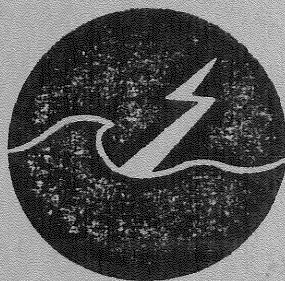


GRUPPEN FÖR VÅGENERGIFORSKNING



WAVEFIELD

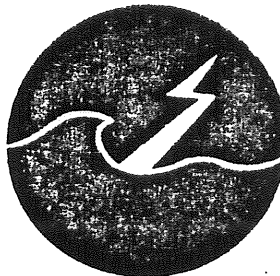
Ett datorprogram för simulering av
vågfält

av

Henriette Melin
Lars Bergdahl

Rapport GR:67
Göteborg 1985

GRUPPEN FÖR VÅGENERGIFORSKNING



WAVEFIELD

Ett datorprogram för simulering av
vågfält

av

Henriette Melin

Lars Bergdahl

Rapport GR:67

Göteborg 1985

FÖRORD

Programmet Wave Field har utarbetats för att generera vågindata på ett generellt och genomtänkt sätt till beräkningsprogram för rörelser hos och krafter på fasta och flytande plattformar i havet.

Programmet utgör en egen enhet som genererar nivå, tryck, partikelrörelser, hastigheter och accelerationer som funktioner av tiden. Programmet har utnyttjats i ett examensarbete för att beräkna vågkrafter på en gravitationsplattform och skall användas i samband med en simulering av rörelser och förankringar hos ett vågkraftverk.

Vi hoppas att det kan komma att utgöra en basrutin även till andra program,

Arbetet har utförts inom projektet: "Konstruktioner i havet, vågkrafter-rörelser" som finansieras av Styrelsen för Teknisk Utveckling.

Göteborg i mars 1985

Henriette Melin

Lars Bergdahl

INNEHÅLL	Sid.
1. Kort beskrivning av programmets funktion	1
2. Använda beräkningsmetoder	2
3. Indatabeskrivning	15
4. Utdatabeskrivning	25
5. Beskrivning av programmets uppbyggnad	27
6. Exempel på styrsatser för körning vid Göteborgs Datacentral	31
7. Beräkningsexempel	32
8. Referenser	59

1. KORT BESKRIVNING AV PROGRAMMETS FUNKTION

Wave Field beräknar vågkaraktistika i ett simulerat två- eller tredimensionellt sjötillstånd. Sinusformade eller oregelbundna vågor kan användas. För oregelbundna vågor kan man välja PM, Jonswap, ISSC eller Ochi spektrum.

Riktningsspridningen för tredimensionella vågor kan väljas $\cos^2$ eller swopfördelad. Inverkan av ström kan simuleras.

Som utdata fås partikelhastigheter och accelerationer i tre dimensioner, dynamiska tryck och vattenytans läge för önskade punkter i vågfältet som en funktion av tiden. Simuleringens varaktighet och det använda tidssteget beror på våglängden. Vågfältsp parametrar och energispektrum kan plottas.

2. ANVÄNDA BERÄKNINGSMETODER I PROGRAMMET WAVE FIELD

Nedan följer en kortfattad beskrivning av de samband och metoder som används i programmet.

2.1 Koordinatsystem

Alla koordinater och riktningar refererar till ett kartesiskt koordinatsystem enligt fig.2.1.

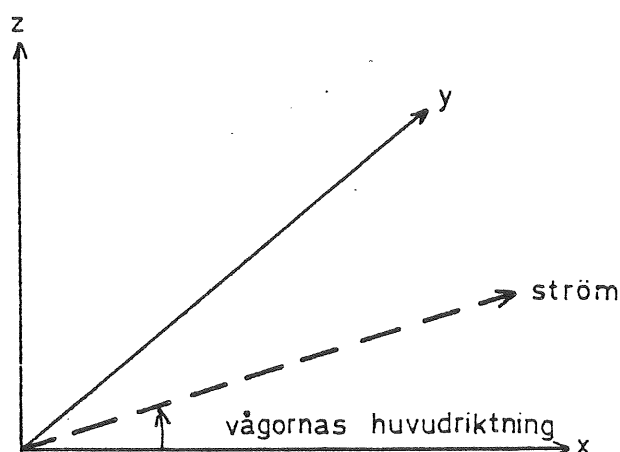


Fig. 2.1 Koordinatsystem som används i beräkningarna.

Vågornas huvudriktning räknas alltid i positiv x-led. För att ändra vågornas infallsvinkel mot det aktuella föremålet måste detta alltså vridas kring z-axeln i koordinatsystemet.

Strömriktningen anges med en vinkel som är 0° i positiv x-led och räknas positiv moturs, jfr Fig. 2.1.

Lugnvattenytan ligger på nivån $z = \pm 0.0$.

