

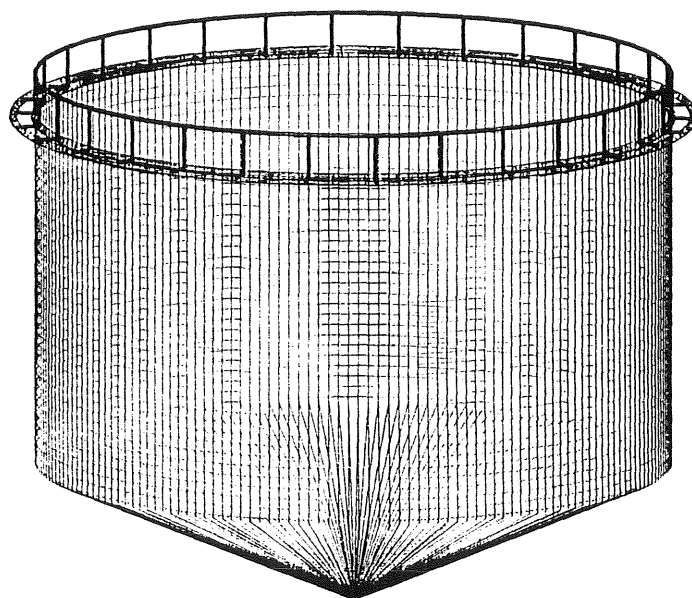
Institutionen för vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola

Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology

**Hydrodynamiska laster på flexibla konstruktioner.
En jämförelse av snittkrafter i en fiskodlingsanläggning
för tre olika beräkningsmetoder.**

av

Johan Berg och Charlotta Holmqvist





**Institutionen för Vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola**

**Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology**

Hydrodynamiska laster på flexibla konstruktioner.

**En jämförelse av snittkrafter i en
fiskodlingsanläggning för tre olika
beräkningsmetoder**

av

Johan Berg och Charlotta Holmqvist

Examensarbete 1995:6

Göteborg 1995

Adress: Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology
412 96 Göteborg

Tel: 031 - 772 10 00
Fax: 031 - 772 21 28

Förord

Detta examensarbete behandlar tre olika metoder att beräkna våglaster mot en konstruktion och har utförts hos Dynomar AB i Hovås för institutionen för Vattenbyggnad på Chalmers Tekniska Högskola sommaren och hösten 1995.

Vi skulle vilja tacka personalen på Dynomar för deras hjälp och stöd under arbetets gång och ett särskilt tack riktar vi till vår handledare Nils Mårtensson. Även de personer som hjälpt oss med framtagning av nödvändiga materialparametrar är vi stort tack skyldiga. Dessa personer är angivna i referenslistan.

Hovås i december 1995

Johan Berg Charlotta Holmqvist

Sammanfattning

Examensarbetet behandlar tre olika sätt att beräkna våglaster mot en konstruktion med slanka strukturkomponenter och utreder huruvida hänsyn måste tas till andra ordningens laster under dimensioneringen, alltså vilken metod för lastutvärderingen som är lämplig och tillräckligt noggrann. De tre beräkningsmetoderna innebär att strukturmodellen utsätts för i det första fallet en regelbunden våg i programmet SOLVIA, och detta resultat jämförs med samma regelbundna våg i programmet Flexcom3D. Båda dessa resultat jämförs slutligen mot en oregelbunden våg med motsvarande vågdata framtagen även den i Flexcom3D. Den senare ska modellera verkligheten. Beräkningarna har gjorts på en fiskodlingsanläggning tillverkad i plast för att få stora utböjningar tack vare den flexibla konstruktionen och för att se hur dessa påverkar resultatet.

Ett stort arbete har lagts ned på att beräkna tvärsnittsstorheter, dels för att få med effekten av den flexibla strukturen och dels för att det i datorprogrammen varit nödvändigt att göra vissa modifieringar av indata för att dessa inte skulle komma att påverka slutresultatet. Om en jämförelse ska säga något måste ju de olika strukturmodellerna stämma överens.

När sedan beräkningarna påbörjats visade det sig omöjligt att ha kvar fisknätet och de linor som bottenförankrar anläggningen om beräkningarna skulle konvergera, därför togs dessa bort helt. Ytterligare förenklingar som gjorts är att de så kallade inre och yttre förankringslinorna, det vill säga de linor vilka stagar anläggningen vid en eventuell sammankoppling med fler, är modellerade som linjära fjädrar i drag, medan de i tryck inte tar någon last alls. I verkligheten är dragkurvan inte linjär.

De slutsatser som kan dras är att liknande strukturer, det vill säga strukturer nära vattenytan, bör beräknas med program som tar hänsyn till partiell nedsänkning, samt att beräkningar med oregelbundet sjötillstånd kan ge mindre snittkrafter och därigenom mindre dimensioner på anläggningen. I korta ordalag överdimensioneras alltså anläggningen med regelbunden våg, men en noggrann studie bör göras av resonansperioder.

Abstract

This master's thesis deals with three different ways to calculate waveloads on a structure and investigates whether special care must be taken to loads of the second order during the design, i. e. what method of load evaluation that is suitable and accurate enough. The three different calculation methods used are, firstly, a regular wave in SOLVIA, and that is compared to the same wave in Flexcom3D. Finally both these results are compared to an irregular wave in Flexcom3D with corresponding wave data. The latter is supposed to model reality best. The calculations have been made for a fishfarm made of plastic to achieve large deflections due to the flexible structure, and to find how these effects the results.

A lot of work has been done to calculate cross sectional quantities, in part to get the effect of a flexible structure into account and in part to be able to make certain modifications of input data to the computer programmes to avoid problems with convergence. If a comparison is to be of any value, the different structural computer models have to be identical.

When calculations had been started, it proved to be impossible to keep the fishnet and the seabed anchorage cables in the computer models if the calculations were to converge. That is why these were excluded from the models. The inner and outer cables were modelled as non-linear springs. They can resist tension only and are unable to resist compression. The cables are modelled with a linear response curve in tension. In reality the characteristics of the spring has a non-linear response in tension.

Conclusions that have been made are that similar structures, i. e. structures near the waterlevel should be calculated with programmes that take partially submerged sections into account and that calculations using an irregular wave could possibly give lesser internal forces in the structure and thus more slender members.

Innehållsförteckning

| | |
|-------------------------------|-----------|
| FÖRORD | 1 |
| SAMMANFATTNING | 2 |
| ABSTRACT | 3 |
| INNEHÅLLSFÖRTECKNING | 4 |
| PROBLEMBESKRIVNING | 6 |
| TEORI | 7 |
| Designvåg | 7 |
| Morison | 9 |
| Oregelbundet sjötillstånd | 9 |
| POLAR CIRKEL GIGANTE | 11 |
| Verkligt utseende | 11 |
| Flytrör, beslag och handräcke | 11 |
| Förankringslinor | 12 |
| Nät | 14 |
| Omräkning av indata | 14 |
| Flytrör, beslag och handräcke | 14 |
| Förankringslinor | 18 |
| Nät | 20 |
| Indata till Flexcom3D | 20 |
| Indata till SOLVIA | 20 |
| Vågdata | 22 |
| PROGRAMSKILLNADER | 24 |
| Gjorda analyser | 24 |
| Körningsrutiner | 25 |
| RESULTAT | 26 |
| Beräkning av SOLVIA-resultat | 26 |

| | |
|--|-----------|
| Beräkning av Flexcom3D-resultat | 26 |
| Skillnader i beräkningresultat | 28 |
| SLUTSATSER | 30 |
| NOMENKLATUR | 31 |
| Koordinatsystem | 32 |
| Beteckningar | 33 |
| PROGRAMVARA | 34 |
| Flexcom3D v. 3.1.3 | 34 |
| SOLVIA v. 90.2 | 34 |
| WAMIT v. 5.1 | 34 |
| MIMOSA-2F v. 1 | 34 |
| Hydsolv v. 4.02 | 34 |
| Linedata | 34 |
| Cirknod v. 1.0 | 34 |
| REFERENS- OCH LITTERATURLISTA | 35 |
| APPENDIX | 36 |

Problembeskrivning

För att öka produktionen av fisk har olika typer av fiskodlingsanläggningar, nedan enbart refererade till som anläggningar, utvecklats i olika utförande och material. Under senare år har en variant tillverkad i plastmaterial framtagits. En anläggning av plast får en mycket låg styvhet och den kan därmed följa med i vågorna. Eftersom strukturen är så flexibel får den utböjningar som innebär att det tillkommer andra laster utöver de för en stelkropp. Detta examensarbete syftar till att svara på frågan om det är nödvändigt att ta hänsyn till dessa laster, det vill säga att om man under designprocessen är tvungen att göra en noggrannare analys av strukturen än den som normalt görs.

Den allra enklaste formen av lastberäkning är att behandla strukturen som en stelkropp och se denna som upplagd på och fixerad vid vågtopparna som en kontinuerlig balk och enbart belastad med egentynngd och beräkna snittkrafter. Denna metod redovisas inte här.

Som förenklad modell har här använts ett programpaket med SOLVIA och ett på Dynamar utvecklat program vilket heter Hydsolv. Hydsolv arbetar i sin tur mot ett diffraktionsprogram vilket heter WAMIT. Hydsolv beräknar strukturens våglaster för regelbundna vågor med vågdata från WAMIT och därefter läggs dessa laster på strukturen i SOLVIA. På detta sätt erhålls snittkrafter ur SOLVIA-beräkningen, men eftersom lasterna i Hydsolv inte tar hänsyn till strukturens deformation eller läge i förhållande till vattenytan fås heller ingen effekt av detta i SOLVIA i uträkandet av deformationer och snittkrafter. Med andra ord: Lasterna beräknas för en stelkropp med samma yttre utseende som den verkliga modellen, dessa laster läggs sedan på den verkliga strukturmodellen med verkliga styvheter och därmed erhålls snittkrafter och deformationer där ingen hänsyn är tagen till strukturens deformationer under lastberäkandet. Analysen är statisk i flera tidssteg av en vågperiod.

För att modellera anläggningen verklighetstroget har vi använt oss av ett program som heter Flexcom3D i vilket hänsyn tas till strukturens utböjningar och förändring av läge i vattnet vid lastberäkningen. I Flexcom3D belastas strukturen dels med regelbunden våg och dels med oregelbunden våg. Här görs beräkningen med ickelinjär dynamisk analys.

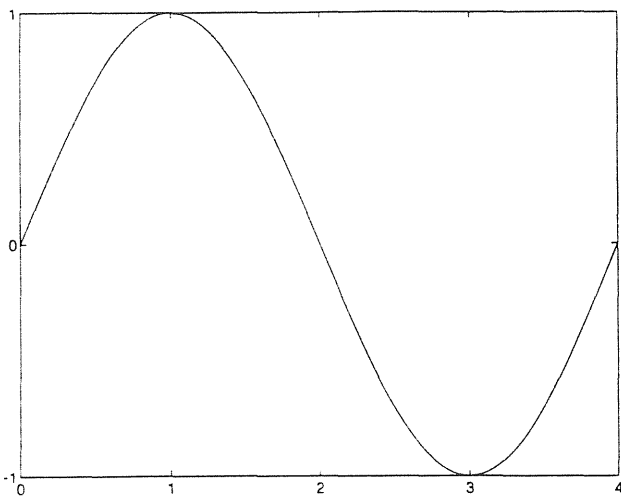
Den verkliga strukturen har även ett fisknät, men detta har ej modellerats på grund av att det leder till konvergensproblem då detta nätet består av mycket böjveka linor i förhållande till styvheten hos den övriga strukturen.

Teori

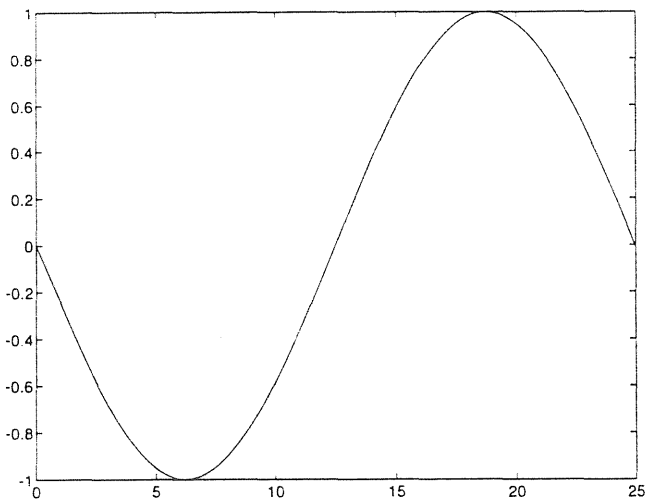
För utförligare genomgång av teorier hänvisas till referenser [4], [9], [10], [13] och [21].

Designvåg

I sin enklaste form kan havsvågor beskrivas som sinusvågor, Airyvågor



Figur 1: Sinusvåg, x-axeln anger tid

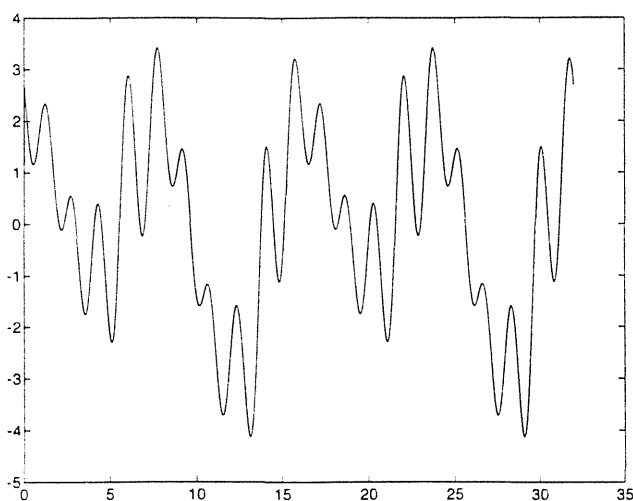


Figur 2: Sinusvåg, x-axeln anger längd

$$\eta = \frac{H}{2} \sin(\omega t - kx)$$

Ekv 1¹

Havsvågor har dock sällan detta utseende utan består av ett flertal olika vågor, med olika perioder och amplituder.



Figur 3: Oregelbunden våg

Dessa vågor kan delas upp i Fourierserier baserade på en grundfrekvens och multiplar av denna.

$$\eta(t) = \sum_{n=1}^N (a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)) \quad \dots (2)$$

Antag en mätsekvens med längden T_s

$$a_n = \frac{2}{T_s} \int_0^{T_s} \eta(t) \cos(n\omega t) dt \quad \dots (3)$$

$$b_n = \frac{2}{T_s} \int_0^{T_s} \eta(t) \sin(n\omega t) dt \quad \dots (4)$$

¹ För alla kommande variabler se Nomenklatur, Beteckningar

Morison

Laster på strukturen beräknas enligt Morisonsteori. Kraften kan för en fix struktur skrivas:

$$df_I = C_M \rho \frac{\pi}{4} D^2 \frac{\partial u}{\partial t} ds \quad \dots (5)$$

$$df_D = \frac{1}{2} C_D \rho D |u| u ds \quad \dots (6)$$

Kombineras masströghetskraft och släpkraft fås Morisons ekvation

$$f = C_M A_I \frac{\partial u}{\partial t} + C_D A_D |u| u \quad \dots (7)$$

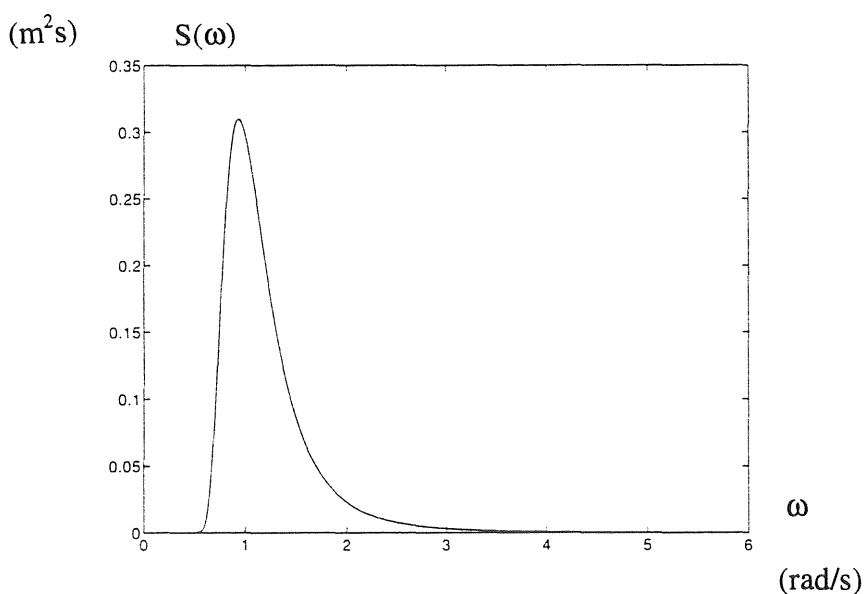
$$A_I = \rho \frac{\pi}{4} D^2 \quad \dots (8)$$

$$A_D = \frac{1}{2} \rho D \quad \dots (9)$$

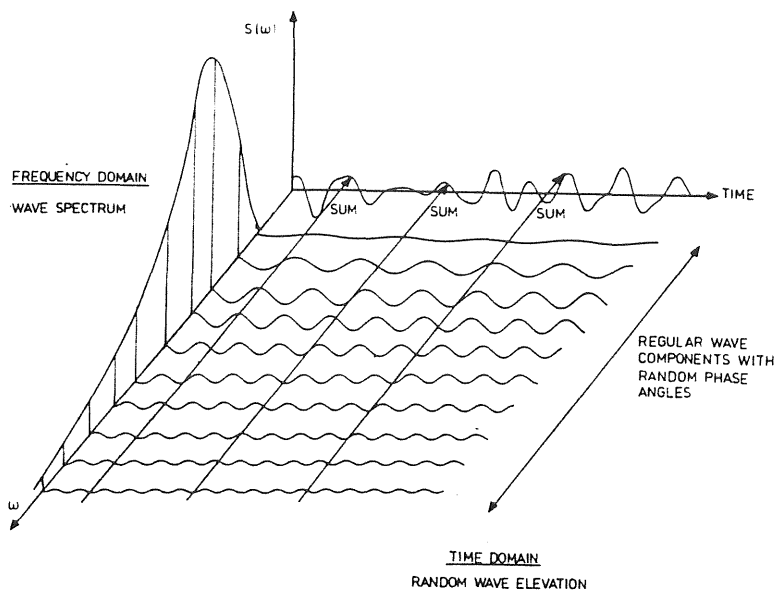
Observera att A_I och A_D har olika dimension.

Oregelbundet sjötillstånd

Det oregelbundna sjötillståndet beskrivs med hjälp av ett PM-spektrum, det vill säga ett fullt utvecklat sjötillstånd råder.



Figur 4: PM - spektrum frekvensdomän



Figur 5: PM - spektrum i frekvens- och tidplan (Från Faltinsen [9])

PM-spektrat kan skrivas som

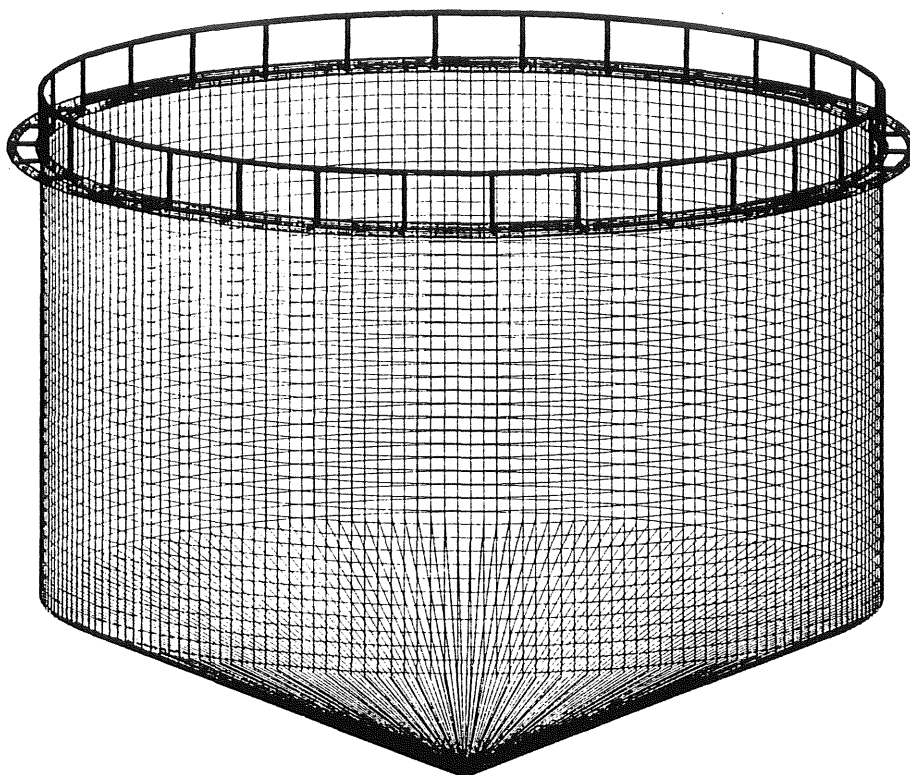
$$S(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5} e^{-1.25 \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^{-4}} \quad \dots (10)$$

Peakfrekvensen, ω_0 beräknas ur

$$\omega_0^2 = 0.161 \frac{g}{H_s} \quad \dots (11)$$

Polar Cirkel Gigante

En verklig fiskodlingsanläggning² har modellerats så likt verkligheten som programmen tillåter. Vi har utgått från en anläggning från Helgeland Holding A/S i Ytteren i Norge vars försäljningsnamn är Polar Cirkel Gigante [11], [12]. Vi har valt denna anläggning som är tillverkad av plast för att få stora deformationer och därmed större skillnad i laster i jämförelserna mellan olika beräkningsmodeller.



Figur 6: Polar Cirkel Gigante

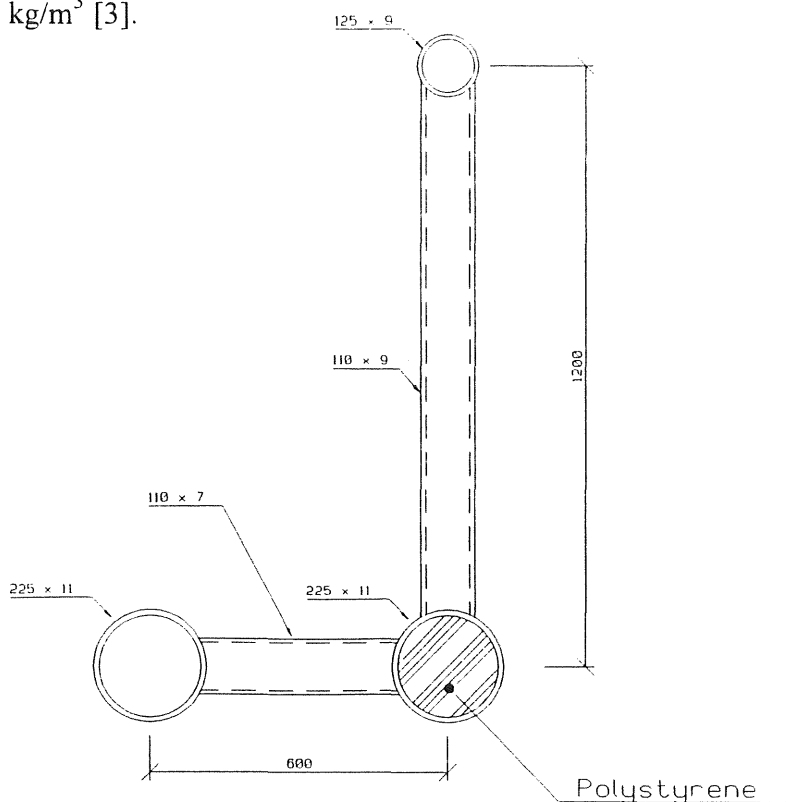
Verkligt utseende

Flytrör, beslag och handräcke

Anläggningen är cirkulär med en omkrets av 60 meter, dvs en diameter av 19.1 meter. Den består av två flytrör sammankopplade med beslag varannan meter. I flytrören är nätkassen och förankringslinorna fästade. Anläggningen har även ett handräcke.

²Se avsnittet Nomenklatur för benämningar av anläggningens olika delar.

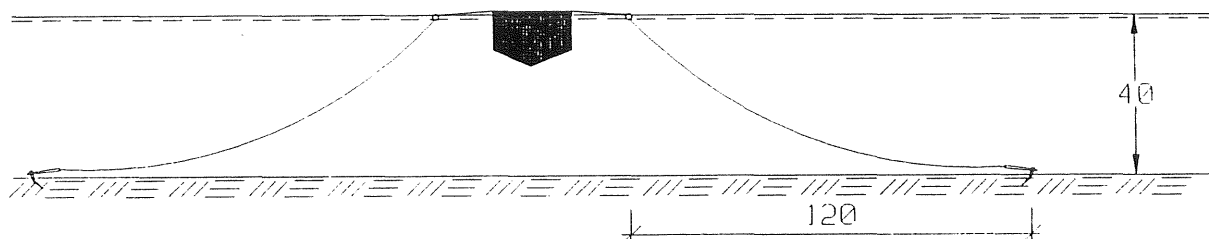
Dessa delar är tillverkade av High Density PolyEthene, HDPE-plast med en densitet av 950 kg/m^3 [3].



