głównego **ALGORA** (**Algor Main Menu** - Rys.2.2), w następujący sposób:

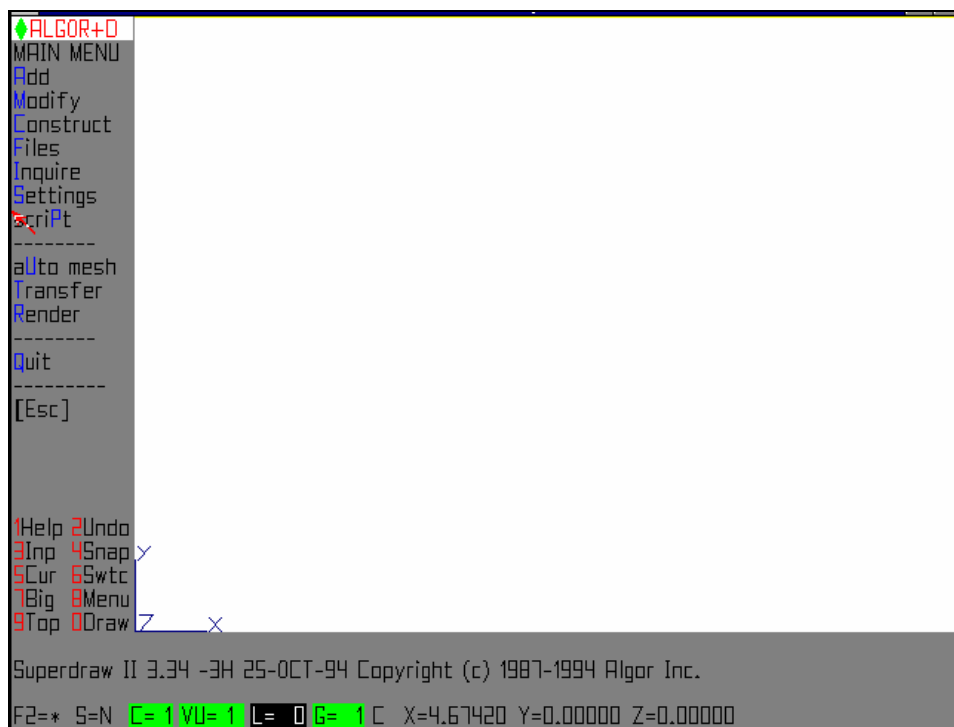
1. wybieramy opcję **B)** z napisem **Linear Stress, Gap/Cable, and Buckling Analysis**,  
 kursorem wybrać **B) Linear Stress, Gap/Cable, and Buckling Analysis**, i nacisnąć **ENTER** lub nacisnąć klawisz **B**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis
2. wybieramy opcję **A)** z napisem **SuperDraw II**,  
 nacisnąć **ENTER** lub nacisnąć klawisz **A**  
 kliknąć lewym klawiszem w ten napis



Rys.2.2

Uwaga: *Ekran **Algor Main Menu** jest zwykle czarny. Na Rys.2.2 i na kolejnych rysunkach tło czarne zostanie zamienione na białe.*

Po wykonaniu tych poleceń na ekranie pojawi się charakterystyczny obraz modułu **SuperDraw** (Rys.2.3).



Rys.2.3

Symbolami elementów kratowych w module **SuperDraw** są odcinki prostych narysowane w taki sposób, że jeden odcinek przedstawia jeden pręt. W związku z tym wprowadzenie danych geometrycznych będzie polegało na narysowaniu szeregu odcinków, które utworzą nam siatkę elementów przedstawioną na Rys.2.1.



Rysując schemat geometryczny kratownicy wykorzystamy jej modułową budowę. Składa się ona z powtarzalnych fragmentów, którymi są krawędzie czworokątów. Krawędzie ściany pierwszego fragmentu otrzymamy rysując trzy linie (opcja **Add, Line**). Te linie skopiujemy opcją **Modify, mirrOr** w taki sposób, że otrzymamy krawędzie przeciwległej ściany czworokąta czyli wykonamy odbicie lustrzane pierwszych trzech

linii. Cały fragment otrzymamy po dorysowaniu brakujących krawędzi czworoscianu. Skorzystamy w tym celu po raz drugi z opcji **Add, Line**. Po połączeniu czterech takich modułów otrzymamy pasmo kratownicy równoległe do osi *Y*, a po pięciokrotnym przekopiowaniu tego pasma otrzymamy całą kratownicę. Obie operacje są wykonywane komendą **Modify, Copy** przy aktywnej opcji **Join**. Opcja **Join** powoduje, że pomiędzy węzłami w pierwotnym położeniu i ich kopiami rysowane są linie, a więc podczas kopiowania nie tylko otrzymujemy kolejne kopie elementów krawędzi czworoscianów, ale także rysujemy elementy dolnej warstwy kratownicy. Niestety, jednocześnie narysujemy linie, które pokryją się z liniami górnej warstwy. Linie te usuniemy wykorzystując opcję **Construct, Clean, Duplicate**.

Elementy kratownicy mają różne przekroje poprzeczne. Rozróżnienie tych elementów polega na przyporządkowaniu ich do odmiennych grup, dlatego podczas rysowania elementów kratownicy będziemy korzystali z opcji **Modify, Update**, która pozwala na zmianę koloru linii lub przynależności linii do dowolnej grupy lub warstwy.









W module **SuperDraw** zdefiniujemy także warunki brzegowe (podpory), które powinny uniemożliwić przesuw wskazanych węzłów, a także określimy obciążenie konstrukcji siłami skupionymi. Te operacje wykonamy odpowiednio opcjami **Bdry Cond** i **Force**, które wraz z innymi opcjami tego typu np. **bdry Ele, Gap, Moment** są zgrupowane w opcji **Add, FEA add**.

Rysowanie kratownicy zaczynamy od narysowania pierwszej ściany jednego segmentu konstrukcji. W tym celu wykonujemy następujące czynności:

1. wybieramy opcję **Draw**,  
 nacisnąć klawisz **F10**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw**, znajdujący się w dolnej części z lewej strony ekranu








Uwaga: Opcja **Draw** zawiera narzędzia, które ułatwiają oglądanie rysunku. Poszczególne komendy pozwalają na: przerysowanie (odświeżenie) rysunku - **Redraw**, przesunięcie rysunku na ekranie - **Pan**, zmianę skali oglądanego rysunku - **zoom In, zoom Out**, powrót do rzutu rysunku w poprzedniej skali - **Last zm**, rozmieszczenie rysunku tak, aby cały był widoczny na

*ekranie monitora - **Enclose**, zmianę sposobu rzutowania (np. na poszczególne płaszczyzny układu współrzędnych) - **View**, zdefiniowanie własnych rzutni - **Define vu** (w ramach tej opcji można również obracać rzutnię - **Define vu, Rotate**), wybranie dowolnego kierunku rzutowania - **Jetview**, powrót do poprzedniego rzutu - **IsT vu**. Opcja **Draw** występuje również w innych modułach systemu **ALGOR**, tj.: w module **Bedit** i **SuperView**.*

2. zmieniamy sposób rzutowania na rzut izometryczny,
  -  nacisnąć klawisz z literą **V** i nacisnąć klawisz z cyfrą **7**
  -  kliknąć lewym klawiszem w napis **View** oraz kliknąć lewym klawiszem w napis **7) Isome**
3. wracamy do głównego menu **SuperDraw**,
  -  nacisnąć klawisz **F9**
  -  kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**, znajdujący się na dole lewej strony ekranu
4. wybieramy opcję rysowania linii,
  -  nacisnąć klawisz z literą **A**, a następnie nacisnąć klawisz z literą **L**
  -  kliknąć lewym klawiszem w napis **Add**, a następnie kliknąć lewym klawiszem w napis **Line**
5. umożliwiamy podawanie danych za pomocą klawiatury,
  -  nacisnąć klawisz **F3** i nacisnąć klawisz z literą **K**
  -  kliknąć lewym klawiszem w napis **3Inp**, znajdujący się na dole lewej strony ekranu, i kliknąć lewym klawiszem w napis **Keyboard**


*Uwaga: Po wykonaniu powyższych operacji na dole ekranu pojawią się litery X, Y i Z, przy których mogą być podawane współrzędne punktów. Po uruchomieniu możliwości podawania współrzędnych za pomocą klawiatury można jednocześnie wyznaczyć punkt przez podanie jego współrzędnych lub przez kliknięcie myszką w część graficzną ekranu.*

6. podajemy współrzędne węzła początkowego pierwszej linii,

-  gdy kursor ustawiony jest przy napisie **X=**, podać współrzędną  $X$  równą **0**
-  przesunąć kursor w prawo przez wciśnięcie klawisza  $\Rightarrow$  lub klawisza **Tab**
-  gdy kursor ustawiony jest przy napisie **Y=**, podać współrzędną  $Y$  równą **0**
-  przesunąć kursor w prawo przez wciśnięcie klawisza  $\Rightarrow$  lub klawisza **Tab**
-  gdy kursor ustawiony jest przy napisie **Z=**, podać współrzędną  $Z$  równą **1.2**
-  nacisnąć **ENTER**
-  tych operacji nie można wykonać myszką

Uwaga: *Współrzędne punktów zawsze podajemy opisanym sposobem. W dalszej części książki nie będzie już podawany tak szczegółowy tok postępowania przy wprowadzaniu danych. Będzie podawana tylko informacja o współrzędnych punktu lub, jeśli będzie to możliwe, sposób w jaki można wskazać potrzebny punkt myszką.*


7. podajemy współrzędne węzła końcowego pierwszej linii,


 **X=0 Y=2 Z=1.2** i nacisnąć **ENTER**

 tego punktu nie można wskazać myszką

Uwaga: *Jeżeli przy napisie **Single** nie jest widoczny znak **\***, to koniec rysowanej linii jest początkiem następnej linii.*


8. podajemy współrzędne węzła końcowego drugiej linii,

 **X=1 Y=1 Z=0** i nacisnąć **ENTER**

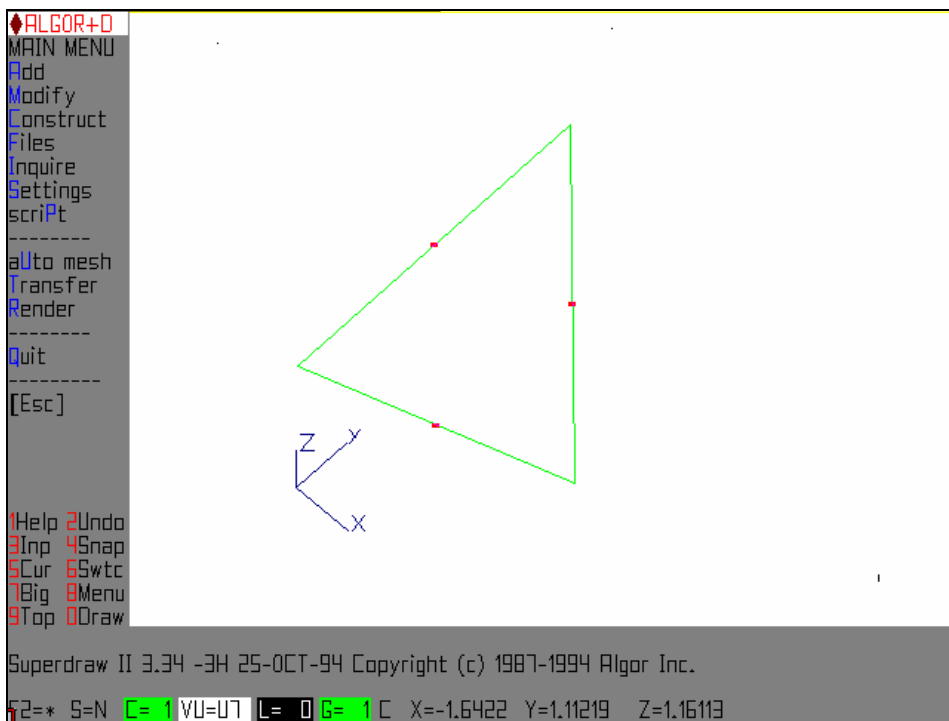
 tego punktu nie można wskazać myszką

9. podajemy współrzędne węzła końcowego drugiej linii,

 **X=0 Y=0 Z=1.2** i nacisnąć **ENTER**


 kliknąć prawym klawiszem myszki w węzeł początkowy pierwszej linii


Uwaga: *Klikając prawym klawiszem myszki powodujemy przyciągnięcie kursora do najbliższego węzła. Mamy wtedy pewność, że wybrany został istniejący węzeł. Przy kliknięciu lewym klawiszem w pobliżu już istniejącego węzła, nigdy nie ma pewności, że trafiło się we właściwy punkt, a jest bardzo prawdopodobne, że utworzony został nowy węzeł. Taki błąd modelu geometrycznego jest bardzo trudno wykryć w module **SuperDraw**.*



Rys.2.4

10. kończymy rysowanie,



 nacisnąć dwa razy klawisz **Esc**



 kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**, a następnie powtórzyć tą operację

Po wykonaniu wszystkich operacji ekran monitora powinien wyglądać tak jak na Rys.2.4.



Następnym krokiem tworzenia geometrii konstrukcji będzie wykonanie lustrzanej kopii narysowanego trójkąta. Należy wykonać ją w

taki sposób, aby dolny węzeł trójkąta pozostał w tym samym położeniu. Wykonujemy w tym celu następujące operacje:





1. wybieramy opcję **O mirrOr**,  
 nacisnąć klawisz z literą **M**, a następnie nacisnąć klawisz z literą **O**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Modify**, a następnie kliknąć lewym klawiszem w napis **O mirrOr**

2. wybieramy opcję **Select**,  
 w tym momencie nie można wybrać tej opcji za pomocą klawiatury (patrz uwaga)  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Select**

*Uwaga: Jeżeli włączona jest opcja podawania współrzędnych za pomocą klawiatury, to w niektórych przypadkach jest nie możliwe uruchomienie polecenia przez naciśnięcie klawisza. Wynika to stąd, że program jest przygotowany do przyjmowania informacji o współrzędnych węzłów i naciskanie klawiszy traktowane jest jak wprowadzanie danych.*


3. zaznaczamy wszystkie elementy,  
 nacisnąć klawisz z literą **A**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **All**


*Uwaga: Wybrany element oznaczany jest małym kwadratem rysowanym w jego środku.*

4. wychodzimy z opcji **Select**,  
 nacisnąć klawisz **Esc**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**
5. podajemy współrzędne punktu, który nie zmienia swego położenia podczas wykonywania lustrzanego odbicia; w tym przypadku jest to dolny węzeł trójkąta o współrzędnych (1,1,0),  
 **X=1 Y=1 Z=0** i nacisnąć **ENTER**  
 kliknąć prawym klawiszem myszki w dolny węzeł trójkąta





6. podajemy współrzędne początku wektora prostopadłego do płaszczyzny odbicia czyli płaszczyzny ZY,

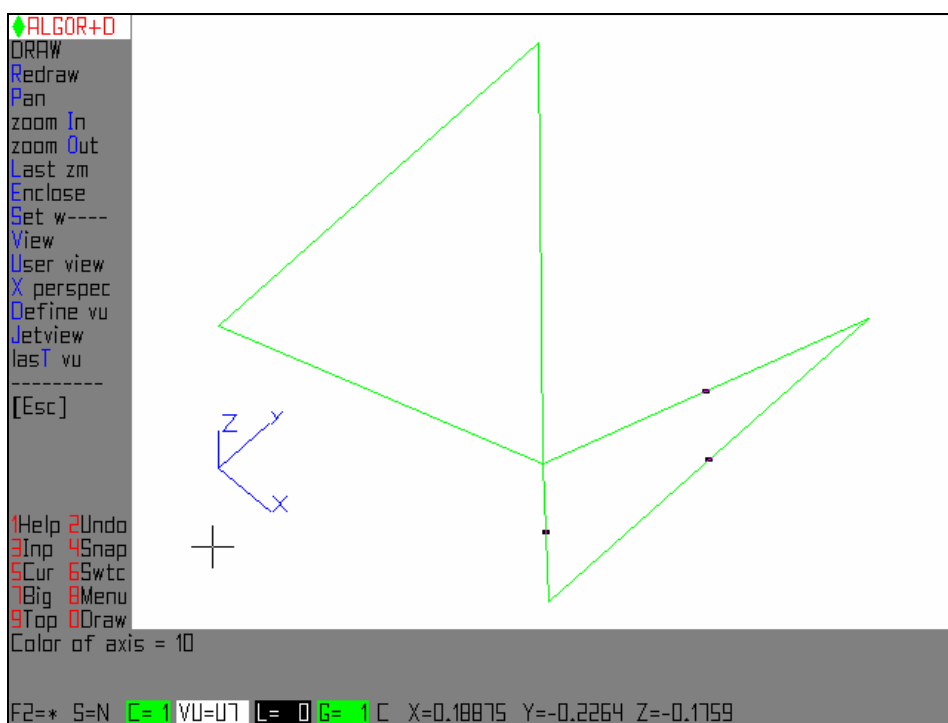
 **X=0 Y=0 Z=0** i nacisnąć **ENTER**

 nie można tej operacji wykonać za pomocą myszki, bo na rysunku nie ma właściwego punktu

7. podajemy współrzędne końca wektora,


 **X=1 Y=0 Z=0** i nacisnąć **ENTER**


 nie można tej operacji wykonać za pomocą myszki



Rys.2.5

8. oglądamy cały rysunek na ekranie monitora,













 nacisnąć klawisz **F10** a następnie nacisnąć klawisz **E**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw** a następnie w napis **Enclose**


Na Rys.2.5 znajduje widok ekranu po wykonaniu opisanych operacji.