2.2 Simulering av vågmiljön

Vågmiljön kan simuleras antingen med en plan sinusvåg eller med oregelbundna vågor. De oregelbundna vågorna kan vara tvådimensionella (plana) eller tredimensionella (påverkade av riktningsspridning).

2.2.1 Plan sinusvåg

För den plana sinusvågen ges amplitud och period som indata. Tidssteget sätts till 5% av perioden. Fasvinkeln sätts lika med noll.

2.2.2 Oregelbundna vågor

För beräkning av oregelbundna vågor kan man välja mellan följande energispektra:

- Pierson - Moskowitz - spektrum
- Jonswap - spektrum, med eller utan beaktande av stryklängden
- ISSC - spektrum
- Ochi - spektrum

Den största frekvens för vilken en komponent av energispektret beräknas är

$$f_{\max} = (g / (2\pi \cdot \text{kortaste våglängden}))^{1/2}$$

där den kortaste våglängden ges som indata.

För en plan våg används frekvenssteget:

$$\Delta f = f_{\max} / 200$$

Om riktningspridning skall beaktas görs en finare indelning:

$$\Delta f = f_{\max} / 1400$$

Tidssteget beräknas som

$$\Delta t = 0.40 / f_{\max}^{\text{aktuell}}$$

där $f_{\max}^{\text{aktuell}}$ är den största frekvens som tas med i beräkningen.

$f_{\max}^{\text{aktuell}}$ är i allmänhet mindre än $f_{\max}$, eftersom endast de komponenter i energispektret vars energi är $> 1\%$ av maximala energin, används i beräkningen. Se fig. 2.2.

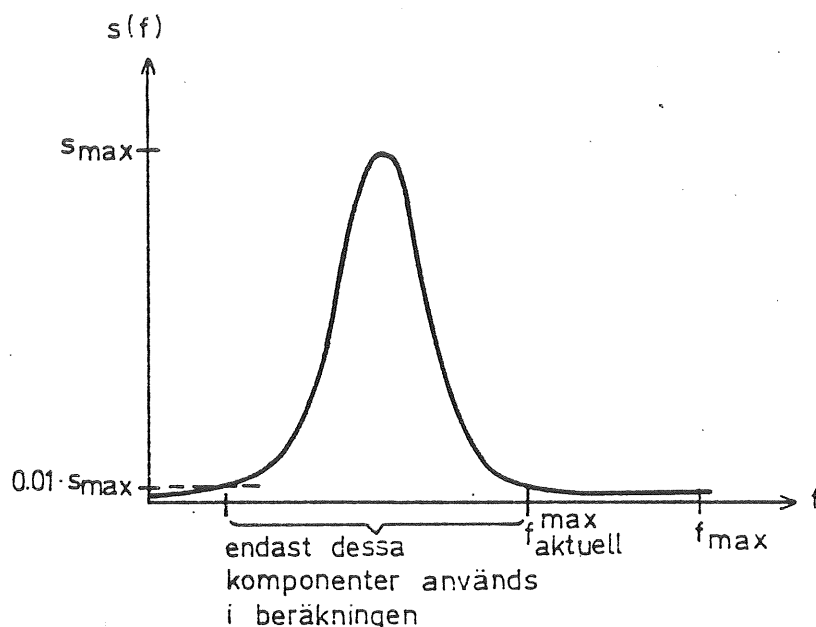


Fig. 2.2 Del av energispektret som används i beräkningen

Simuleringen görs under tiden

$$t_{\max} = 1/\Delta f$$

vilket motsvarar ett vågtåg.

Pierson-Moskowitz spektrum

1-parameter-spektrum som beskrivs av signifikant våghöjd eller vindhastighet/vindstyrka eller nollkryssningsperiod. Enligt Chakrabarti (1980) gäller:

$$S(f) = (2\pi)^{-4} \alpha g^2 f^{-5} \exp(-1.25 (f/f_0)^{-4})$$

där f - frekvensen

α - Phillips parameter (= 0.0081)

f_o - frekvensen för spektrumets maximala energi

$$f_o = (0.161 \text{ g}/H_s)^{1/2} / 2\pi$$

där H_s är signifikanta våghöjden i m

eller

$$f_o = 8.608 / (\text{wind} \cdot 2\pi)$$

där vind är vindhastigheten i m/s

eller

$$f_o = 8.608 / (0.836 \cdot \text{bwind}^{1.5}) / 2\pi$$

där bwind är vindstyrkan i Beaufort

eller

$$f_o = 4.4862 / (T_z \cdot 2\pi)$$

där T_z är nollkryssningsperioden i s.

Som indata ges en av parametrarna H_s , wind, bwind eller T_z . Om signifikanta våghöjden H_s väljs som parameter för PM-spektret brukar detta kallas ITTC-spektrum.