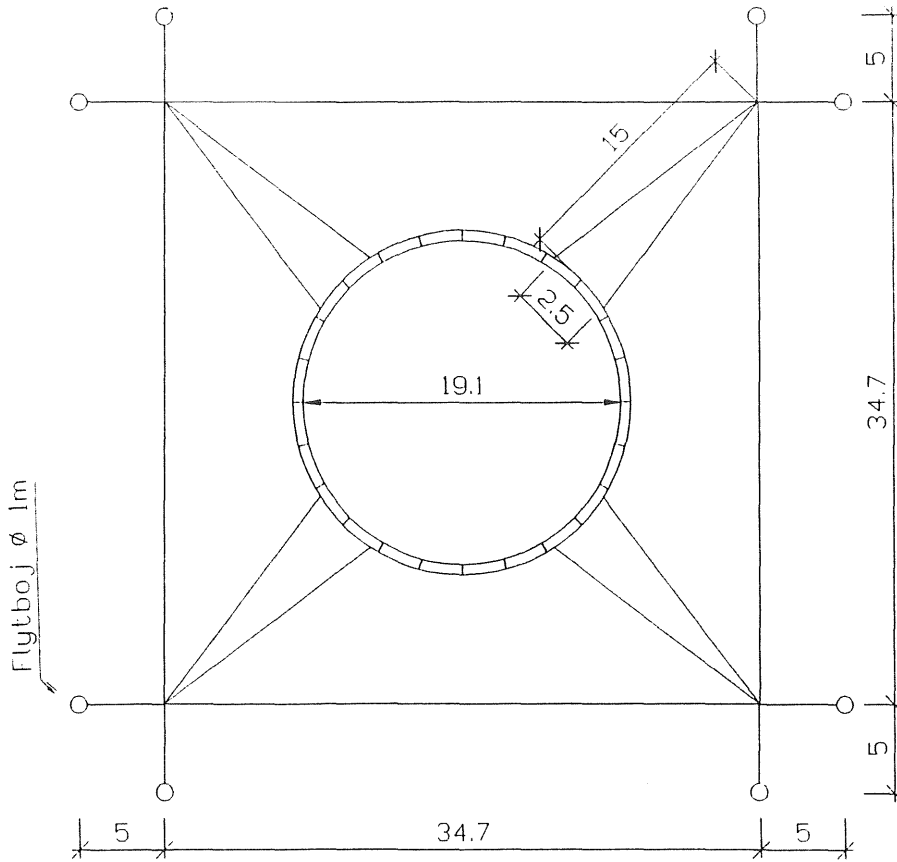
Figur 7: Tvärsektion av flytrör, beslag och handrücke

Förankringslinor

Som förankring används polypropylen-linor vilka sitter i par om två i fyra hörn. Dessa par är sedan sammankopplade i hörnen med en yttre förankringslina som har till uppgift att staga anläggningen om den består av flera sektioner. I beräkningarna finns dock denna yttre förankring med trots att beräkningarna görs för enbart en sektion tack vare att de stabiliserat strukturen och underlättat att få konvergens i datorberäkningen. Slutligen är anläggningen förankrad med åtta linor och ankare, två i varje vädersträck, för att den inte ska driva iväg.



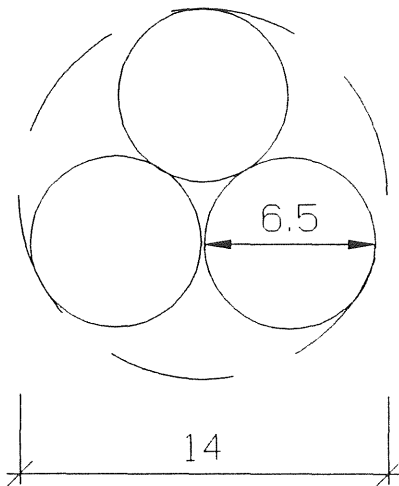
Figur 8: Förankringslinor, sidovy



Figur 9: Förankringslinor, plan

Polypropylene har en densitet på 950 kg/m^3 [25].

Linorna består av tre sammanflätade linor med en total diameter på 14 mm för de inre och yttre förankringslinorna, medan bottenförankringen är gjord med en lindiameter på 18 mm.



Figur 10: Tvärsektion av förankringslina

Nät

Nätkassen är tillverkad av nylon med en densitet på 950 kg/m^3 [15]. Tråddiametern är 1.4 mm och maskvidden är 22 mm.

Nätets vikt utan fisk är ca 200 kg.

Omräkning av indata

Det har inte varit möjligt att modellera strukturen i programmen på det sätt den ser ut i verkligheten, utan vissa förändringar har varit nödvändiga att tillgripa för att uppnå ett i slutändan riktigt resultat. Det övergripande målet har varit att ha två identiska strukturmodeller i de olika beräkningsmetoderna. Detta har haft högre prioritet än att få en modell som i alla delar överensstämmer med verkligheten eftersom en jämförelse ska presenteras mellan de tre beräkningssätten. Detta har gjort att, för att få överensstämmelse mellan modellerna, några modifieringar av verkligheten har behövt göras eftersom speciellt Hydsolv inte kan hantera alla krafter som uppstår på konstruktionen.

Omräkning av indata och all övrig omvandling av verkligheten redovisas nedan.

Omräkningsprincip

Om kraften på ett cirkulärt rör ska bli densamma efter det att diametern av någon anledning varit tvungen att förändras görs på följande sätt. Enligt ekv 7 är kraften proportionell mot $C_D A_D$. A_D är proportionell mot rörets tvärsnittsdiаметer.

$$C_{D\text{verklig}} A_{D\text{verklig}} = C_{D\text{sökt}} A_{D\text{vald}} \Rightarrow C_{D\text{sökt}} = C_{D\text{verklig}} A_{D\text{verklig}} / A_{D\text{vald}} \quad \dots (12)$$

Denna princip har även använts vid framtagning av andra densiteter och dylikt där en förändring varit nödvändig.

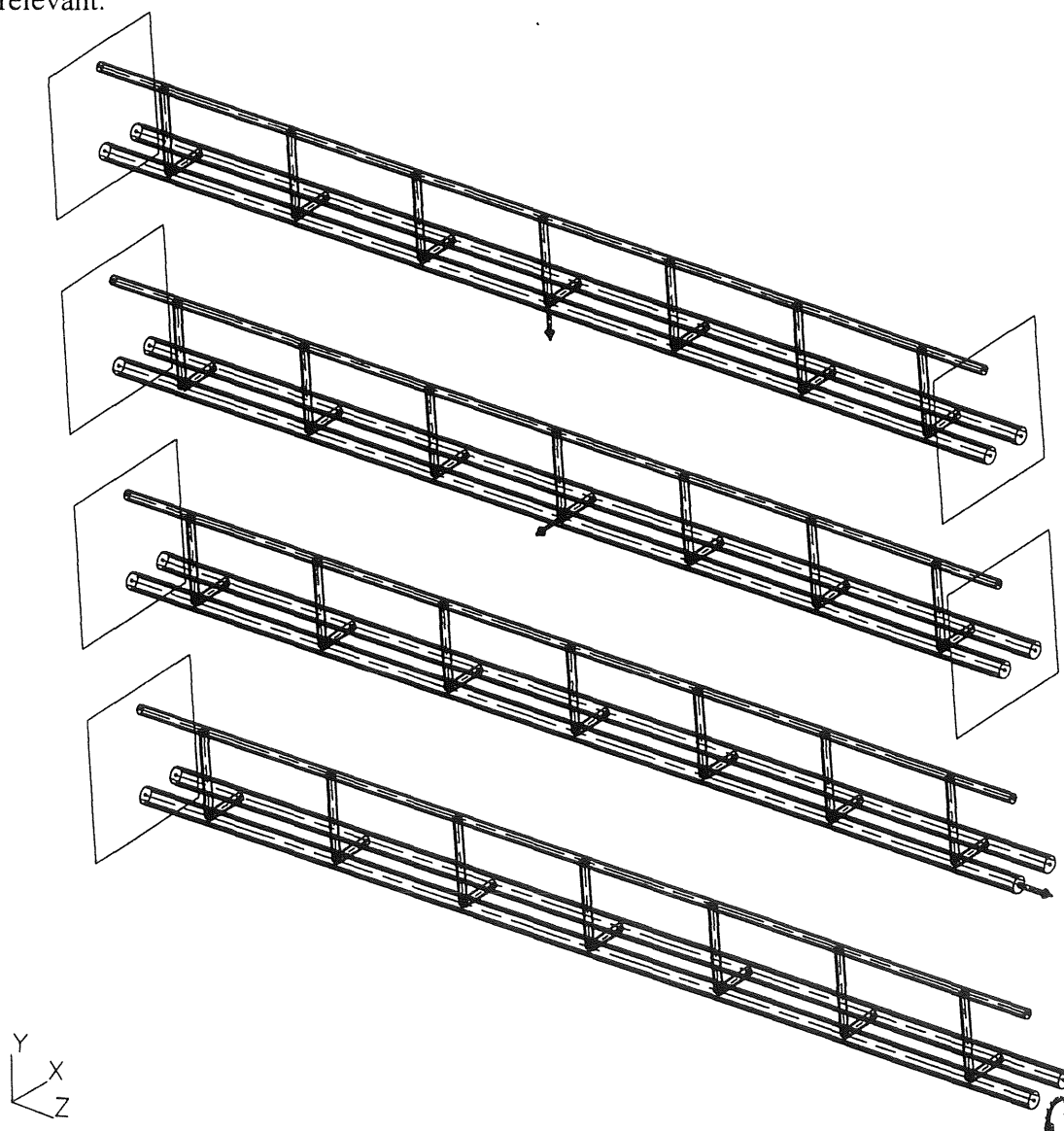
I Flexcom3D är det möjligt att ta med inverkan av tangentiella krafter till exempel hydrodynamisk släpkraft. I Hydsolv finns inte denna möjlighet och därför bortses helt från dem i båda programmen. Beslag hade annars medfört att strukturen fått laster som varit tangentiella mot flytringen.

Flytrör, beslag och handräcke

Ekvivalent styvhets

Det hade varit möjligt att modellera hela flytringen med alla ingående delar, men då vi vill hålla ned antalet element modelleras ringen som ett enda rör vilket dock ges samma karakteristika som den verkliga anläggningen. Omräkningen av styvheter görs på en tredimensionell modell av ett antal element av anläggningen i SOLVIA. Styvheter kan

inte räknas ut genom att bara använda tvärsnittets utformning. Varannan meter sitter ett förstyvande rör, beslag, mellan flytrören samt en handräckeshållare. De verkliga rören är krökta med en krökningsradie på 9.55 m men i SOLVIA modelleras 7 stycken raka balksegment á 2 m med en total längd av 14 m. Balksegmenten är fast inspända i ändarna. Modellen belastas sedan med en last i form av punktlaster eller vridande moment och deformationer beräknas. Visserligen har våglasterna mer karaktären av utbredd last och styvheter kanske borde ha beräknats utifrån detta, men det viktiga är att samma styvheter används för de olika modellerna. Med hjälp av elementarfall [24] beräknas sedan ekvivalenta styvheter. Lasterna skall läggas på i skjuvcentrum men eftersom detta inte är känt från början antas att sektionen vrider kring centrum på det polystyrenfyllda röret vilket visar sig vara en bra approximation. Det viktiga är inte att efterlikna verkligheten exakt utan endast att ha rimliga värden på styvheter. Det som däremot är mycket viktigt är att samma styvheter används både i SOLVIA och i Flexcom3D för att jämförelsen skall bli relevant.



Figur 11: Modell i SOLVIA för beräkning av styvheter kring x- och y-axeln, axiellt och för vridning.

Böjstyvhet kring y-axeln, EI_{yy}

Modellen belastas med en last på 100 N riktad i z-led placerad mitt på spannet.

Maximal utböjning beräknas till $7.7965 \cdot 10^{-3}$ m.

Elementarfall från hållfasthetsläran för punktbelastning:

$$p_z = \frac{P_z L^3}{192 EI_{yy}} \Rightarrow EI_{yy} = \frac{P_z L^3}{192 p_z} \quad \dots (13)$$

Detta ger en böjstyvhet på $1.833 \cdot 10^5 \text{ Nm}^2$

Böjstyvhet kring z-axeln, EI_{zz}

Modellen belastas med en last på 100 N riktad i y-led placerad mitt på spannet.

Maximal utböjning beräknas till $9.280 \cdot 10^{-3}$ m.

Elementarfall från hållfasthetsläran för punktbelastning:

$$p_y = \frac{P_y L^3}{192 EI_{zz}} \Rightarrow EI_{zz} = \frac{P_y L^3}{192 p_y} \quad \dots (14)$$

Detta ger en böjstyvhet på $1.54 \cdot 10^5 \text{ Nm}^2$

Vridstyvhet

Modellen belastas med ett moment på 100 Nm som vrider kring x-axeln. Maximal förflyttning av någon del av tvärsnittet beräknas till $2.654 \cdot 10^{-2}$ m för handracket vilket motsvarar en vridvinkel på 0.0022 rad då hänsyn är tagen till handrackets hävarm till vridcentrum.

Elementarfall från hållfasthetsläran för punktbelastning:

$$M = GK_v \frac{dm}{dx} \Rightarrow GK_v = \frac{M}{\frac{dm}{dx}} \quad \dots (15)$$

Detta ger en vridstyvhet på $6.33 \cdot 10^4 \text{ Nm}^2$

Axialstyvhet

Modellen belastas av en last på 100 N riktad i x-led placerad i balkens ände där randvillkoret fast inspänning då tagits bort. Maximal förskjutning beräknas till $9.962 \cdot 10^{-5}$ m.

Elementarfall från hållfasthetsläran för punktbelastning:

$$p_x = \frac{P_x L}{EA} \Rightarrow EA = \frac{P_x L}{p_x} \quad \dots (16)$$

Detta ger en axialstyvhets på $1.405 \cdot 10^7$ N

Tabell 1: Sammanställning av styvheter

| Styvhet | Värde |
|------------------------|---------------------------------|
| Böjstyvhets, EI_{yy} | $1.833 \cdot 10^5 \text{ Nm}^2$ |
| Böjstyvhets, EI_{zz} | $1.540 \cdot 10^5 \text{ Nm}^2$ |
| Vridstyvhets, GK_v | $6.330 \cdot 10^4 \text{ Nm}^2$ |
| Axialstyvhets, EA | $1.405 \cdot 10^7$ N |

Massa

Massan av flytringen med tillhörande handräcke och beslag uppgår till 22.4 kg/m. Värdet är uträknat som ett genomsnitt då handräckes och beslag sitter med ett centrumavstånd på 2 meter.

Masströghet

Masströgheten för vridning beräknas som masströgheten för varje enskild del adderat med det Steinerska tillägget. Masströgheten beräknas till 5.118 kgm^2 . Se appendix A2.

Deplacementsdiameter

I Flexcom ges en deplacementsdiameter för en sektion. För att arean på tvärsnittet skall vara den samma ökas verklig diameter med en faktor $\sqrt{2}$. Diametern på den verkliga strukturens två flytrör är 225 mm. I datormodellen har vi bara ett rör och detta ges diametern $D_{\text{eff}} = 318$ mm.

Släpkraftsdiameter och Släpkraftskoefficient

Många kombinationer av C_D och D är möjliga. Det intressanta är produkten av de båda. Men lasten i Flexcom3D beräknas enligt:

$$\dots \rho \frac{\pi D^2}{4} C_M a_{WN} - \rho \frac{\pi D^2}{4} (C_M - 1) a_{PN} + \frac{1}{2} \rho D C_D u_{RN} |u_{RN}| \quad \dots (17)$$

Då faktorn $(C_M - 1)$ ingår bör diametern vara den diameter som motsvarar samma area som de två flytrören i anläggningen. Diametern, D_{eff} blir då 318 mm enligt ovan.

Släpkräftskoefficienten C_D beräknas enligt:

$$C_D D_0 = C'_D D_{eff} \quad \dots (18)$$

C_D är i medel 0.5 per rör [14].

$$0.5 \cdot 225 \times 2 = C'_D \cdot 318 \Rightarrow C'_D = 0.708 \quad \dots (19)$$

Tröghetskoefficient

I Flexcom3D förutsätts axisymmetriska tvärsnitt med avseende på hydrodynamiska egenskaper. Den verkliga anläggningen har inte axisymmetriskt tvärsnitt och tröghetskoefficienten har beräknats för rörelse ut ur vattenplanet. Strukturen rör sig mest i denna riktning och tröghetskoefficienten har därför beräknats för detta fall.

Omräkningen skall här ge ett C_M som är proportionellt mot tvärsnittsarean på flytrören. C_M är 2.0 för ett cirkulärt rör [9].

Koefficienten beräknas enligt:

$$C_M D_0^2 \times 2 = C'_M D_{eff}^2 \quad \dots (20)$$

Detta ger en tröghetskoefficient $C'_M = 2.00$

Förankringslinor

I programmen frågas efter ett stort antal konstanter i form av styvheter, massor och dylikt. I verkligheten är i fallet förankringslinor till exempel böjstyvheten mycket liten. Det är dock inte möjligt att anta denna till noll då programmet oavsett dess värde använder denna i beräkningarna. Därför är en möjlig lösning till detta att ange ett så litet värde som programmet klarar av att hantera utan att detta för den skull påverkar lösningen i allt för hög grad.

Massa

Inre och yttre linor har en ytterdiameter på 14 mm. Då linorna är uppbyggda av 3 trådar blir den effektiva tvärsnittsarean 0.646 av den area som räknas fram baserad på ytterdiameter.

Linorna väger enligt tabell [25] 0.091 kg/m

Masströghet

Masströgheten för vridning är försumbar för linan. Den räknas ut enligt [19]:

$$p = \frac{1}{2} \rho v^2 \quad \dots (21)$$

Värdet på masströgheten blir $2.23 \cdot 10^{-6} \text{ kgm}^2 / \text{m}$

Böjstyvhet

Linan har i princip inget böjmotstånd men parametern ges ett värde på 100 Nm^2 .
Värdet gäller för böjning kring godtycklig axel genom tyngdpunkten.

Vridstyvhet

Linan har en väldigt liten vridstyvhet men parametern ges ett värde på 100 Nm^2 .

Axialstyvhet

Linan har en diameter på 14 mm. Den består av tre trådar som tvinnats runt varandra och linan får därför en reducerad area i förhållande till ytterdiametern. Dess area är $9.944 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$. Elasticitetsmodulen är 950 Mpa, vilket ger en axialstyvhet $EA = 9.45 \cdot 10^4 \text{ N}$.

Deplacementsdiameter

Linans deplacementsdiameter sätts till den verkliga diametern 14 mm.

Släpkraftsdiameter

Diametern sätts till linans verkliga diameter 14 mm

Släpkraftskoefficient

En cirkulär tvärsnittsform har ett $C_D = 1.19$

Tröghetskoefficient

En cirkulär tvärsnittsform har ett $C_M = 2.0$

De yttre förankringslinorna³ kan inte tas med i modellerna då det visat sig leda till divergens. Dessa skulle kunna modelleras som ickelinjära fjädrar. Fjäderkaraktistikan kan räknas ut genom att använda något förankringsprogram exempelvis MIMOSA-2F och jämföra kraft och förskjutning.

³ Se Nomenklatur, Benämning

Nät

Det har visat sig vara omöjligt att få konvergens i programmen då nätet tagits med i modellen. Detta har sålunda uteslutits. Den troliga orsaken till att beräkningarna divergerar med nät är att antalet frihetsgrader blir för stort och datorn inte kan hitta en lösning.

Nätet skulle kunna modelleras som ett antal vertikala linor vars dimensioner och kraftkoefficienter räknas om enligt tidigare angivna principer.

Indata till Flexcom3D

Nedan följer en sammanställning av styvheter, massor och dimensioner som används i Flexcom3D-analysen.

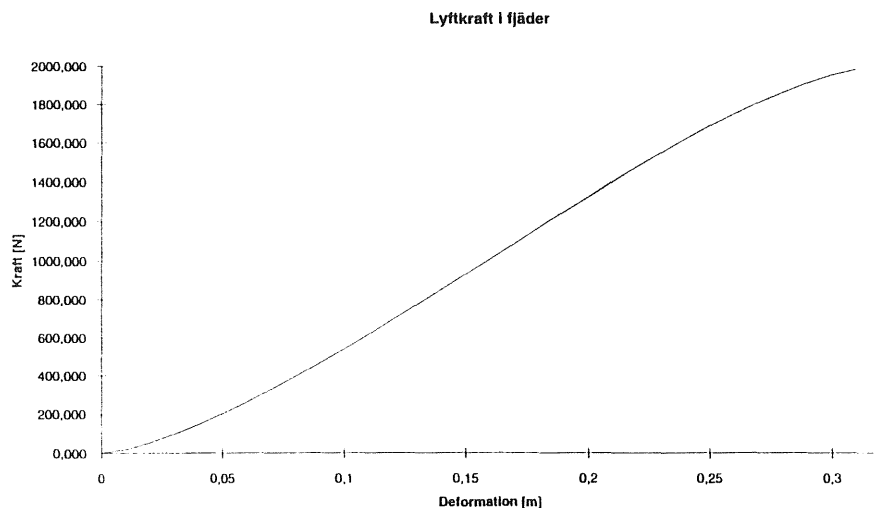
Tabell 2: Sammanställning av ingångsvärden

| | FLYTRING | LINA |
|--|---|--|
| MATERIAL | HDPE | POLYPROPYLEN |
| DENSITET | 950kg / m ³ | 950kg / m ³ |
| ELASTICITETSMODUL | 950 MPa | 950 MPa |
| SKJUVMODUL | 333 MPa | 333 MPa |
| TVÄRKONTRAKTIONSTAL | 0.425 | 0.425 |
| MASSA | 22.7kg / m | 0.4kg / m |
| BÖJSTYVHET EI_{zz} | 1.833 · 10 ⁵ Nm ² | 100Nm ² |
| BÖJSTYVHET EI_{yy} | 1.540 · 10 ⁵ Nm ² | 100Nm ² |
| VRIDSTYVHET GK_y | 6.330 · 10 ⁴ Nm ² | 100Nm ² |
| AXIALSTYVHET EA | 1.405 · 10 ⁷ N | 9.45 · 10 ⁴ N |
| POLÄRT TRÖGHETSMOMENT p | 5.188kgm ² / m | 2.23 · 10 ⁻⁶ kgm ² / m |
| SLÄPKRAFTSDIAMETER | 318 mm | 14 mm |
| BOUYANCYDIAMETER | 318 mm | 14 mm |
| SLÄPKRAFTSKOEFFICIENT C_D | 0.708 | 1.19 |
| TRÖGHETSKOEFFICIENT C_M | 2.0 | 2.0 |

Indata till SOLVIA

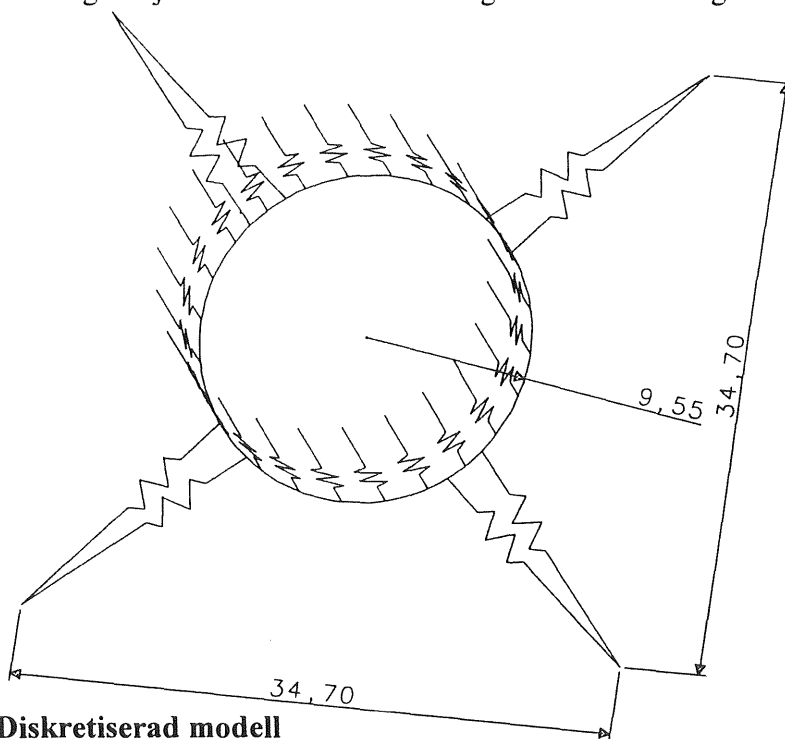
Hydrostatiska och hydrodynamiska laster beräknas av Hydsolv. Lasterna läggs sedan på i SOLVIA-modellen. De hydrostatiska lasterna skall balansera egenvikten av strukturen men pga avrundning så kommer ej detta att ske exakt. Strukturen kommer att få en resulterande kraft som då måste tas i inre linor. Då linorna har liten lutning i förhållande till horisontalplanet och krafterna verkar vertikalt måste strukturen få stora förskjutningar innan linorna kan ta upp den resulterande kraften. Detta problem undviks genom att ta bort hydrostatiska laster samt egenvikten hos strukturen och simulera betendet hos anläggningen då den rör sig i vattenytan med icke linjära fjädrar. Dessa fjädrars kraft-

förskjutnings samband räknas ut genom att studera den undanträngda vattenmängden för en delvolym av ett cirkulärt tvärsnitt. Kraften i fjädern minskar sedan med egenvikten.



Figur 12: Fjäderkaraktersistika för flytfjädrar

I SOLVIA-modellen har alla linor bytts ut mot icke linjära fjädrar. Dessa uppför sig huvudsakligen som de verkliga linorna. Linorna byttes ut då de gav upphov till problem i SOLVIA eftersom linorna vid tryck inte hade någon initiell utböjning och därför medförde problem av knäckningskaraktär. De icke linjära fjädrarna har givits en karakteristik som innebär att de inte kan ta tryck men att de vid drag fungerar linjärt. De yttre linorna har ingen inverkan på beräkningarna då fjädernoderna har låsts för rörelser i x,y respektive z-led. Denna lösning av fjädernoderna är nödvändig för att få konvergens i beräkningarna.