Teraz należy połączyć górne węzły segmentu kratownicy tak, aby otrzymać konstrukcję pokazaną na Rys.2.6 (oznaczenia węzłów I, II, III i IV zostały wprowadzone poza modułem **SuperDraw** po to, aby ułatwić rozpoznanie lokalizacji punktów).


W tym celu wykonujemy następujące czynności:


1. wracamy do głównego menu,  
 nacisnąć klawisz **F9**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**
2. wybieramy opcję rysowania linii,  
 nacisnąć klawisz z literą **A**, a następnie nacisnąć klawisz z literą **L**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Add**, a następnie kliknąć lewym klawiszem w napis **Line**
3. uaktywniamy opcję rysowania pojedynczych linii - **Single**,  
 nie można tego wykonać za pomocą klawiatury  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Single**, obok tego napisu powinien się pojawić znak \*
4. wskazujemy węzeł początkowy pierwszej linii - I,  
 **X=0 Y=2 Z=1.2** i nacisnąć **ENTER**  
 kliknąć prawym klawiszem myszki w węzeł I
5. wskazujemy węzeł końcowy pierwszej linii - II,  
 **X=2 Y=2 Z=1.2** i nacisnąć **ENTER**  
 kliknąć prawym klawiszem myszki w węzeł II
6. wskazujemy węzeł początkowy drugiej linii - III,  
 **X=0 Y=0 Z=1.2** i nacisnąć **ENTER**  
 kliknąć prawym klawiszem myszki w węzeł III
7. wskazujemy węzeł końcowy drugiej linii - IV,

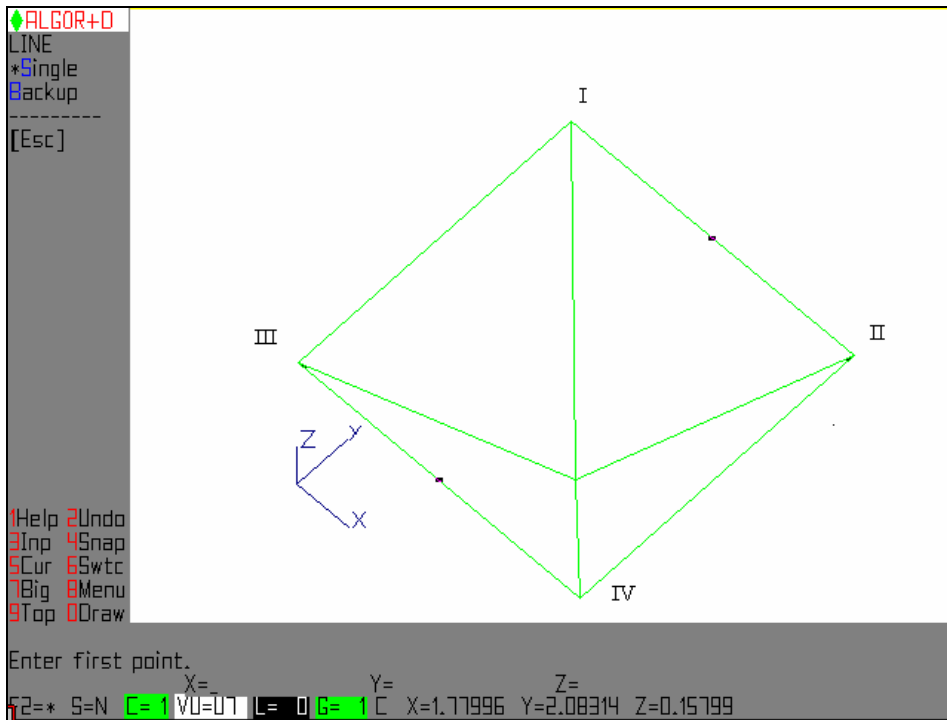
 **X=2 Y=0 Z=1.2** i nacisnąć **ENTER**

 kliknąć prawym klawiszem myszki w węzeł IV

8. wracamy do głównego menu,

 nacisnąć klawisz **F9**



 kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**




Rys.2.6

W przypadku kratownicy rodzaj materiału i pole przekroju elementów przyporządkowane jest do zbiorów - **Group**, ale na razie elementy kratownicy rozróżnimy na rysunku tylko przez zmianę kolorów linii. Pręty warstwy górnej pozostaną zielone (kolor nr 1), a kolor krzyżulców zmienimy na czerwony (kolor nr 2). Później, korzystając z narzędzi typu **Filter**, w łatwy sposób będzie można zmienić przynależność ich do różnych zbiorów - **Group**. Zmianę kolorów elementów należy wykonać w następujący sposób:

1. wybieramy opcję **Update**,


-  nacisnąć klawisz z literą **M**, a następnie nacisnąć klawisz z literą **U**
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **Modify**, a następnie kliknąć lewym klawiszem w napis **Update**


2. wybieramy opcję **Select**,

-  nacisnąć klawisz **S**

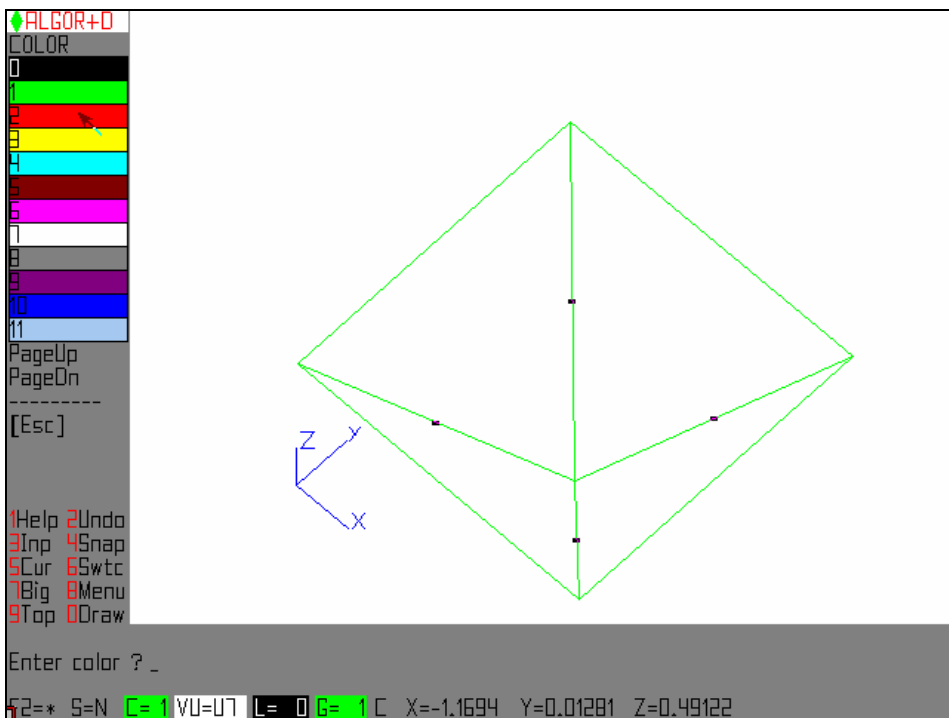
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **Select**

3. wybieramy pierwszy element do zmiany koloru,

-  nie można tego zrobić za pomocą klawiatury

-  kliknąć myszką w jeden z krzyżulców

Uwaga: Wybór elementów za pomocą klawiatury jest możliwy, ale sposób jest bardzo uciążliwy (sterujemy położeniem kursora za pomocą klawiszy ze strzałkami), dlatego pominęliśmy ten opis w książce.



Rys.2.7

4. umożliwiaamy wybór więcej niż jednego elementu, zmiana z opcji **Normal** na opcję **Toggle**,



nacisnąć klawisz **T**



kliknąć lewym klawiszem w napis **Toggle**

5. wybieramy pozostałe krzyżulce,



nie można tego zrobić za pomocą klawiatury



kliknąć lewym klawiszem w każdy z nie zaznaczonych jeszcze krzyżulców tak, aby były widoczne znaczniki na liniach tak, jak na Rys.2.7

6. wychodzimy z opcji **Select**,



nacisnąć klawisz **Esc**



kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**

7. wybieramy opcję **Color**,



nacisnąć klawisz **C**



kliknąć lewym klawiszem w napis **Color**

8. wybieramy kolor, który zostanie przyporządkowany zaznaczonym elementom,



nacisnąć klawisz z cyfrą 2 i nacisnąć **ENTER**



kliknąć lewym klawiszem w kolor czerwony oznaczony numerem 2 na palecie kolorów z lewej strony ekranu (por. Rys.2.7)

9. wychodzimy z opcji **Update**,



nacisnąć klawisz **Esc**


















kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**

Narysowany przed chwilą segment kratownicy będziemy kopiowali wzdłuż osi *Y* tak, aby uzyskać pasmo złożone z czterech segmentów. Wykonamy to w następujący sposób:


1. wybieramy opcję **Copy**,



nacisnąć klawisz **C**

-  kliknąć lewym klawiszem w napis **Copy**
2. wybieramy opcję **Select**,  
 nie można wykonać tego za pomocą klawiatury  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Select**
3. zaznaczamy wszystkich elementów,  
 nacisnąć klawisz z literą **A**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **All**
4. wychodzimy z opcji **Select**,  
 nacisnąć klawisz **Esc**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**
5. uaktywniamy opcję **Join**, która powoduje, że podczas kopiowania rysują się linie pomiędzy węzłem w pierwotnym położeniu i jego kopią,  
 nie można wykonać tego za pomocą klawiatury  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Join**, tak aby pojawił się przy nim znak \*
6. wybieramy opcję **Number**,  
 nie można wykonać tego za pomocą klawiatury  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Number**
7. ustalamy ilość kopii,  
 nacisnąć klawisz z cyfrą 3 i nacisnąć **ENTER**  
 nie można wykonać tego myszką
8. podajemy współrzędne początku wektora, o który zostanie przesunięty kopiowany element,  
 **X=0 Y=0 Z=0** i nacisnąć **ENTER**  
 kliknąć prawym klawiszem w węzeł o współrzędnych (0, 0, 1.2) - współrzędne węzłów można obserwować na dole ekranu


9. podajemy współrzędne końca wektora,

 nacisnąć klawisz **X=0 Y=2 Z=0** i nacisnąć **ENTER**

 kliknąć prawym klawiszem w węzeł o współrzędnych (0, 2, 1.2)


10. oglądamy cały rysunek na ekranie monitora,

 nacisnąć klawisz **F10** i nacisnąć klawisz **E**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw**, a następnie w napis **Enclose**


Podczas kopiowania aktywna była opcja **Join**. Efektem takiego kopiowania jest powstanie w pewnych sytuacjach linii podwójnych, niewidocznych na rysunku. Należy te linie usunąć przez wykonanie następujących operacji:


1. przechodzimy do głównego menu,

 nacisnąć klawisz **F9**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**


2. wybieramy opcję **Construct**,

 nacisnąć klawisz **C**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Construct**


3. usuwamy podwójne linie,

 nacisnąć klawisz z literą **C**, a następnie nacisnąć klawisz z literą **D**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Clean**, a następnie kliknąć lewym klawiszem w napis **Duplicate**














Uwaga: *Po ostatniej operacji na dole ekranu powinna pokazać się informacja, że zostało skasowanych 15 linii. Natomiast na rysunku elementy warstwy górnej powinny być zielone, a pozostałe elementy czerwone.*

4. wracamy do głównego menu,









 nacisnąć klawisz **F9**

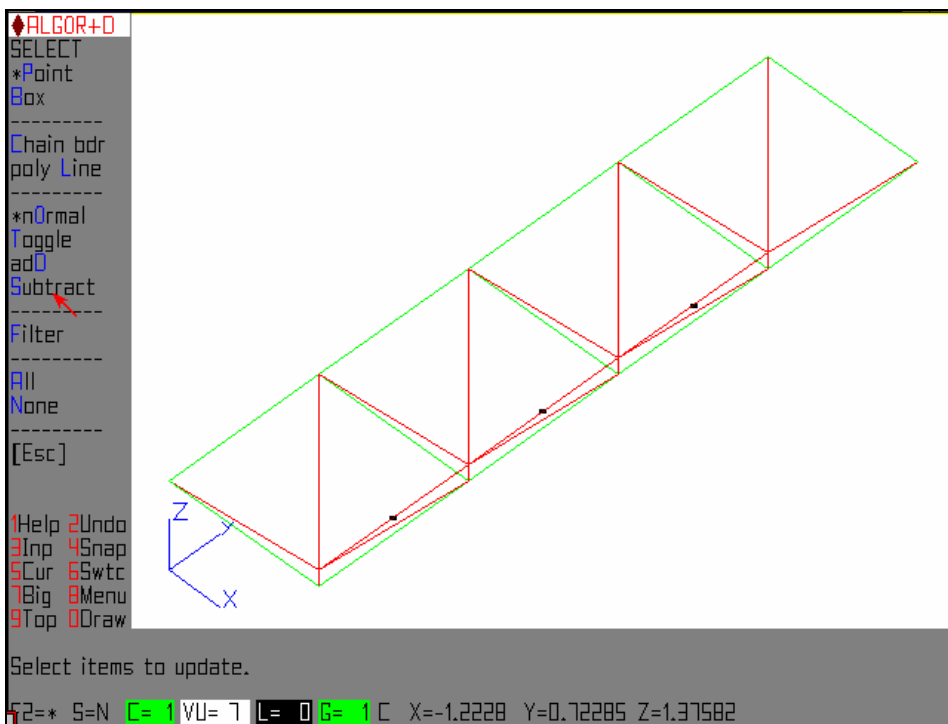
 kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**

Zmieniamy kolor prętów warstwy dolnej. Robimy to w następujący sposób:

1. wybieramy opcję **Update**,  
 nacisnąć klawisz z literą **M**, a następnie nacisnąć klawisz z literą **U**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Modify**, a następnie kliknąć lewym klawiszem w napis **Update**
  2. wybieramy opcję **Select**,  
 nacisnąć klawisz **S**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Select**
  3. wybieramy opcję **Draw**,  
 nacisnąć klawisz **F10**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw**
  4. zmieniamy sposób rzutowania i wybieramy rzutnię - płaszczyzna XZ,  
 nacisnąć klawisz z literą **V** i nacisnąć klawisz z cyfrą **2**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **View** oraz kliknąć lewym klawiszem w napis **2) XZ fro**
  5. opuszczamy opcję **Draw**,  
 nacisnąć klawisz **Esc**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**
- Uwaga: *W tej chwili elementy, które chcemy zaznaczyć, są prostopadłe do rzutni, a ich rzuty pokrywają się z węzłem dolnym widocznego trójkąta. Do zaznaczenia wszystkich elementów tak ułożonych najlepiej jest wykorzystać opcję **Box**.*
6. zmieniamy sposób zaznaczania elementów z opcji **Point** na opcję **Box**,  
 nacisnąć klawisz **B**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Box**
  7. zaznaczamy pręty warstwy dolnej,  
 nie można tego zrobić za pomocą klawiatury




-  umieścić kursor z lewej strony i poniżej dolnego wężła trójkąta i kliknąć lewym klawiszem
  -  umieścić kursor z prawej strony i powyżej dolnego wężła i kliknąć lewym klawiszem
8. zmieniamy sposób rzutowania z rzutu na płaszczyznę  $XZ$  na rzut izometryczny,
-  nacisnąć klawisz **F10**, następnie klawisz z literą **V** i klawisz z cyfrą **7**
  -  kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw**, następnie kliknąć w napis **View** oraz w napis **7) Isome**
9. wychodzimy z opcji **Draw**,
-  nacisnąć klawisz **Esc**
  -  kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**
10. wychodzimy z opcji **Select**,
-  nacisnąć klawisz **Esc**
  -  kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**




Rys.2.8


11. wybieramy opcję **Color**,

 nacisnąć klawisz **C**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Color**


12. wybieramy kolor, który zostanie przyporządkowany zaznaczonym elementom,

 nacisnąć klawisz z cyfrą 3 i nacisnąć **ENTER**

 kliknąć lewym klawiszem w kolor żółty oznaczony numerem 3 na palecie kolorów















13. wychodzimy z opcji **Update**,


 nacisnąć klawisz **Esc**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**

*Uwaga: Na Rys.2.8 pokazany jest ekran po wykonaniu tych operacji.*

Po skopiowaniu jednego segmentu otrzymaliśmy pasmo, które teraz skopiujemy wzdłuż osi X. Następnie zostaną usunięte linie podwójne, które powstaną podczas kopiowania. Większość czynności, które będziemy wykonywali, jest analogiczna do tych, które wykonywaliśmy podczas kopiowania wzdłuż osi Y:


1. wybieramy opcję **Copy**,  
 nacisnąć klawisz **C**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Copy**
2. wybieramy opcję **Select**,  
 nie można wykonać tego za pomocą klawiatury  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Select**
3. zaznaczamy wszystkie elementy,  
 nacisnąć klawisz z literą **A**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **All**
4. opuszczamy opcję **Select**,  
 nacisnąć klawisz **Esc**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**
5. wybieramy opcję **Number** w celu ustalenia ilości kopii,  
 nie można wykonać tego za pomocą klawiatury  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Number**
6. podajemy liczbę kopii,  
 nacisnąć klawisz z cyfrą 4 i nacisnąć **ENTER**  
 nie można tego wykonać myszką
7. podajemy współrzędne początku wektora kopiowania,  
 **X=0 Y=0 Z=0** i nacisnąć **ENTER**  
 kliknąć prawym klawiszem w węzeł o współrzędnych (0, 0, 1.2)
8. podajemy współrzędne końca wektora kopiowania,

 **X=2 Y=0 Z=0** i nacisnąć **ENTER**


 kliknąć prawym klawiszem w węzeł o współrzędnych (2, 0, 1.2)


9. oglądamy cały rysunek na ekranie monitora,

 nacisnąć klawisz **F10** i nacisnąć klawisz **E**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw**, a następnie w napis **Enclose**


10. powracamy do głównego menu,

 nacisnąć klawisz **F9**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**


11. wybieramy opcję **Construct**,

 nacisnąć klawisz **C**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Construct**


12. usuwamy podwójne linie powstałe podczas kopiowania,

 nacisnąć klawisz z literą **C**, a następnie nacisnąć klawisz z literą **D**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Clean**, a następnie kliknąć lewym klawiszem w napis **Duplicate**

*Uwaga: Po ostatniej operacji na dole ekranu powinna pokazać się informacja, że zostało usuniętych 56 linii. Natomiast na rysunku elementy warstwy górnej powinny być zielone, krzyżulce - czerwone, a elementy warstwy dolnej powinny być żółte.*

13. powracamy do głównego menu,

 nacisnąć klawisz **F9**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**


Ukończony właśnie rysunek kratownicy zawiera jedynie informacje o jej topologii (współrzędne węzłów i sposoby ich łączenia), nadal brak jest istotnych informacji o elementach, tzn. o materiałach, z których są wykonane i przekrojach. Jak już wspomniano parametry te będziemy podawali w module **Decods**. Ponieważ dotyczyć one będą grup elementów, to niezbędne jest podzielenie elementów konstrukcji na grupy o tych samych parametrach. Utworzymy trzy grupy elementów: grupa

pierwsza będzie obejmowała pręty warstwy górnej, druga - krzyżulce, a trzecia - pręty warstwy dolnej. Do wyboru elementów wykorzystane zostaną ich kolory. Czynności, które będziemy wykonywali będą analogiczne dla każdego koloru.


Wybieramy numer grupy dla elementów koloru zielonego:

1. wybieramy opcję **Update**,

 nacisnąć klawisz z literą **M**, a następnie nacisnąć klawisz z literą **U**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Modify**, a następnie kliknąć lewym klawiszem w napis **Update**

2. wybieramy opcję **Select**,

 nacisnąć klawisz **S**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Select**

*Uwaga: Zaznaczanie elementów ułatwia opcja **Filter**. Po uaktywnieniu tej opcji będą zaznaczane tylko elementy o cechach ustawionych za pomocą opcji **Filter**.*

3. wybieramy opcję **Filter**,

 nacisnąć klawisz z literą **F**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Filter**


4. wybieramy sposób filtracji elementów - **Color**,

 nacisnąć klawisz z literą **C**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Color**

5. wybieramy kolor zielony - kolor numer 1,

 nacisnąć klawisz z cyfrą 1 i nacisnąć **ENTER**



 kliknąć lewym klawiszem w kolor zielony oznaczony numerem 1 na palecie kolorów

6. wychodzimy z opcji **Filter**,



 nacisnąć klawisz **Esc**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**



7. usuwamy znaczniki wyboru elementów,

-  nacisnąć klawisz z literą **N**
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **None**



8. zaznaczamy wszystkie elementy koloru zielonego,

-  nacisnąć klawisz z literą **A**
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **All**



9. wychodzimy z opcji **Select**,

-  nacisnąć klawisz **Esc**
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**

10. wybieramy opcję **Group**,



-  nacisnąć klawisz **G**
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **Group**

11. wybieramy numer grupy, który zostanie przyporządkowany zaznaczonym elementom,



-  nacisnąć klawisz z cyfrą 1 i nacisnąć **ENTER**
-  kliknąć lewym klawiszem w kolor zielony oznaczony numerem 1 na palecie kolorów

Powtarzamy te czynności dla elementów czerwonych, przypisując je do grupy 2:
















1. wybieramy opcję **Select**,

-  nacisnąć klawisz **S**
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **Select**

2. wybieramy opcję **Filter**,

-  nacisnąć dwa razy klawisz z literą **F**
-  kliknąć dwa razy lewym klawiszem w napis **Filter**


*Uwaga: Podwójne wciskanie klawisza (klikanie) jest konieczne wtedy, gdy wybrana jest już żądana opcja, pierwsze wciśnięcie klawisza (lub kliknięcie myszką) powoduje wtedy odwołanie tej opcji.*

3. wybieramy sposób filtracji elementów - **Color**,  
 nacisnąć dwa razy klawisz z literą **C**  
 kliknąć dwa razy lewym klawiszem w napis **Color**
4. wybieramy kolor czerwony - kolor numer 2,  
 nacisnąć klawisz z cyfrą 2 i nacisnąć **ENTER**  
 kliknąć lewym klawiszem w kolor czerwony oznaczony numerem 2 na palecie kolorów
5. opuszczamy opcję **Filter**,  
 nacisnąć klawisz **Esc**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**
6. usuwamy znaczniki wyboru elementów,  
 nacisnąć klawisz z literą **N**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **None**
7. zaznaczamy wszystkie elementy czerwone,  
 nacisnąć klawisz z literą **A**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **All**
8. opuszczamy opcję **Select**,  
 nacisnąć klawisz **Esc**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**
9. wybieramy opcję **Group**,  
 nacisnąć klawisz **G**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Group**
10. wybieramy numer grupy, który zostanie przyporządkowany zaznaczonym elementom,  
 nacisnąć klawisz z cyfrą 2 i nacisnąć **ENTER**

-  kliknąć lewym klawiszem w kolor czerwony oznaczony numerem 2 na palecie kolorów


Po raz trzeci zostaną powtórzone czynności wyboru grupy elementów:


1. wybieramy opcję **Select**,

-  nacisnąć klawisz **S**

-  kliknąć lewym klawiszem w napis **Select**


2. wybieramy opcję **Filter**,

-  nacisnąć dwa razy klawisz z literą **F**

-  kliknąć dwa razy lewym klawiszem w napis **Filter**


3. wybieramy sposób filtracji elementów - **Color**,

-  nacisnąć dwa razy klawisz z literą **C**


-  kliknąć dwa razy lewym klawiszem w napis **Color**


4. wybieramy kolor żółty - kolor numer 3,

-  nacisnąć klawisz z cyfrą 3 i nacisnąć **ENTER**

-  kliknąć lewym klawiszem w kolor żółty oznaczony numerem 3 na palecie kolorów


5. opuszczamy opcję **Filter**,

-  nacisnąć klawisz **Esc**


-  kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**

6. usuwamy znaczniki wyboru elementów,

-  nacisnąć klawisz z literą **N**

-  kliknąć lewym klawiszem w napis **None**


7. zaznaczamy wszystkie elementy koloru żółtego,

-  nacisnąć klawisz z literą **A**

-  kliknąć lewym klawiszem w napis **All**





8. opuszczamy opcję **Select**,

 nacisnąć klawisz **Esc**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**


9. wybieramy opcję **Group**,

 nacisnąć klawisz **G**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Group**


10. wybieramy numer grupy, który zostanie przyporządkowany zaznaczonym elementom,

 nacisnąć klawisz z cyfrą 3 i nacisnąć **ENTER**

 kliknąć lewym klawiszem w kolor żółty oznaczony numerem 3 w palecie kolorów


W utworzonym modelu konstrukcji brakuje jeszcze określenia warunków brzegowych i obciążenia. Określenie warunków brzegowych polega na przypisaniu węzłom symboli podpór. Przy pełnym utwierdzeniu węzła standardowym symbolem jest znak @. Wybór innych warunków brzegowych spowoduje wstawienie odmiennych symboli, na przykład odebranie możliwości ruchu w kierunku osi *X* powoduje wstawienie napisu **Tx**, a obrotu wokół osi *Y* napisu **Ry**. Gdy wybrana jest opcja **l binary**, tekst opisujący warunki brzegowe może wyglądać następująco: **B100010**, trzy pierwsze znaki za literą **B** dotyczą przesunięć w kierunku osi *X*, *Y*, *Z* globalnego układu współrzędnych a trzy następne, obrotów wokół osi. Podany tekst oznacza jednoczesne odebranie możliwości przesuwu wzdłuż osi *X* i obrotu wokół osi *Y*. Przed określeniem warunków brzegowych zmienimy rzutnię w taki sposób, aby interesujące nas węzły łatwo można było wskazać myszką:


1. wybieramy opcję **Draw**,

 nacisnąć klawisz **F10**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw**

2. wybieramy opcję pozwalającą na obrót rzutni - **Rotate**,

 nacisnąć klawisz **D**, a następnie klawisz **R**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Define vu** i w napis **Rotate**


3. wybieramy opcję **Angle** w celu ustalenia kąta obrotu,

 nacisnąć klawisz **A**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Angle**

4. podajemy wielkość kąta obrotu w stopniach,

 wpisać liczbę **10** i nacisnąć **ENTER**


 nie można wykonać myszką

5. obracamy rzutnię wokół osi *X*,

 nacisnąć klawisz **X**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **X (rt)**

6. obracamy rzutnię wokół osi *Y*,

 nacisnąć klawisz **Y**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Y (up)**


7. wracamy do głównego menu,


 nacisnąć klawisz **F9**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**


Rozpoczynamy określanie warunków brzegowych:


1. wybieramy opcję **FEA add**,

 nacisnąć klawisz z literą **A**, a następnie nacisnąć klawisz z literą **F**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Add**, a następnie kliknąć lewym klawiszem w napis **FEA add**


2. wybieramy opcję **Bdry Cond**,

 nacisnąć klawisz **B**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Bdry Cond**

3. wybieramy opcję, która pozwala określić rodzaje podpór,

 nie można tego wykonać za pomocą klawiatury

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Value**

Uwaga: *Pierwsze trzy stopnie swobody **tx**, **ty**, **tz** są to przesunięcia w kierunku osi X, Y, Z globalnego układu współrzędnych, a trzy następne **rx**, **ry**, **rz** są obrotami wokół tych osi. Gwiazdka widoczna przy opisie stopnia swobody oznacza, że odebrana zostanie możliwość ruchu węzła w tym kierunku. W rozwiązywanym zadaniu (kratownica przestrzenna) występują węzły o trzech stopniach swobody (**tx**, **ty**, **tz**). Podpory przegubowe, którymi podparte są węzły odbierają im możliwość przesunąć we wszystkich kierunkach. Do prawidłowego ustalenia warunków brzegowych wystarczy zatem ustawić znak **\*** przy napisach: **tx**, **ty**, **tz**. Pozostawienie zaznaczonych obrotów **rx**, **ry**, **rz** w przypadku kratownicy nie powoduje żadnych zmian w warunkach brzegowych węzła.*

4. ustalamy rodzaj podpór,



nacisnąć kolejno klawisze **4**, **5** i **6**



kliknąć lewym klawiszem w napisy **4) rx**, **5) ry** i **6) rz**

Uwaga: *Jak wspomniano wcześniej umożliwienie obrotu węzłowi kratownicy nie zmienia jego warunków brzegowych, gdyż standardowo ma on trzy stopnie swobody. Wykonane tu czynności mają zatem jedynie cel dydaktyczny.*

5. opuszczamy opcję **Value**,



nacisnąć klawisz **Esc**



kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**

6. zmieniamy kolor rysowania, aby podpory odróżniały się od konstrukcji,



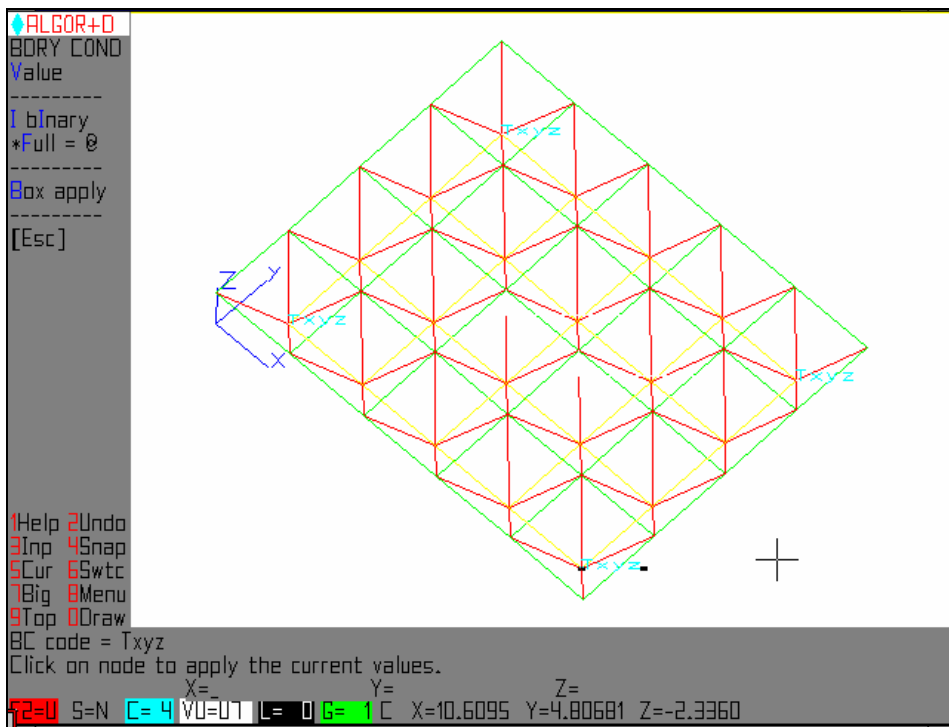
nacisnąć klawisz **Alt** i przytrzymując ten klawisz nacisnąć trzy razy klawisz z literą **C**







kliknąć lewym klawiszem w napis **ALGOR+D**, wybrać z palety kolorów kolor oznaczony numerem 4 i kliknąć lewym klawiszem.

