

**VEDLEGG 1: "STRIKKEOPPSKRIFT" FOR MODELLERING AV
STREKKPRØVING VED HJELP AV DEFORM**



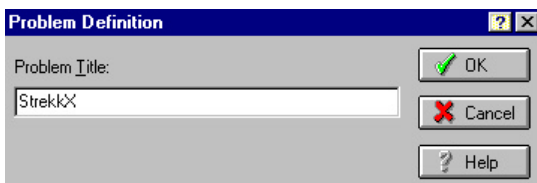
Design Environment for FORMing

**MODELLERING AV AKSESYMMETRISKE
STREKKPRØVER VED HJELP AV
DEFORM PC-PRO.**

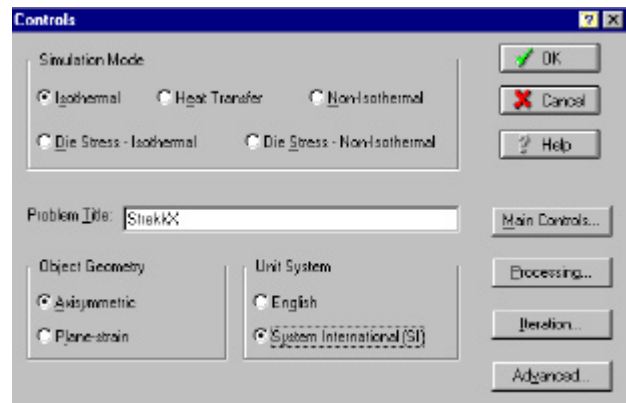
1 Oppstartning av program og angivelse av navn på simulering

Klikk **Start-Program** DEFORM-ikonet (angitt med en blå F med en hvit S inni) og du åpner programmet. Velg **File - New Problem** fra menyen øverst til venstre i vinduet.

Du får fram et vindu som spør etter **Problem title**, se Figur 1, det vil si navnet på direktorat som genererte filer skal lagres i. Kall dette direktoratet: StrekkX (X er nr. på gruppen du tilhører) ved å klikke på feltet som vises og skrive inn dette navnet i feltet der kursor står. Klikk **OK**, Klikk **OK**. Du får nå åpnet et vindu kalt **Controls**, se Figur 2.



Figur 1 Problem Definition Window



Figur 2 Controls Window

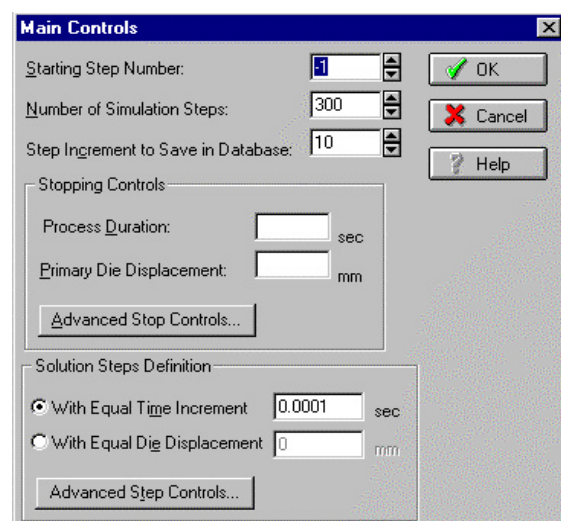
2 Valg av simulerings"modus" og simulerings-parametre

Du står inne i vinduet **Controls**. Her er det på forhånd valgt isoterm og aksesymmetrisk simulering. Du klikker derfor bare på knappen som angir SI-systemet. Klikk **Main Controls**. Du får opp et vindu kalt **Main Controls**, se Figur 3.

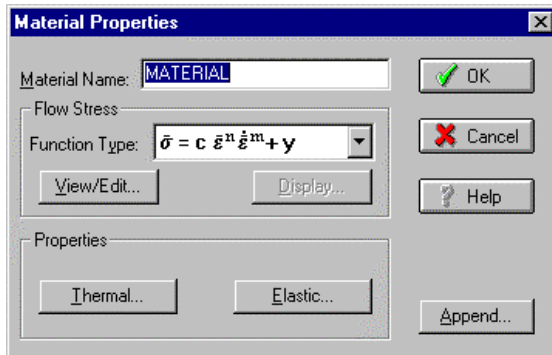
DEFORM har forhåndsvalgt **With Equal Time Increment** for deg. Skriv inn 0.0001sec. i feltet bak denne teksten.

Velg 200 beregningstrinn ved å overskrive 1 i tallet 100 som står i feltet **Number of Simulation Steps** med 2. Overskriving gjøres ved at en merker tallet med kursor før man skriver inn nytt tall. I feltet **Step Increment to save in Database** står det 10 som vi aksepterer. Dette betyr at hvert 10ende beregningstrinn blir lagret slik at det senere kan visualiseres.

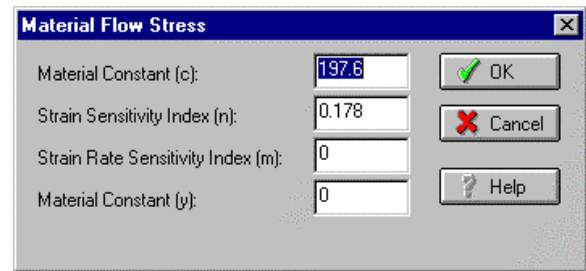
Klikk **Advanced Step Control** nederst i vinduet. Du får fram et vindu kalt **Step Controls**. Det står 0.025 i ruta **Maximum Strain in Workpiece per Step** hvilket vi aksepterer. Klikk **OK** 3 ganger. Du er nå inne i preprosessoren hvorfra modellen bygges opp.



Figur 3 Main Controls Window



Figur 4 Material Properties Window



Figur 5 Material Flow Stress Window

3 Definisjon av emnemateriale

Du er inne i preprocessorvinduet. Klikk i ruta *Material*. Du får fram et vindu kalt *Material Library*. Klikk *New*. Du får fram et vindu kalt *Material Properties*, se Figur 4. I et vindu foreslås en flytespenningsrelasjon av vår type.

Klikk *View/Edit*. Du får fram et vindu kalt *Material Flow Stress*, se Figur 5, hvor du kan legge inn konstanter i flytespenningsrelasjonen. Legg inn verdiene $C=197.6$, $n=0.178$, $m=0$ og $y=0$. Klikk **OK**.