Figur 13: Diskretiserad modell

Ekvivalent densitet

Flytringen har en massa av 22.4 kg/m. För att beräkna lasterna på strukturen används Hydsolv som läser in diametrar från SOLVIAs inputfil. För att rätt laster skall räknas ut måste vikten på strukturen överensstämma. Plasten i strukturen har en densitet på 950 kg/m³ men i SOLVIA/Hydsolv-beräkningen används ett rör med diameter på 318 mm och tjocklek på 11 mm. För att få rätt vikt på detta räknas densiteten om enligt:

$$D = 0.318 \text{ m} \quad t = 0.011 \text{ m}$$

$$m = 22.4 \text{ kg / m}$$

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - (D - 2t)^2) = 1.0609 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$\rho = \frac{m}{A} = 2111 \text{ kg / m}^3$$

Ytterligare en ekvivalent densitet skall beräknas. Denna används i strukturberäkningen i SOLVIA då tidigare uträknade laster läggs på generella balkelement för vilka en tvärsnittsarea anges. Denna area skall naturligtvis motsvara arean som fås genom att betrakta ekvivalent styvhet för axialkraft där man sedan dividerar med elasticitetsmodulen. För att strukturerna nu skall ha samma massa måste densiteten räknas om enligt:

$$EA = 1.405 \cdot 10^7 \text{ N}$$

$$E = 950 \text{ MPa} \Rightarrow A = 1.4789 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$m = 22.4 \text{ kg / m}$$

$$\rho = \frac{m}{A} = 1515 \text{ kg / m}^3$$

Denna densitet kommer dock inte att användas eftersom vikten av strukturen istället ingår i de icke linjära fjädrarna som simulerar flytförmågan.

Vågdata

Anläggningen belastas av en våg med en period på 3.36 s samt en våghöjd på 3.6 m. Designvågens värden är hämtade från en utredning gjord av Reinertsen Engineering och Dynamar i en studie för norska försäkringsbolag [12]. För jämförelse belastas anläggningen även med ett PM-spektrum med motsvarande vågdata. Med motsvarande vågdata menas här att den maximala våghöjden som ges för PM-spektrumet ska överensstämma med våghöjden för regelbunden våg. I PM-spektrumet anges en signifikant våghöjd på halva den maximala våghöjden. Signifikant våghöjd för vår beräkning är 1.8 m vilket motsvarar en maximal våghöjd på 3.6 m. Värdena är framtagna för en anläggning placerad i en fjord vid norska kusten och är beräknade utifrån givna vindhastigheter och stryklängder. Stryklängd är den sträcka som vinden kan excitera vågor på.

För att beräkna hydrodynamiska laster enligt Morisonteori behöver man veta vattenpartikelhastighet och vattenpartikelacceleration. Dessa fås från WAMIT som räknar ut värden i fluidpunkter som vi angett. Med fluidpunkter avses punkter utlagda i ett tredimensionellt rutnät som fullständigt omsluter anläggningen och i vilka hastigheter och accelerationer beräknas för en fördefinierad våg. Hydsolv använder dessa värden och interpolerar linjärt mellan punkterna och beräknar sedan de utbredda lasterna som skall läggas på elementen i strukturen.

Programskillnader

Vid användandet av de båda programpaketerna har vissa beräkningsmässiga skillnader uppmärksamats vilka kräver sin förklaring eftersom dessa i hög grad har påverkat resultatet.

Flexcom3D är framtaget för att beräkna krafter på och snittkrafter i så kallade risers vilket är vertikala pipelines som används i oljeproduktion till havs. En uppenbar skillnad i vår tillämpning är att anläggningens element ligger horisontellt i vattenytan och att dess läge över alternativt under vattenytan blir ytterligare en faktor att ta hänsyn till. Både Flexcom3D och teorin för Morison-element vilken SOLVIA/Hydsolv använder sig av har den begränsningen att det enbart går att modellera ett vertikalt element, även detta beroende på att Flexcom3D och Hydsolv är framtagna för vertikala strukturer. Hade denna begränsning inte funnits hade problemet med vattenytans läge inte varit lika uttalat. Se närmare förklaring nedan.

I Flexcom3D har en icke-linjär dynamisk beräkning utförts. Den icke-linjära delen innebär att strukturens styvhets-, dämpnings- och massmatris uppdateras för varje laststeg och därmed tas hänsyn till utböjningar i de fortsatta lastberäkningarna. Detta ger en riktigare uppfattning om lasternas storlek. Eftersom denna lösningsmetod används är det intressant att köra beräkningen för ett stort antal perioder då inledande effekter påverkar resultatet, men dessa klingar efterhand av och en konvergerad lösning erhålls.

SOLVIA är ett generellt finit elementprogram vilket inte kan beräkna våglaster. Av denna anledning har Dynomar utvecklat Hydsolv. Detta program använder sig av en struktur definierad i SOLVIA för att sedan beräkna våglaster mot denna. Därefter läses dessa laster in i SOLVIA och en beräkning utförs för dessa. Här spelar problemet med vattenytans läge en stor roll. Hydsolv lägger nämligen laster enbart på de element vars tyngdpunkt ligger under vattenytan. Skulle därmed ett element ligga strax ovanför denna i SOLVIAs inputfil får den ingen last alls istället för att få en last som motsvarar dess djupgående. Inte heller om tyngdpunkten ligger strax under vattenytan blir lasten korrekt. I detta fall läggs det en last, som om hela elementet är nedsänkt i vattnet på elementet. Detta skulle inte ha påverkat resultatet nämnvärt, som vid exempelvis en riseranalys, om det inte varit så att vår struktur ligger och flyter horisontellt i vattenytan.

I SOLVIA har en linjär statisk analys i flera tidssteg utförts, på grund av att Hydsolv inte tar hänsyn till strukturens läge vid uträkningen av hydrodynamiska laster. I varje tidssteg, totalt 16 st, har lasterna beräknats för motsvarande vågprofil och en statisk lösning har sökts för denna last med utgångspunkt från strukturens jämviktsläge utan våg. På detta sätt har beräkningar för ytterligare perioder gjorts överflödiga eftersom laststeg 1 i period 2 ser exakt likadan ut som i period 1.

Gjorda analyser

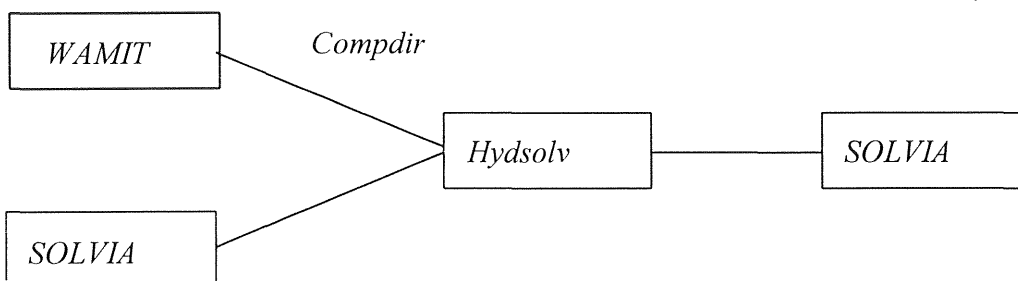
Flexcom3D med oregelbunden våg har som tidigare angivits setts som det verkliga uppförandet. Denna analys har därför legat till grund för de senare analyserna. I

Flexcom3D har också en enklare analys gjorts baserad på en regelbunden våg, dels för att jämföra nödvändig noggrannhetsnivå i beräkningarna mot den oregelbundna vågen, och dels för att jämföra mot den motsvarande analysen i SOLVIA som också är baserad på regelbunden våg. De största ansträngningarna har lagts på SOLVIA analyserna då dessa har inneburit flest inskränkningar i modellen.

Körningsrutiner

För att beräkna lasterna i Hydsolv krävs indata i form av partikelhastigheter i punkter kring den belastade strukturen. Dessa hastigheter beräknas i WAMIT i vars indatafil vågdata specificeras.

I Hydsolv beräknas lasterna som är indata till den slutliga SOLVIA-analysen. Dock kräver Hydsolv en inputfil från SOLVIA för att ha en struktur att utgå ifrån. Eftersom två lika modeller ska göras måste generella balkelement användas i SOLVIAs preprocessoringsfil. I dess definition kan ingen diameter läggas in och detta har medfört att två indatafiler måste skrivas på grund av att Hydsolv kräver en diameter för lastberäkning. I prefilen till Hydsolv har därför rörelement använts med en riktigt omräknad diameter som ger laster till SOLVIA. Dessa laster läses sedan in i SOLVIA och den prefil som har generella balkelement utnyttjas för den slutliga beräkningen av tvärsnittskrafter.



Figur 14: SOLVIA Hydsolv beräkningar

Resultat

Beräkning av SOLVIA-resultat

Beräkningarna ger rimliga resultat endast vid små våghöjder⁴. Med rimliga resultat avses här förskjutningar i vertikalled som inte överskrider vågamplituden. Dessa amplituder ligger i ett intervall mellan 0.1 till 0.25 m vilket motsvarar våghöjder på 0.2 till 0.5 m vid regelbundna vågor. Vi har valt en våghöjd av 0.4 m för att utifrån denna linjärt skala upp snittkrafter och förskjutningar för en designvåg med en våghöjd på 3.6 m. Denna metod har valts för att runt våghöjden 0.4 m är kvoten mellan respektive snittkraft och motsvarande våghöjd F/H ungefärligen konstant. Värdena i ovanstående tabell skall därför ej ges för stor betydelse utan ses som en grov uppskattning.

Beräkning av Flexcom3D-resultat

För oregelbunden våg uppkommer ej maxvågen under de första 1500 sekunderna av den aktuella realisationen. Den största våg som förekommer under denna tidsperiod används för att linjärt skala snittkrafter. Spektrumets maximala våghöjd är 3.6 meter, men den största våg som uppträder under de 1500 första sekunderna har en våghöjd på 2.92 meter. Skalfaktorn blir alltså $3.6 / 2.92 = 1.233$.

I Tabell 3 nedan redovisas erhållna beräkningsresultat från de tre olika körningarna.

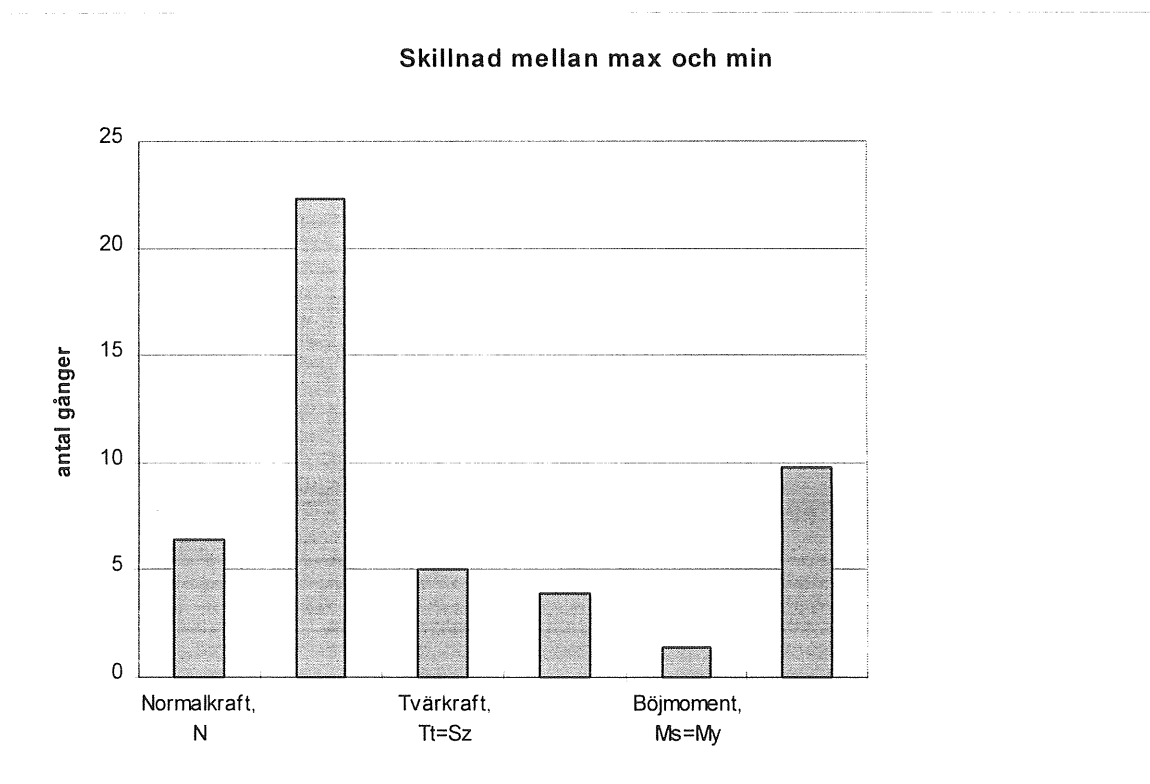
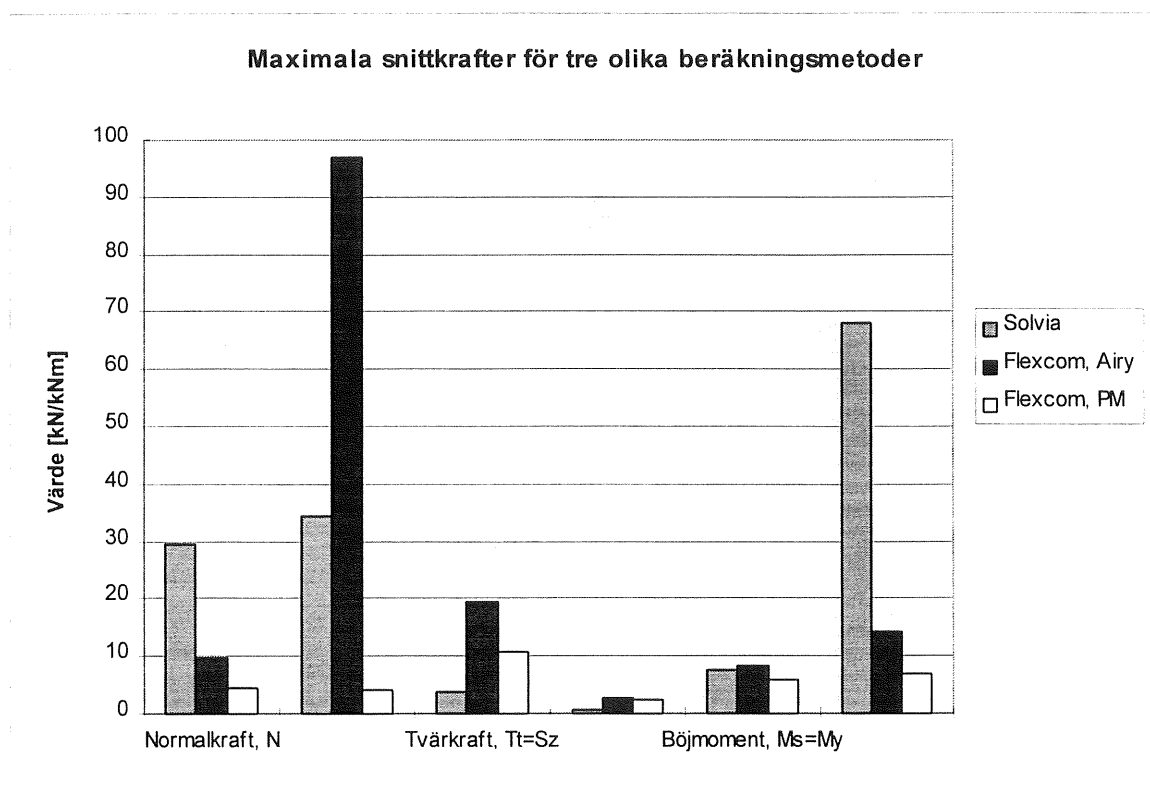
⁴Se avsnittet Programskillnader för förklaring av problem i samband med SOLVIA-beräkningar.

Tabell 3: Sammanställning av beräkningsresultat
Jämförelse av snittkrafter för Polar Cirkel Gigante

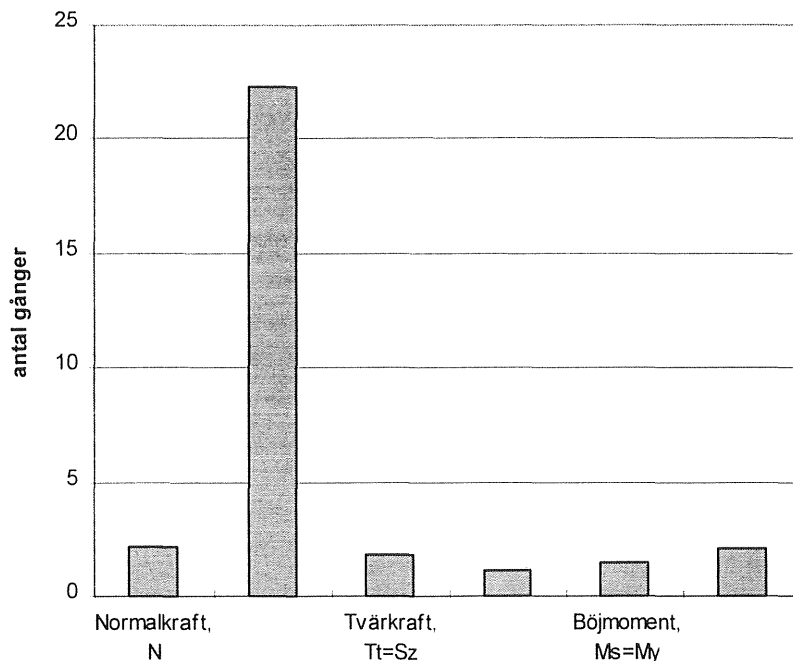
| Snittkraft | Solvia, Airy värde | Flexcom, Airy värde | Flexcom, PM värde | Jämförelsen baseras på |
|------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Axialkraft, N | 29.4 kN | 9.21 kN | 3.70 kN | Solvia |
| Axialkraft, N | 27.4 kN | 9.82 kN | 4.56 kN | Flexcom, Airy |
| Axialkraft, N | 27.4 kN | 9.82 kN | 4.56 kN | Flexcom, PM |
| Tvärkraft, Ts=Sy | 34.5 kN | 6.98 kN | 4.28 kN | Solvia |
| Tvärkraft, Ts=Sy | 26.5 kN | 96.9 kN | 4.38 kN | Flexcom, Airy |
| Tvärkraft, Ts=Sy | 26.5 kN | 6.32 kN | 4.34 kN | Flexcom, PM |
| Tvärkraft, Tt=Sz | 3.86 kN | 7.15 kN | 7.02 kN | Solvia |
| Tvärkraft, Tt=Sz | 813 N | 19.6 kN | 3.99 kN | Flexcom, Airy |
| Tvärkraft, Tt=Sz | 635 N | 9.23 kN | 10.69 kN | Flexcom, PM |
| Vridmoment, Mv=T | 695 Nm | 919 Nm | 1.44 kNm | Solvia |
| Vridmoment, Mv=T | 352 Nm | 2.72 kNm | 2.03 kNm | Flexcom, Airy |
| Vridmoment, Mv=T | 468 Nm | 3.01 kNm | 2.42 kNm | Flexcom, PM |
| Böjmoment, Ms=My | 7.49 kNm | 5.69 kNm | 4.30 kNm | Solvia |
| Böjmoment, Ms=My | 3.42 kNm | 8.26 kNm | 5.75 kNm | Flexcom, Airy |
| Böjmoment, Ms=My | 3.42 kNm | 8.26 kNm | 5.75 kNm | Flexcom, PM |
| Böjmoment, Mt=Mz | 68.1 kNm | 4.24 kNm | 1.84 kNm | Solvia |
| Böjmoment, Mt=Mz | 52.7 kNm | 14.4 kNm | 1.84 kNm | Flexcom, Airy |
| Böjmoment, Mt=Mz | 41.6 kNm | 11.4 kNm | 6.97 kNm | Flexcom, PM |

Värden i **FETSTIL** är maximala värden för respektive beräkningsmetod

Skillnader i beräkningresultat



Skillnad mellan regelbunden våg och oregelbundet sjötillstånd



Värden på snittkrafter från SOLVIA-beräkningarna är skalade från en våghöjd på 0.4 m och ger inget entydigt svar på snittkrafternas storlek i förhållande till de icke linjära dynamiska lösningarna gjorda med Flexcom3D.

Största skillnaden mellan beräkningsmetoderna fås vid tvärkraft riktad i y-led (= s-led) det vill säga tvärkraft riktad i vattenplanet. Här blir skillnaden drygt 22 gånger större för Flexcom3D med Airyvåg jämfört med Flexcom3D med oregelbundet sjötillstånd. Minsta skillnaden mellan beräkningsmetoder fås för böjmoment M_y (= M_s) det vill säga böjning ut ur vattenplanet. Här är skillnaden drygt 1.4 gånger större för Flexcom3D med Airyvåg jämfört med Flexcom3D med oregelbundet sjötillstånd

Skillnaden mellan regelbunden Airyvåg och oregelbundet sjötillstånd när det gäller tvärkraft T_s (= S_y) kan bero på resonansfenomen. Strukturen kan hamna i resonans med avseende på till exempel tvärkraft, då periodtiden på den exciterande vågen ligger i närheten av resonansperioden för anläggningen. Då vågor med samma period läggs på hela tiden kan snittkraften öka för varje period ända tills dämpningen balanserar ut krafterna. Detta är vad vi anser kan ha hänt här. Det finns ingen möjlighet att i Flexcom3D beräkna resonansfrekvenser för att kontrollera detta antagande. Det oregelbundna sjötillståndet uppvisar snittkrafter med extrema värden. Visserligen har det oregelbundna sjötillståndet samma periodtid men detta är endast ett mått på de sammanlagda vågornas periodtid och resonans har därför svårt att uppkomma här.

Slutsatser

SOLVIA tillsammans med Hydsolv är oanvändbart för horisontellt liggande flytande slanka strukturer som befinner sig nära vattenytan. Hydsolv kan inte ta hänsyn till partiell nedsänkning av Morison-element utan beräknar laster utifrån nodernas position i förhållande till vattenytan. Detta medför laster av on/off karaktär - antingen fullt nedsänkt sektion eller annars helt ur vattnet. Detta är naturligtvis oacceptabelt för en korrekt analys. Även om man bortser från de hydrostatiska lasterna (och vikten av strukturen tas bort) fås samma problem då Morison-krafter ska räknas ut. Eftersom statiska beräkningar görs för de hydrodynamiska lasterna medför detta stora förskjutningar. Dessa förskjutningar uppkommer inte i verkligheten då lasterna som här används för att ta fram en statisk lösning i verkligheten endast angriper strukturen under kort tid det vill säga en statisk lösning hinner inte uppnås. Vi avråder därför från att göra statiska beräkningar på denna typ av strukturer då strukturen skall balansera sin tyngd med hydrostatiska laster. I synnerhet är det olämpligt att beräkna deformationsberoende laster utifrån positionen av en odeformerad struktur som alltså görs i SOLVIA/Hydsolv beräkningarna.

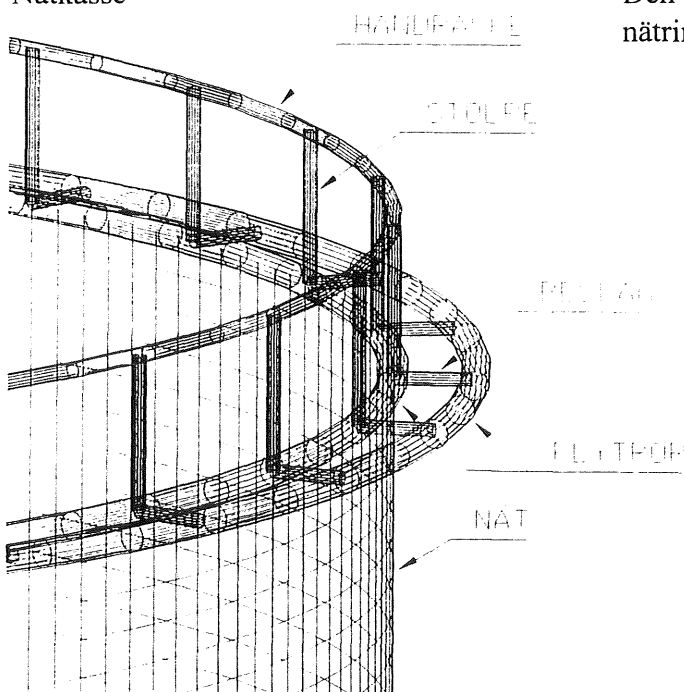
När man jämför oregelbundet sjötillstånd och regelbunden våg båda beräknade i Flexcom3D, ser man att den första ger upphov till mindre snittkrafter än den andra, men då oregelbundet sjötillstånd beskriver verkligheten mycket bättre anser vi att man skall räkna på detta sätt trots att detta inte är ett konservativt beräknings sätt. Eftersom snittkrafterna blir mindre ger detta mindre dimensioner på strukturen och därmed en billigare anläggning, alternativt att det blir lättare att klara kraven på anläggningen vid en analys. Visserligen har inte det oregelbundna sjötillståndet någon gång samma våghöjd som läggs på för regelbundet sjötillstånd, men den största våg som förekommer under 1500 sekunder har skalats linjärt till att motsvara maxvågen.

Det bör påpekas att beräkningar endast har gjorts för en periodtid och därför kan egentligen inte för stor vikt läggas vid resultaten. En sak är dock ställd utom allt rimligt tvivel - anläggningen skall ej modelleras i SOLVIA/Hydsolv på grund av tidigare beskrivna problem vid lastuträkning.