Uwaga: *Numer aktualnego koloru widoczny jest na dole ekranu przy napisie **C=**.*

















Kombinacja klawiszy **ALT+C** wybiera następny kolor (numer koloru jest powiększany o jeden), a klawisze **ALT+X** wybierają poprzedni kolor (numer koloru jest zmniejszany o jeden).



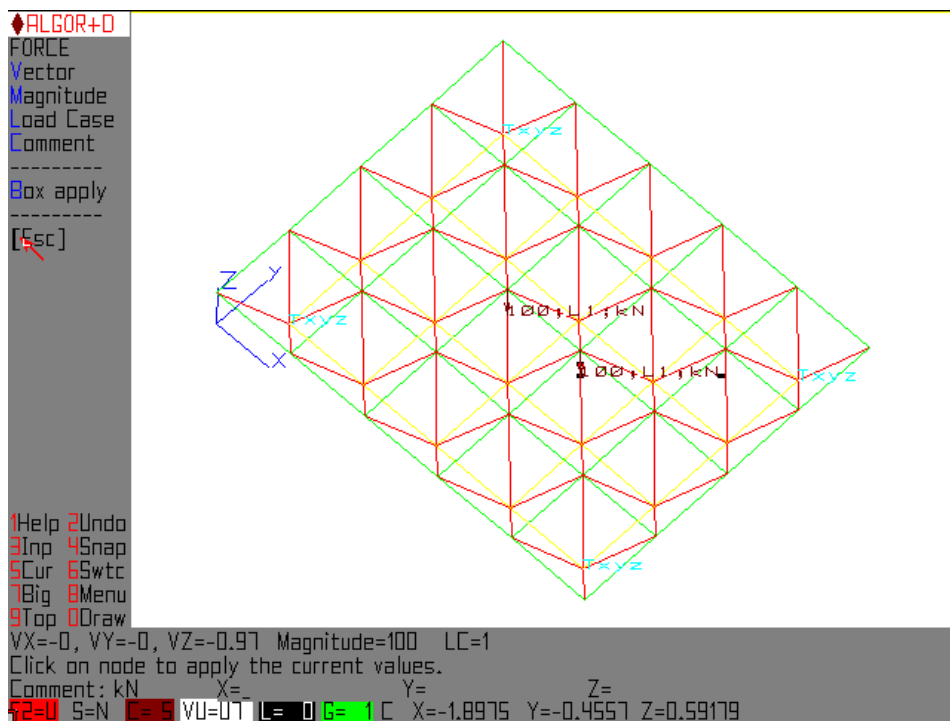
Rys.2.9

7. umieszczamy podpory w narożach dolnej warstwy kratownicy (por. Rys.2.9),
  -  należy podać współrzędne węzła podporowego, ponieważ nie jest to wygodne i może być powodem błędu zalecamy korzystanie z myszki przy wskazywaniu węzłów podporowych
  -  kliknąć prawym klawiszem w węzły narożne dolnej warstwy kratownicy (Rys.2.9)
8. opuszczamy opcję **Bdry Cond**,
  -  nacisnąć klawisz **Esc**
  -  kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**

Przystąpimy teraz do określenia sił obciążających kratownicę:


1. wybieramy opcję **Force**,  
 nacisnąć klawisz **F**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Force**
2. wybieramy opcję **Vector**, aby określić kierunek obciążenia,  
 nie można tego wykonać za pomocą klawiatury, gdyż program oczekuje na wprowadzanie współrzędnych obciążanego węzła  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Vector**
3. ustalamy kierunek i zwrot wektora siły,  
 podajemy współrzędne początku (0,0,0) i końca (0,0,1) wektora kierunkowego  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Z dir** i w napis **Negate**
4. opuszczamy opcję **Vector**,  
 nacisnąć klawisz **Esc**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**
5. wybieramy opcję **Magnitude**, aby określić wartość obciążenia,  
 nie można tego wykonać za pomocą klawiatury  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Magnitude**
6. podajemy wielkość siły (100 kN),  
 wpisać liczbę 100 i nacisnąć **ENTER**  
 nie można tego zrobić myszką
7. wybieramy opcję **Comment**,  
 nie można tego wykonać za pomocą klawiatury  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Comment**
8. wprowadzamy opis obciążenia,  
 wpisać **kN** i nacisnąć **ENTER**  
 nie można tego zrobić myszką


Uwaga: Standardowym opisem obciążenia jest napis **LBS**, który oznacza jednostki siły (funty) używane w USA.



Rys.2.10


9. zmieniamy kolor rysowania, aby wizualnie odróżnić siły od rysunku konstrukcji,

 nacisnąć klawisz **Alt** i przytrzymując ten klawisz nacisnąć klawisz z literą **C**







 kliknąć lewym klawiszem w napis **ALGOR+D**, wybrać z palety kolorów kolor oznaczony numerem 5 i kliknąć lewym klawiszem.

10. umieszczamy siły skupione w dwóch węzłach górnej warstwy kratownicy (por. Rys.2.10),





 należy podać współrzędne obciążanych węzłów

 kliknąć prawym klawiszem w kolejne dwa węzły górnej warstwy kratownicy (odpowiednie węzły pokazane są na Rys.2.10)

Zakończyliśmy najbardziej pracochłonną część modelowania konstrukcji - modelowanie geometrii. Wprowadzone dane należy zapisać na dysku. Rozwiązujące zadanie nazwiemy **ZAD1**, a wtedy moduł **SuperDraw** zapisze na dysku plik o nazwie **ZAD1.ESD**, gdyż **.ESD** jest standardowym rozszerzeniem nazw plików danych geometrycznych. Wykonujemy to w następujący sposób:

1. powracamy do głównego menu,  
 nacisnąć klawisz **F9**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**
2. wybieramy opcję **Files**,  
 nacisnąć klawisz **F**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Files**
3. zapisujemy plik,  
 nacisnąć klawisz **S**, wpisać nazwę zbioru **zad1** (bez rozszerzenia) i nacisnąć **ENTER**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Save**, a pozostałe czynności należy wykonać za pomocą klawiatury

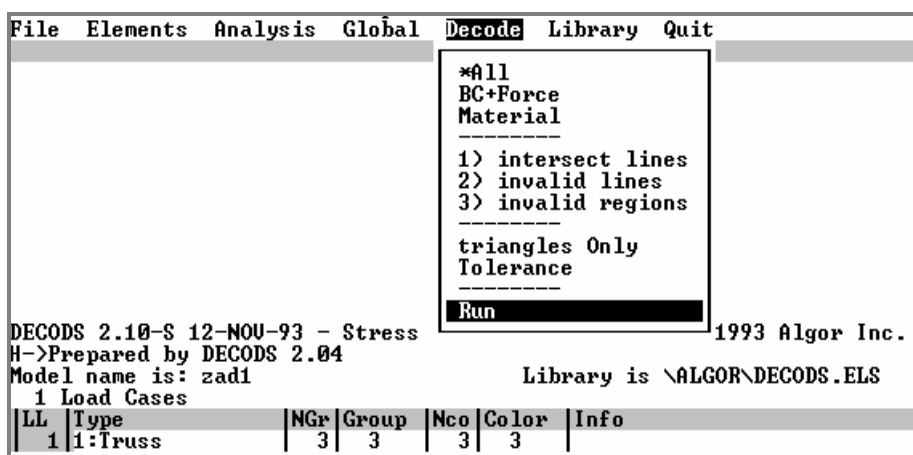
Do zakończenia modelowania konstrukcji niezbędne jest jeszcze podanie danych dotyczących materiałów i przekrojów poprzecznych elementów. Jak już wspomniano zadanie to wykonuje moduł **Decods**, do którego jest możliwe bezpośrednie przejście z **SuperDraw**. Wykonujemy je w następujący sposób:

1. wybieramy opcję **Transfer**,  
 nacisnąć klawisz **T**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Transfer**
2. wybieramy opcję **S) Stress**,  
 nacisnąć klawisz **S**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **S) Stress**

Polecenia te spowodują uruchomienie modułu **Decods**, który odczyta z pliku **ZAD1.ESD** dane geometryczne. Ponieważ moduł **Decods** wykorzystuje pliki z danymi materiałowymi, których w tej chwili nie ma na dysku, to na początku pracy modułu zostanie wyświetlone ostrzeżenie o ich braku. Należy nacisnąć klawisz **ENTER**, aby zamknąć okno z komunikatem i przystąpić do edycji danych.

Uwaga: Moduł **Decods** można uruchomić również z **Algor Main Menu**.

Rys.2.11 przedstawia ekran z modulem **Decods**.



Rys.2.11

W module **SuperDraw** narysowaliśmy linie, ale nie określiliśmy rodzaju elementów, które one mają definiować. Tak narysowane linie mogą być elementami prętowymi, ale także mogą stanowić krawędzie elementów powłokowych lub bryłowych. Typ elementu zdefiniujemy w module **Decods** za pomocą opcji **Elements**, gdzie podamy informację, że nasza konstrukcja składa się z elementów kratownicowych (**Truss**). W opcji **Elements** podajemy także informacje niezbędne do wykonania obliczeń dla danego rodzaju elementów. Dla kratownicy będziemy musieli podać informacje o materiale (opcja **Group**), z którego zostanie wykonana konstrukcja i temperaturę elementów (opcja **Color**), przy której konstrukcja nie doznaje odkształceń termicznych, czyli temperaturę odniesienia.



W następnej kolumnie arkusza - **Analysis**, wybieramy rodzaj analizy: statyczną lub dynamiczną. W naszym przypadku wybierzemy analizę statyczną (**Static**) i określimy w tym miejscu parametry takie jak: przyspieszenie ziemskie, rodzaj obciążenia (grawitacyjne, bezwładnościowe) oraz kierunek jego działania.

Podczas przygotowania danych do obliczeń musimy także określić przypadki obciążeń i skorzystamy w tym celu z opcji **Global, Load case**. Przypadki obciążenia są to warianty zestawień różnych rodzajów obciążeń tj.: ciśnienie, ciężar własny, obciążenie geometryczne, obciążenie termiczne w różnych proporcjach.

W czasie pracy z modułem **Decods** najwygodniej korzystać z klawiatury. Myszka jest aktywna cały czas, ale używanie jej daje niewielkie korzyści.

Tak jak wspomnieliśmy wcześniej wprowadzanie danych rozpoczynamy od wyboru opcji **Elements**:

1. wybieramy opcję **Elements**,



przesunąć kursor do opcji **Elements** lub nacisnąć klawisz z literą **E**

2. wybieramy typ elementów konstrukcji - elementy kratownicy,



wejść do opcji **Type** przez wciśnięcie klawisza **ENTER**



podświetlić napis **1) Truss** lub nacisnąć klawisz z cyfrą **1**

3. wprowadzamy dane dotyczące grup elementów (Rys.2.12)



przesunąć kursor do opcji **Group** i nacisnąć **ENTER**, lub nacisnąć klawisz z literą **G**



w pierwszej kolumnie (**Name**) należy podać nazwę materiału - wpisujemy **stal** dla wszystkich trzech grup

*Uwaga: Nazwa materiału jest tylko informacją dla użytkownika programu. Nazwa ta nie jest używana w obliczeniach i może być pominięta.*


*Uwaga: Podczas wprowadzania danych edytowany tekst pokazuje się w lewym górnym rogu i zostaje umieszczony we właściwym miejscu po wciśnięciu klawisza **ENTER** lub przesunięciu kursora w*


dowolne miejsce. Tabele, do których wpisywane są dane, przypominają arkusz kalkulacyjny.


W czasie opisywania następnych opcji dekodera szczegóły dotyczące edycji danych zostaną pominięte.

 drugą kolumnę (**Lib**) pomijamy

Uwaga: Jeżeli na dysku zapisane są pliki biblioteczne, zawierające opisy materiałów, można je wykorzystać naciskając klawisz **ENTER** w tej kolumnie.

 w trzeciej kolumnie (**Young's**) podajemy moduły Younga w trzech wierszach odnoszących się do trzech grup elementów, dla stali wartość równa jest  $E=2.08 \cdot 10^8$  kPa - wpisujemy to do arkusza w następujący sposób: **2.08e8**


 w czwartej kolumnie (**Density**) podajemy ciężar właściwy materiału, który dla stali równy jest  $\gamma=78.5$  kN/m<sup>3</sup> - wpisujemy wartość **78.5** w trzech wierszach odnoszących się do wszystkich grup elementów

 w piątej kolumnie (**Area**) podajemy pole powierzchni przekrojów prętów:

⇒ w pierwszym wierszu należy podać pole powierzchni przekroju elementów warstwy górnej, które przyjęto równe  $4.91 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup> - należy wpisać **4.91e-4**


⇒ w drugim wierszu należy podać pole powierzchni przekroju krzyżulców, które przyjęto równe  $7.99 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup> - należy wpisać **7.99e-4**

⇒ w trzecim wierszu należy podać pole powierzchni przekroju elementów warstwy dolnej, które przyjęto równe  $5.55 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup> - należy wpisać **5.55e-4**

 w szóstej kolumnie (**Therm**) podajemy współczynnik rozszerzalności cieplnej, który wynosi  $\alpha=0.00001$  /°C, w trzech pierwszych wierszach odnoszących się do trzech grup - wpisać **0.00001**

Uwaga: Po wpisaniu ostatniej wielkości należy upewnić się czy została ona poprawnie wpisana. Najlepiej zrobić to przechodząc kursorem do innej kolumny lub wciskając **ENTER**. Jeżeli tego nie

*zrobimy i wciśniemy zbyt wcześnie **Esc**, to może się okazać, że ostatnia wartość nie została przyjęta przez program.*


 wychodzimy z opcji **Group** klawiszem **Esc**

Name of material							
1:Truss :Layer(1) Group							
Gr	Name	Lib	Young's	Density	Area	Therm	
1	stal		2.08e8	78.5	4.91e-4	0.00001	
2	stal		2.08e8	78.5	7.99e-4	0.00001	
3	stal		2.08e8	78.5	5.55e-4	0.00001	
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							

Rys.2.12

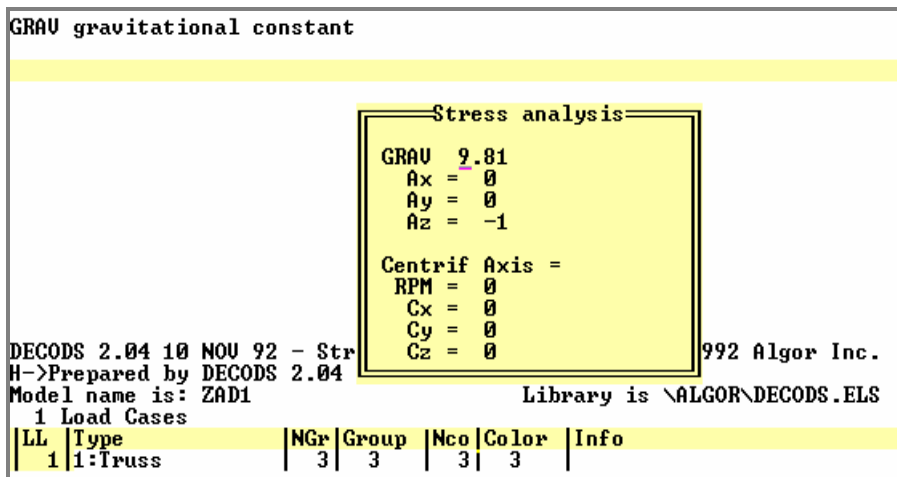
3. uzupełniamy informacje związane z kolorami, które decydują o obciążeniu termicznym elementów,

 przesunąć kursor do opcji **Color** i nacisnąć **ENTER**, lub nacisnąć klawisz z literą **C**

 w pierwszej kolumnie (**Tref**) wpisujemy **0** we wszystkich trzech wierszach

*Uwaga: W kolumnie (**Tref**) podajemy temperaturę, przy której w konstrukcji nie występują naprężenia termiczne. Wartość ta zostanie podczas obliczeń odjęta od temperatury elementów, którą podajemy w module **SuperDraw**, a różnica stanowić będzie obciążenie termiczne. Ponieważ w module **SuperDraw** nie podaliśmy informacji o temperaturze konstrukcji i nie chcemy otrzymać naprężeń termicznych wpisujemy **0** we wszystkich trzech wierszach.*

 wychodzimy z opcji **Color** klawiszem **Esc**







Rys.2.13

4. wybieramy opcję **Analysis** (por. Rys.2.13),  
☐ przesunąć kursor do opcji **Analysis** lub nacisnąć klawisz z literą **A**
5. wybieramy rodzaj analizy zadania (**Static**) i podajemy parametry związane z obciążeniem grawitacyjnym,  
☐ nacisnąć **ENTER** lub nacisnąć klawisz z literą **S**  
☐ wpisać wartość przyspieszenia ziemskiego **9.81**  
☐ wybrać kierunek i zwrot działania przyciągania ziemskiego przez wpisanie przy **Ax= 0, Ay= 0, Az= -1**

Uwaga: Aby powyższe informacje zostały przyjęte należy również przy pozostałych nie zmienianych wielkościach wciskać **ENTER**, aż zniknie tabela **Stress Analysis**.