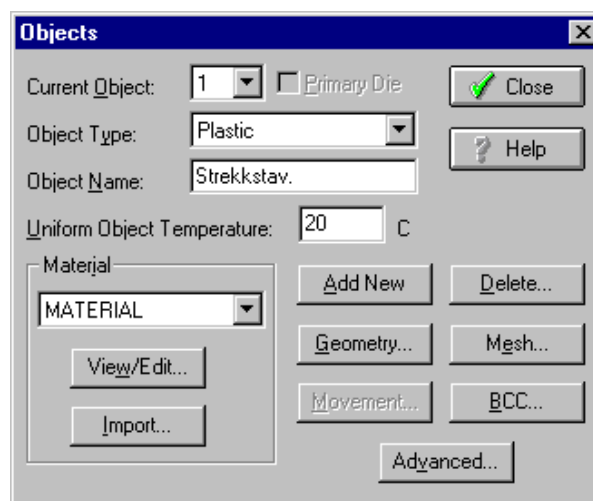
Klikk deretter i ruta *Elastic* og skriv inn E-modul 70000 i feltet *Young's Modulus* som kommer fram. Skriv inn 0.3 i feltet for *Poisson Ratio*. Klikk **OK** to ganger. Klikk *Close*.

4 Tegning av emne- og verktøy-omriss

Du klikker i ruta *Object* og får åpnet et vindu kalt *Objects*, se Figur 6, som hjelper deg til å lage omriss for emne og verktøy.

Tegning av emne:

Klikk *Add New* i denne ruta i vinduet. Programmet angir nå at du skal arbeide med objekt 1 og angir dette som et plastisk materiale. Du klikker i ruten for *Object name* og skriver inn navnet *Strekkstav*.



Figur 6 Objects Window

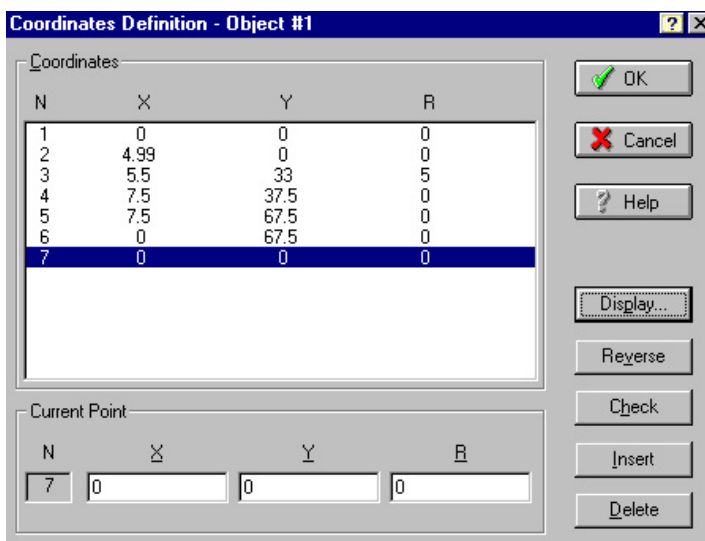
Klikk i ruten **Geometry** og et nytt vindu kommer fram. Klikk på ruten **Table** i dette vinduet. Du får nå opp et vindu som gir deg mulighet for å legge inn emneomrissets koordinater (se Figur 7 og Figur 8a). Disse legges inn i nederste rubrikk i vinduet.

Start med origo. Klikk på **x**-ruten og skriv inn 0 i denne, trykk enter på tastaturet. Cursor beveger seg nå over i **Y**-ruten. Skriv inn 0, trykk Enter på nytt. Skriv tilslutt inn 0 i **R**-ruten og trykk enter for siste gang. Tallene legges nå opp i tabellen øverst i vinduet.

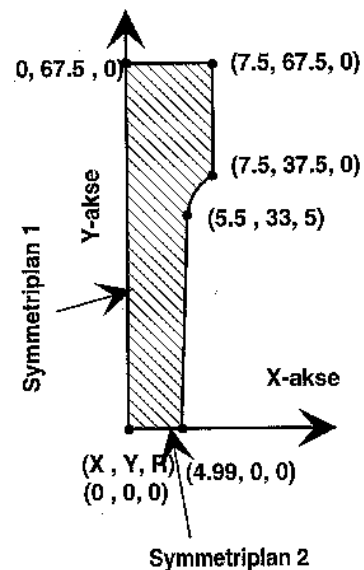
Legg inn punktet (4.99, 0, 0) på emnet på tilsvarende måte som for første punkt. Fortsett deretter med de siste punktene (5.5, 33, 5), (7.5, 37.5, 0), (7.5, 67.5, 0), (0, 67.5, 0) og origo (0, 0, 0) på nytt.

Vi har nå modellert stavomrisset med å bevege oss i retning mot urviserens bevegelse. Husk alltid å bevege deg mot urviseren når du modellerer objekter i **DEFORM**.

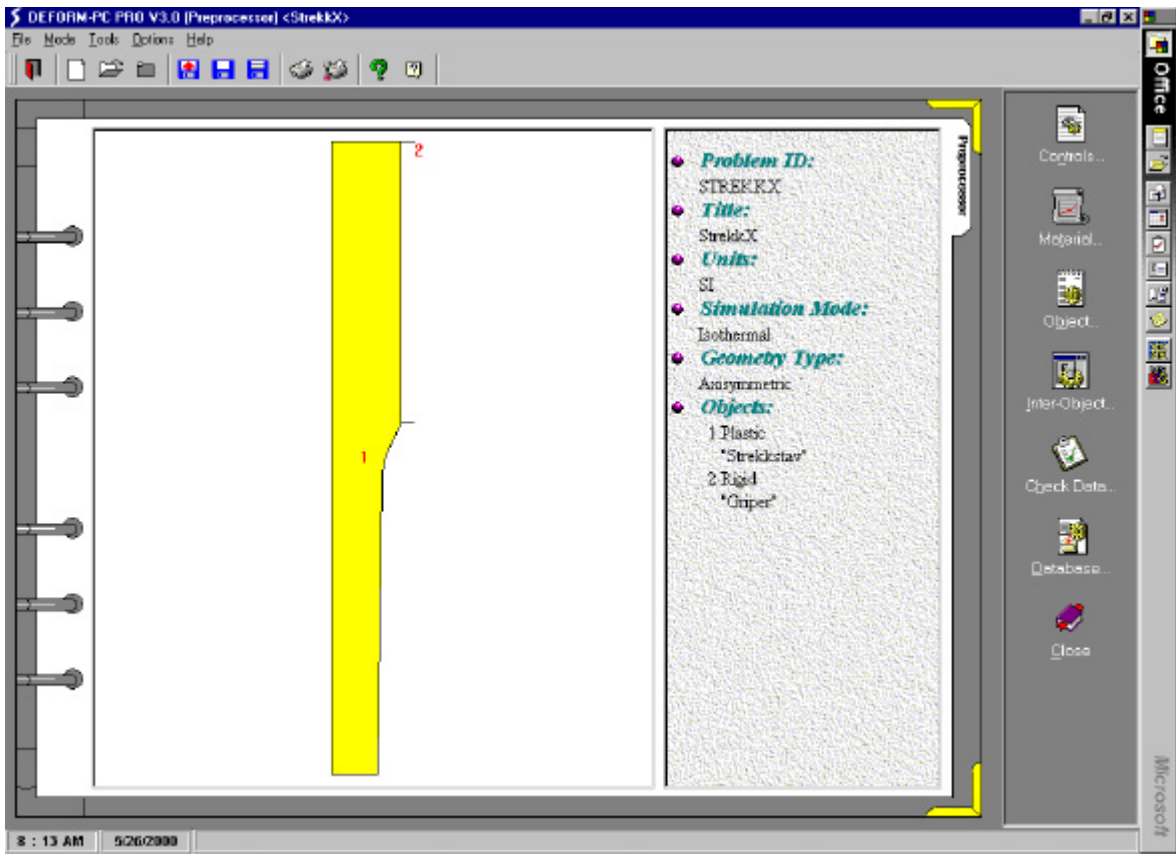
Klikk **Display** og du ser emnet modellert som lengdesnittet av en halv stav, se Figur 8. Klikk deretter **OK**, klikk **OK**, klikk **Close**.