Nomenklatur

Nedanstående tabell förklarar de benämningar som används i texten och indatafiler.

| Benämning | Avser |
|------------|---|
| Flytring | Huvudstrukturen i fiskodlingsanläggningen. Här infästs inre linor och nätkassen. Denna del svarar för flytförmågan hos konstruktionen. Anläggningen består av två parallella flytringar varav den ena är fylld med lätt material som svarar för flytförmågan om flytrören skulle spricka. |
| Handräcke | Räcke runt anläggningen. |
| Beslag | Rörförstyvningar vilka håller samman de båda flytrören. |
| Inre lina | Lina som löper mellan fjädernod och flytring. |
| Yttre lina | Lina som löper mellan fjädernoder. |
| Fjädernod | Nod som är förhindrad att förskjutas men inte att rotera. Fjädrar är anslutna till denna nod. |
| Nätkasse | Den del av anläggningen som består av nätring samt nätlina. |



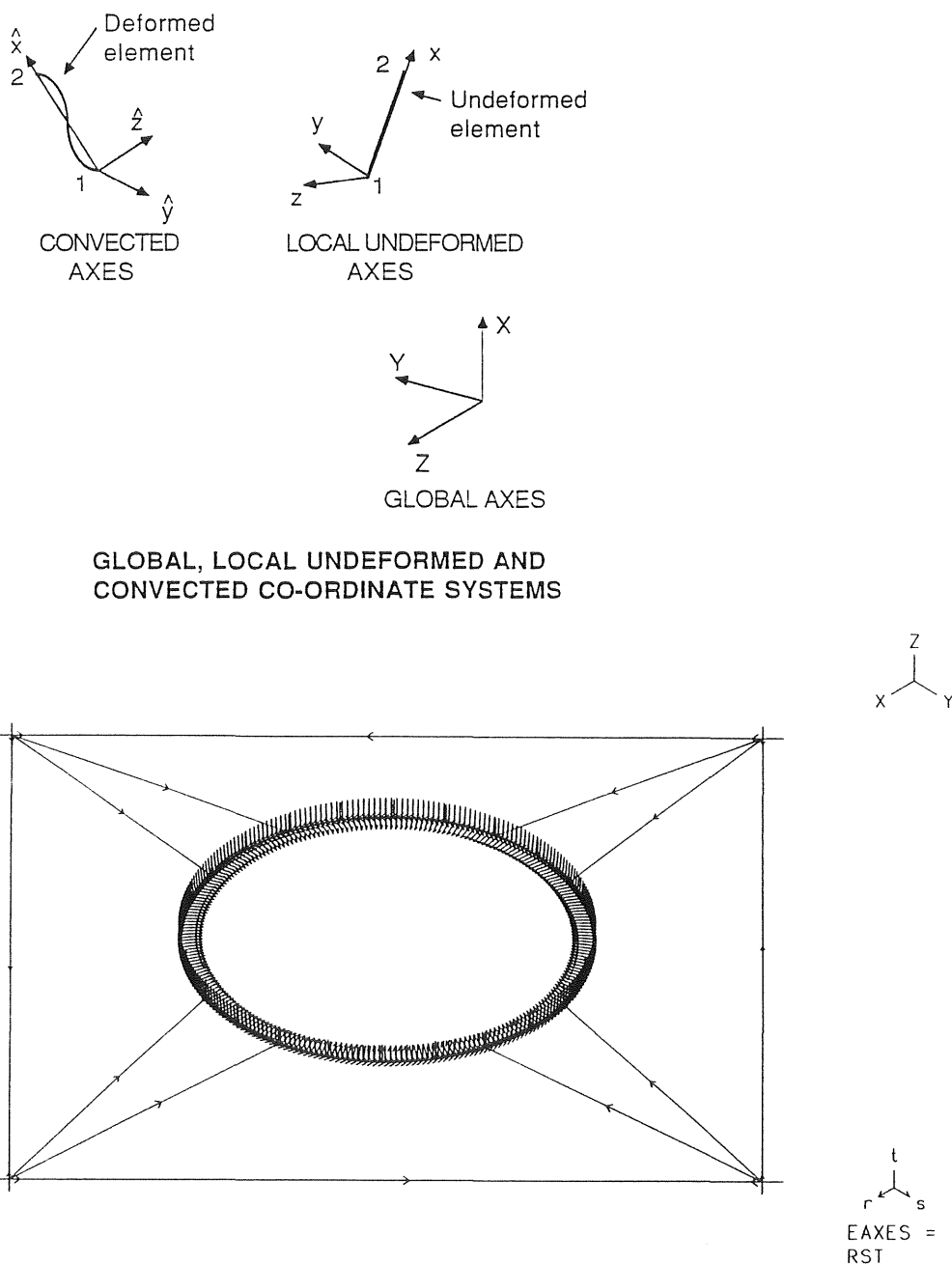
Figur 15: Beteckningar

Koordinatsystem

I SOLVIA och Flexcom3D har koordinatsystemen definierats olika, vilket här kräver sin förklaring för att förstå plotter från de olika programmen.

Båda programmen använder sig av ett högernormerat koordinatsystem. Skillnaden ligger i att i Flexcom3D är x-koordinaten vertikal med origo på havsbotten, medan SOLVIA/Hydsolv har z-koordinaten i vertikalled och origo i medelvattenytan.

För att ange snittkrafter hänvisas till lokala koordinatsystem. Moment anges som vridande kring angiven axel (indexerad) och positivt enligt högerregeln.



Figur 16: Lokala koordinatsystem

Beteckningar

| | | |
|---------------------------------|---|--|
| a_{pN} | = | Strukturens acceleration verkande mot normalen |
| a_{wN} | = | Vågacceleration verkande mot normalen |
| C_D | = | Släpkraftskoefficient |
| C_M | = | Tröghetskoefficient ($1+C_m$) |
| D | = | Diameter hos elementet [m] |
| df_i | = | Last från tröghet [N/m] |
| df_D | = | Last från hydrodynamisk släpkraft [N/m] |
| ds | = | Infinitesimal längd utmed elementet [m] |
| e | = | Naturlig logaritmbas, 2.71828 |
| f | = | Kraft per enhetslängd [N/m] |
| H | = | Våghöjd, dubbla amplituden [m] |
| k | = | Vågtal [m^{-1}] |
| S | = | Spektral energidensitet [m^2s] |
| T | = | Periodtid [s] |
| u | = | Vattenpartikelhastighet [m/s] |
| u_{RN} | = | Relativ fluidhastighet verkande mot normalen |
| α | = | Phillips konstant, 0.0081 |
| $\frac{\partial u}{\partial t}$ | = | Vattenpartikelacceleration [m/s^2] |
| η | = | Vågprofil [m] |
| ρ | = | Vattendensitet, 1025 [kg/m^3] |
| ω | = | Vinkelfrekvens [rad/s] |
| ω_0 | = | Spektral topp, peak [rad/s] |

Programvara

Flexcom3D v. 3.1.3

Flexcom3D är ett finit elementprogram för linjär och icke linjär statisk och dynamisk analys av tredimensionella flexibla linjestrukturer. Programmet är utvecklat av Marine Computation Services Ltd. på Irland

SOLVIA v. 90.2

SOLVIA är ett generellt finit elementprogram utvecklat av SOLVIA Engineering AB i Västerås.

WAMIT v. 5.1

WAMIT är ett radiations-, diffraktionsprogram utvecklat av Massachusetts Institute of Technology i USA.

MIMOSA-2F v. 1

Mimosa-2f är ett program för förankringsanalys utvecklat av Marintek i Norge. [Detta program har använts till att beräkna fjäderkaraktistik för de linor som förankrar anläggningen till havsboten, men dessa fjädrar togs efterhand bort på grund av konvergenssvårigheter.]

Hydsolv v. 4.02

Hydsolv är ett program för överföring av data mellan WAMIT och SOLVIA och vice versa, utvecklat av Dynomar AB i Hovås.

Linedata

Linedata är ett program för dimensionering av förankringslinor och kättingar utvecklat av Dynomar AB i Hovås.

Cirknod v. 1.0

Cirknod är ett fortranprogram för beräkning av koordinater i cirkulärcylindriska konstruktioner vilket vi själva utvecklat för att förenkla koordinatberäkning till Flexcom3D.

Referens- och litteraturlista


- [1]Aarsnes J V, Løland G, Rudi H, Beregning av strømkrefter på merdanlegg, Marintek, Trondheim, 1990
- [2]Ahlstrand Lars Erik, Borealis
- [3]Borealis Holding A/S, Produktkatalog plastmaterial
- [4]Chakrabarti S K, Hydrodynamics of Offshore Structures, Springer-Verlag, Berlin, 1987
- [5]Det Norske Veritas, Rules for Classification, 1995
- [6]Det Norske Veritas, Tentative regler for sertifisering av flytende fiskeoppdrettsanlegg, 1988
- [7]Ejvegård R, Vetenskaplig metod, Studentlitteratur, Lund, 1993
- [8]Ekman T, Eriksson G, Programmering i Fortran 77, Studentlitteratur, Lund, 1984
- [9]Faltinsen O M, Sea Loads on Ships and Offshore Structures, Cambridge University Press, Cambridge, 1990
- [10]Faltinsen O M, Sea Loads on Ships and Offshore Structures, Vol 1, WEGEMENT, Norges Tekniska Högskola, Trondheim, 1979
- [11]Figenschau John A, Dag Kollberg, Helgeland Holding A/S
- [12]Försäkringsstudie, Analys genomförd av Dynomar och Reinertsen Engineering, 1993-94
- [13]Gran S, A Course in Ocean Engineering, Developments in Marine Technology Vol 8, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 1992
- [14]Hoerner S F, Fluid-Dynamic Drag, Hoerner Fluid Dynamics, Vancouver, 1965
- [15]Johannesen Robert, Brunnsvikens Reperbane A/S
- [16]Løland G, Current Forces on and Flow through Fish Farms, Division of Marine Hydrodynamics, The Norwegian Institute of Thecnology, Trondheim, 1991
- [17]Løland Geir, Marintek
- [18]Matsubara Y, Noda H, Wave Forces on the Submerged Structures for the Fish Farm, Coastal Engineering in Japan Vol 28 s 223-233, 1985


- [19]Meiram J L, Engineering Mechanics: Statics and Dynamics, John Wiley & Son Inc, Santa Barbara, 1980
- [20]Mårtensson N, Dynamic Analysis of a Moored Energy Buoy, Inst för vattenbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, 1988
- [21]Patel M H, Dynamics of Offshore Structures, Butterworths, London, 1989
- [22]Rudi H, Aarsnes J V, Løland G, Current Forces on and Flow through Fish Farms, Summary Report, Marintek, Trondheim, 1991
- [23]Råde L, Westergren B, Beta, Studentlitteratur, Lund, 1990
- [24]Samuelsson A, Wiberg N-E, Byggnadsmekanik Hållfasthetslära, Studentlitteratur, Lund, 1988
- [25]Scanrope, Produktkatalog tågvirke
- [26]Strømseng Ljot, Reinertsen Engineering
- [27]Styrgruppen för vattenbruk, Rapport 82:6-12, Forskningsrådsnämnden, Göteborg, 1982
- [28]Svensson Harald, Bofors Underwater Systems
- [29]Søvig Reidar, Havbruk

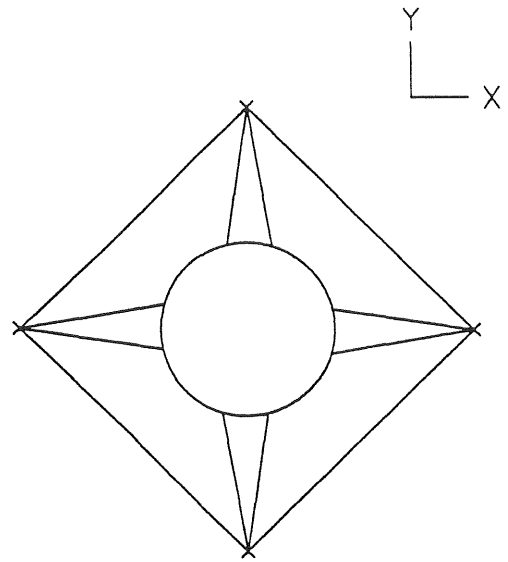
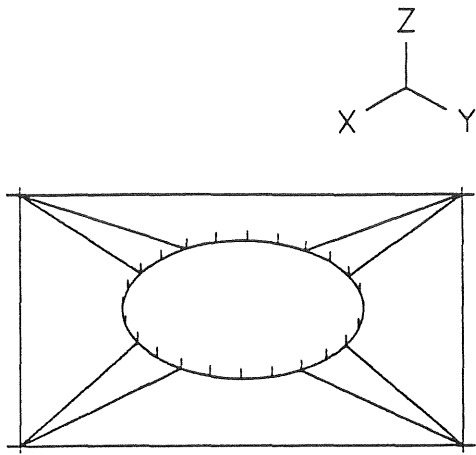
Appendix


| | | |
|-----|---|----|
| A1 | SOLVIA-modell | 38 |
| A2 | Masstyngdpunkt för tvärsektion i Polar Cirkel Gigante | 39 |
| A3 | Masströghet | 40 |
| A4 | Lyftkraft för en cirkulär cylinder <i>Styvhet hos flytfjädrar</i> | 41 |
| A5 | PM-spektrum i tidsdomän - simulering | 42 |
| A6 | PM-spektrum i tidsdomän - maximal vågamplitud <i>Uppförstoring av tidsskalan kring maximal vågamplitud</i> | 43 |
| A7 | SOLVIA-beräkningar <i>Maximal horisontell utböjning för vald våghöjd</i> | 44 |
| A8 | Samband mellan våghöjd och kraft i SOLVIA - tabeller <i>För framtagning av skalfaktor för våghöjd vid jämförelse mot Flexcom3D</i> | 46 |
| A9 | Samband mellan våghöjd och kraft i SOLVIA - diagram | 49 |
| A10 | Maximala tvärsnittskrafter i SOLVIA <i>Resultat från SOLVIA analys i enskild punkt</i> | 60 |
| A11 | Maximala tvärsnittskrafter i Flexcom3D - regelbunden våg <i>Resultat från Flexcom3D analys utefter hela ringen</i> | 63 |
| A12 | Maximala tvärsnittskrafter i Flexcom3D - oregelbunden våg <i>Resultat från Flexcom3D analys utefter hela ringen</i> | 69 |


Polar Cirkel Gigante H= 0.4, T= 3.36

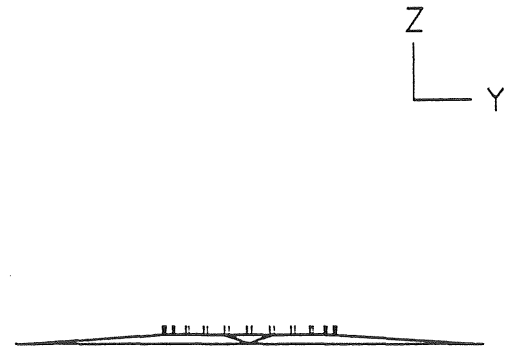
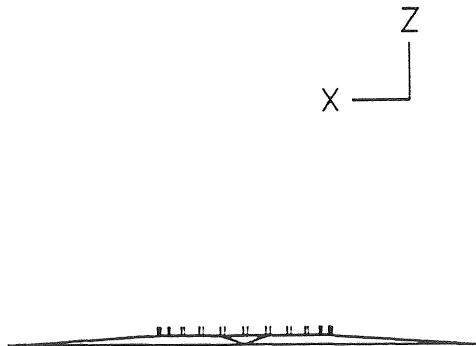
ORIGINAL  10.

ORIGINAL  10.



ORIGINAL  10.

ORIGINAL  10.



SOLVIA-POST 95

DYNOMAR AB

Masstyngdpunkt för tvärsektion i Polar Cirkel Gigante

Tyngdpunkten beräknas för en två meter lång rörsektion

Densitet HDPE 950 kg/m³

Densitet PS 100 kg/m³

Beräkning i y-led

| Del | Ytterdiameter | Tjocklek | Längd | TP-avstånd | Area [mm ²] | Volym [m ³ /2m] | Massa [kg/2m] | Massmoment [kgm/2m] |
|-----------------|---------------|----------|-------|------------|-------------------------|----------------------------|---------------|---------------------|
| Flytrör inre | 225 | 11 | 2000 | 0 | 7395 | 0,0148 | 14,05 | 0,00 |
| Flytrör yttre | 225 | 11 | 2000 | 0 | 7395 | 0,0148 | 14,05 | 0,00 |
| Handrail | 110 | 9 | 2000 | 1032,5 | 2856 | 0,0057 | 5,43 | 5602,18 |
| Upright support | 125 | 9 | 1032 | 741 | 3280 | 0,0034 | 3,22 | 2382,71 |
| Brackets | 160 | 9 | 375 | 0 | 4269 | 0,0016 | 1,52 | 0,00 |
| PS-fyllning | 203 | 101,5 | 2000 | 0 | 32365 | 0,0647 | 6,47 | 0,00 |
| | | | | | | Summa | 44,74 | 7984,89 |

TP-avstånd y-led 178,48 mm

Beräkning i z-led

| Del | Ytterdiameter | Tjocklek | Längd | TP-avstånd | Area [m ²] | Volym [m ³] | Massa [kg/2m] | Massmoment [kgm/2m] |
|-----------------|---------------|----------|-------|------------|------------------------|-------------------------|---------------|---------------------|
| Flytrör inre | 225 | 11 | 2000 | 0 | 7395 | 0,0148 | 14,05 | 0,00 |
| Flytrör yttre | 225 | 11 | 2000 | 600 | 7395 | 0,0148 | 14,05 | 8430,65 |
| Handrail | 110 | 9 | 2000 | 0 | 2856 | 0,0057 | 5,43 | 0,00 |
| Upright support | 125 | 9 | 1032 | 0 | 3280 | 0,0034 | 3,22 | 0,00 |
| Brackets | 160 | 9 | 375 | 300 | 4269 | 0,0016 | 1,52 | 456,29 |
| PS-fyllning | 203 | 101,5 | 2000 | 0 | 32365 | 0,0647 | 6,47 | 0,00 |
| | | | | | | Summa | 44,74 | 8886,94 |

TP-avstånd z-led 198,65 mm

Masströghet

| Del | Y-koordinat | Z-koordinat | Delta-y | Delta-z | Radie [mm] | Masströghet [kgm ² /2m] | Steiners [kgm ² /2m] |
|-----------------|-------------|-------------|---------|---------|------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Flytrör inre | 0 | 0 | -178,5 | -198,6 | 267,1 | 0,161 | 1,0021 |
| Flytrör yttre | 0 | 600 | -178,5 | 401,4 | 439,3 | 0,161 | 2,7110 |
| Handrail | 1032,5 | 0 | 854,0 | -198,6 | 876,8 | 0,014 | 4,1714 |
| Upright support | 741 | 0 | 562,5 | -198,6 | 596,6 | 0,291 | 1,1444 |
| Brackets | 0 | 300 | -178,5 | 101,4 | 205,3 | 0,022 | 0,0641 |
| PS-fyllning | 0 | 0 | -178,5 | -198,6 | 267,1 | 0,033 | 0,4616 |
| | | | | Summa | | 0,682 | 9,5546 |

Total Masströghet per 2 meter 10,236 kgm²/2m

Total Masströghet per meter 5,118 kgm

Lyftkraft för en cirkulär cylinder

kraften beräknas för en längd på 2.5 m

massa 22,4 kg/m
radie 0,159 m

| h | A | m | F [N/m] | F [N] |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|
| 0,101571 | 0,021854 | 22,40036 | 219,7475 | 549,3689 |
| 0,00 | 0,000 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 0,01 | 0,001 | 0,8 | 7,5 | 18,7 |
| 0,02 | 0,002 | 2,1 | 21,0 | 52,4 |
| 0,03 | 0,004 | 3,9 | 38,2 | 95,4 |
| 0,04 | 0,006 | 5,9 | 58,1 | 145,4 |
| 0,05 | 0,008 | 8,2 | 80,4 | 201,1 |
| 0,06 | 0,010 | 10,7 | 104,6 | 261,5 |
| 0,07 | 0,013 | 13,3 | 130,4 | 325,9 |
| 0,08 | 0,016 | 16,1 | 157,5 | 393,8 |
| 0,09 | 0,018 | 18,9 | 185,8 | 464,5 |
| 0,10 | 0,021 | 21,9 | 215,1 | 537,7 |
| 0,11 | 0,024 | 25,0 | 245,1 | 612,9 |
| 0,12 | 0,027 | 28,1 | 275,9 | 689,7 |
| 0,13 | 0,031 | 31,3 | 307,1 | 767,7 |
| 0,14 | 0,034 | 34,5 | 338,7 | 846,7 |
| 0,15 | 0,037 | 37,8 | 370,5 | 926,4 |
| 0,16 | 0,040 | 41,0 | 402,5 | 1006,3 |
| 0,17 | 0,043 | 44,3 | 434,5 | 1086,1 |
| 0,18 | 0,046 | 47,5 | 466,3 | 1165,7 |
| 0,19 | 0,050 | 50,7 | 497,8 | 1244,5 |
| 0,20 | 0,053 | 53,9 | 528,9 | 1322,3 |
| 0,21 | 0,056 | 57,0 | 559,5 | 1398,9 |
| 0,22 | 0,059 | 60,1 | 589,5 | 1473,7 |
| 0,23 | 0,062 | 63,1 | 618,5 | 1546,4 |
| 0,24 | 0,064 | 65,9 | 646,6 | 1616,6 |
| 0,25 | 0,067 | 68,7 | 673,5 | 1683,8 |
| 0,26 | 0,070 | 71,3 | 699,0 | 1747,5 |
| 0,27 | 0,072 | 73,7 | 722,8 | 1807,0 |
| 0,28 | 0,074 | 75,9 | 744,7 | 1861,7 |
| 0,29 | 0,076 | 77,9 | 764,1 | 1910,4 |
| 0,30 | 0,078 | 79,6 | 780,7 | 1951,7 |
| 0,31 | 0,079 | 80,9 | 793,2 | 1983,1 |