6. ustalamy mnożniki działających obciążeń (por. Rys.2.14),  
☐ przesunąć kursor do opcji **Global** lub nacisnąć klawisz z literą **G**  
☐ przesunąć kursor do opcji **Load Case** i nacisnąć **ENTER**, lub nacisnąć klawisz z literą **L**  
☐ w pierwszej kolumnie wpisujemy mnożnik obciążenia ciśnieniem, równy w tym przypadku **0.0**

-  w drugiej kolumnie wpisujemy mnożnik obciążenia ciężarem własnym, równy w tym przypadku **1.0**
-  w trzeciej kolumnie wpisujemy mnożnik obciążenia geometrycznego równy w tym zadaniu **0.0**
-  w czwartej kolumnie wpisujemy mnożnik obciążenia termicznego równy **0.0**
-  wyjść z opcji **Load Case** klawiszem **Esc**

B:Acceleration multiplier for the current load case <LC>  
1



Load Case Multipliers					
LC	A<Press>	B<Accel>	C<Disp>	D<Therm>	
1	0	1	0	0	
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					

Esc-Escape F3-Edit F4-Delete /=Commands

Rys.2.14

Uwaga: Moduł **Decods** umożliwia podanie parametrów, dotyczących kilku wariantów obciążenia. Możliwe jest zdefiniowanie kombinacji obciążeń, zawierających obciążenie ciśnieniem - **A(Press)**, obciążenie grawitacyjne lub siłami bezwładności - **B(Accel)**, przemieszczeniami węzłów - **C(Disp)** i temperaturą - **D(Therm)**. Kombinacje tworzymy wpisując mnożniki składników obciążenia w kolumnach arkusza. W rozwiązywanym przykładzie obciążenie składa się tylko z ciężaru własnego i sił skupionych, stąd wartość **1.0** w kolumnie **B(Accel)**.

7. uruchamiamy dekodery,





-  przesunąć kursor do opcji **Decode** lub nacisnąć klawisz z literą **D**
-  jeżeli nie jest podświetlona opcja **Run**, to przesunąć kursor do tej opcji i nacisnąć **ENTER**, lub nacisnąć klawisz z literą **R**

Uwaga: Przed uruchomieniem opcji **Run** należy sprawdzić czy przy napisie **All** jest znak **\***.

Uwaga: System **ALGOR** zabezpieczony jest kluczem sprzętowym (*Security Interface Module - SIM*), który należy włożyć w gniazdo portu drukarki przed uruchomieniem modułu **Decods**. W momencie uruchomienia opcji **Run** program sprawdza obecność klucza sprzętowego i w przypadku stwierdzenia jego braku wyświetla komunikat: **Please plug in Security Interface Module (SIM)** (Proszę włożyć klucz sprzętowy) i czeka na włożenie klucza. Zabezpieczony w ten sposób jest także moduł **Bedit**.

Po wybraniu tej opcji na dysku zostanie utworzone cztery pliki danych, z których dwa potrzebne będą w dalszej analizie. Pierwszy o nazwie **ZAD1** (nazwa nie ma rozszerzenia) jest plikiem danych dla modułu rozwiązującego zadanie (**Ssap0**), a drugi o nazwie **ZAD1.SST** zawiera informacje geometryczne konieczne do analizy wyników. Pozostałe dwa pliki mają rozszerzenia **.ESG** i **.EMS** i są plikami danych modułu **Decods**.

Zadanie jest już przygotowane do rozwiązania. Rozwiąże je kolejny moduł systemu **ALGOR**. Moduły rozwiązujące zadania liniowe noszą nazwy: **Ssap0** (rozwiązuje zadania statyczne), **Ssap1** (wyznacza częstotści i postacie drgań własnych) i inne, których spis można znaleźć w Dodatku nr 1. Zadanie nasze jest liniowym zadaniem statyki, a więc do jego rozwiązania zastosujemy moduł **Ssap0**. Uruchomić go możemy niezależnie, wywołując komendą **SSAP0H.EXE** (**SSAP0.EXE** w wersji Windows) lub z poziomu **Algor Main Menu**, wykonując następujące działania:

1. wybieramy opcję analizy statycznej,  
 przesunąć kursor na pozycję **0) Static Stress Analysis** i nacisnąć **ENTER** lub nacisnąć klawisz z cyfrą **0**  
 kliknąć lewym klawiszem myszki w napis **0) Static Stress Analysis**
2. podajemy nazwę pliku danych,  
 wpisać nazwę zadania: **ZAD1** i nacisnąć klawisz **ENTER**  
 myszka nie działa w żadnym z modułów **Ssap**
3. wpisujemy nazwę komendy sterującej modulem **Ssap**,

 napisać **RUN** i nacisnąć **ENTER**

*Uwaga: Pozostałe nazwy i znaczenia komend sterujących podane są w Dodatku nr 1.*

### **Rozwiązanie zadania**

Jeżeli wszystkie opisane operacje przebiegły prawidłowo, to moduł **Ssap0** rozpoczyna rozwiązywanie zadania. W czasie rozwiązywania na ekranie wyświetlane są różne komunikaty informujące o rodzaju wykonywanych działań, wielkości dostępnej pamięci, miejsca na dysku, itp. Raport zawierający wszystkie informacje o rozwiązaniu, zapisany zostaje na dysku w pliku tekstowym o nazwie **ZAD1.L**. Czas rozwiązania zależy od rozmiarów zadania, szybkości procesora oraz ilości pamięci operacyjnej komputera.

Po prawidłowym rozwiązaniu zadania na dysku zostaną zapisane pliki binarne: **ZAD1.DO** - zawierający przemieszczenia węzłów, **ZAD1.NSO** - zawierający naprężenia i siły wewnętrzne w elementach, **ZAD1.SST** - zawierający informacje o geometrii konstrukcji. Pliki te niezbędne są do analizy wyników.

Jeżeli proces rozwiązywania zadania nie został zakończony pomyślnie, należy przeanalizować plik tekstowy **ZAD1.L** i poszukać tam informacji o przyczynach powstania błędu.

### **Analiza wyników**

Przegląd i analizę otrzymanych wyników wykonuje się w module **SuperView (SVIEWH.EXE)**. Umożliwia on obejrzenie wyników liniowej analizy konstrukcji złożonej z dowolnych typów elementów. Dostępne są tu analizy naprężeń (składowe tensora naprężenia, naprężenia główne oraz zredukowane wg hipotez Tresca i Hubera-Misesa), sił wewnętrznych, odkształceń, przemieszczeń. Można też obejrzeć sam model w dowolnym rzucie i oświetleniu. Możemy obejrzeć całość lub tylko wybrany fragment modelu. Wyniki, które oglądamy, przekazywane są w postaci rysunków (map bitowych) lub wartości zapisywanych w plikach tekstowych. Mapy bitowe zapisać można na dysku do pliku binarnego w formacie **BTM** (wersja DOS) lub **BMP** (wersja Win95/98).


Analiza wyników, którą teraz przeprowadzimy obejmowała będzie:


- ♦ przemieszczenia,
- ♦ siły wewnętrzne (siły osiowe w prętach),
- ♦ naprężenia.

Przed obejrzeniem wyników obliczeń musimy wykonać kilka czynności pomocniczych jak: ustawienie odpowiedniego rzutu konstrukcji, zaznaczenie warunków brzegowych i obciążenia, wyświetlenie numerów węzłów i elementów, wybór kolorów wyświetlanej mapy bitowej itp.


Uruchomienie modułu **SuperView** z poziomu **Algor Main Menu** wykonujemy przez wybór następujących opcji:

1. przechodzimy do punktu **B)** z napisem **Linear Stress, Gap/Cable, and Buckling Analysis**,

 przesunąć kursor na opcję **B** i nacisnąć **ENTER** lub nacisnąć klawisz **B**

 kliknąć lewym klawiszem w napis

2. uruchomić moduł SuperView,

 kursorem przejść do napisu **B) Sview [P]** i nacisnąć **ENTER** lub nacisnąć klawisz **B**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Sview [P]**

Po uruchomieniu modułu **SuperView** należy przeczytać z dysku plik **ZAD1**. W tym celu należy:


1. wybrać opcję **Files** umożliwiającą wykonywanie operacji na plikach,


 nacisnąć klawisz z literą **F**, a następnie klawisz **L**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Files**, a następnie w napis **Load**

*Uwaga: Moduł **SuperView** umożliwia sprawdzenie zawartości aktualnego katalogu. Po wciśnięciu klawisza **F8** na dole ekranu pojawiają się nazwy plików z rozszerzeniem **\*.sst**.*

2. podać nazwę pliku,


 wpisać nazwę pliku **zad1** i nacisnąć **ENTER**


 nie można tego wykonać myszką




Jeżeli przeczytanie zawartości pliku przebiegało bez zakłóceń na ekranie ukaże się rysunek siatki elementów w rzucie, który jest ustawiony jako parametr modułu **SuperView** (standardowo jest to rzut izometryczny). Jeżeli domyślny sposób rzutowania jest inny niż izometryczny, to można to zmienić w następujący sposób:


1. wybrać opcję **Draw**,

 nacisnąć klawisz **F10**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw**, znajdujący się w dolnej części z lewej strony ekranu


2. zmienić sposób rzutowania rysunku na płaszczyznę ekranu: z rzutu aktualnego na rzut izometryczny,

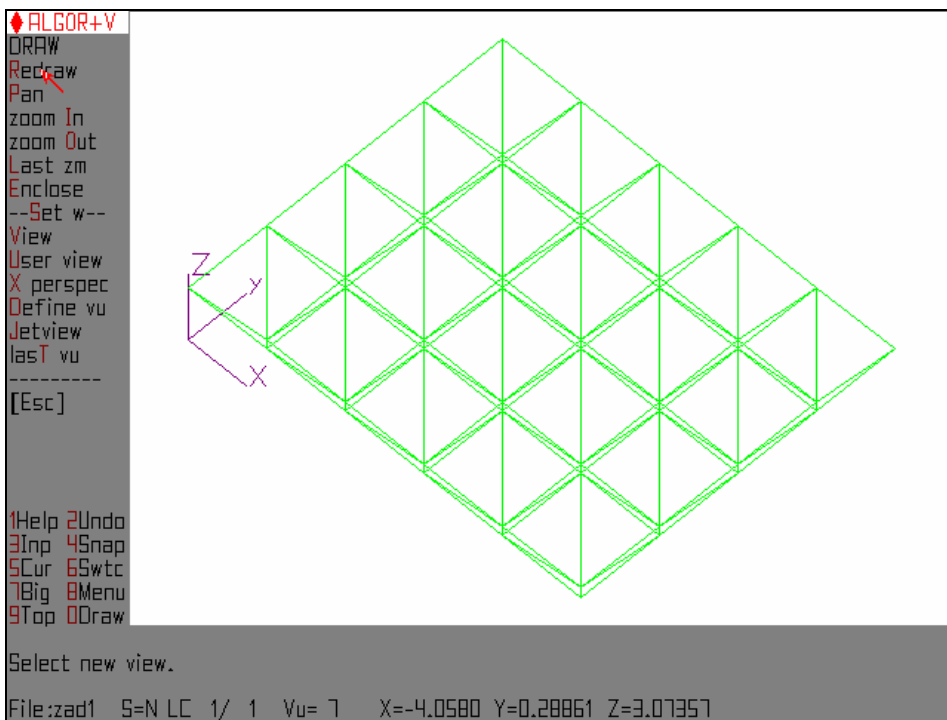
 nacisnąć klawisz z literą **V** i nacisnąć klawisz z cyfrą **7**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **View** oraz kliknąć lewym klawiszem w napis **7) Isome**

3. oglądamy cały rysunek na ekranie (por. Rys.2.15),

 nacisnąć klawisz z literą **E**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Enclose**



Rys.2.15

Uwaga: Komendy umieszczone w opcji **Draw**, działają tak samo we wszystkich modułach graficznych (**SuperDraw**, **Bedit**, **SuperView**, itd.)

4. powrócić do głównego menu modułu,



nacisnąć klawisz **Esc**



kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**














Przed rozpoczęciem analizy wyników zostanie przedstawiony sposób wyświetlenia na ekranie symboli podpór, sił, numerów elementów i numerów węzłów.