Figur 7 Coordinates Definition Window



Figur 8a Strekkstavgeometri angitt med koordinater



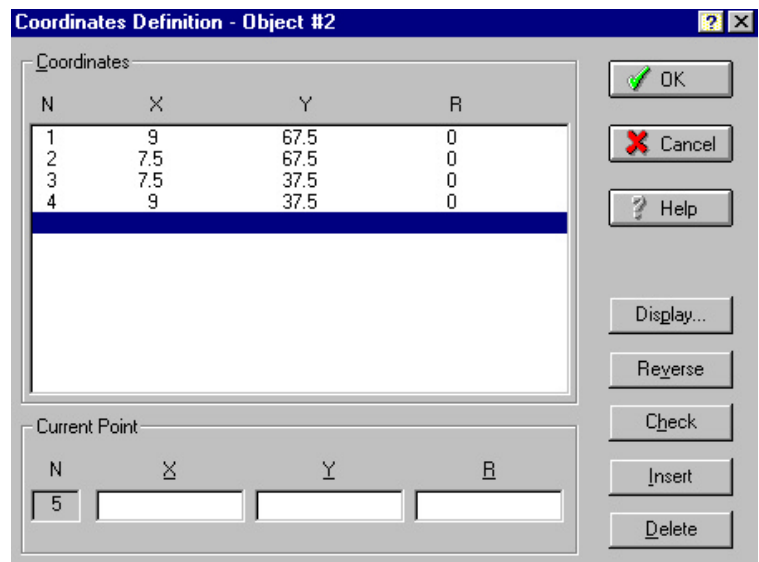
Figur 8 Stavgeometri

Du er nå inne i *Object*-vinduet igjen og skal modellere verktøyet.

Verktøy:

Klikk *Add New*. **DEFORM** foreslår nå object nr. 2 som et stivt(rigid) legeme. Dette er i samsvar med vårt ønske. Gi dette objektet navnet *Griper* ved å skrive navnet inn i ruten *Object name*.

Klikk *Geometry* for å definere verktøygeometrien. Klikk *Table*. Vinduet vist i Figur 9 kommer fram. Legg inn koordinatene (9, 67.5, 0), (7.5, 67.5, 0), (7.5, 37.5, 0) og (9, 37.5, 0) i tabellen som kommer fram, på tilsvarende måte som for første objekt. Klikk *OK*, klikk *Close* to ganger.

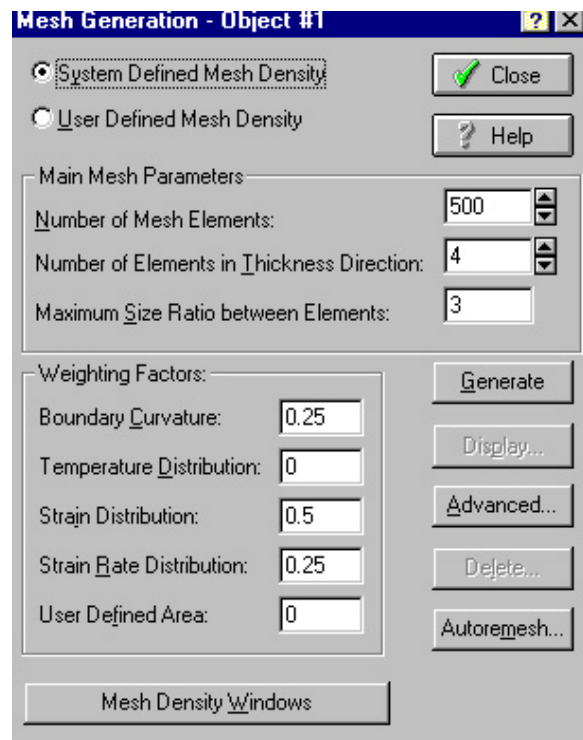


Figur 9 Coordinates Definition Window

Emnet vises nå med gul farge i vinduet som kommer fram og verktøyet vises som en strek, se Figur 8. Du har nå definert strekkstav og griper og er klar til å bygge opp elementnettverk i stavens indre.

Klikk *Object*. Når *Object*-vinduet åpnes klikker du ruten *Mesh*. Et nytt vindu kalt *Mesh Generation* kommer fram, se Fig.10. DEFORM foreslår et FE-nettverk med 500 elementer. Vi velger å benytte dette elementtallet.

Vi klikker *Generate* og PC-en bruker noe tid på å lage nettverket. Vi klikker *Display* og elementnettverket vises. Klikk *OK*, klikk *Close* og du kommer tilbake til *Object*-vinduet.