PM-spektrum i tidsdoman

FLEXCOM-3D
VERSION 3.1.3

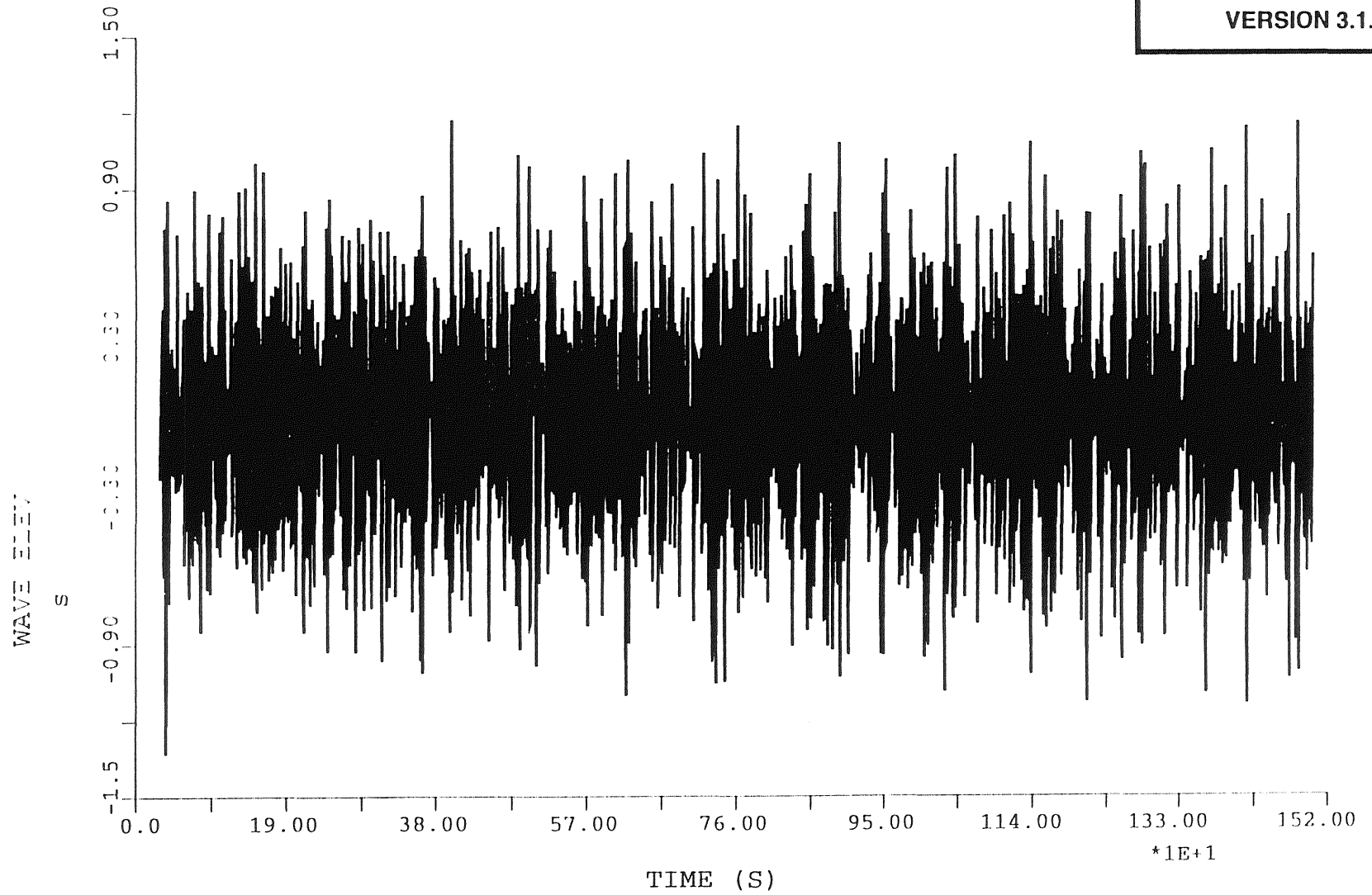


FIG. TITL PM-spektrum i tidsdoman

PM-spektrum i tidsdoman

FLEXCOM-3D
VERSION 3.1.3

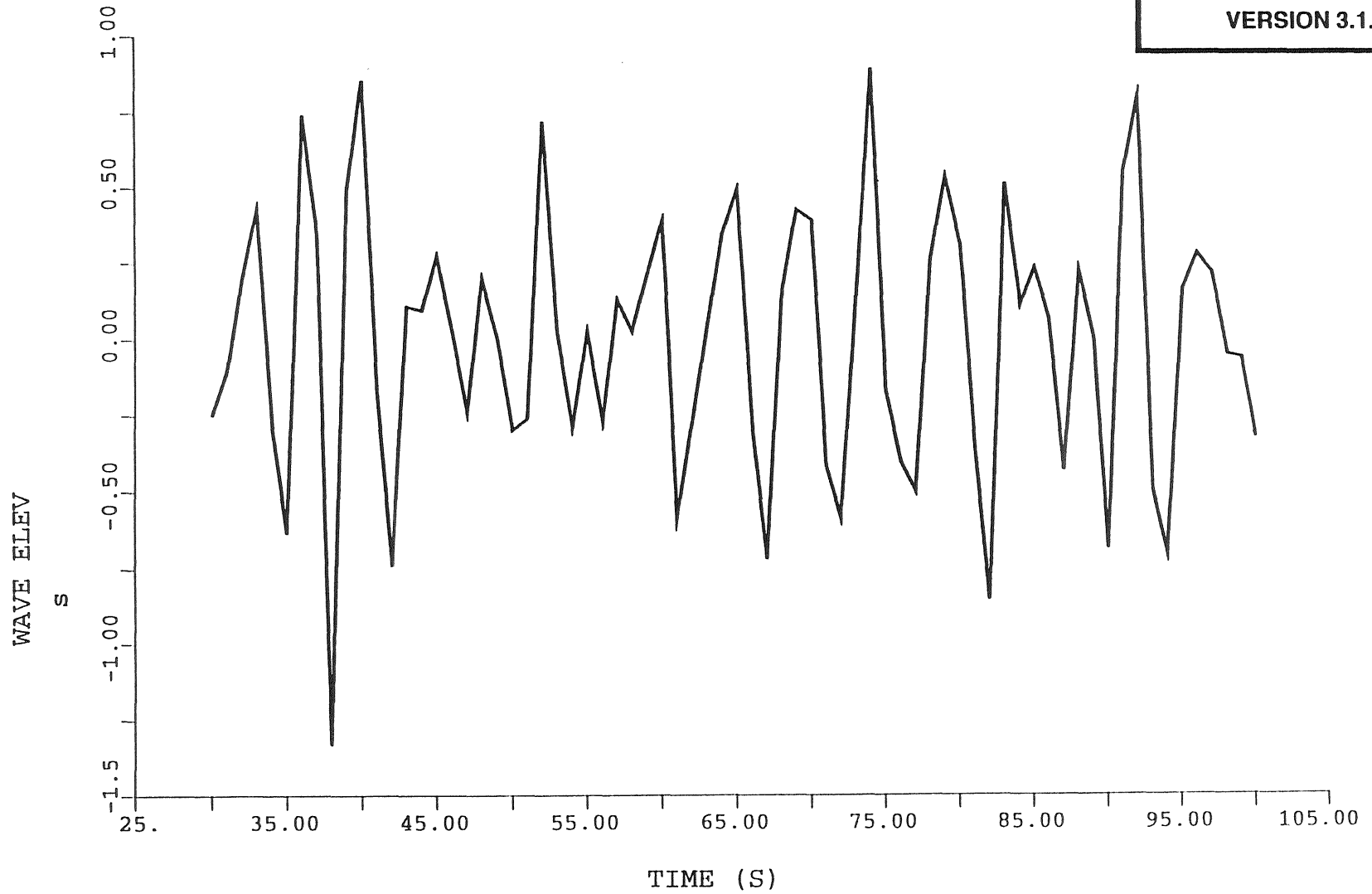
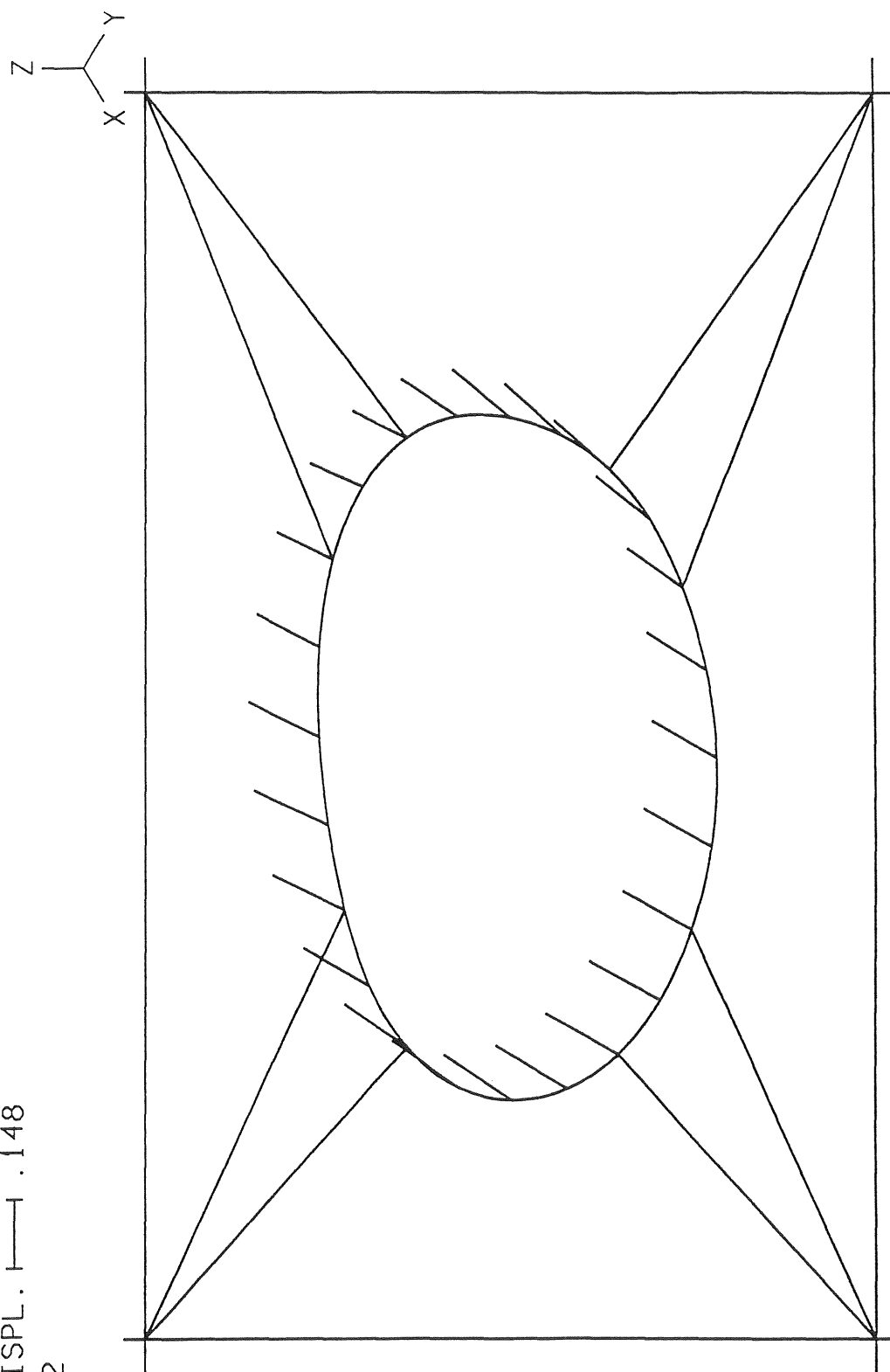


FIG. TITL PM-spektrum i tidsdoman

Polar Cirkel Gigante H= 0.4, T= 3.36

MAX DISPL. \longleftarrow .148
TIME 2

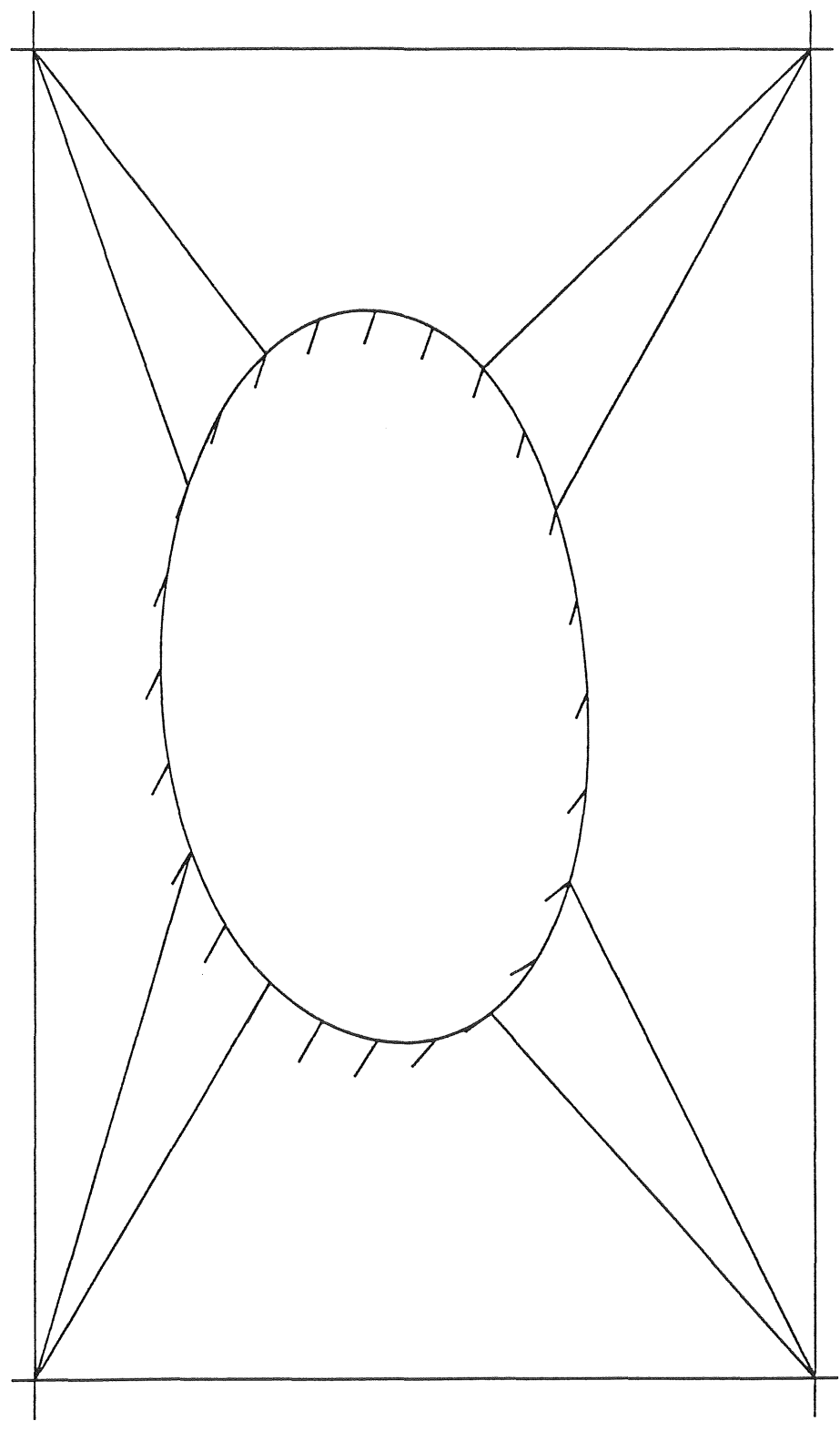
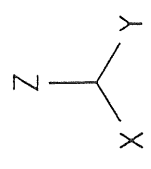


SOLVIA-POST 95

DYNOMAR AB

Polar Cirkel Gigante H= 0.4, T= 3.36

MAX DISPL. |—| .989
TIME 14



SOLVIA-POST 95

DYNOMAR AB

Polar Cirkel Gigante**Normalkraft**

Element 85

| H [m] | Kraft [N] | Kraft/H [N/m] | Belopp |
|-------------|-------------|---------------|--------|
| 0,10 | 795 | 7950 | 7950 |
| 0,20 | 1598 | 7990 | 7990 |
| 0,40 | 3263 | 8158 | 8158 |
| 0,50 | 4267 | 8534 | 8534 |
| 0,60 | 5753 | 9588 | 9588 |

Element 35

| H [m] | Kraft [N] | Kraft/H [N/m] | Belopp |
|-------------|-------------|---------------|--------|
| 0,10 | 765 | 7650 | 7650 |
| 0,20 | 1512 | 7560 | 7560 |
| 0,40 | 3045 | 7613 | 7613 |
| 0,50 | 4210 | 8420 | 8420 |
| 0,60 | 5804 | 9673 | 9673 |

Tvärkraft i s-riktningen

Element 130

| H [m] | Kraft [N] | Kraft/H [N/m] | Belopp |
|-------------|-------------|---------------|--------|
| 0,10 | 702 | 7020 | 7020 |
| 0,20 | 1565 | 7825 | 7825 |
| 0,40 | 3830 | 9575 | 9575 |
| 0,50 | 5454 | 10908 | 10908 |
| 0,60 | 7463 | 12438 | 12438 |

Tvärkraft i t-riktningen

Element 130

| H [m] | Kraft [N] | Kraft/H [N/m] | Belopp |
|-------------|-------------|---------------|--------|
| 0,10 | -211 | -2110 | 2110 |
| 0,20 | -264 | -1320 | 1320 |
| 0,40 | -392 | -980 | 980 |
| 0,50 | -476 | -952 | 952 |
| 0,60 | -576 | -960 | 960 |

Element 10

| H [m] | Kraft [N] | Kraft/H [N/m] | Belopp |
|-------------|-------------|---------------|--------|
| 0,10 | -163 | -1630 | 1630 |
| 0,20 | -202 | -1010 | 1010 |
| 0,40 | -429 | -1073 | 1073 |
| 0,50 | -593 | -1186 | 1186 |
| 0,60 | -640 | -1067 | 1067 |

Element 229

| H [m] | Kraft [N] | Kraft/H [N/m] | Belopp |
|-------|-----------|---------------|--------|
|-------|-----------|---------------|--------|

| | | | |
|-------------|------------|------|------|
| 0,10 | 163 | 1630 | 1630 |
| 0,20 | 201 | 1005 | 1005 |
| 0,40 | 429 | 1073 | 1073 |
| 0,50 | 594 | 1188 | 1188 |
| 0,60 | 643 | 1072 | 1072 |

Element 220

| H [m] | Kraft [N] | Kraft/H [N/m] | Belopp |
|-------------|-------------|---------------|--------|
| 0,10 | -105 | -1050 | 1050 |
| 0,20 | -129 | -645 | 645 |
| 0,40 | -312 | -780 | 780 |
| 0,50 | -432 | -864 | 864 |
| 0,60 | -900 | -1500 | 1500 |

Vridmoment

Element 108

| H [m] | Moment [Nr] | Moment/H [Nr] | Belopp |
|-------------|-------------|---------------|--------|
| 0,10 | -39,6 | -396 | 396 |
| 0,20 | -42,8 | -214 | 214 |
| 0,40 | 61,7 | 154 | 154 |
| 0,50 | 85,7 | 171 | 171 |
| 0,60 | -22,6 | -38 | 38 |

Element 138

| H [m] | Moment [Nr] | Moment/H [Nr] | Belopp |
|-------------|--------------|---------------|--------|
| 0,10 | 29,6 | 296 | 296 |
| 0,20 | -31,8 | -159 | 159 |
| 0,40 | -77,3 | -193 | 193 |
| 0,50 | -10,6 | -21 | 21 |
| 0,60 | 29,3 | 49 | 49 |

Element 220

| H [m] | Moment [Nr] | Moment/H [Nr] | Belopp |
|-------------|-------------|---------------|--------|
| 0,10 | 23,3 | 233 | 233 |
| 0,20 | 26,1 | 131 | 131 |
| 0,40 | 49,4 | 124 | 124 |
| 0,50 | 56,5 | 113 | 113 |
| 0,60 | 44,5 | 74 | 74 |

Böjmoment S

Element 120

| H [m] | Moment [Nr] | Moment/H [Nr] | Belopp |
|-------------|-------------|---------------|--------|
| 0,10 | 330 | 3300 | 3300 |
| 0,20 | 460 | 2300 | 2300 |
| 0,40 | 824 | 2060 | 2060 |
| 0,50 | 1059 | 2118 | 2118 |
| 0,60 | 1805 | 3008 | 3008 |

Element 160

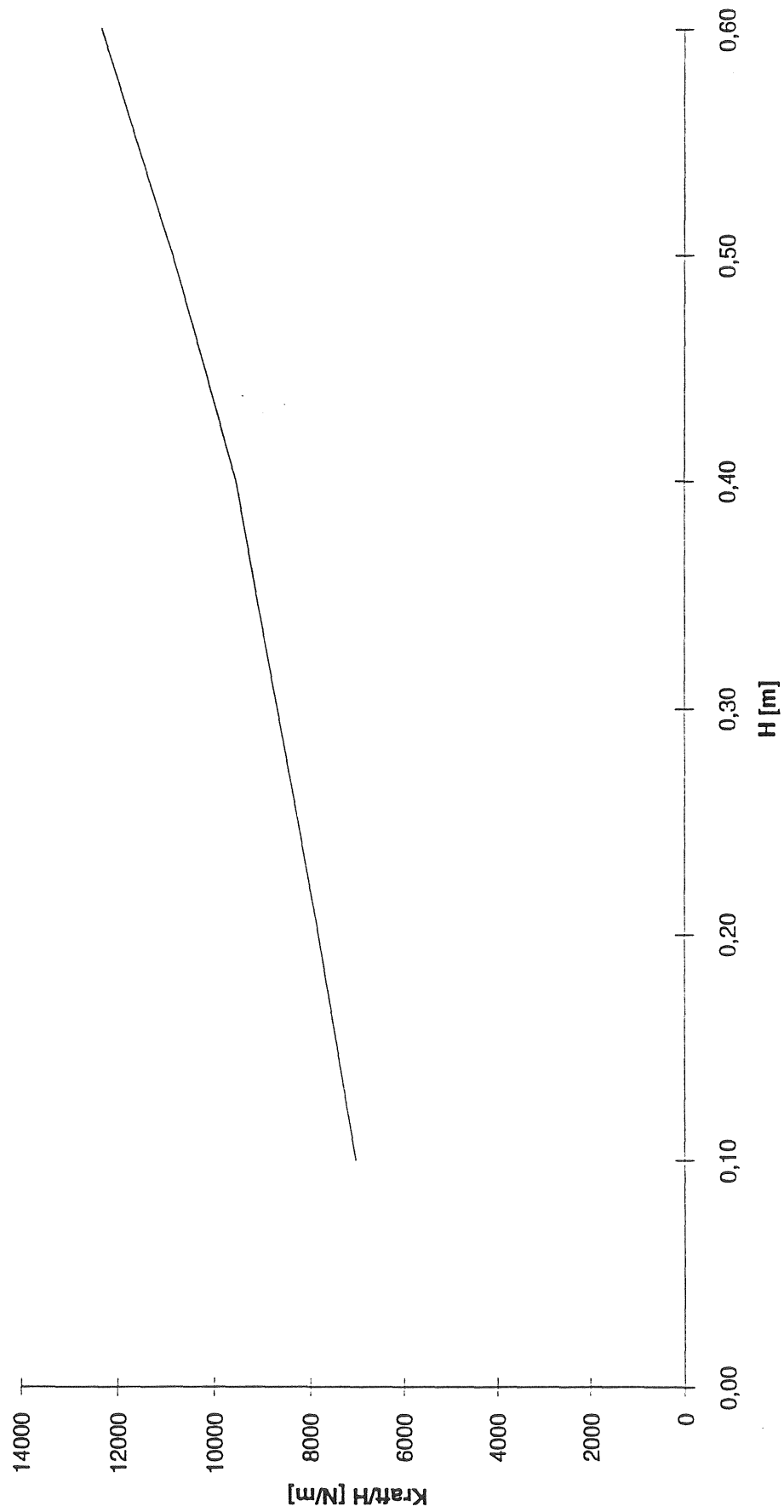
| H [m] | Moment | Moment/H | [Nr Belopp |
|-------------|-------------|--------------|-------------|
| 0,10 | -156 | -1560 | 1560 |
| 0,20 | -266 | -1330 | 1330 |
| 0,40 | -612 | -1530 | 1530 |
| 0,50 | -865 | -1730 | 1730 |
| 0,60 | -2161 | -3602 | 3602 |

Böjmoment T

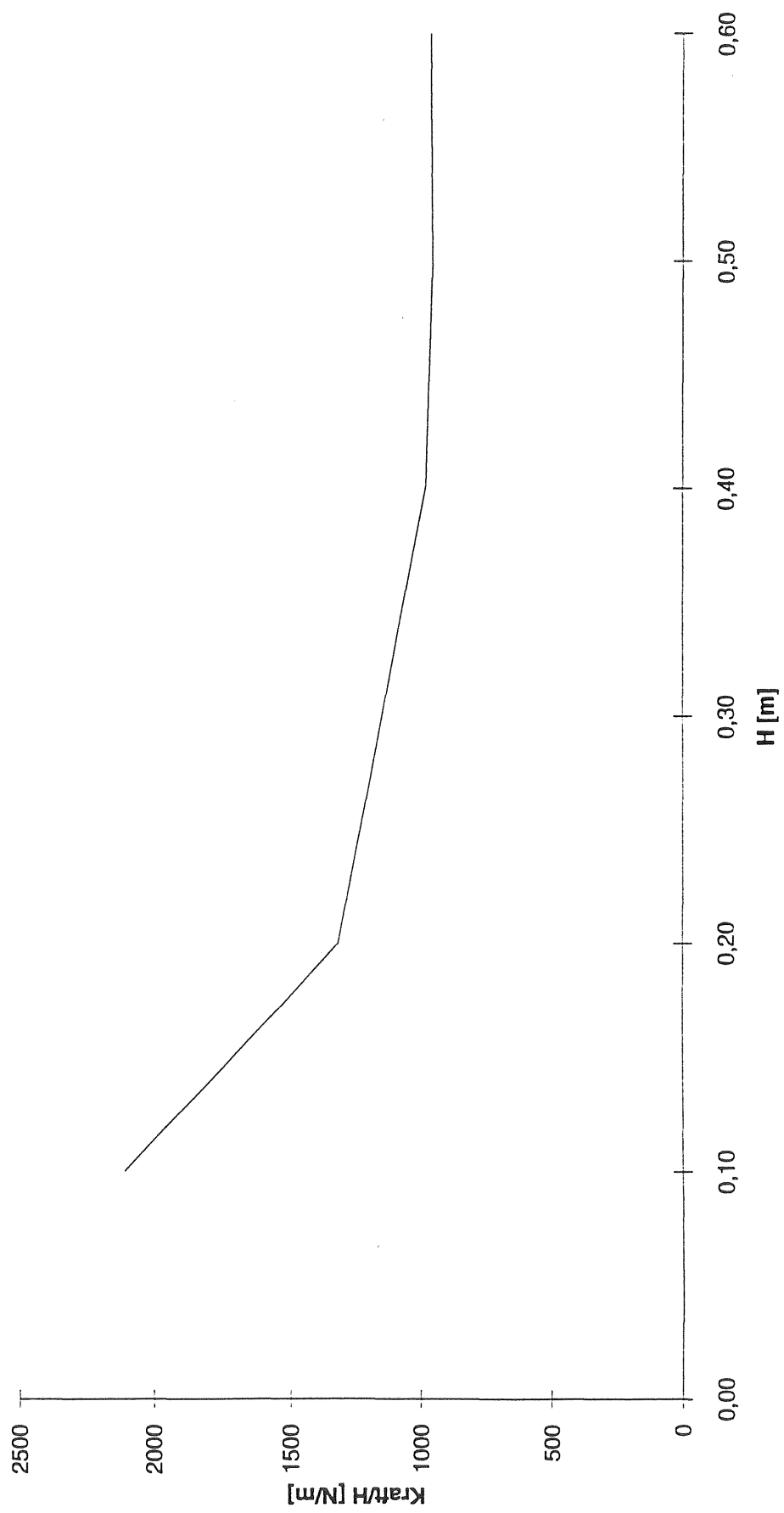
Element 129

| H [m] | Moment | Moment/H | [Nr Belopp |
|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 0,10 | 1434 | 14340 | 14340 |
| 0,20 | 2988 | 14940 | 14940 |
| 0,40 | 7297 | 18243 | 18243 |
| 0,50 | 10551 | 21102 | 21102 |
| 0,60 | 14385 | 23975 | 23975 |