W ustawieniach wejściowych symbole podpór i sił mogą być przedstawiane w kolorze tła. W takim przypadku są one niewidoczne na ekranie. Wymuszenie wyświetlania na ekranie tych symboli polega na zmianie ich koloru i może być wykonane w następujący sposób:

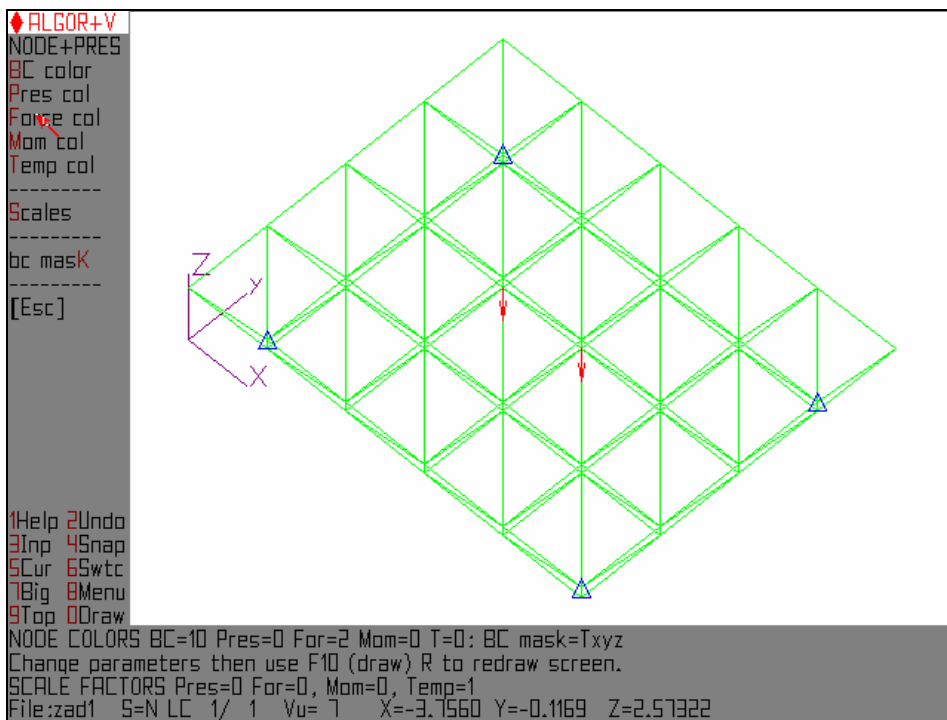
1. wybieramy opcję wyświetlania podpór i sił,



nacisnąć klawisz **O** i klawisz **N**

-  kliknąć lewym klawiszem w napis **Options** i w napis **Node+press**
2. wybieramy rodzaj elementu, którego kolor zostanie zmieniony - podpory,
-  nacisnąć klawisz **B**
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **BC color**
3. wybieramy kolor, np. kolor oznaczony numerem 10,
-  nacisnąć klawisz z cyfrą **10** i nacisnąć **ENTER**
-  kliknąć lewym klawiszem w kolor granatowy oznaczony numerem 10 na paletce kolorów z lewej strony ekranu
4. odświeżamy rysunek, aby wyświetlić podpory,
-  nacisnąć klawisz **F10** i **R**
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw**, a następnie w napis **Redraw**
5. wybieramy element, którego kolor zostanie zmieniony - siły,
-  nacisnąć klawisz **F**
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **Force col**
6. wybieramy kolor, np. kolor oznaczony numerem 2,
-  nacisnąć klawisz z cyfrą **2** i nacisnąć **ENTER**
-  kliknąć lewym klawiszem w kolor czerwony oznaczony numerem 2 na paletce kolorów
7. odświeżamy rysunek,
-  nacisnąć klawisz **F10** i **R**
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw**, a następnie w napis **Redraw**


Na Rys.2.16 pokazany jest wygląd ekranu, który uzyskujemy po wykonaniu opisanych operacji. Widoczne są na nim podpory i strzałki, symbolizujące siły skupione.




Rys.2.16


Opiszemy teraz sposób wyświetlenia numerów elementów oraz zmianę sposobu rzutowania na taki, w którym widoczne będą wszystkie elementy:


1. wybieramy opcję **Draw**,

 nacisnąć klawisz **F10**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw**, znajdujący się w dolnej części z lewej strony ekranu


2. zmieniamy sposób rzutowania z rzutu izometrycznego na rzut na płaszczyznę  $XY$ ,

 nacisnąć klawisz z literą **V** i nacisnąć klawisz z cyfrą **1**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **View** oraz kliknąć lewym klawiszem w napis **1) XY top**


3. rozmieszczamy rysunek na ekranie,

 nacisnąć klawisz z literą **E**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Enclose**


4. powracamy do głównego menu,

 nacisnąć klawisz **F9**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**


5. wybieramy opcję **General**,

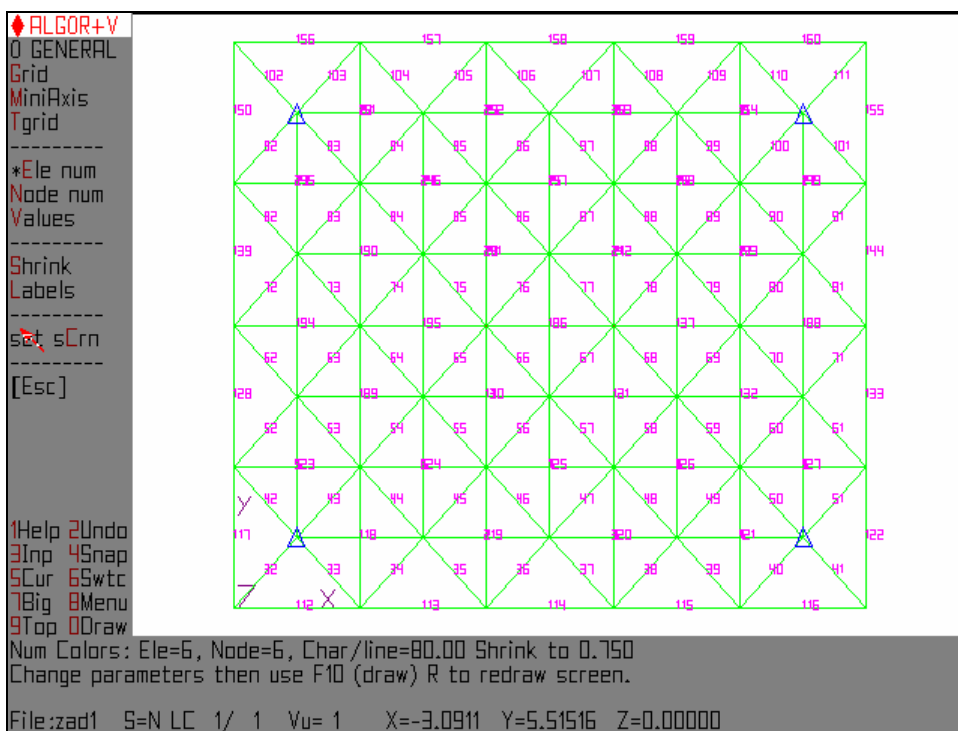
 nacisnąć klawisz **O** i klawisz **G**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Options** i w napis **General**

6. uaktywniamy opcję wyświetlającą na ekranie numery elementów,


 nacisnąć klawisz **E**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Ele num**



Rys.2.17

7. odświeżamy rysunek, aby obejrzeć numery elementów,


 nacisnąć klawisz **F10** i **R**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw**, a następnie w napis **Redraw**

Po wykonaniu ostatniej operacji ekran przedstawia siatkę elementów wraz z ich numerami jak na Rys.2.17.


Dla zachowania większej przejrzystości rysunku, przed wyświetleniem numerów węzłów usuniemy z ekranu numery elementów. Należy wykonać to w następujący sposób:

1. usunąć wybór wyświetlania numerów elementów,

 nacisnąć klawisz **E**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Ele num**


2. uaktywnić opcję wyświetlającą na ekranie numery węzłów,

 nacisnąć klawisz **N**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Node num**

3. przerysować rysunek, aby zobaczyć numery węzłów,


 nacisnąć klawisz **F10 i R**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw**, a następnie w napis **Redraw**

Przedstawimy teraz sposób analizy wyników obliczeń. Analiza obejmować będzie przemieszczenia węzłów, siły wewnętrzne i naprężenia w elementach. Polecenia, umożliwiające te analizy, zgrupowane są w opcjach **Displaced** oraz **Stress-di**.

Przemieszczenia węzłów kratownicy obejrzyć można wybierając opcję **Displaced**. Większą przejrzystość rysunku uzyskamy usuwając wcześniej z ekranu numery węzłów oraz zmieniając kierunek rzutowania. Wykonujemy to w następujący sposób:

1. usuwamy wybór wyświetlania numerów węzłów,

 nacisnąć klawisz **N**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Node num**

Uwaga: *Numery węzłów i numery elementów mogą być wyświetlane na ekranie podczas przeglądania wyników obliczeń, ale wtedy rysunek może być mało czytelny.*

2. odświeżamy obraz na ekranie,



naciśnąć klawisz **F10** i **R**



kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw**, a następnie w napis **Redraw**

3. wybieramy ponownie opcję **Draw**,



naciśnąć klawisz **F10**



kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw**

4. zmieniamy rzut rysunku z rzutu aktualnego na rzut izometryczny,



naciśnąć klawisz z literą **V** i naciśnąć klawisz z cyfrą **2**



kliknąć lewym klawiszem w napis **View** oraz kliknąć lewym klawiszem w napis **2) XZ fro**

5. zmieniamy skalę rysunku, aby na ekranie widoczny była cała kratownica,



naciśnąć klawisz z literą **E**



kliknąć lewym klawiszem w napis **Enclose**

6. powracamy do głównego menu,



naciśnąć klawisz **Esc**



kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**

7. wybieramy opcję **Displaced**,



naciśnąć klawisz **D**



kliknąć lewym klawiszem w napis **Displaced**

Widoczne na ekranie komendy służą do rysowania odkształconej siatki elementów. Wykorzystać je można w następujący sposób:







1. uaktywnić opcję rysowania odkształconej siatki elementów,

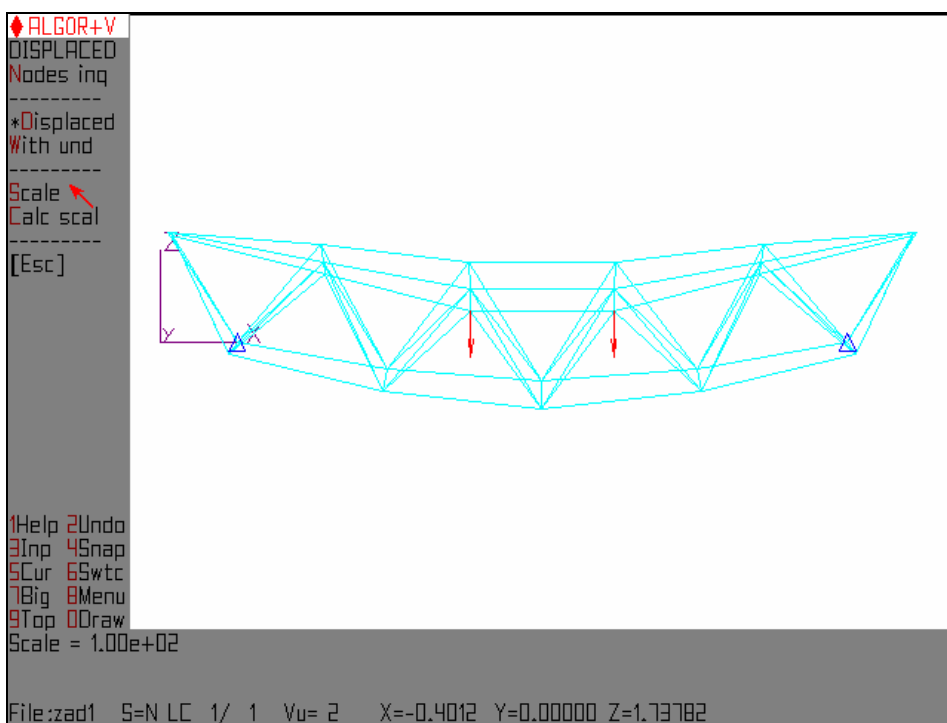


naciśnąć klawisz **D**



kliknąć lewym klawiszem w napis **Displaced**

2. oszacować skalę przemieszczeń tak, aby były widoczne na rysunku,  
 nacisnąć klawisz **C**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Calc scal**
3. wprowadzić własną skalę odkształceń, jeżeli obliczona skala nie odpowiada nam,  
 nacisnąć klawisz **S**  
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Scale**
4. podać własną skalę, np. 100:1,  
 wpisać 100 i nacisnąć **ENTER**  
 nie można tego wykonać myszką



Rys.2.18

Na Rys.2.18 przedstawiony jest widok odkształconej siatki elementów. Na ekranie można umieścić jednocześnie rysunek



odkształconej i nie odkształconej siatki elementów, uaktywniając w opcji **Displaced** komendę **With und**:



nacisnąć klawisz **W**



kliknąć lewym klawiszem w napis **With und**

Powrót do widoku nieodkształconej siatki uzyskuje się przez usunięcie wyboru opcji **Displaced**:



nacisnąć klawisz **D**



kliknąć lewym klawiszem w napis **Displaced**

Odczytanie liczbowych wartości przemieszczeń węzłów można wykonać, wybierając opcję **Node inq**. Ponieważ potrzebny będzie taki widok konstrukcji, który umożliwia wybór węzła przez kliknięcie myszką zmienimy wcześniej widok siatki na rzut izometryczny:

1. wybieramy opcję **Draw**,



nacisnąć klawisz **F10**



kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw**

2. zmieniamy sposób rzutowania z rzutu aktualnego na rzut izometryczny,



nacisnąć klawisz z literą **V** i nacisnąć klawisz z cyfrą **7**



kliknąć lewym klawiszem w napis **View** oraz kliknąć lewym klawiszem w napis **7) Isome**

3. wybieramy opcję pozwalającej na obrót rzutni - **Rotate**,



nacisnąć klawisz **D**, a następnie klawisz **R**



kliknąć lewym klawiszem w napis **Define vu** i w napis **Rotate**

4. wybieramy opcję **Angle**, aby określić kąt obrotu,



nacisnąć klawisz **A**




kliknąć lewym klawiszem w napis **Angle**


5. podajemy kąt obrotu w stopniach, np.  $10^{\circ}$ ,



wpisać liczbę **10** i nacisnąć **ENTER**


 nie można tego wykonać myszką

6. obracamy rzutnię wokół osi *X*,

 nacisnąć klawisz **X**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **X (rt)**


7. obracamy rzutnię wokół osi *Y*,

 nacisnąć klawisz **Y**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Y (up)**

8. wracamy do ostatnio używanej opcji - **Displaced**,

 nacisnąć trzy razy klawisz **Esc**

 kliknąć trzy razy lewym klawiszem w napis **[Esc]**

9. wybieramy opcję **Node inq**, aby uzyskać informację o przemieszczeniach węzła,


 nacisnąć klawisz **N**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Node inq**

Komendy zgrupowane w tej opcji umożliwiają uzyskanie informacji o przemieszczeniu wskazanego węzła (**Get**), odszukanie węzła o znanym numerze (**Find**) oraz zaznaczenie węzłów, których przemieszczenia mieszczą się w podanym przedziale (**Range, Next rng**).


Sprawdźmy teraz wartość przemieszczeń w węźle kratownicy, którego położenie znamy:

1. wybieramy opcję **Get**, która umożliwia odczytanie wartości przemieszczeń w węźle,

 nacisnąć klawisz **G**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Get**

2. wskazujemy interesujący nas węzeł,

 jeżeli ustawiony jest tryb wprowadzania danych klawiaturą (**F3, K**) można podać współrzędne węzła np.: **X=4 Y=8 Z=1.2** i nacisnąć **ENTER**

 kliknąć lewym klawiszem w pobliżu węzła kratownicy

3. wyłączamy aktywność opcji sprawdzania wielkości przemieszczeń **Get**,



nie można tego wykonać za pomocą klawiatury



kliknąć lewym klawiszem w napis **Get**

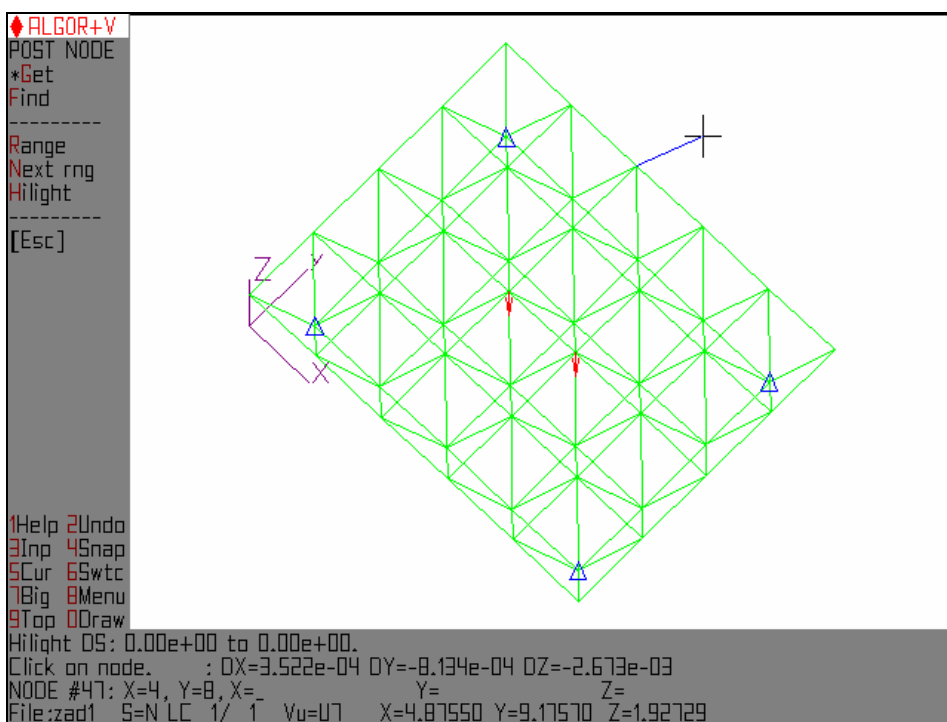
4. wybieramy opcję **Find**, która pozwala na odszukanie węzła o znanym numerze i sprawdzenie jego przemieszczeń,



nacisnąć klawisz **F**



kliknąć lewym klawiszem w napis **Find**




Rys.2.19

Uwaga: Rys.2.19 przedstawia ekran, który widoczny jest po wskazaniu myszką węzła o numerze 47, składowe wektora przemieszczenia są równe  $dx=3.52 \cdot 10^{-4}m$ ,  $dy=8.13 \cdot 10^{-4}m$ ,  $dz=2.673 \cdot 10^{-3}m$ .