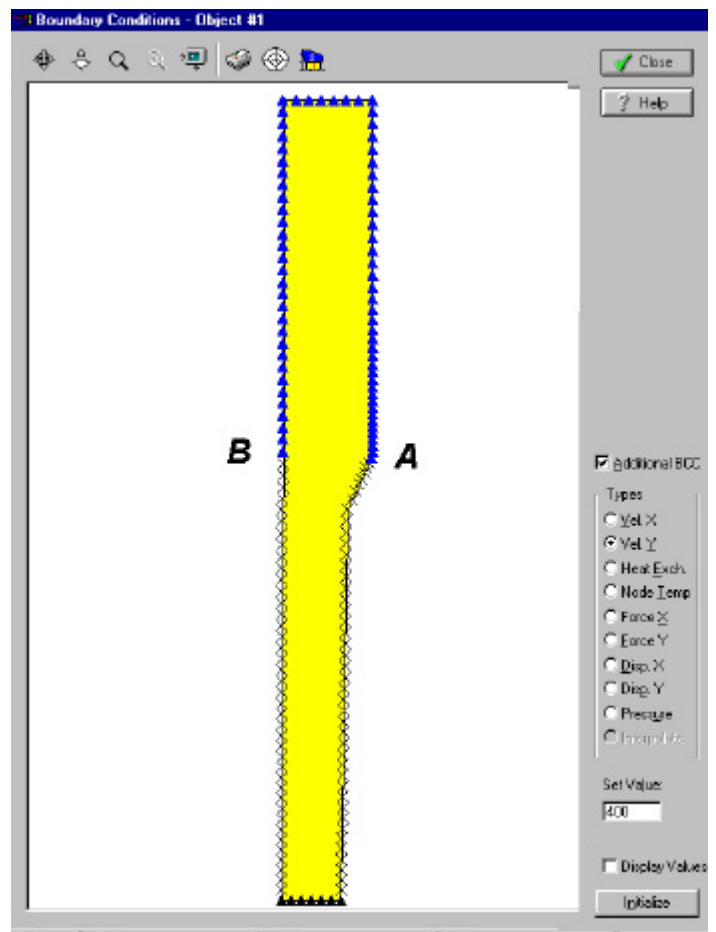
Figur 10 Mesh Window

5 Definisjon av symmetriplan

Vi er tilbake i *Object*-vinduet. Vi klikker i ruten *BCC* (*Boundary Conditions control*) og får opp et bilde av emnet hvor nettverksnoder som berører omrisset til emnet er vist med kryss. Vi angir grensebetingelsene null hastighet i *y*-retning for emnets *x*-akse (symmetriakse 2, se Figur 8a) ved å klikke med kursor på *Vel. Y*. Setter deretter kursor på noden i origo (nedre venstre hjørne) og klikk.

Noden velges og blir rød. Vi klikker deretter på noden i punkt (4.99, 0, 0), dvs. nedre høyre hjørne. Null forskyvning i *y*-retning langs symmetrilinjen markeres med sorte pilhoder, se Figur 11.

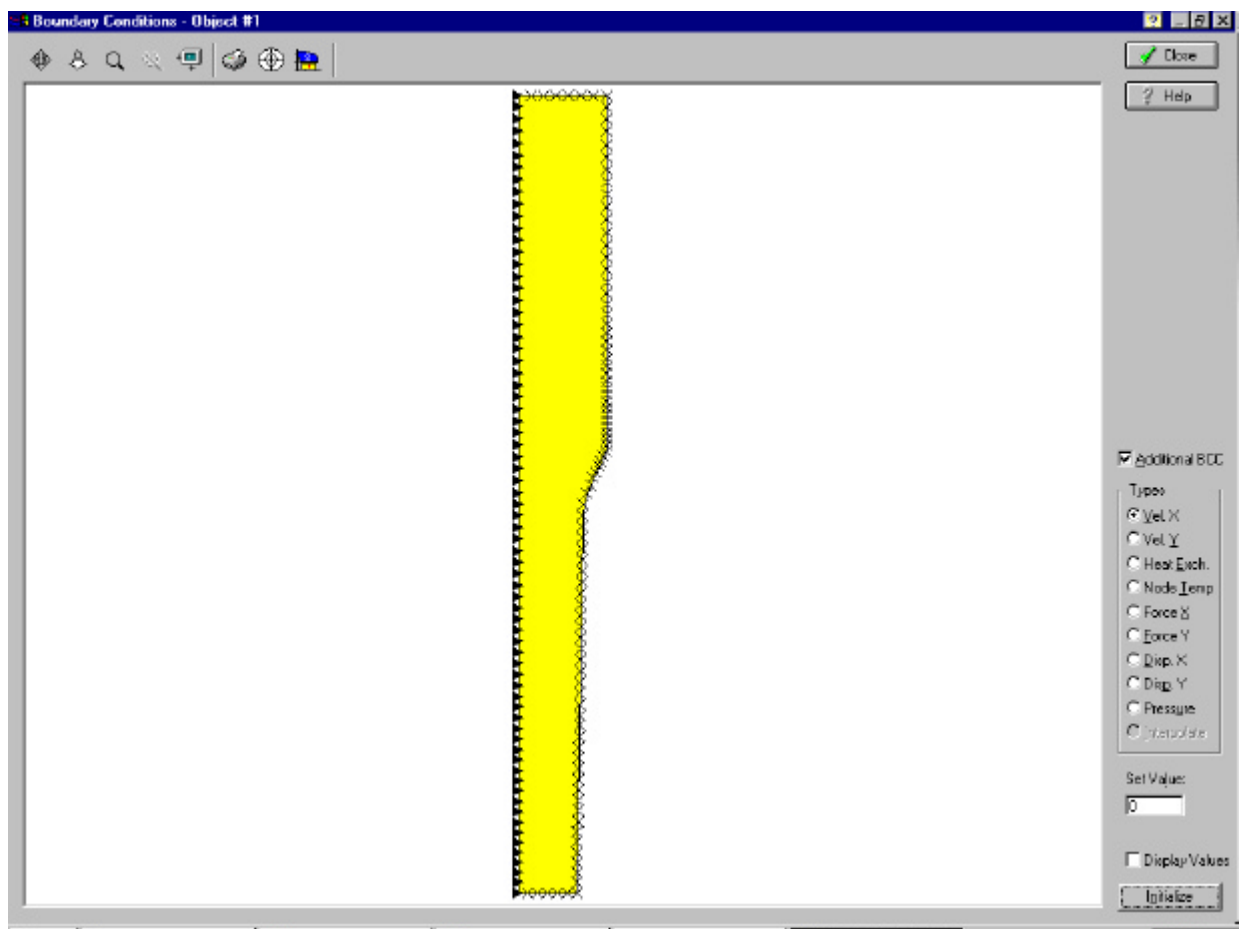
Vi angir også grensebetingelser for strekkstavens hode. Dette gjør vi ved å angi en hastighet på 400mms^{-1} for stavhodets nettverksnoder. Dette kan gjøres ved å skrive 400 i ruten *Set Value* og deretter klikke på nodene A og B som vist i Figur 11.



Figur 11 BCC i *y*-retning.

Nye grensebetingelser vises nå med blåe piler som vist i Figur 11. Klikk **Display Values** og gitte grensebetingelser i y-retning vises nå med tall.

Tilslutt må vi angi grensebetingelser i x-retning. Noder langs symmetriplan 1 (se Figur 8a) skal ha null hastighet i x-retningen. Disse grensebetingelsene innstilles ved å klikke på knappen **Vel. X**. Deretter klikker man med kursor på start- og sluttnoden for dette symmetriplanet. Hvis det er vanskelig å “treffe” de riktige nodene kan bildet først forstørres opp ved å klikke på forstørrelsesglasset øverst på skjermen og deretter dra kursor over området som ønskes forstørret. Når dette er gjort vises bildet gitt i Figur 12. Klikk **Close** og du går tilbake til vinduet **Objects**.