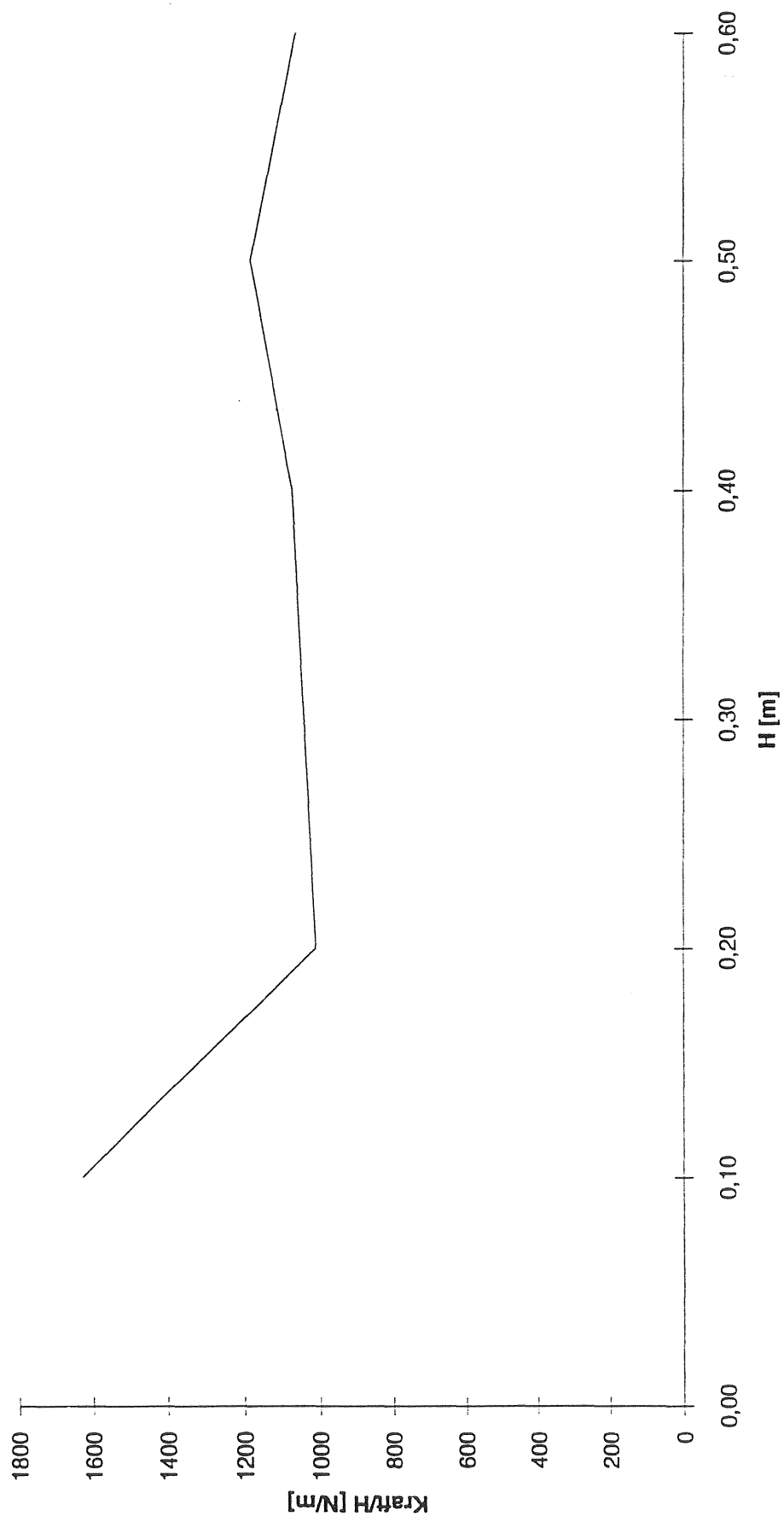
Tvärkraft element 130



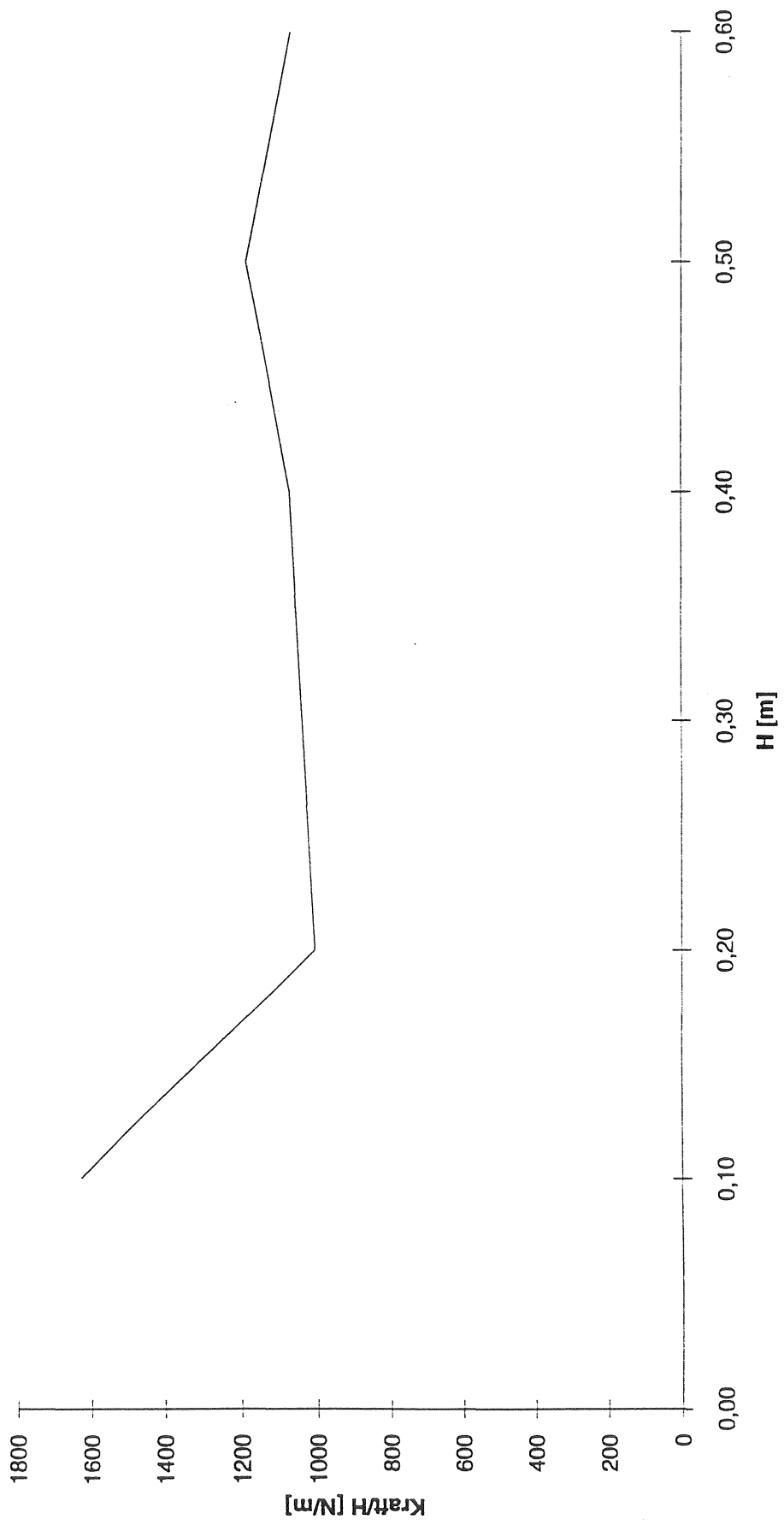
Tvärkraft T element 130



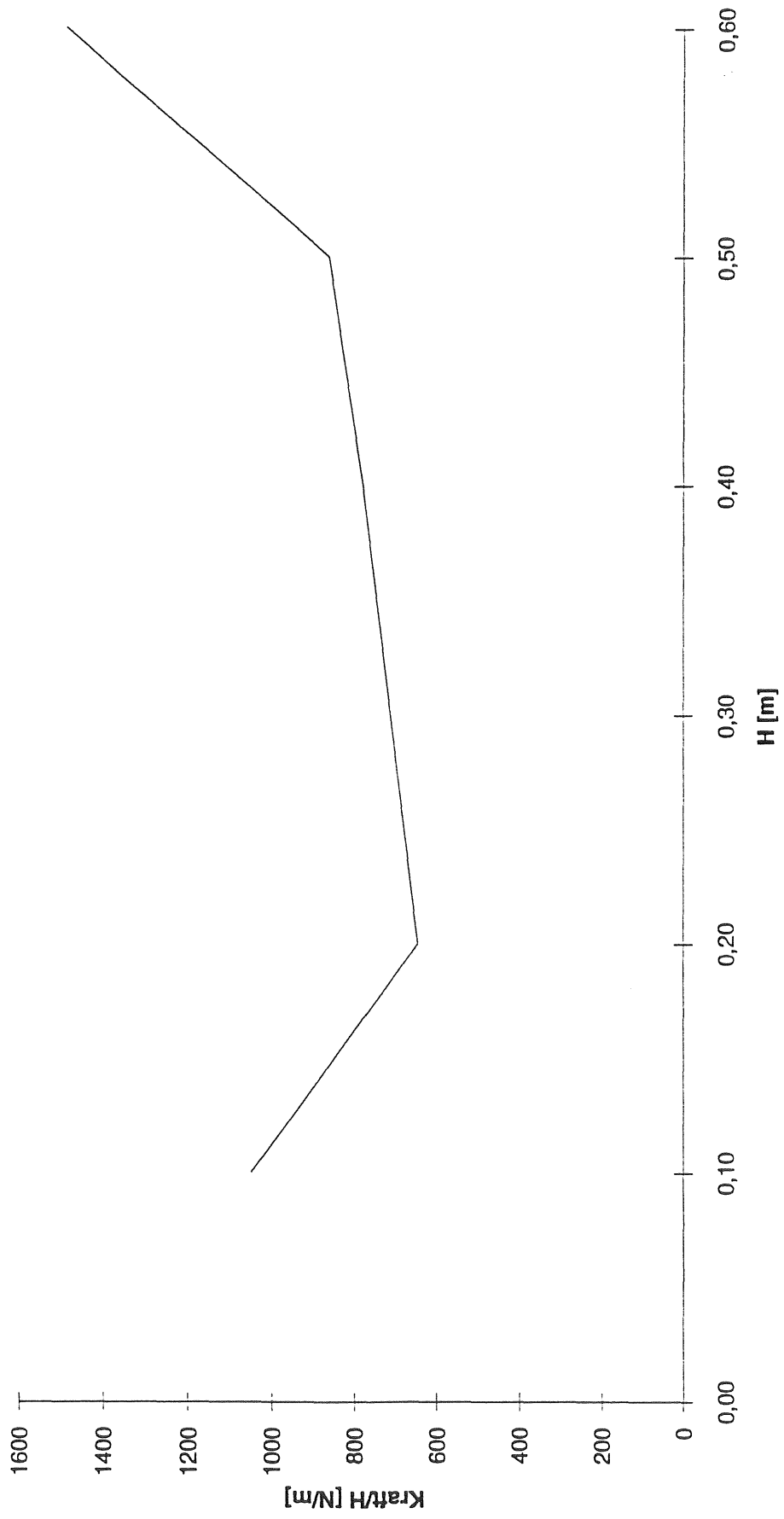
Tvärkraft T element 10



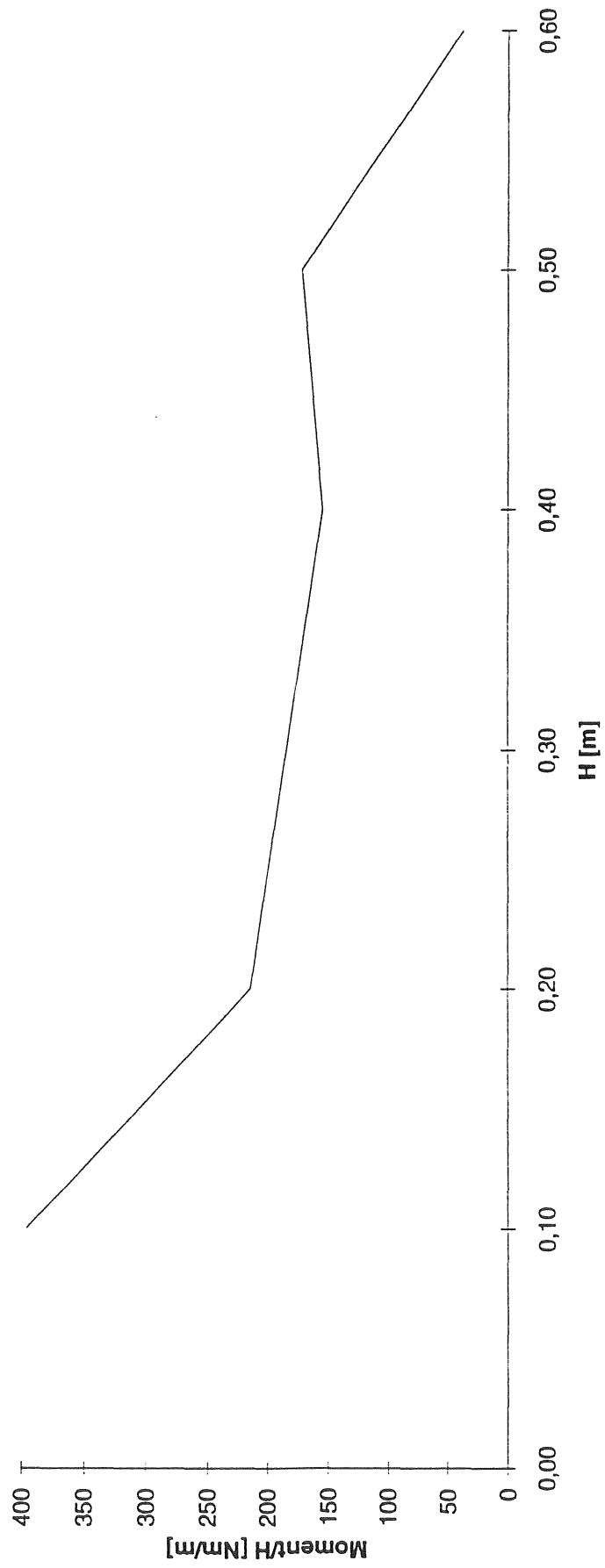
Tvärkraft T element 229



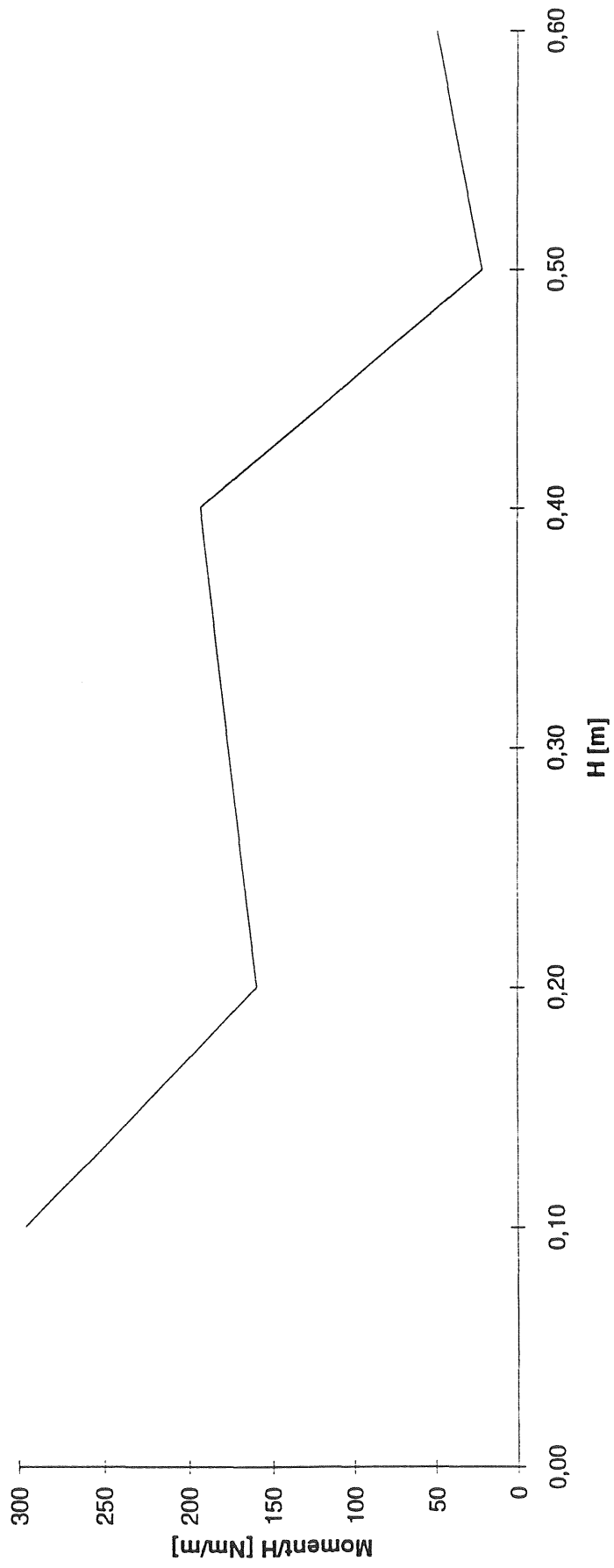
Tvärkraft T element 220



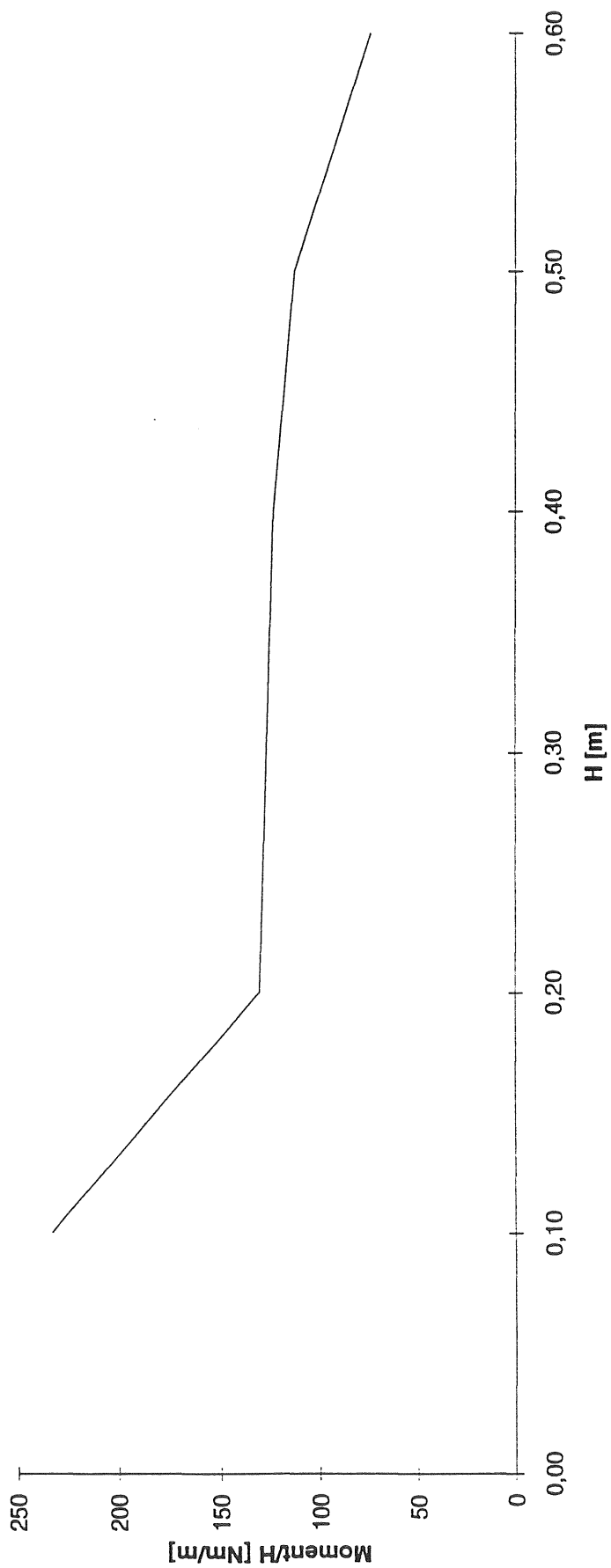
Vridmoment element 108



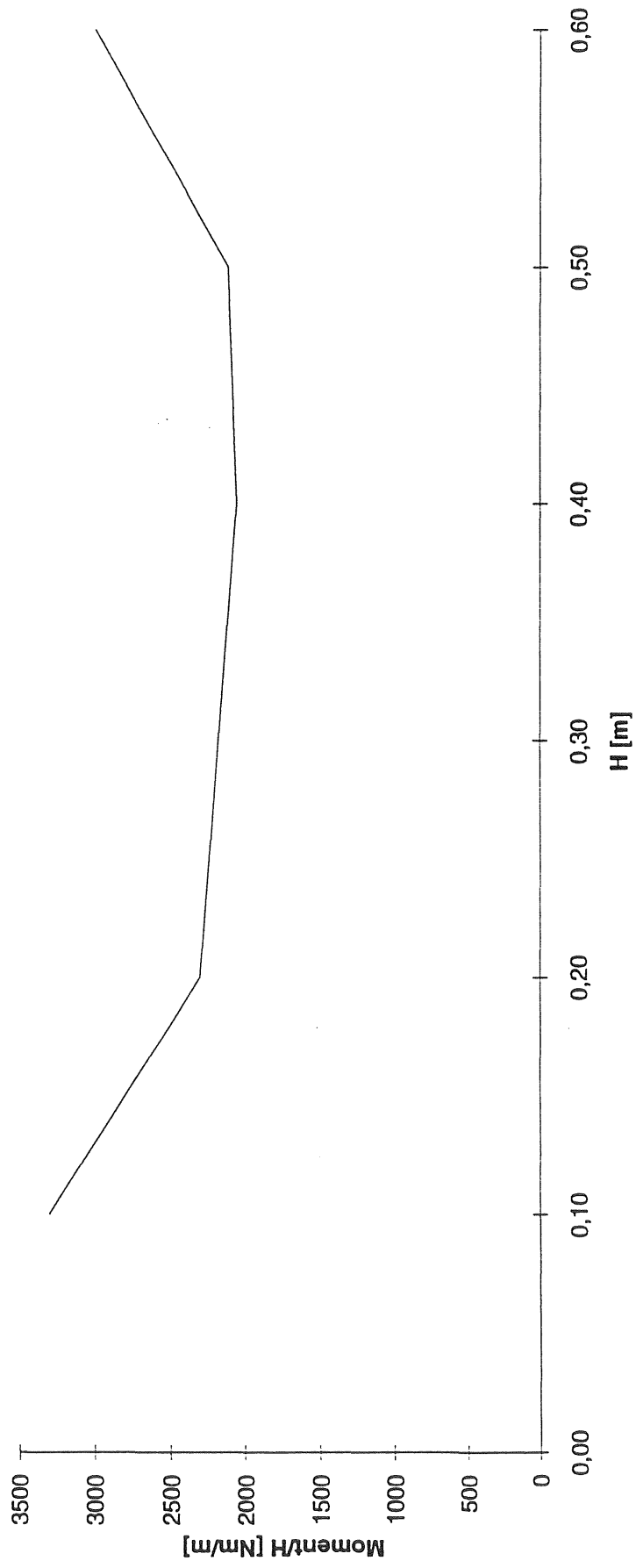
Vridmoment element 138



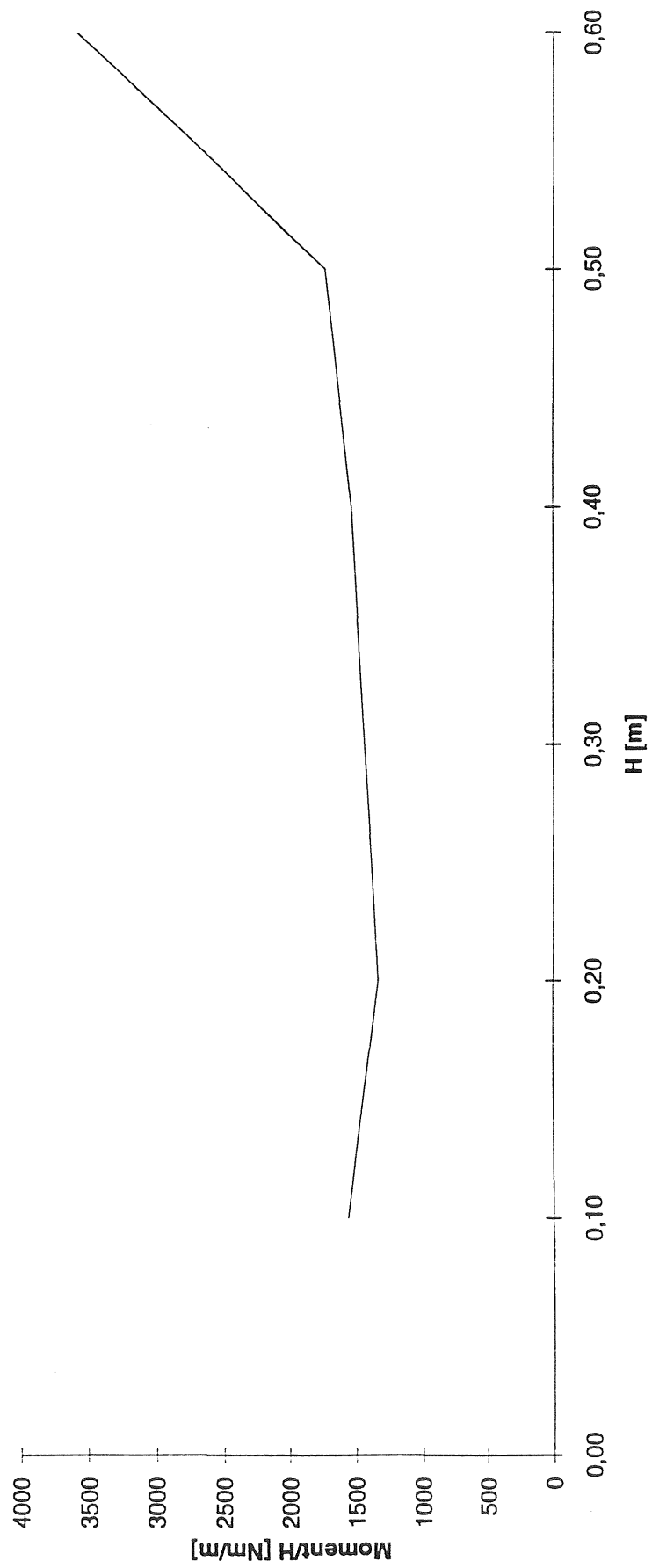
Vridmoment element 220



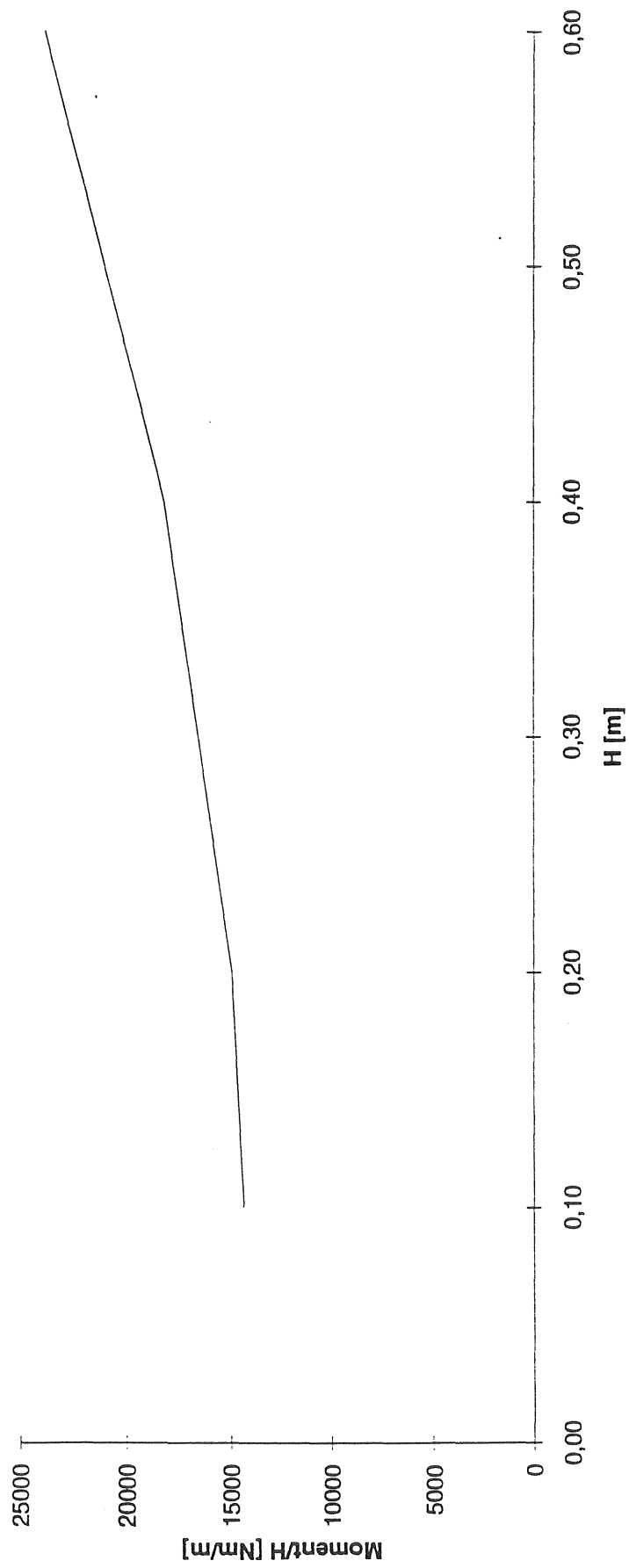
Böjmoment S element 120



Böjmoment S element 160



Böjmoment T element 129



*** Welcome to SOLVIA-POST 95.0C Pre-Release
 *** Copyright SOLVIA ENGINEERING AB, 1987-1994
 *** This copy is licensed to DYNOMAR AB
 *** No 'post.set' file found.