5. podajemy numer węzła,




wpisać numer np. **47** i nacisnąć **ENTER**

 nie można tego wykonać myszką

*Uwaga: Po przesunięciu myszki na część graficzną ekranu będzie widoczna linia pomiędzy węzłem nr 47 a kursorem myszki.*

Korzystanie z opcji **Range** i towarzyszących jej poleceń polega na podaniu wartości granic przedziału, w którym znajdują się interesujące nas przemieszczenia i sprawdzeniu, które węzły zostaną zaznaczone na rysunku:


1. wybieramy opcję **Range**,


 nacisnąć klawisz **R**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Range**


2. podajemy granice przedziału np. (0; 0.0001), tzn. poszukiwane będą węzły, których przemieszczenia mieszczą się w przedziale (0 m; 0.0001 m),

 podać wartość dolnej granicy **0**


 przesunąć kursor w prawo przez wciśnięcie klawisza **⇒** lub klawisza **Tab**

 podać wartość górnej granicy **0.0001**

 nacisnąć **ENTER**


 operacji tych nie można wykonać myszką


3. uaktywniamy opcję zaznaczania węzłów, których przemieszczenia mieszczą się w przedziale,

 nacisnąć klawisz **H**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Highlight**

Po wykonaniu opisanych operacji na ekranie zaznaczone zostaną tylko węzły podporowe czyli węzły o przemieszczeniach równych zero, gdyż przemieszczenia innych węzłów są większe niż 0.0001 m. Skokową zmianę granic przedziału można uzyskać wybierając kilkakrotnie opcję **Next rng**:

 nacisnąć klawisz **N**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Next rng**

Ten sposób analizy wyników pozwala na orientację w jakich zakresach mieszczą się wartości przemieszczeń węzłów konstrukcji.

Po sprawdzeniu przemieszczeń wracamy do głównego menu modułu **SuperView**:



nacisnąć klawisz **F9**



kliknąć lewym klawiszem w napis **9top**

Przemieszczenia węzłów oraz pozostałe wyniki obliczeń czyli siły osiowe i naprężenia w prętach kratownicy możemy obejrzeć w postaci kolorowej mapy, która daje najwięcej informacji o rozkładzie przemieszczeń i sił wewnętrznych w konstrukcji. Wyświetlenie mapy możliwe jest po wybraniu opcji **Stress-di**. Komendy zgrupowane w tej opcji pozwalają wybrać typ oglądanych rezultatów, sposób ich prezentacji i zapisania ich na dysku. Wykorzystanie możliwości tych komend pokazane będzie na przykładzie:

1. wybieramy opcję **Stress-di**,



nacisnąć klawisz **S**



kliknąć lewym klawiszem w napis **Stress-di**

2. wybieramy opcję **Post**, która umożliwia wybór typu wyświetlanych rezultatów,



nacisnąć klawisz **P**



kliknąć lewym klawiszem w napis **Post**

3. wybieramy opcję **Beam-trus**, gdyż interesują nas siły wewnętrzne w kratownicy,



nacisnąć klawisz **B**



kliknąć lewym klawiszem w napis **Beam-trus**

4. wybieramy opcję numer **4**, która podaje wartości sił osiowych w prętach,




nacisnąć klawisz **4**



kliknąć lewym klawiszem w napis **4) r1 axf**

Uwaga: Dla prętów kratownicy możliwy jest wybór jeszcze jednej opcji **1) P/A**, która umożliwia obejrzenie mapy naprężeń w elementach. Wybór pozostałych opcji istotny jest dla prętów konstrukcji ramowych a w przypadku kratownicy daje zawsze rezultat zerowy.


5. po wyborze rodzaju analizy wracamy do opcji **Stress-di**,


 nacisnąć dwa razy klawisz **Esc**

 kliknąć lewym klawiszem dwa razy w napis **[Esc]**


Sposób wyświetlania wyników w postaci mapy zależy od kilku parametrów, które teraz należy ustawić:


1. wybrać ilość kolorów, które utworzą mapę,

 nacisnąć klawisz **A** oraz klawisz **C**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Aux post**, a następnie **Colors**

2. podać liczbę kolorów np. 8,


 nacisnąć klawisz **N**, wpisać **8** i nacisnąć **ENTER**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Number**, a pozostałe operacje wykonać za pomocą klawiatury


3. ustalić kolejność kolorów mapy, np. 9, 10, 11, 1, 3, 14, 5 i 2,

 nacisnąć klawisz **V**


 usunąć aktualny numer koloru i wpisać wartość **9**

 przesunąć kursor w prawo przez wciśnięcie klawisza **⇒** lub klawisza **Tab**


 usunąć aktualny numer koloru i wpisać wartość **10**

 przesunąć kursor w prawo przez wciśnięcie klawisza **⇒** lub klawisza **Tab**


 usunąć aktualny numer koloru i wpisać wartość **11**

 przesunąć kursor w prawo przez wciśnięcie klawisza **⇒** lub klawisza **Tab**


 usunąć aktualny numer koloru i wpisać wartość **1**

 przesunąć kursor w prawo przez wciśnięcie klawisza ⇒ lub klawisza **Tab**


 usunąć aktualny numer koloru i wpisać wartość **3**

 przesunąć kursor w prawo przez wciśnięcie klawisza ⇒ lub klawisza **Tab**


 usunąć aktualny numer koloru i wpisać wartość **14**

 przesunąć kursor w prawo przez wciśnięcie klawisza ⇒ lub klawisza **Tab**


 usunąć aktualny numer koloru i wpisać wartość **5**

 przesunąć kursor w prawo przez wciśnięcie klawisza ⇒ lub klawisza **Tab**


 usunąć aktualny numer koloru i wpisać wartość **12**

 przesunąć kursor w prawo przez wciśnięcie klawisza ⇒ lub klawisza **Tab**

 nacisnąć **ENTER**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Values**, a pozostałe operacje należy wykonać za pomocą klawiatury

4. wrócić do opcji **Stress-di**,

 nacisnąć dwa razy klawisz **Esc**


 kliknąć lewym klawiszem dwa razy w napis **[Esc]**


5. wybrać opcję **General**,

 nacisnąć klawisz **G**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **General**


6. wstawić znak **\*** przy opcji **Solid-di**, co spowoduje utworzenie mapy warstwicowej ,

 nacisnąć klawisz **S**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Solid-di**

*Uwaga: Ostatnią operację wykonujemy tylko wtedy, gdy opcja **Solid-di** nie jest aktywna (nie ma przy niej znaku **\***), w przeciwnym razie pomijamy tą operację.*


7. wrócić do opcji **Stress-di**,

 nacisnąć dwa razy klawisz **Esc**

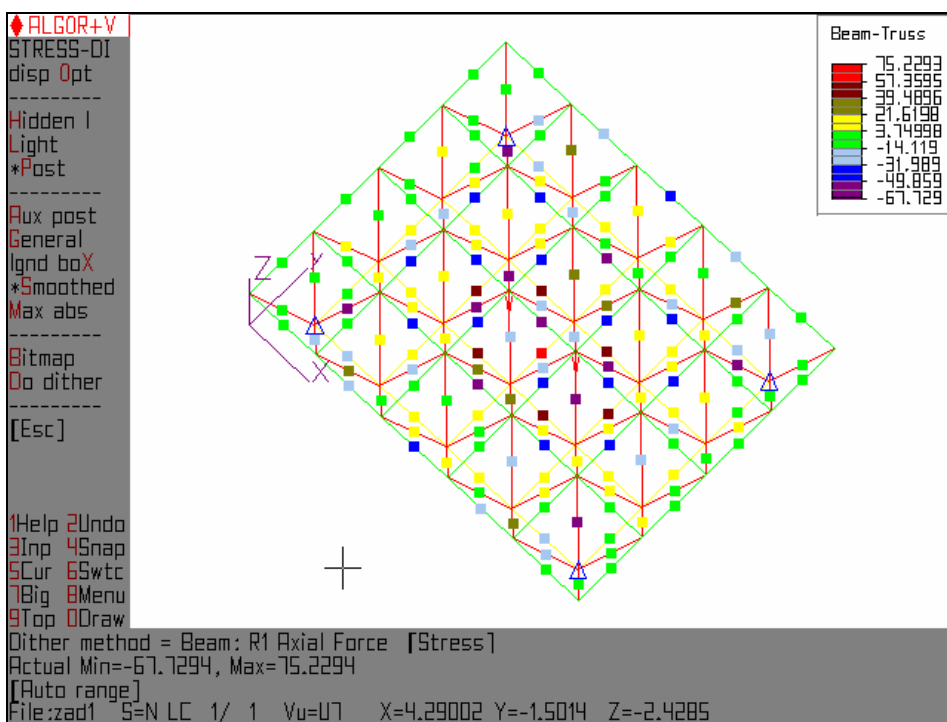
 kliknąć lewym klawiszem dwa razy w napis **[Esc]**

Wyświetlanie kolorowej mapy na ekranie wywołujemy komendą

**Do dither:**

 nacisnąć klawisz **D**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Do dither**










Rys. 2.20

Wygląd ekranu zawierającego mapę sił wewnętrznych przedstawia Rys.2.20. Rysunek ten można zapisać na dysku w pliku binarnym typu **BTM** (lub **BMP** dla wersji Windows). Wykonać to należy w następujący sposób:

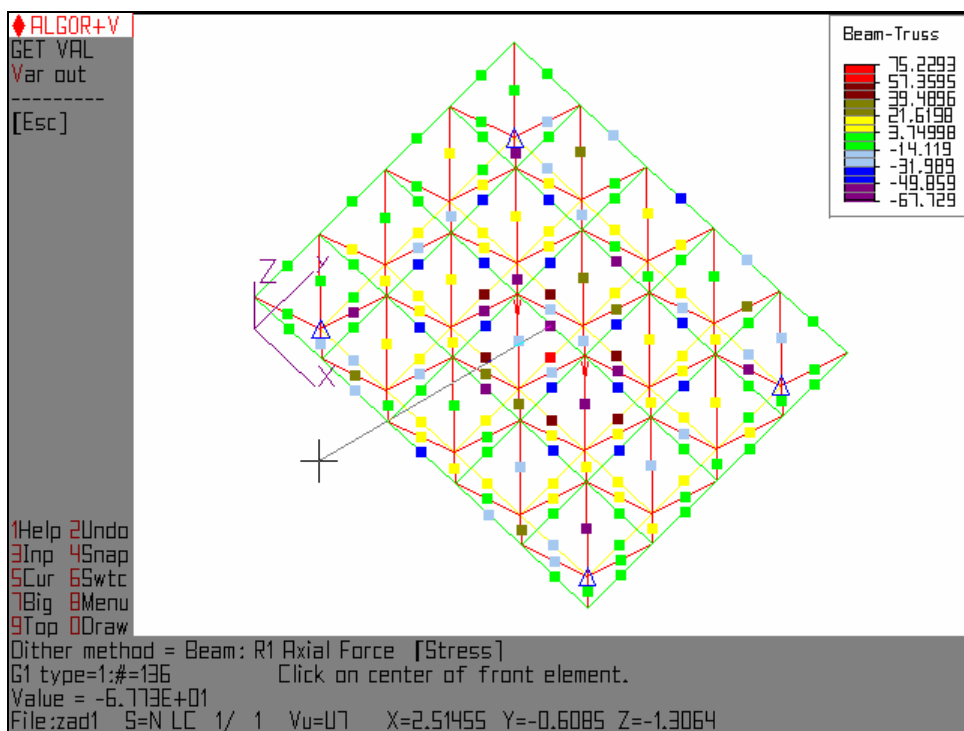
1. wybrać opcję **Bitmap**,

 nacisnąć klawisz **B**



-  kliknąć lewym klawiszem w napis **Bitmap**
- 2. podać nazwę pliku, w którym zostanie zapisana mapa bitowa,
  -  nacisnąć klawisz **F**, wpisać nazwę (np. **mbit**, bez rozszerzenia) i nacisnąć **ENTER**
  -  kliknąć lewym klawiszem w napis **Filename**, a pozostałe operacje wykonać za pomocą klawiatury
- 3. zapisać mapę bitową,
  -  nacisnąć klawisz **D**
  -  kliknąć w napis **Do bitmap**
- 4. wrócić do opcji **Stress-di**,
  -  nacisnąć klawisz **Esc**
  -  kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**

Tak zapisaną mapę bitową można obejrzeć w środowisku MS DOS przy użyciu modułu **Showbtm**.



Rys.2.21

Jeżeli interesuje nas siła wewnętrzna lub naprężenia w jednym elemencie, to wartość tą można odczytać za pomocą opcji **Get Val**:

1. wybrać opcję sprawdzania wartości,  
☐ nacisnąć klawisz **A** i klawisz **G**  
☐ kliknąć lewym klawiszem w napis **Aux post** i **Get val**
2. wskazać interesujący nas element,  
☐ wskazanie elementu za pomocą klawiatury nie jest możliwe  
☐ kliknąć lewym klawiszem w interesujący nas element kraty tak, jak na Rys.2.21
3. opuścić opcję sprawdzania wartości,  
☐ nacisnąć klawisz **Esc**  
☐ kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**

Wyniki obliczeń (przemieszczenia węzłów, siły wewnętrzne, naprężenia) można zapisać do pliku tekstowego. Dane zapisane w tym pliku mogą stanowić podstawę do dalszych indywidualnych analiz lub mogą być wydrukowane za pomocą dowolnego edytora tekstu.

Utworzenie pliku tekstowego umożliwia polecenie **File out**:



nacisnąć klawisz **F**, wpisać nazwę np.: **zad1** i nacisnąć **ENTER**



kliknąć lewym klawiszem w napis **File out**, pozostałe czynności wykonać za pomocą klawiatury

Po wykonaniu tych poleceń na dysku zostanie utworzony plik tekstowy o nazwie **ZAD1.OUT**. Format tego pliku, który utworzony został dla sił osiowych w prętach kratownicy, podany został w ramce. Pierwszy wiersz tego pliku jest nagłówkiem informującym o numerze wersji modułu **SuperView** (4.12 w naszym przykładzie), nazwie zadania (**zad1**), dacie i godzinie utworzenia pliku. Wiersz drugi podaje numer wariantu obciążenia, a po ukośniku ilość wariantów obciążenia w zadaniu (w naszym zadaniu 1/ 1). Następny wiersz pliku informuje o rodzaju zapisanych wyników (w naszym zadaniu: R1 - siły osiowe). Później następuje informacja o numerze grupy, typie elementów oraz nagłówek bloku danych. W wierszach bloku danych podany jest numer elementu oraz wartość siły wewnętrznej, naprężenia lub przemieszczenia (w naszym przypadku jest to siła osiowa).