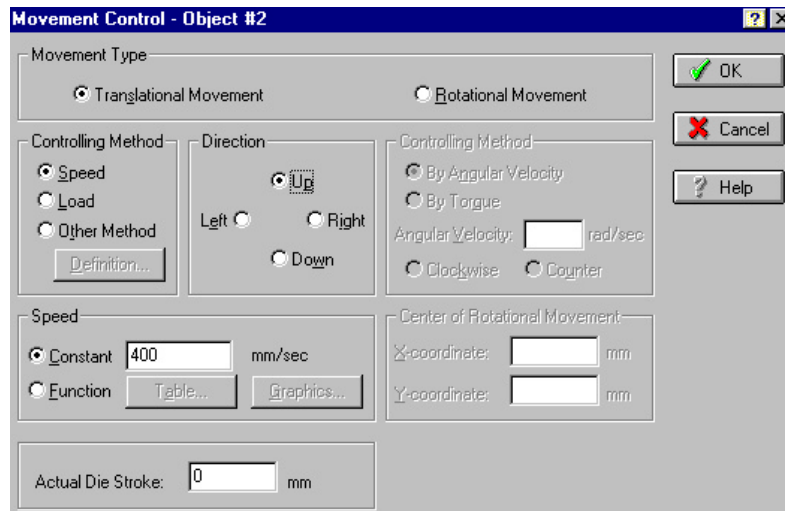
Figur 12 BCC i x-retning

6 Angivelse av bevegelse

Klikk på pilhode i vinduet **Current Object** og velg **Object 2** ved å klikke på feltet med 2-tall som kommer fram.

Klikk på ruta **Movement**. Du får fram et vindu kalt Movement Control, se Figur 13, hvor du kan spesifisere strekkbakkens bevegelse.

Denne er forhåndsinnstilt som translatorisk forskyvning (dvs. ingen rotasjon) med konstant hastighet og bevegelse nedover.



Figur 13 Movement Control Window

Klikk først på knappen *Up*. Sett deretter bevegelseshastigheten til 400mm/s ved å overskrive nullen angitt i feltet *Constant* med 400. Klikk *OK*. Klikk *Close*.

7 Betraktning av emnematerialvalg

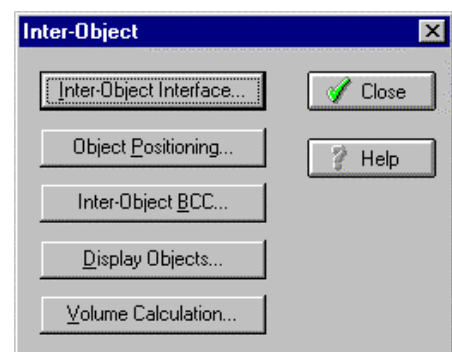
Klikk *Object* og gå inn i objektvinduet. Klikk *View/Edit* under *Material*. Klikk også *View/Edit* i det nye vinduet som kommer fram. Du får bekreftet valget av emnemateriale som det du spesifiserte flytespenningsverdier og E-modul for.

Klikk *OK* to ganger. Klikk *Close* og gå tilbake til preprosessoren.

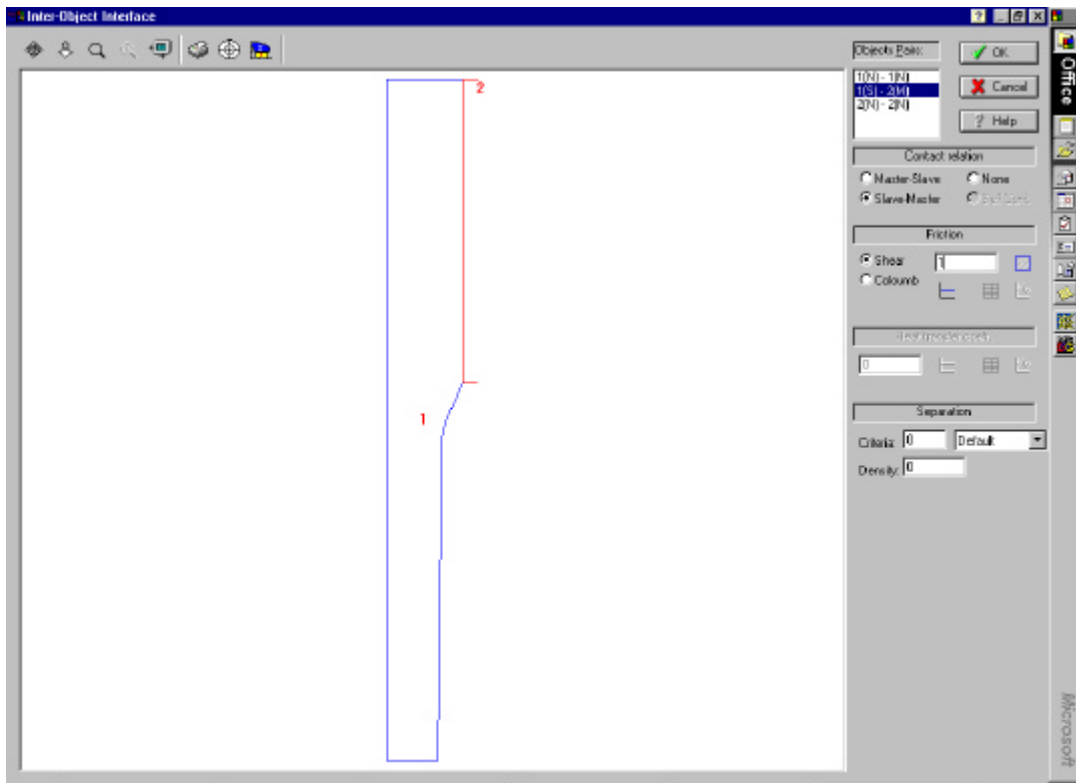
8 Definer friksjonsmodell/friksjons-parametre og knytt emne og verktøy sammen.

Du er inne i preprosessorvinduet. Klikk i ruta *Inter-Object*. Du får opp et nytt vindu kalt *Inter-Object Interface*, se Figur 14. Velg nå *Inter-Object Interface* ved å klikke i ruta med denne teksten.

Du får opp et vindu kalt *Inter-Object Interface* som gir deg mulighet for valg av friksjon. Velg varianten $I(N)-2(N)$ under *Object Pairs* ved å klikke på teksten $1(N)-2(N)$. Klikk deretter på knappen *Slave-Master*. Linja som definerer verktøyet får nå rød farge. Klikk deretter på knapp for *Shear*-friksjon. DEFORM foreslår en friksjonsfaktor på 0. Vi ønsker høyest mulig friksjon (heft) mellom griper og strekkstav. Vi setter derfor friksjonsfaktoren lik 1, se Figur 15.



Figur 14 Inter-Object vinduet.