post: post: post: post: *

DATABASE CREATE

*** Reading SOLVIA porthole file

TROLL OLJE, loads , H= 0.40, T= 3.36, N=0.0000E+00, 951003

***IN DATABASE: NODAL AND ELEMENT INPUT DATA

***IN DATABASE: INITIAL CONDITIONS AT TIME 0.00000000E+00

***IN DATABASE: 16 NODAL RESULTS TIME 1.0000000 TO 16.000000

***IN DATABASE: 16 ELEMENT RESULTS TIME 1.0000000 TO 16.000000

*

NMAX

1TROLL OLJE, loads , H= 0.40, T= 3.36, N=0.0000E+00, 951003

0EXTREME NODAL RESULTS FOR WHOLE MODEL STATIC ANALYSIS

INTERVAL TSTART = .00000E+00 TEND = 16.000 SCANNED FOR ABSOLUTE MAXIMUM

| X-DIR DISPL. | NODE | STEP | TIME |
|--------------|------|------|-------|
| 1.66330E+00 | 231 | 7 | 7.000 |
| Y-DIR DISPL. | NODE | STEP | TIME |
| -4.40965E-01 | 78 | 8 | 8.000 |
| Z-DIR DISPL. | NODE | STEP | TIME |
| -1.13303E-01 | 3 | 9 | 9.000 |
| X-ROT DISPL. | NODE | STEP | TIME |
| 9.72371E-03 | 67 | 10 | 10.00 |
| Y-ROT DISPL. | NODE | STEP | TIME |
| 1.28705E-02 | 148 | 7 | 7.000 |
| Z-ROT DISPL. | NODE | STEP | TIME |
| 1.44506E-01 | 140 | 8 | 8.000 |

EMAX

1TROLL OLJE, loads , H= 0.40, T= 3.36, N=0.0000E+00, 951003

0EXTREME ELEMENT RESULTS PER ELEMENT GROUP FOR WHOLE MODEL STATIC ANALYSIS

INTERVAL TSTART = 1.0000 TEND = 16.000 SCANNED FOR ABSOLUTE MAXIMUM

ELEMENT GROUP = 1 (BEAM) LISTED RESULTS ARE MEASURED IN ELEMENT COORDINATES

| FORCE-R | ELEMENT | NGLOB | NLOC | STEP | TIME |
|---------|---------|-------|------|------|------|
|---------|---------|-------|------|------|------|

| FORCE | ELEMENT | NGLOB | NLOC | STEP | TIME |
|--------------|---------|-------|------|------|--------|
| 3.26299E+03 | 85 | 85 | 1 | 5 | 5.0000 |
| 3.83003E+03 | 130 | 130 | 1 | 7 | 7.0000 |
| -4.29071E+02 | 10 | 10 | 1 | 9 | 9.0000 |
| -7.72547E+01 | 138 | 138 | 1 | 8 | 8.0000 |
| 8.32279E+02 | 121 | 122 | 2 | 6 | 6.0000 |
| 7.56937E+03 | 129 | 130 | 2 | 8 | 8.0000 |

1TROLL OLJE, loads , H= 0.40, T= 3.36, N=0.0000E+00, 951003
0EXTREME ELEMENT RESULTS PER ELEMENT GROUP FOR WHOLE MODEL STATIC ANALYSIS

INTERVAL TSTART = 1.0000 TEND = 16.000 SCANNED FOR ABSOLUTE MAXIMUM

ELEMENT GROUP = 2 (SPRING) LISTED RESULTS ARE MEASURED IN ELEMENT COO

| FORCE-R | ELEMENT | POINT | STEP | TIME |
|-------------|---------|-------|------|--------|
| 5.55546E+03 | 9 | 1 | 7 | 7.0000 |

1TROLL OLJE, loads , H= 0.40, T= 3.36, N=0.0000E+00, 951003
0EXTREME ELEMENT RESULTS PER ELEMENT GROUP FOR WHOLE MODEL STATIC ANALYSIS

INTERVAL TSTART = 1.0000 TEND = 16.000 SCANNED FOR ABSOLUTE MAXIMUM

ELEMENT GROUP = 3 (SPRING) LISTED RESULTS ARE MEASURED IN ELEMENT COO

| FORCE-R | ELEMENT | POINT | STEP | TIME |
|-------------|---------|-------|------|--------|
| 0.00000E+00 | 1 | 1 | 1 | 1.0000 |

1TROLL OLJE, loads , H= 0.40, T= 3.36, N=0.0000E+00, 951003
0EXTREME ELEMENT RESULTS PER ELEMENT GROUP FOR WHOLE MODEL STATIC ANALYSIS

INTERVAL TSTART = 1.0000 TEND = 16.000 SCANNED FOR ABSOLUTE MAXIMUM

ELEMENT GROUP = 4 (SPRING) LISTED RESULTS ARE MEASURED IN GLOBAL COOP

| FORCE-X | ELEMENT | NGLOB | NLOC | STEP | TIME |
|--------------|---------|-------|------|------|--------|
| 0.00000E+00 | 1 | 10 | 1 | 1 | 1.0000 |
| 0.00000E+00 | 1 | 10 | 1 | 1 | 1.0000 |
| -8.68582E+02 | 24 | 240 | 1 | 9 | 9.0000 |

| MOMENT-X | ELEMENT | NGLOB | NLOC | STEP | TIME |
|-------------|---------|-------|------|------|--------|
| 0.00000E+00 | 1 | 10 | 1 | 1 | 1.0000 |
| MOMENT-Y | ELEMENT | NGLOB | NLOC | STEP | TIME |
| 0.00000E+00 | 1 | 10 | 1 | 1 | 1.0000 |
| MOMENT-Z | ELEMENT | NGLOB | NLOC | STEP | TIME |
| 0.00000E+00 | 1 | 10 | 1 | 1 | 1.0000 |

*NLIST tstart=1.0 tend=5.0

*ELIST HELPSRING TSTART=1.0 TEND=5.0

*ELIST LINOR TSTART=1.0 TEND=5.0

*SET VIEW=y

MESH ORIG=DASH ti=12

*** Plotting FRAME number 1

*** GSCALE = .530

*PLOT 1,TREDEVY.PS

*SET VIEW=X

*MESH ORIG=DASH ti=2

*PLOT 2,XVY.PS

*SET VIEW=Y

*MESH ORIG=DASH ti=3

*PLOT 3,YVY.PS

*SET VIEW=Z

*MESH ORIG=DASH ti=4

*PLOT 4,ZVY.PS

END

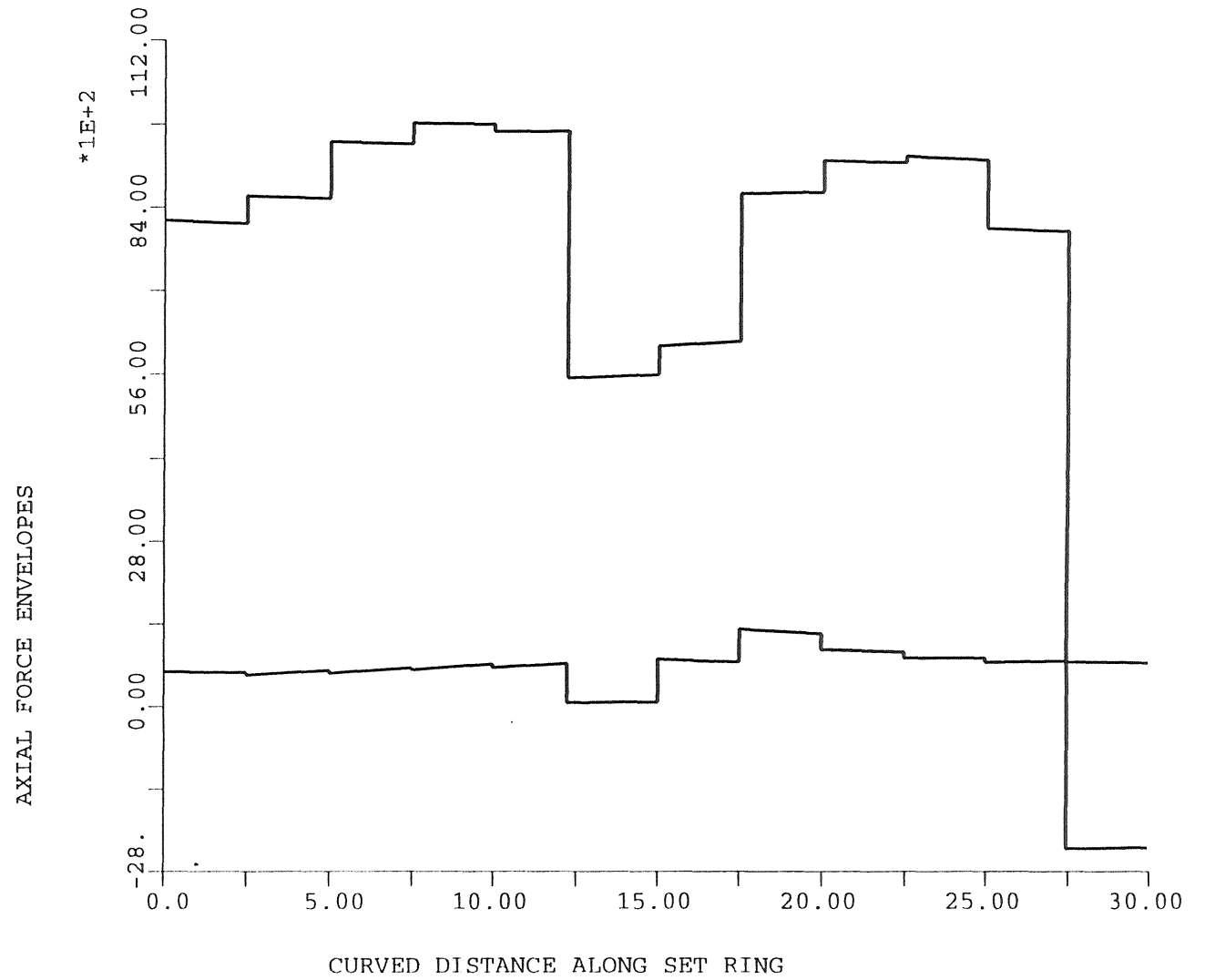
*** Exit from SOLVIA-POST 95.0C Pre-Release

*** Copyright SOLVIA ENGINEERING AB, 1987-1994

*** This copy is licensed to DYNOMAR AB

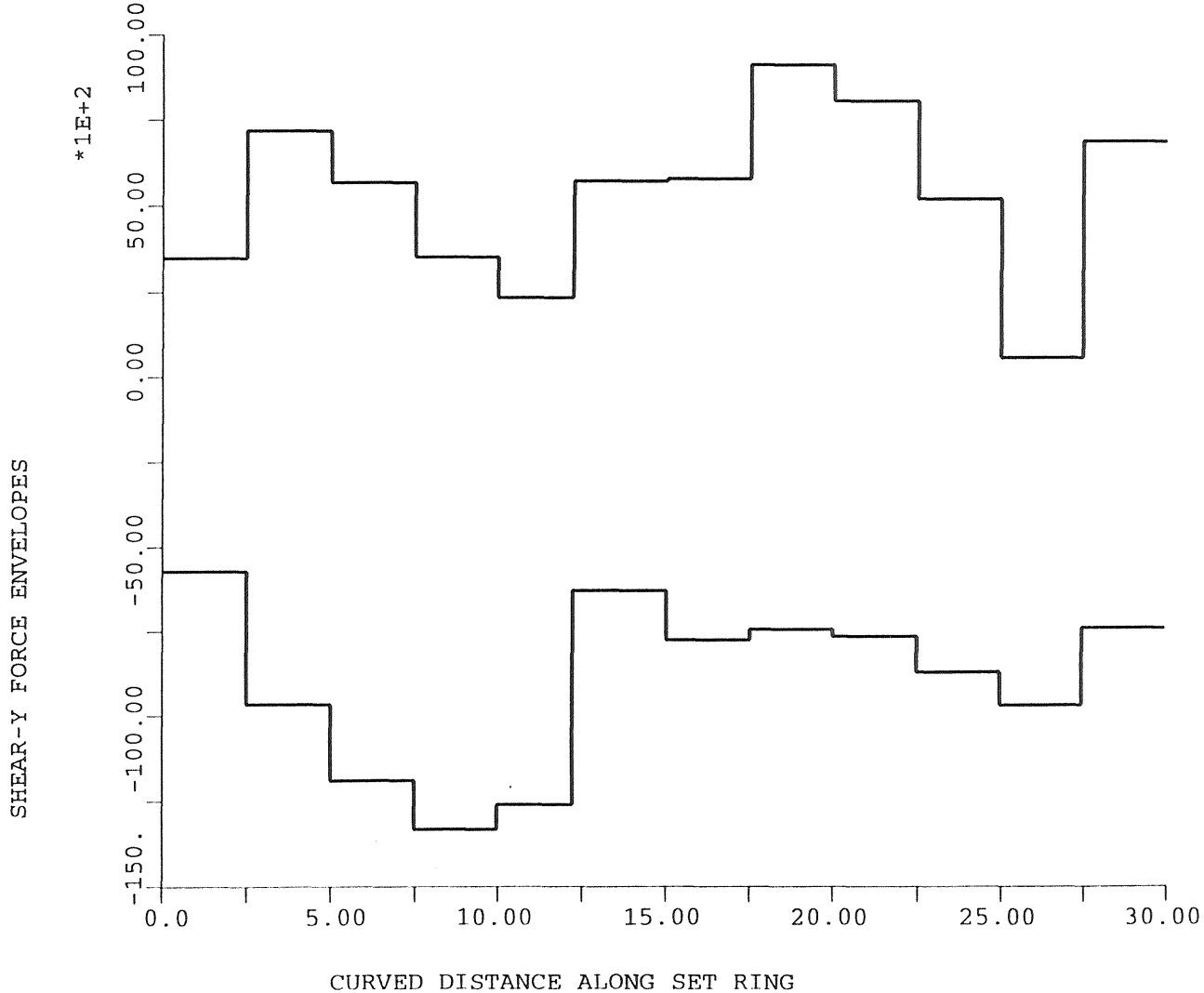
FISKODLINGSANLAGGNING TYP POLAR CIRKEL GIGANTE D=19.1 m

FLEXCOM-3D
VERSION 3.1.3



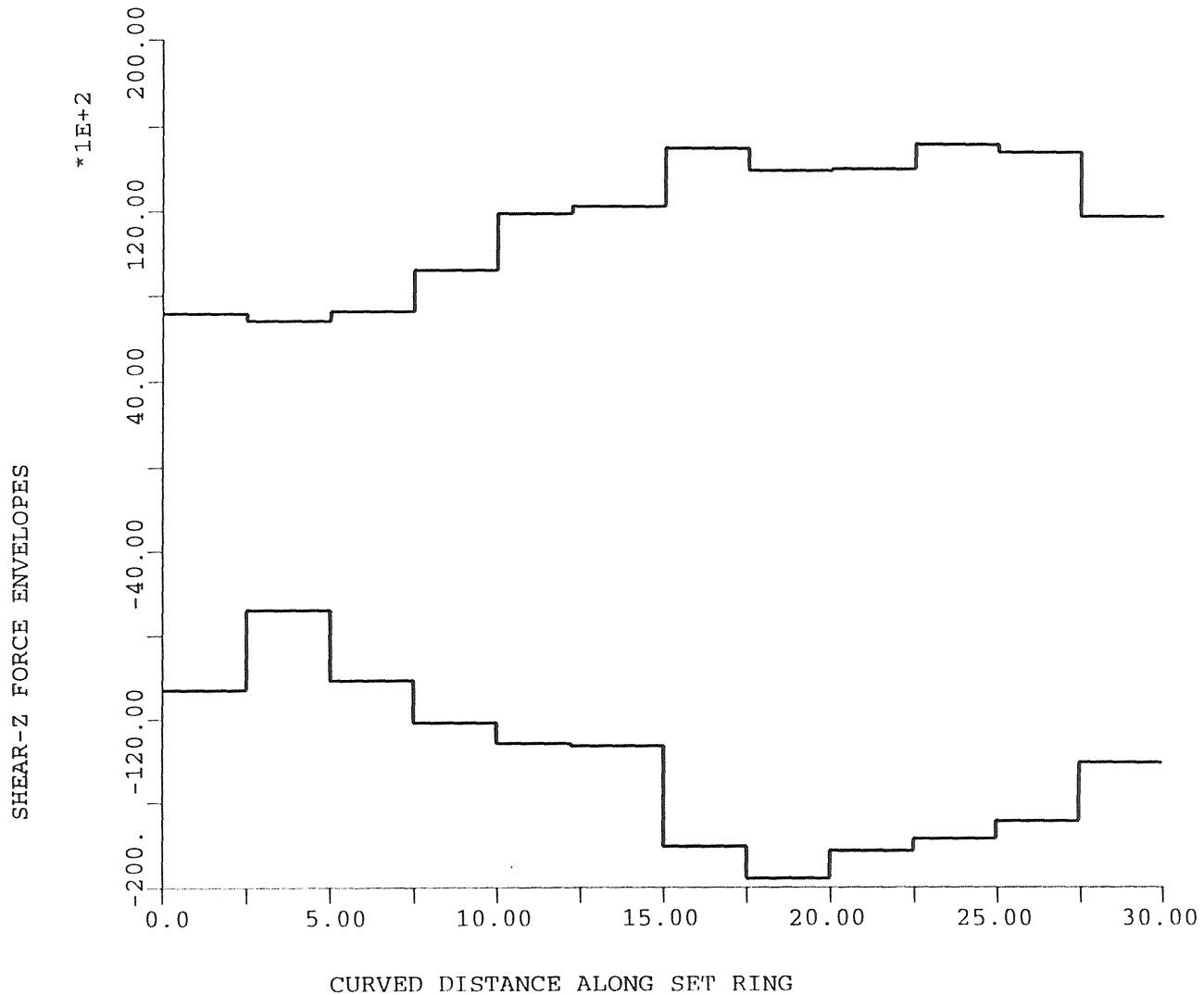
FISKODLINGSANLAGGNING TYP POLAR CIRKEL GIGANTE D=19.1 m

FLEXCOM-3D
VERSION 3.1.3



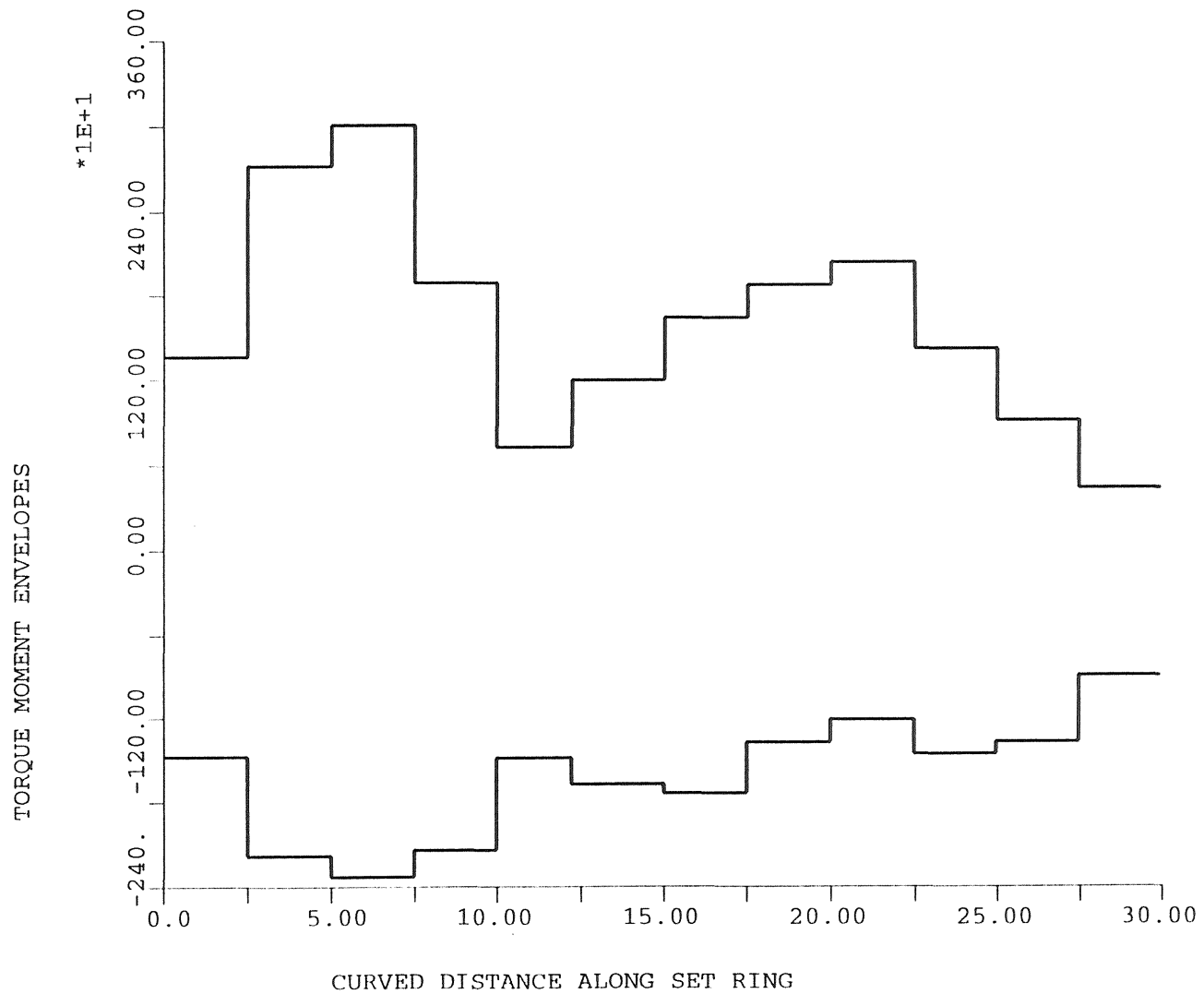
FISKODLINGSANLAGGNING TYP POLAR CIRKEL GIGANTE D=19.1 m