SVIEW 4.12 File:zad1 98/07/02 09:04 LC 1/ 1

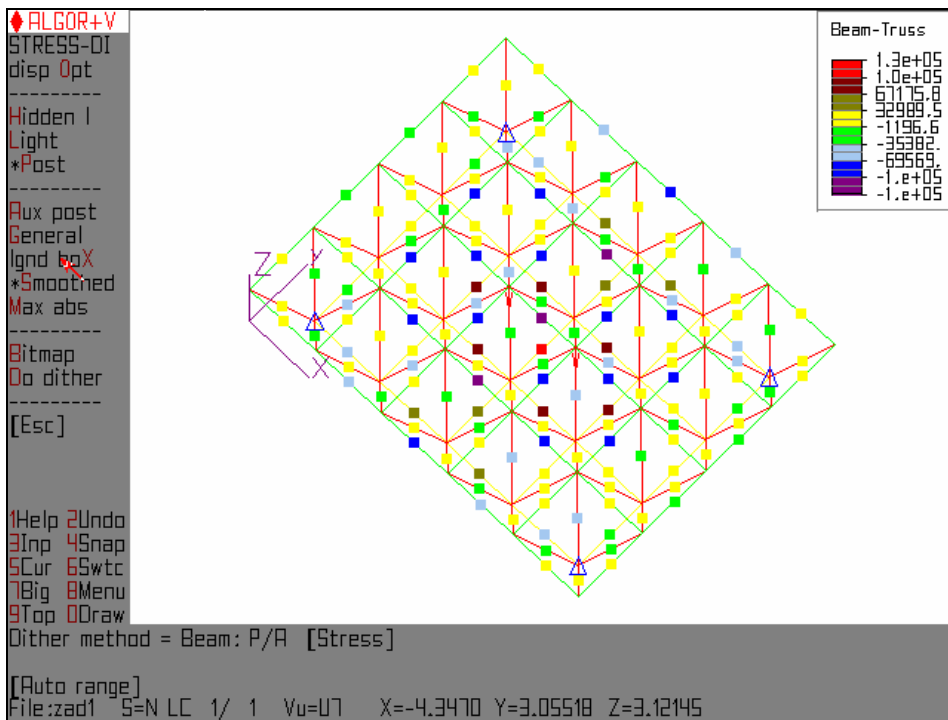
Output of Beam: R1 Axial Force [Stress].

Group 1 of type 1

Ele #: Information

1:Value = -2.162E+01  
2:Value = 2.162E+01  
3:Value = 2.162E+01  
4:Value = -2.162E+01  
5:Value = -6.872E+00  
6:Value = 1.546E+01  
7:Value = 1.924E+01  
8:Value = 1.546E+01  
9:Value = -6.872E+00  
10:Value = 7.879E+00


Analogiczną analizę można przeprowadzić dla naprężeń (P/A), których mapa bitowa pokazana jest na Rys.2.22.



Rys.2.22


Opcja **Post** umożliwia wszechstronną analizę wektorów przemieszczeń węzłów. Można budować mapy bitowe dla modułu wektora (**Magnitude**), każdej składowej, i rzutu wektora przemieszczenia na dowolnie wybrany kierunek (**Dot**). Wykonamy teraz mapę bitową dla składowych wektorów przemieszczeń równoległych do osi Z, dodatnie wartości przemieszczenia skierowane będą przeciwnie do osi:

1. wybieramy opcję **Post**,

 nacisnąć klawisz **P**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Post**

2. wybieramy opcję **disp Vec**,

 nacisnąć klawisz **V**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **disp Vec**


3. wybieramy opcję **Vector**,

 nacisnąć klawisz **V**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Vector**

4. wybieramy kierunek i zwrot składowej przemieszczenia,

 nacisnąć klawisz **Z** i klawisz **N**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Z dir** i w napis **Negate**


5. wracamy do opcji **disp Vec**,

 nacisnąć klawisz **Esc**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**

Uwaga: *Przed wejściem do opcji **Vector** była aktywna opcja rysowania wypadkowych przemieszczeń (**Magnitude**). Natomiast teraz aktywna jest opcja rysowania składowych przemieszczeń (**Dot**).*

6. wracamy do opcji **Stress-di**,

 nacisnąć dwa razy klawisz **Esc**

 kliknąć lewym klawiszem dwa razy w napis **[Esc]**

7. polecamy wykonanie mapy bitowej dla składowej **dz** wektora przemieszczenia (por. Rys.2.23)

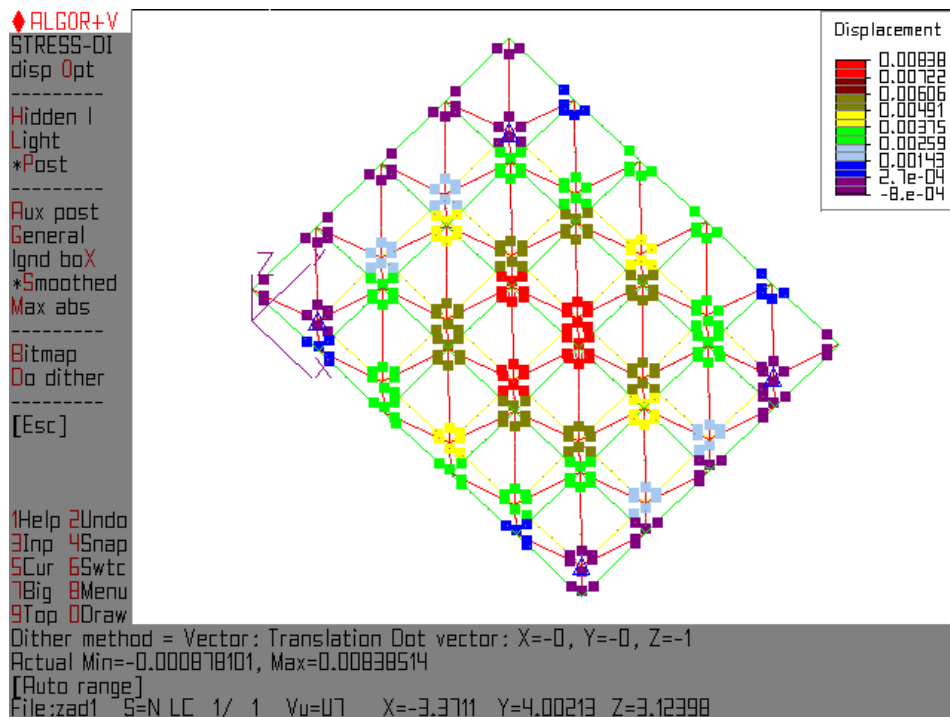


naciśnąć klawisz **D**



kliknąć lewym klawiszem w napis **Do dither**

Wartości składowych wartości sił wewnętrznych można zapisać w pliku tekstowym (polecenia: **Aux post** i **File out**).



Rys.2.23

Zakończenie pracy z modulem **SuperView** wykonujemy następującymi poleceniami:

1. powrót do głównego menu modułu **SuperView**,



naciśnąć klawisz **F9**



kliknąć lewym klawiszem w napis **9top**

2. zakończenie pracy modułu,



naciśnąć klawisz **Q**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Quit**.

Podczas rysowania geometrii konstrukcji mogliśmy zrobić błędy, które nie zostaną skorygowane przez moduł **Decods**, ale wpłyną na otrzymane wyniki. Najczęściej takimi błędami są podwójna linia lub dwa węzły znajdujące się niemal w tym samym punkcie itp. Szereg podobnych błędów daje się wykryć przez analizę przemieszczeń konstrukcji, inne wykryjemy sprawdzając równowagę sił w węzłach. Będziemy zatem potrzebowali wartości sił w elementach. W pliku **zad1.out** znajdują się wartości sił osiowych we wszystkich elementach. Spośród tych wartości wybierzemy wartości sił w elementach połączonych ze sobą w węźle nr 35 o współrzędnych (4, 4, 1.2). Elementami tymi są krzyżulce 65, 66, 75, 76 oraz elementy warstwy górnej o numerach 130, 135, 136 i 141. Siły osiowe w tych elementach wynoszą :

$K_{65} = -51.77 \text{ kN}$ ,  $K_{66} = -25.80 \text{ kN}$ ,  $K_{75} = -51.77 \text{ kN}$ ,  $K_{76} = -25.80 \text{ kN}$ ,  
 $S_{130} = -41.73 \text{ kN}$ ,  $S_{135} = -39.72 \text{ kN}$ ,  $S_{136} = -67.73 \text{ kN}$ ,  $S_{141} = -41.73 \text{ kN}$ .

Do wyliczenia rzutów wektorów sił na poszczególne osie wykorzystamy kosinusy kierunkowe czyli kosinusy kątów pomiędzy wektorem siły a osiami globalnego układu współrzędnych. Wielkości te wyliczyliśmy na podstawie współrzędnych węzłów elementów nr 65, 66, 75, 76 wg wzorów:

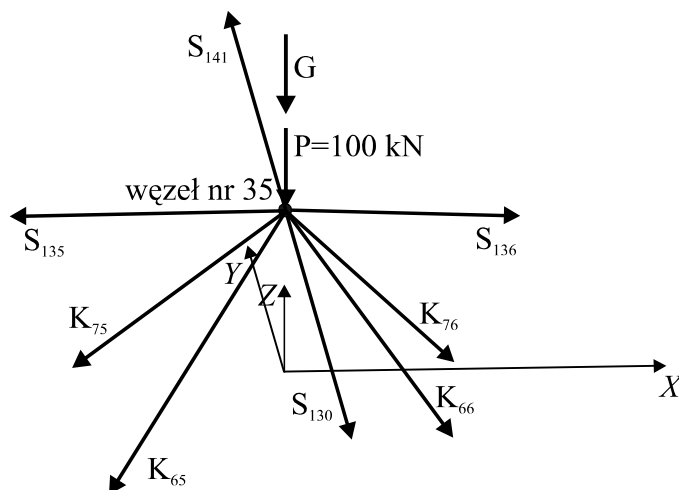
$$\cos(\mathbf{S}, \mathbf{X}) = \frac{S_X}{S}, \quad \cos(\mathbf{S}, \mathbf{Y}) = \frac{S_Y}{S}, \quad \cos(\mathbf{S}, \mathbf{Z}) = \frac{S_Z}{S},$$

gdzie:  $S$  - długość elementu,  $S_X$ ,  $S_Y$ ,  $S_Z$  - rzuty elementu na osie  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  globalnego układu współrzędnych.

W Tab.2.1 znajdują się informacje o elementach, na podstawie których zostały wyliczone kosinusy kierunkowe oraz ich wartości.

Tab.2.1

Nr element	$S_X$ [m]	$S_Y$ [m]	$S_Z$ [m]	$S$ [m]	$\cos(\mathbf{S}, \mathbf{X})$	$\cos(\mathbf{S}, \mathbf{Y})$	$\cos(\mathbf{S}, \mathbf{Z})$
66	1.0	-1.0	-1.2	1.85472	0.53916	-0.53916	-0.647
76	1.0	1.0	-1.2	1.85472	0.53916	0.53916	-0.647
75	-1.0	1.0	-1.2	1.85472	-0.53916	0.53916	-0.647
65	-1.0	-1.0	-1.2	1.85472	-0.53916	-0.53916	-0.647



Rys.2.24

Ciężar własny konstrukcji w systemie **ALGOR** jest zastępowany w trakcie rozwiązywanie równań równowagi (przez procesor **Ssap0**) równoważnym układem sił skupionych, przyłożonych w węzłach. Wartości tych sił równe są połowie ciężaru elementów połączonych w danym węźle. Sprawdzając równowagę w węźle nr 35 musimy uwzględnić tę dodatkową siłę skupioną:

$$G = 0.5 \cdot (4 \cdot 1.85\text{m} \cdot 4.91 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 + 4 \cdot 2\text{m} \cdot 7.99 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2) \cdot 78.5\text{kN} / \text{m}^3 = 0.39 \text{ kN},$$

równą połowie ciężaru elementów 65, 66, 75, 76, 130, 135, 136 i 141.

Suma rzutów wektorów sił na oś X

$$\begin{aligned} \sum X &= S_{136} - S_{135} + K_{76} \cos(\mathbf{K}_{76}, \mathbf{X}) + K_{66} \cos(\mathbf{K}_{66}, \mathbf{X}) + K_{65} \cos(\mathbf{K}_{65}, \mathbf{X}) + \\ &+ K_{75} \cos(\mathbf{K}_{75}, \mathbf{X}) = \\ &= -67.73\text{kN} + 39.72\text{kN} - 25.80\text{kN} \cdot 0.53916 - 25.80\text{kN} \cdot 0.53916 + \\ &- 51.77\text{kN} \cdot (-0.53916) - 51.77\text{kN} \cdot (-0.53916) \approx 0 \end{aligned}$$

Suma rzutów wektorów sił na oś Y

$$\begin{aligned} \sum Y &= S_{130} - S_{141} + K_{76} \cos(\mathbf{K}_{76}, \mathbf{Y}) + K_{66} \cos(\mathbf{K}_{66}, \mathbf{Y}) + K_{65} \cos(\mathbf{K}_{65}, \mathbf{Y}) + \\ &+ K_{75} \cos(\mathbf{K}_{75}, \mathbf{Y}) = \\ &= -41.73\text{kN} + 41.73\text{kN} - 25.80\text{kN} \cdot 0.53916 - 25.80\text{kN} \cdot (-0.53916) + \end{aligned}$$



$$- 51.77\text{kN} \cdot (-0.53916) - 51.77\text{kN} \cdot 0.53916 = 0$$

Suma rzutów wektorów sił na oś Z

$$\begin{aligned} \sum \mathbf{Z} &= -G - P + K_{76} \cos(\mathbf{K}_{76}, \mathbf{Z}) + K_{66} \cos(\mathbf{K}_{66}, \mathbf{Z}) + K_{65} \cos(\mathbf{K}_{65}, \mathbf{Z}) + \\ &+ K_{75} \cos(\mathbf{K}_{75}, \mathbf{Z}) = \\ &= -0.39 - 100\text{kN} - 25.80\text{kN} \cdot (-0.647) - 25.80\text{kN} \cdot (-0.647) + \\ &- 51.77\text{kN} \cdot (-0.647) - 51.77\text{kN} \cdot (-0.647) \approx 0 \end{aligned}$$

### Obliczenie ciężaru i charakterystyk geometrycznych

Jeżeli interesuje nas ciężar, objętość konstrukcji, położenie środka ciężkości lub momenty bezwładności, możemy wszystkie te parametry obliczyć za pomocą modułu **Ssap9**. Moduł **Ssap9** uruchamiamy z poziomu głównego menu **ALGORA (Algor Main Menu)** wybierając opcję: **9) Weight and Center of Gravity** lub bez pomocy głównego menu, uruchamiamy program **SSAP9H.EXE**.

Moduł **Ssap9** rozpoczyna działanie pytaniem o nazwę pliku, w którym zapisane są dane. Jest to ten sam plik, który wykorzystywał moduł **Ssap0**, wpisujemy więc nazwę **ZAD1** i naciskamy **ENTER**. Po pomyślnym zakończeniu działania programu na ekranie pojawia się napis:

**\*\* Calculated results:**

Volume	Weight	XC	YC	ZC
3.5022E+04	1.9922E-01	6.3506E+01	8.7324E+01	7.0212E+02
<b>MASS moment of inertia</b>				
IX	IY	IZ		
1.1521E+04	1.1495E+04	3.5739E+02		

**\*\* See ASCII file [zad1.wcg] for the output results**

W dwóch tabelach widocznych na ekranie podane są wyniki obliczeń:

- ♦ objętość (**Volume**),
- ♦ ciężar (**Weight**),
- ♦ współrzędne środka ciężkości (**XC YC ZC**),
- ♦ masowe momenty bezwładności (**IX IY IZ**).

Dane te zapisywane są także do pliku tekstowego z rozszerzeniem **.WCG**, którego nazwa pojawia się na ekranie ujęta w nawias kwadratowy.