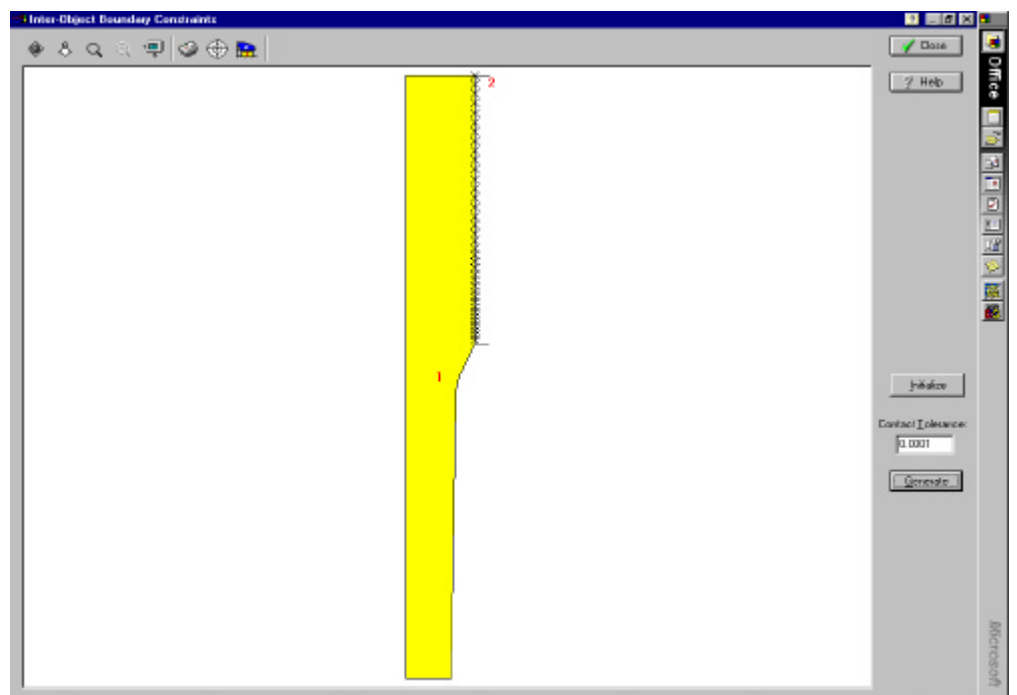
Figur 15 Vinduet *Inter-Object Interface*.

(NB! Det er to programvarianter av DEFORM. I den med enklest friksjons-beskrivelse er det nok å velge *Shear* og sette friksjonsfaktoren lik 1)

Klikk *OK*.

Du er tilbake i vinduet med navn *Inter-Object*. I dette vinduet velger du *Inter-object BCC* ved å klikke i denne ruta.

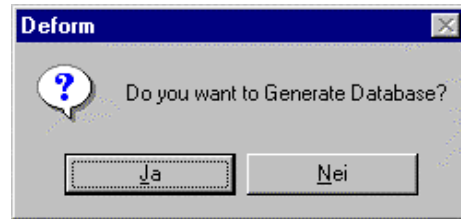
Du får opp et nytt vindu som viser emne og verktøy. Klikk på *Generate* i dette vinduet. Noder i emnet i kontakt med verktøyet markeres med kryss, se Figur 16. Emne og verktøy er nå knyttet sammen. Klikk *Close* to ganger.



Figur 16 *Inter-Object BBC Window*

9 Lag database

Klikk i ruta *Database*. Svar bekreftende på at du vil lage database. Lukk pre-prosessoren ved å klikke i ruta *Close*.



Figur 17 Database

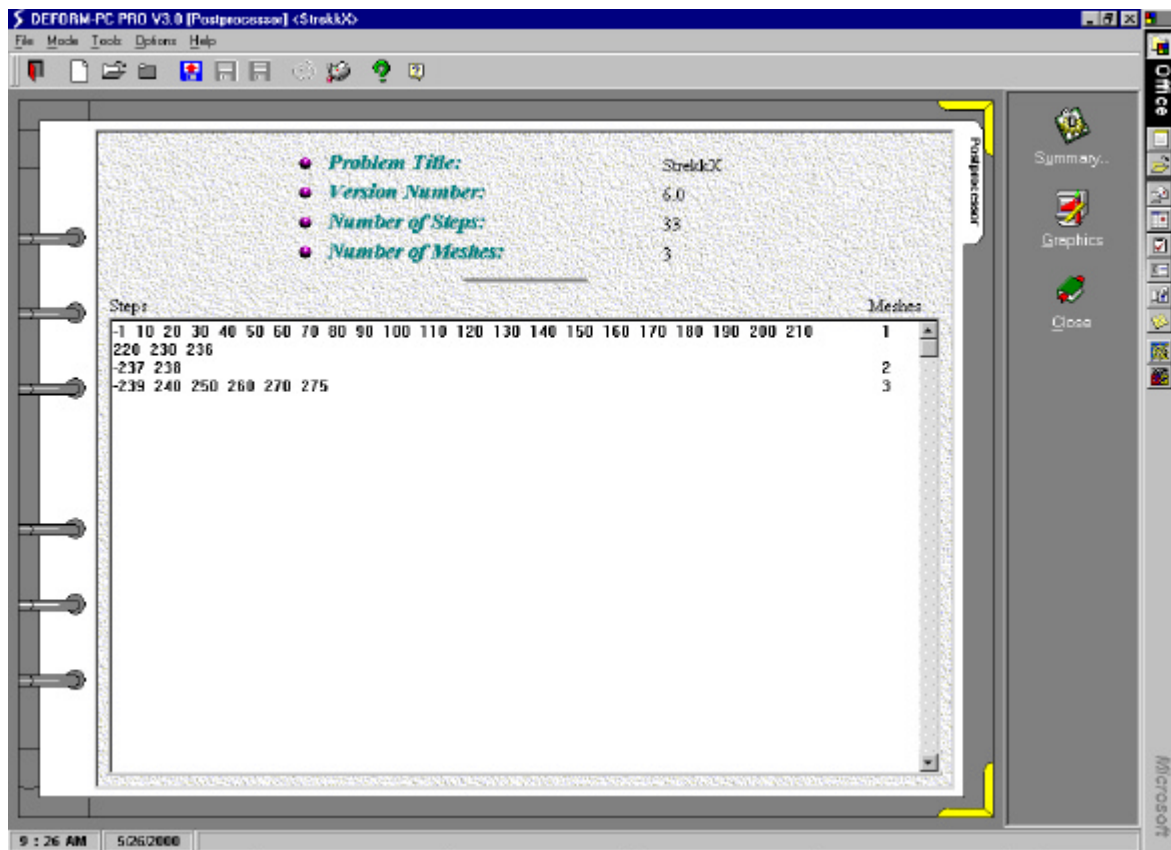
10 Start simuleringen

Velg Simulering ved å klikke i ruta med dette navnet. Velg deretter å visualisere simuleringen etter hvert som denne skrider fram ved å klikke i ruta *Graphics*. Klikk knappen foran feltet *Display Graphics during Simulation* i det nye vinduet du kommer inn i. Klikk *OK*. Klikk ikonet *Start* oppe til høyre. Bekreft at du ønsker å starte simuleringen ved å klikke *Yes*. Maskinen begynner å regne og viser at prøven strekker seg i aksial retning og reduserer seg i radiell retning. Etter at simuleringen er ferdig, får du beskjed om at *Simulation is completed*. Klikk *OK*. Klikk *Close*.