FLEXCOM-3D
VERSION 3.1.3



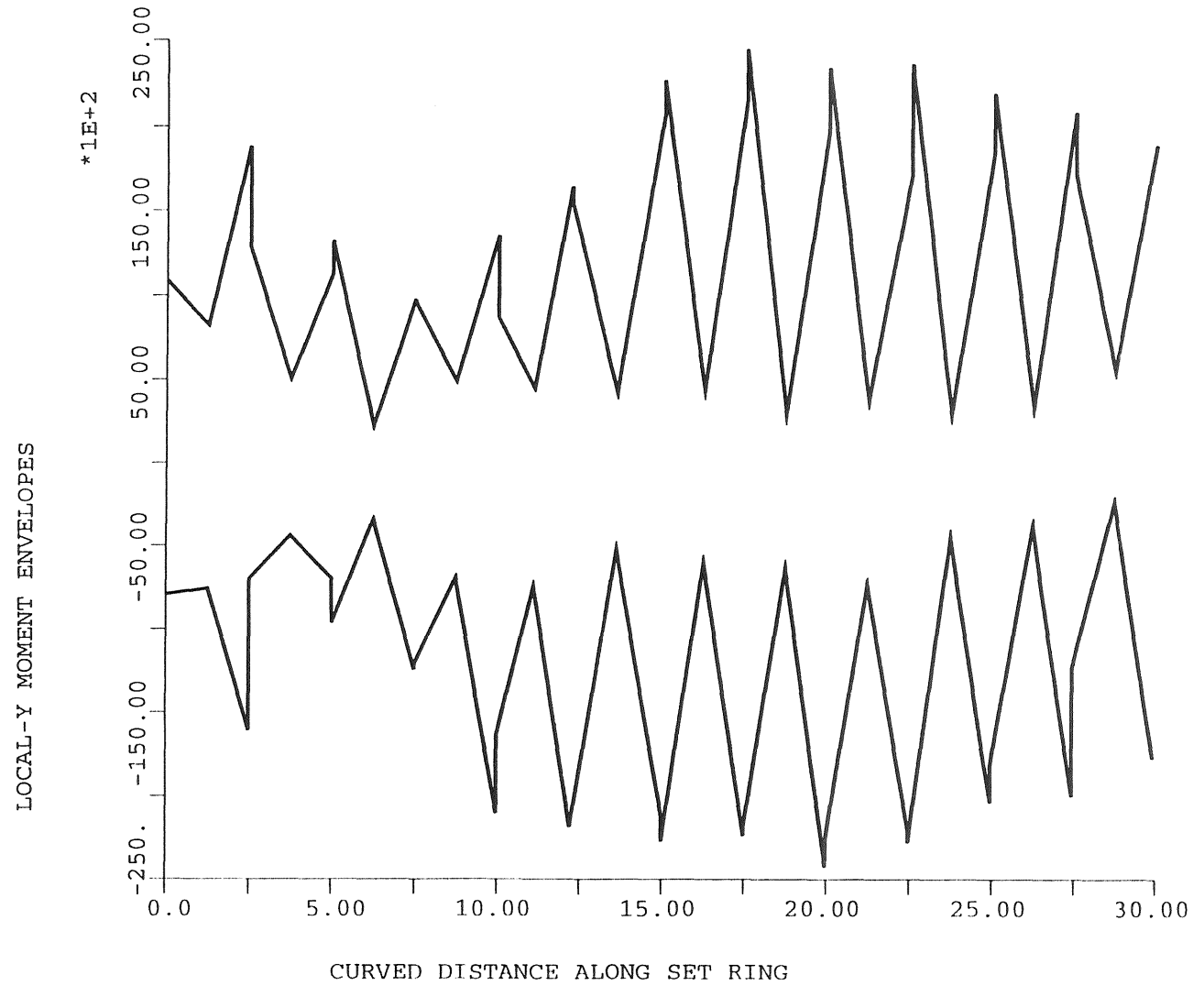
FISKODLINGSANLAGGNING TYP POLAR CIRKEL GIGANTE D=19.1 m

FLEXCOM-3D
VERSION 3.1.3



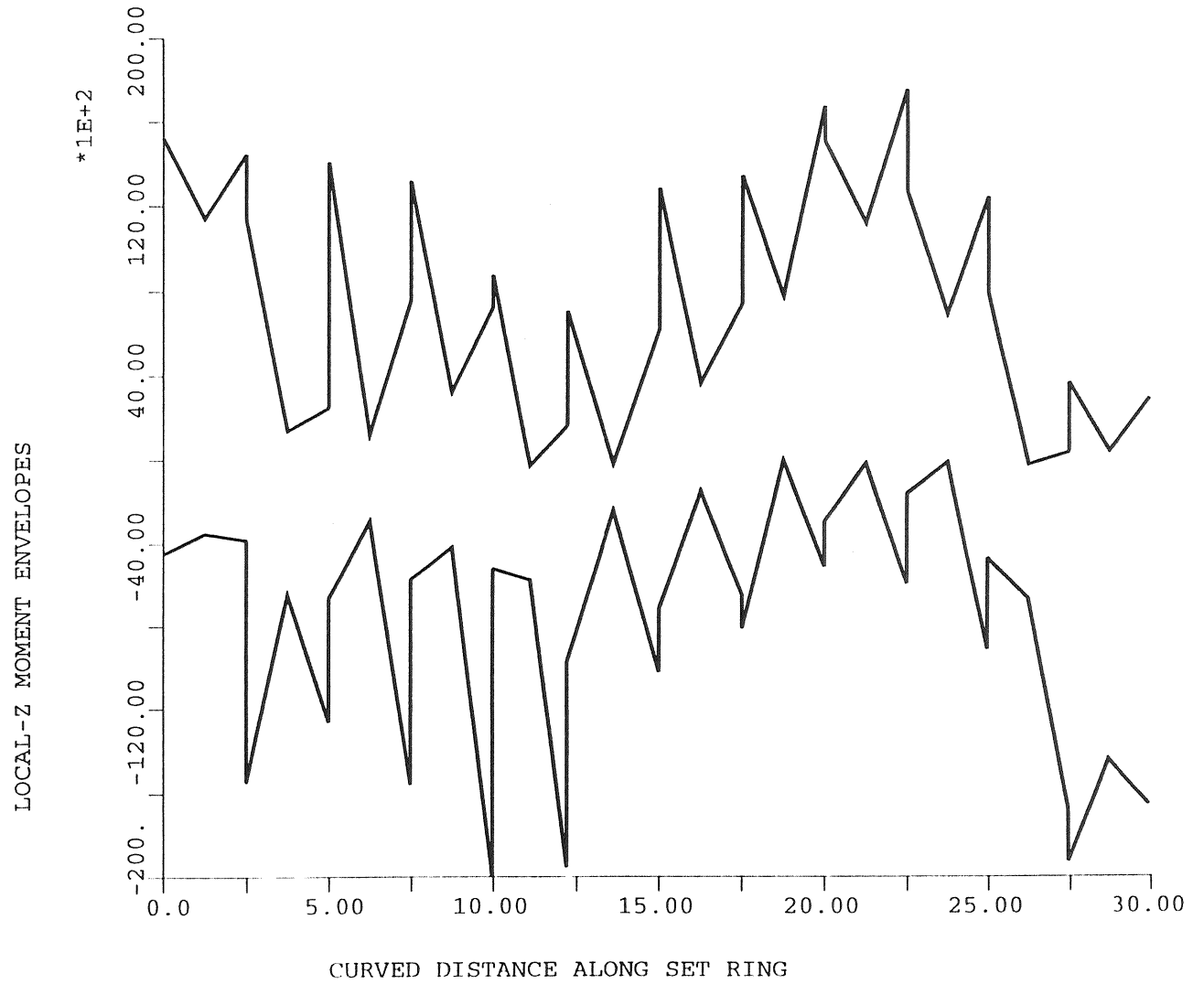
FISKODLINGSANLAGGNING TYP POLAR CIRKEL GIGANTE D=19.1 m

FLEXCOM - 3D
VERSION 3.1.3



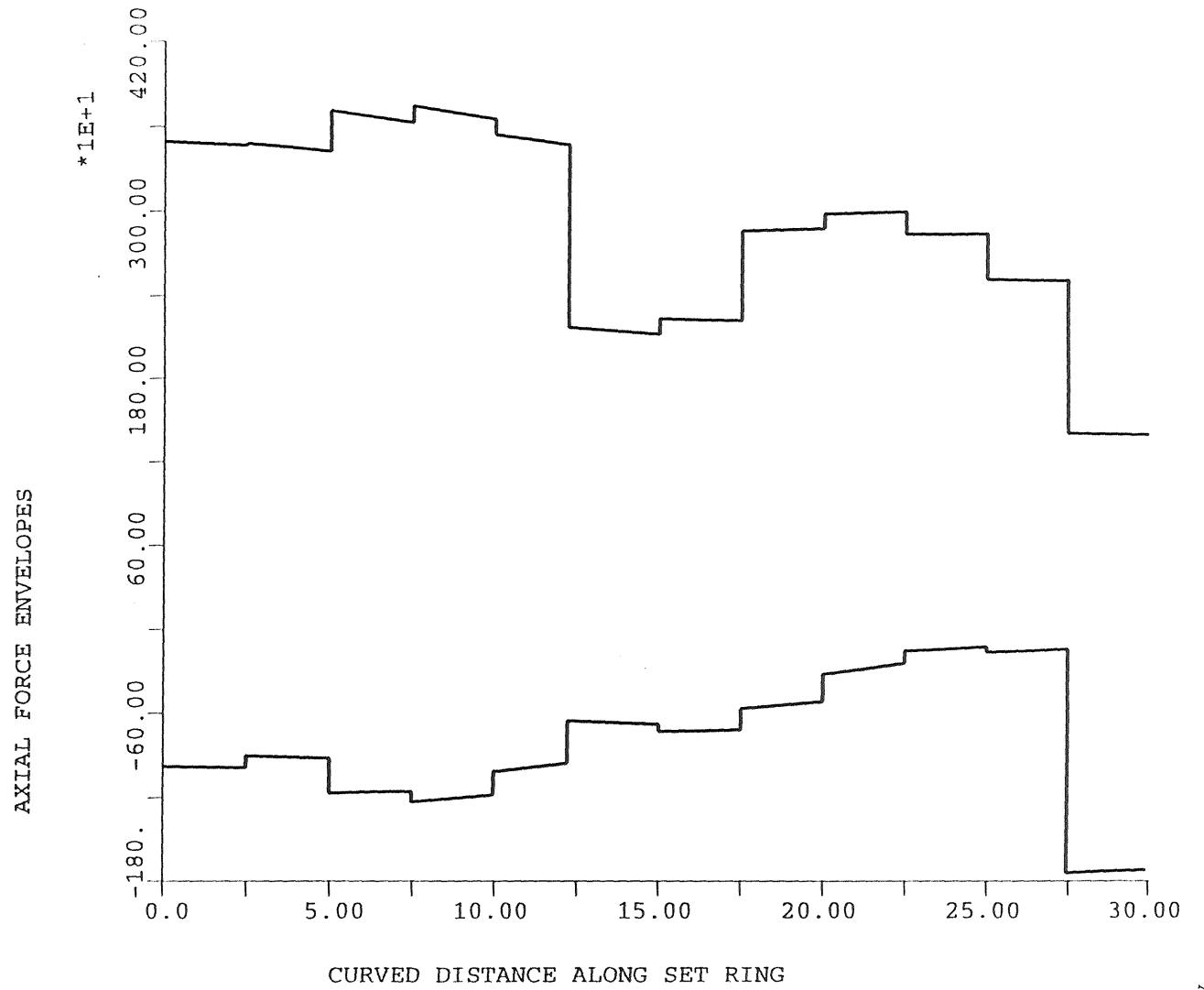
FISKODLINGSANLAGGNING TYP POLAR CIRKEL GIGANTE D=19.1 m

FLEXCOM-3D
VERSION 3.1.3



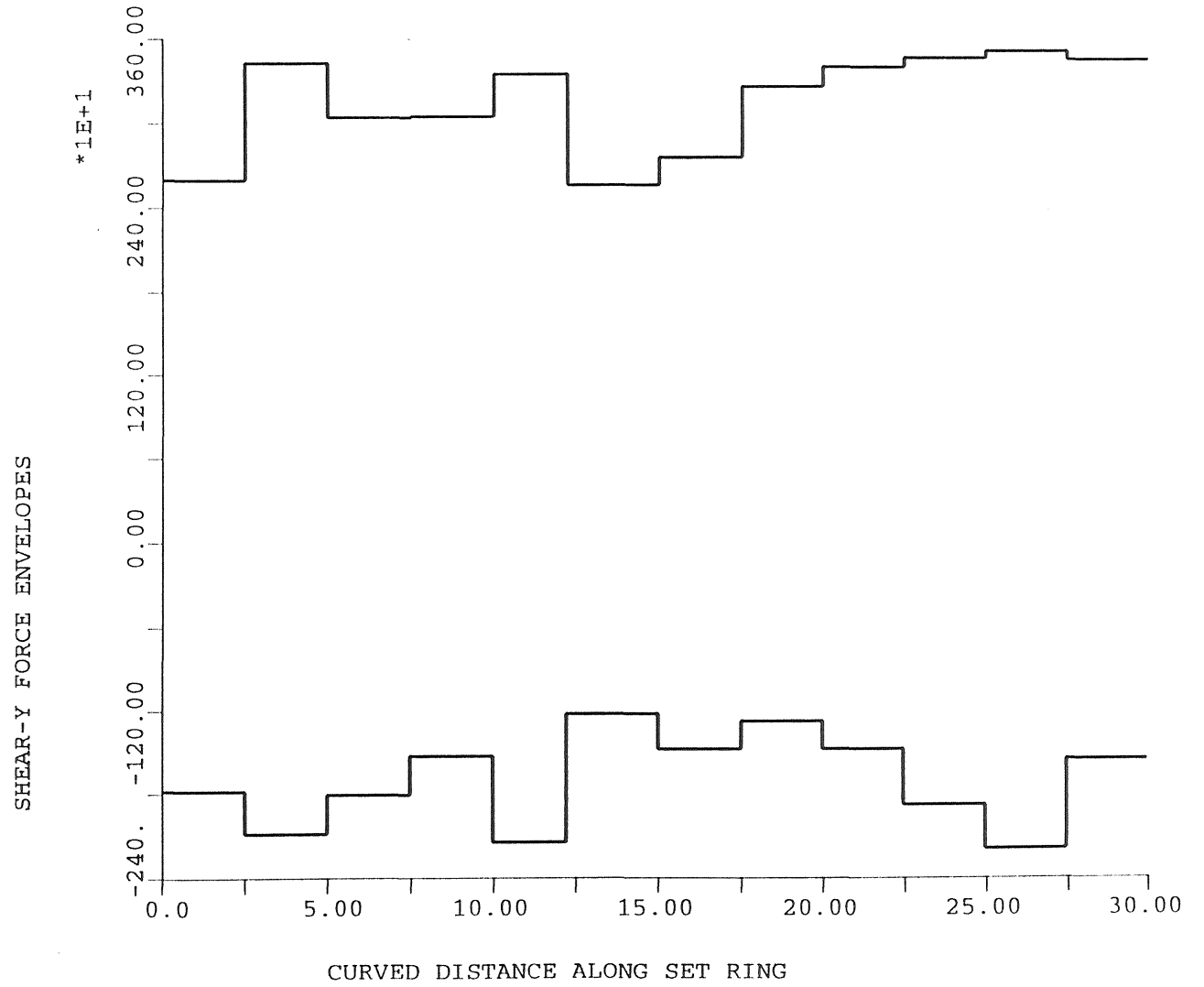
FISKODLINGSANLAGGNING TYP POLAR CIRKEL GIGANTE D=19.1 m

FLEXCOM-3D
VERSION 3.1.3



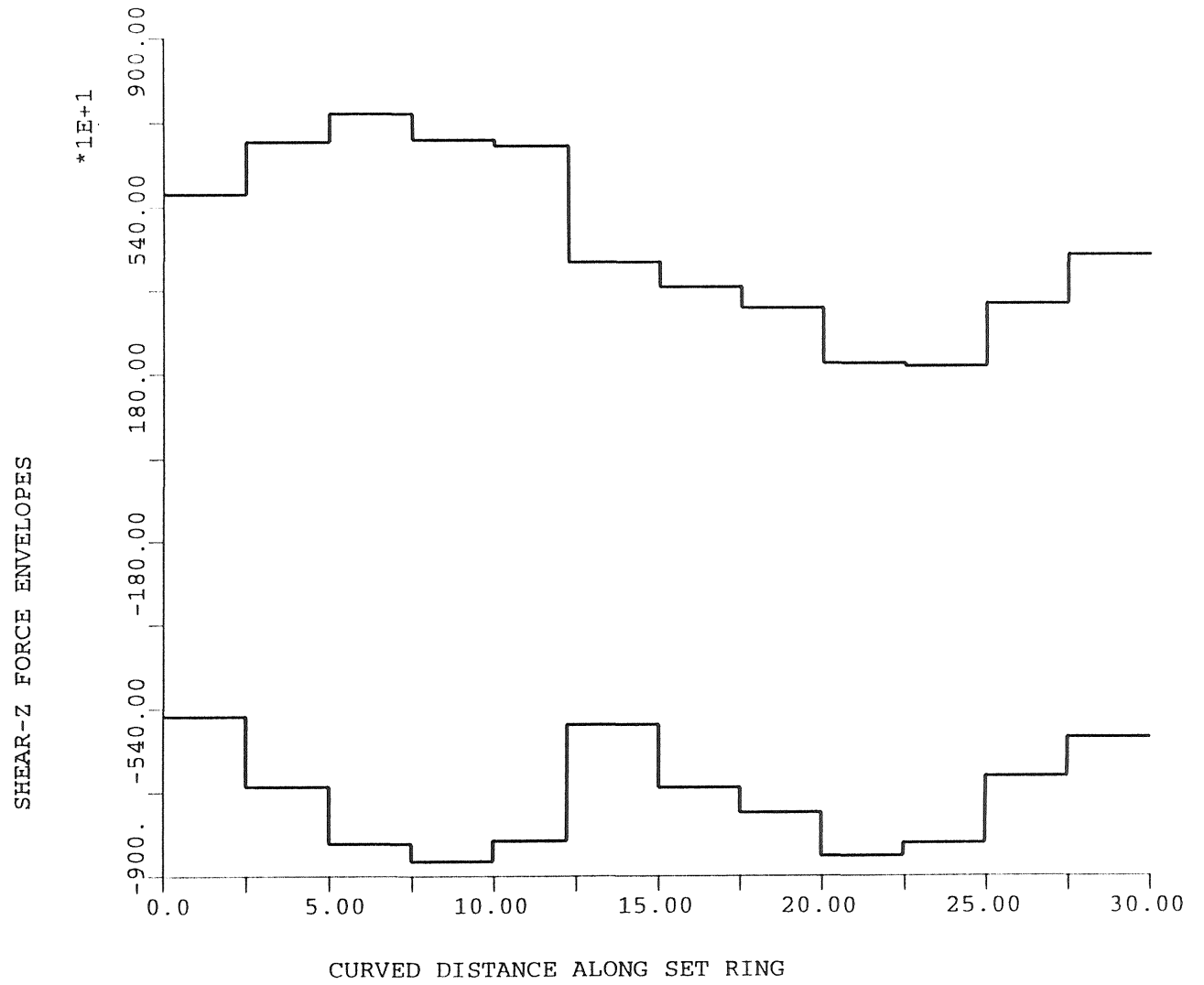
FISKODLINGSANLAGGNING TYP POLAR CIRKEL GIGANTE D=19.1 m

FLEXCOM-3D
VERSION 3.1.3



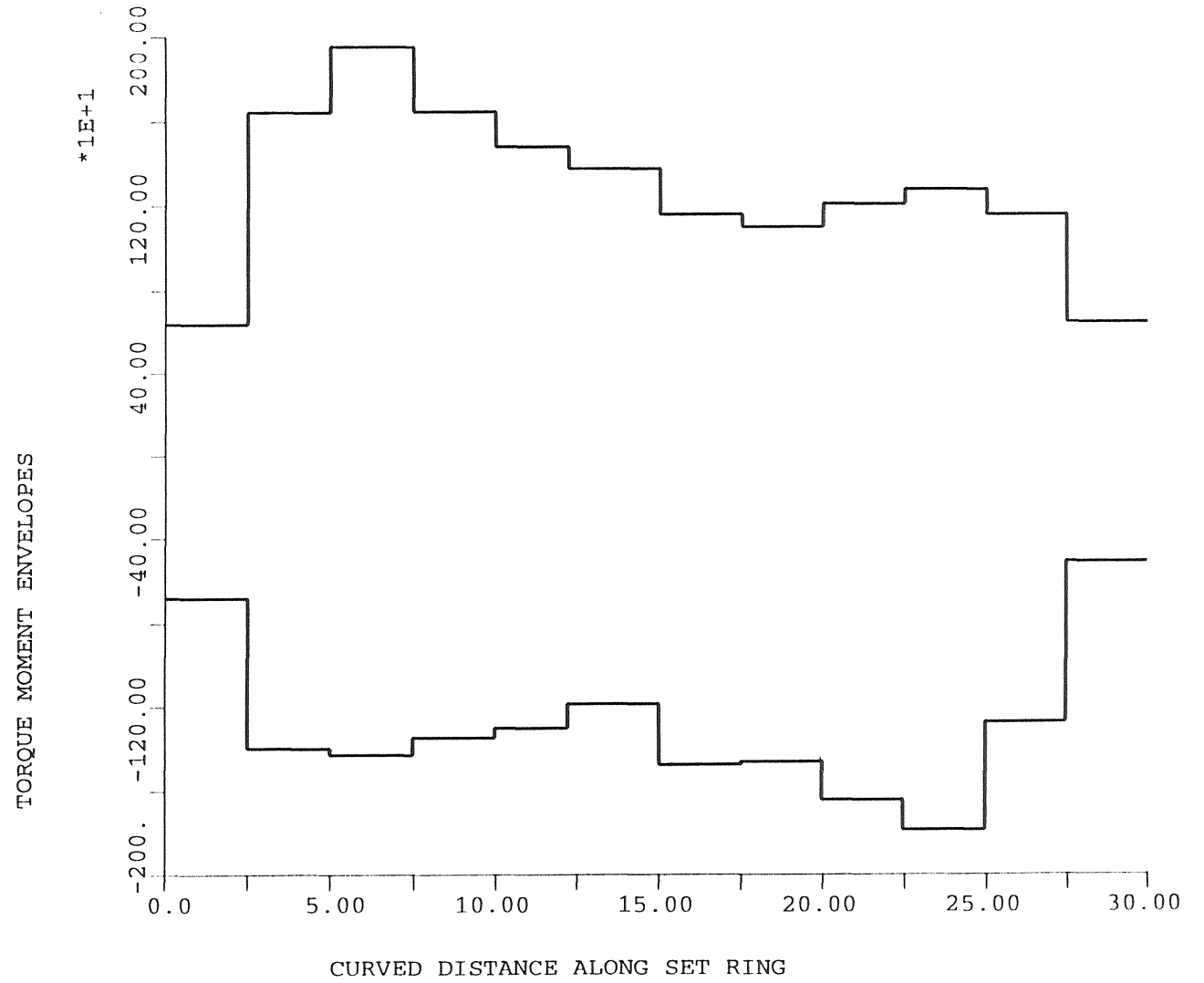
FISKODLINGSANLAGGNING TYP POLAR CIRKEL GIGANTE D=19.1 m

FLEXCOM-3D
VERSION 3.1.3



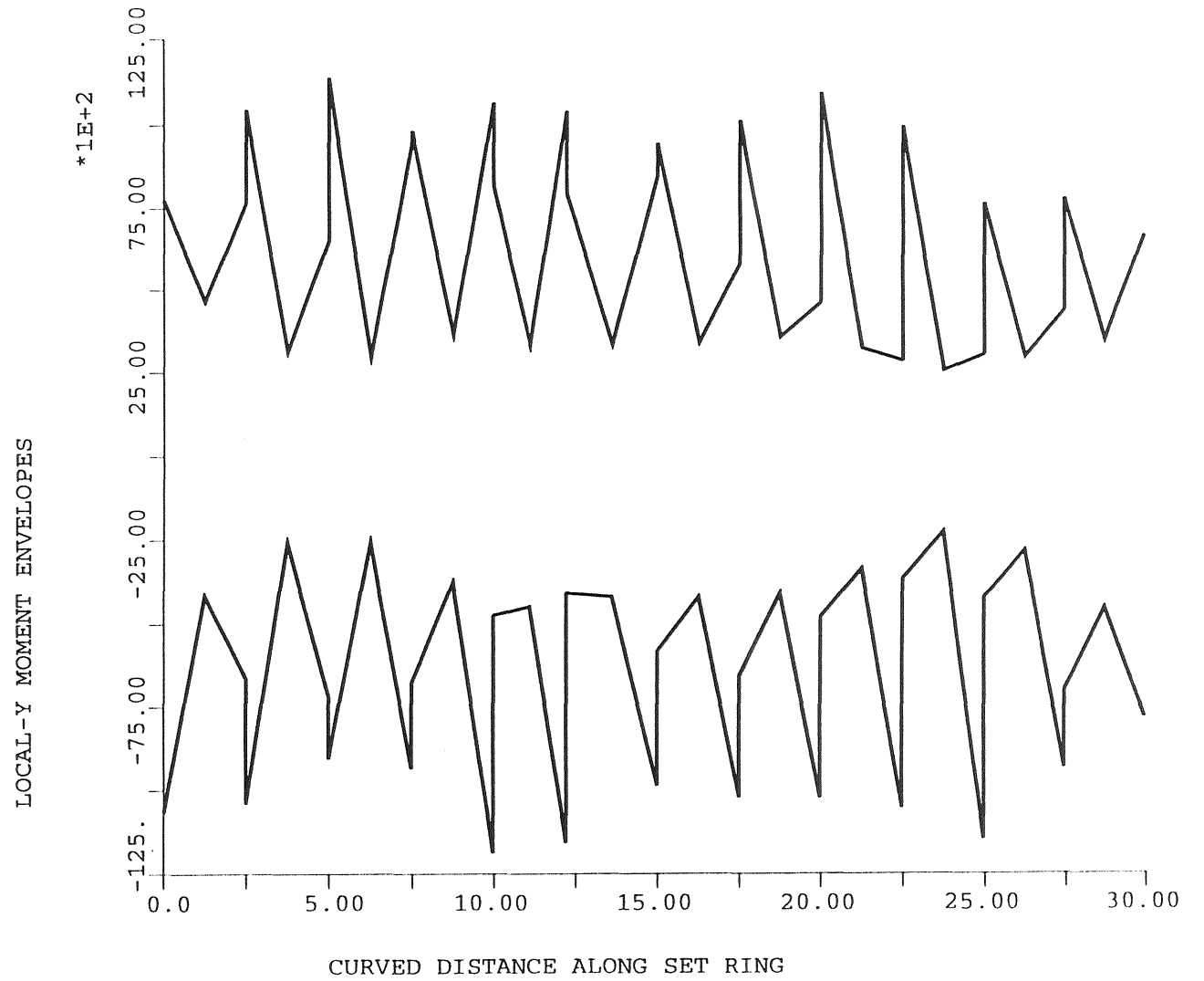
FISKODLINGSANLAGGNING TYP POLAR CIRKEL GIGANTE D=19.1 m

FLEXCOM-3D
VERSION 3.1.3



FISKODLINGSANLAGGNING TYP POLAR CIRKEL GIGANTE D=19.1 m

FLEXCOM - 3D
VERSION 3.1.3



FISKODLINGSANLAGGNING TYP POLAR CIRKEL GIGANTE D=19.1 m

FLEXCOM-3D
VERSION 3.1.3