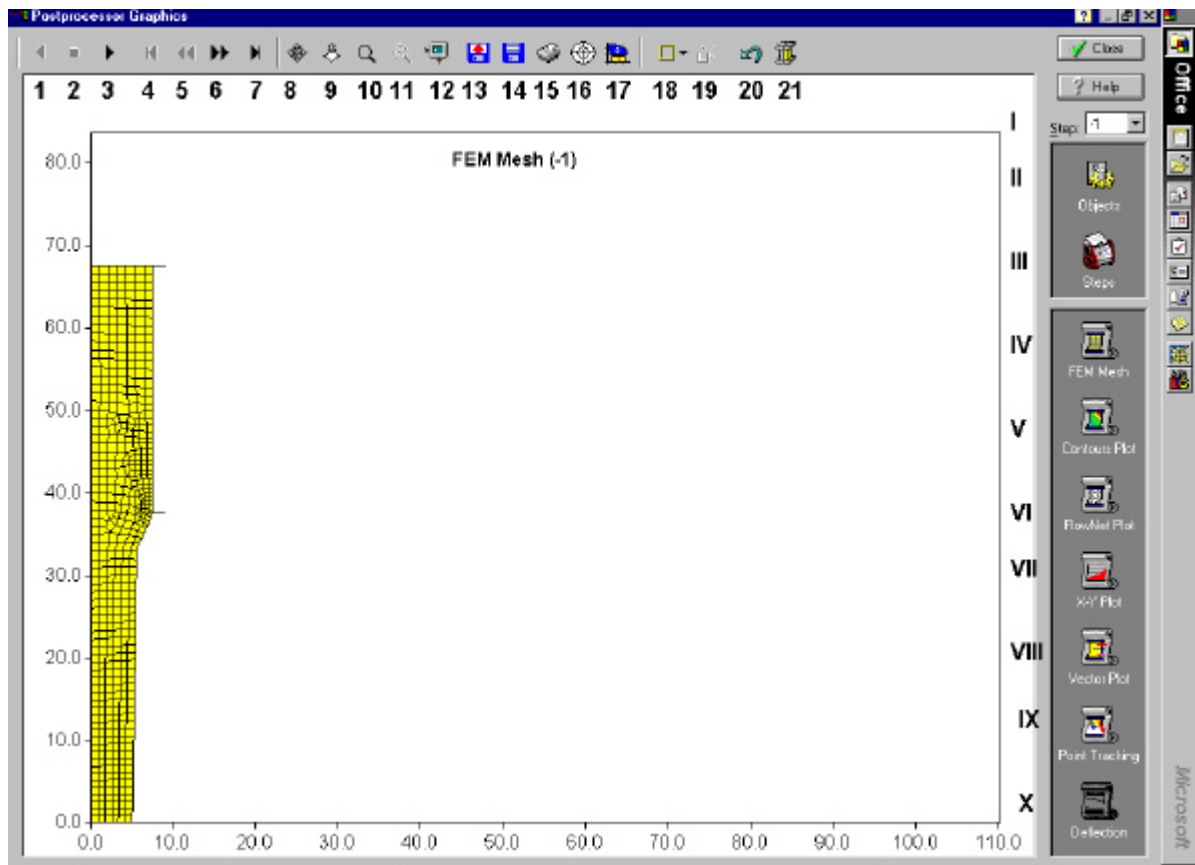
11 Postprosessering.

Velg *Postprocessor* ved å klikke på denne ruten.

Du får fram et vindu, se Figur 18, som angir nr. til lagrede beregningstrinn. Klikk i ruten kalt *Graphics*.



Figur 18 Postprocessor



Figur 19 Postprocessor Graphics

Du får fram et vindu kalt **Postprocessor Graphics**. Dette vinduet er vist i figur 19. Øverst i vinduet finnes en rekke ”knapper” (angitt i figur 19 med tallene 1 - 21) og til høyre ei rute for utvelgelse av aktuelt beregningstrinn samt en rekke ikoner (angitt i figur 19 med romertall I – X). Ved hjelp av disse ”innretningene” kan man ta fram beregningsresultater, og vise disse på en hensiktsmessig grafisk måte.

I postprosessorvinduet vises et plott av emnetverrsnittet med indre FE-nettverk. Klikk knapp nr. 3 og DEFORM viser de lagrede beregningstrinnene i rask sekvens. Klikk knapp 1 og du går trinnvis tilbake i rask sekvens til situasjonen før stinking. Klikk knapp 6 flere ganger, og du går trinnvis gjennom lagrede beregningstrinn.

Noen av de andre knappene øverst i vinduet har følgende «funksjoner»:

Knapp 2	Stopper den trinnvise visningen av stinkingen
Knapp 5	Man går trinnvis tilbake
Knapp 7	Går til siste beregningstrinn
Knapp 10	Gir mulighet for å utvelge en del av bildet som forstørres opp
Knapp 11	Forminsker tilbake til starttilstanden
Knapp 14	Lagrer bildet (som Bitmap-fil)
Knapp 17	Gir mulighet for å redigere bildet
Knapp 21	Kan vise hele formeprosessen

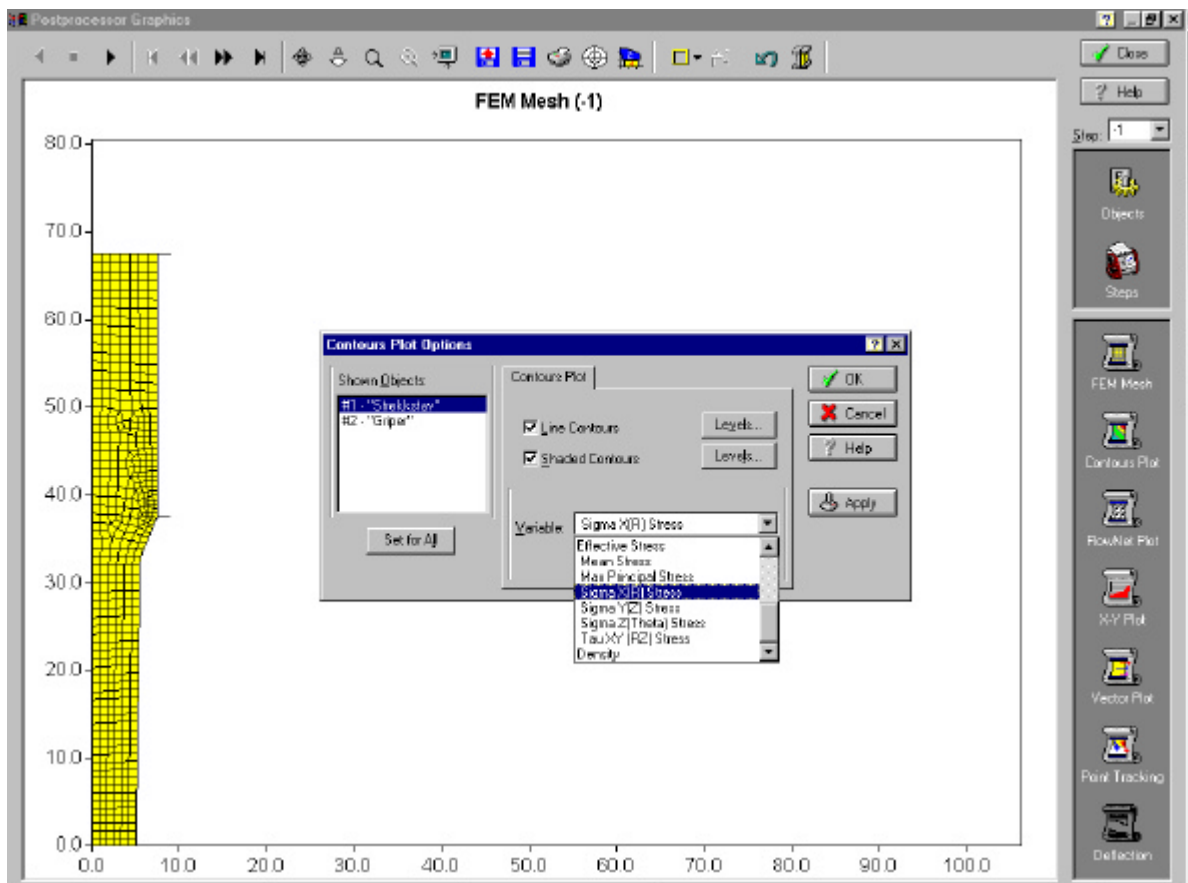
Framtaking av fordelingsbilde (kontur-plott) av f.eks. aksiell spenningsfordeling i innsnringsområdet:

Klikk på ikon nr. V kalt *Contours Plot*. Et vindu kalt *Contours Plot Options* åpnes. Klikk i de to rutene *Line Contours* og *Shaded Contours*.

Klikk pilhode i feltet *Variable* og velg *Sigma X(R) Stress*, se figur 20. Klikk *Apply*. Klikk *OK*. Kjør til slutt-tilstanden ved å klikke knapp nr. 3 i menyen øverst i vinduet. Du får fram et bilde av spenningsfordelingangitt med konturlinjer og en fargeskala. Skalaen angis ved hjelp av spenningsverdier for hver linje/farge.

Velg beregningstrinn 120 ved hjelp av "vinduet" I (se figur 19). Klikk knapp 10 og sett kursor et sted i bildet. Trykk inn museknappen og dra ut ei rute over det området du ønsker å forstørre. I vårt tilfelle er det innsnringsområdet på prøven som ønskes forstørret. Dersom du får forstørret galt utsnitt klikker du bare på knapp 11 som forminsker tilbake til starttilstanden. Når motivet er forstørret kan du ha nytte av knapp 8. Når du har klikket denne knappen og setter kursor på bildet av strekkprøven, og holder ned museknappen samtidig som du flytter på musa, kan du forskyve motivet av strekkprøven i ønsket retning. Når du har fått denne i riktig posisjon må du klikke en gang til på knapp 8 for deaktivisere denne opsjonen.

Klikk knapp 17 (se figur på forrige side) for å redigere bildet. Klikk på pilhode i ruta *Rectangle/Silver*. Bla nedover med pilhodet og velg *White*. Klikk *OK*. Du får hvit bakgrunn på bildet ditt og dette gir et bedre bilde når dette skrives ut. Klikk Knapp 14 for å lagre bildet. I feltet *Save as type* velger du *Bitmap Files*. I feltet *File name* skriver du inn navn på fila som bildet skal lagres i, f.eks. *Axiaspenn*. Klikk *Save*. Klikk *OK*. Bildet lagres på direktoratet DEFORM/Problem/StrekkX.



Figur 20 Utvelgelse av Contours Plot

Lag tilsvarende fordelingsbilder for de andre spenningskomponentene og for effektiv spenning.

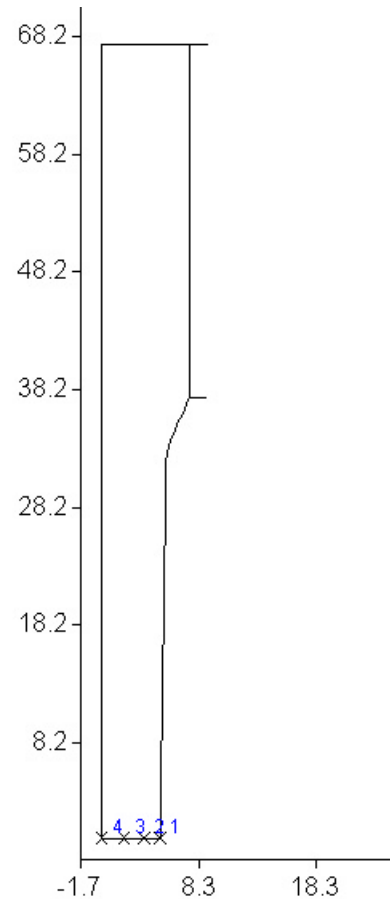
Point Tracking: Klikk ikon nr. IX kalt *Point Tracking*. Du får opp et vindu kalt *Point Tracking Options*. Klikk i ruta *Show Point Tracking*. Klikk *Set Points*. Du får nå opp et bilde av emnet. Klikk knapp helt til venstre i menyen øverst oppe i vinduet. Velg ut fire punkter i emnet ved å peke kursor (i form av et kryss) på aktuelt sted i emnet, og klikk. For nøyaktig plassering av punktene kan det være en fordel å “zoome” opp et utsnitt av strekkstaven. Legg punktene som vist i figur 21. Klikk *Close*. Klikk *Apply*. Klikk *OK*. Klikk knapp 7 og betrakt punktenes posisjon ved slutten av simuleringen.

Klikk ikon IX igjen. Velg *Function of Time*. Klikk på pilhode i ruta *Variable*. Velg *Sigma X(R) Stress*. Klikk *Apply* og deretter *OK*. DEFORM viser aksial spenning i punktet som funksjon av tid under strekkingen for de fire utvalgte punktene.

Rediger kurven du får ut ved å klikke knapp 17 i vinduet. Velg hvit bakgrunn i rektanglet (*Rectangle - White*). Klikk *OK*. Bildet lagres på tilsvarende måte som du gjorde tidligere, men selvfølgelig med nytt navn.

Benytt tilsvarende prosedyre som angitt ovenfor for å bestemme de andre spenningskomponentene samt effektiv spenning.

Helt til slutt lager du deg et Word-dokument. Bildene som er lagret som Bitmapfiler innsettes i dette dokumentet. Dokumentet blir ikke større enn at du kan kopiere det over til en diskett slik at du kan bringe resultatene med deg.



Figur 21 Valg av punkter i strekkstavens innsnøringsområde.