Jonswap spektrum utan beaktande av stryklängd

I Houmb, Øian (1981) beskrivs detta som ett 4-parameter-spektrum med parametrarna

f_o - frekvens för motsvarande PM-spektrums maximala energi

α - Phillips parameter (= 0.0081)

γ - toppighetsparameter

τ - formparameter

$$S(f) = S_{pm}(f) \cdot \gamma \exp(-(f-f_o)^2 / (2 \cdot (\tau f_o)^2))$$

där motsvarande PM-spektrum S_{pm} är

$$S_{pm}(f) = (2\pi)^{-4} \cdot \alpha \cdot g^2 \cdot f^{-5} \cdot \exp(-1.25 \cdot (\frac{f}{f_o})^{-4})$$

Som indata ges f_o , α , γ , τ . För val av parametrar hänvisas till t.ex. Houmb Øian (1981) eller Hasselmann m.fl. 1973.

Jonswap spektrum med beaktande av stryklängd

Enligt Chakrabarti (1980) är detta ett 2-parameterspektrum med parametrarna vindhastighet/vindstyrka och stryklängd.

$$S(f) = S_{pm}(f) \cdot \gamma \exp(-(f-f_o)^2 / (2 \cdot (\tau f_o)^2))$$

där

$$S_{pm}(f) = (2\pi)^{-4} \cdot \alpha \cdot g^2 \cdot f^{-5} \cdot \exp(-1.25 \cdot (\frac{f}{f_o})^{-4})$$

$$f_o = \frac{g}{wind} \cdot X_o^{-0.33}$$

wind - vindhastighet

$$X_o = \frac{g \cdot X}{wind^2}$$

X - stryklängd

$$\gamma = 3.30$$

$$\alpha = 0.076 \cdot X_o^{-0.22}$$

$$\tau = 0.07 \quad \text{För } f < f_o$$

$$\tau = 0.09 \quad \text{För } f > f_o$$

Som indata ges vindhastighet/vindstyrka och stryklängd.

ISSC spektrum

2-parameterspektrum som beskrivs av signifikant våghöjd och period.

Enligt Mårtensson (1982) kan spektret beskrivas på två sätt.

För normalfördelade våghöjder:

$$S(f) = 0.11 \left(\frac{H_s}{T_1} \right)^2 \cdot f^{-5} \cdot \exp(-0.44 (T_1 \cdot f)^{-4})$$

där $T_1 = m_0(f)/m_1(f)$

och spektrets n:te moment

$$m_n = \int_0^{\infty} f^n S(f) df$$

För Rayleigh fördelade våghöjder:

$$S(f) = \frac{1}{4\pi} \left(\frac{H_s}{T_2} \right)^2 \cdot f^{-5} \cdot \exp(-1/\pi \cdot (T_2 \cdot f)^{-4})$$

där

$$T_2 = (m_0(f)/m_2(f))^{1/2}$$

Som indata ges signifikant våghöjd H_s och perioden, T_1 eller T_2 .

Ochi spectrum

Enligt Chakrabarti (1980) är detta ett 6-parameterspektrum

H_{sj} - signifikant våghöjd $j = 1, 2$

ω_{oj} - modfrekvens $j = 1, 2$

λ_j - formfaktor $j = 1, 2$

eta - vattenytans läge

N - antalet tidssteg

Riktningsspridning

Riktningsspridningen kan beräknas med $\cos^2$ eller swop-fördelning. För att uppnå en bättre överensstämmelse med den teoretiska fördelningskurvan delas varje frekvensintervall i sju delar, dvs sammanlagt 1400 frekvenser används.

För varje frekvens lottas en riktning i intervallet $-90^\circ < \theta < 90^\circ$.

Sannolikheten skall vara $\cos^2$ resp swop-fördelad med största sannolikhet för vinkeln 0° . Lottningen av riktningen kan antingen göras så att olika riktningar erhålls varje gång programmet används eller, vilket kan vara användbart om man vill kunna upprepa beräkningen exakt, så att en upprepningsbar lottning erhålls.

$\cos^2$ -fördelning

Spridningsfunktionen är endast riktningsberoende, Mårtensson (1982):

$$D(\theta) = \begin{cases} 4\pi \cos^2 \theta & , \quad |\theta| < \pi/2 \\ 0 & , \quad |\theta| > \pi/2 \end{cases}$$

θ är riktningen för en viss frekvens

swop-fördelning

Spridningsfunktionen beror av riktning och frekvens, Mårtensson (1982):

$$D(\theta) = \begin{cases} 1/\pi (1 + (0.5 + 0.82R) \cos 2\theta + 0.32R \cos 4\theta) , & |\theta| < \pi/2 \\ 0 & |\theta| > \pi/2 \end{cases}$$

θ är riktningen för en viss frekvens

$$R = \exp(-0.5(\alpha \alpha/g)^4)$$

α är vinkelfrekvensen

w är vindhastigheten

2.3 Beräkning av parametrar i vågfältet

För beräkning av vågfältet används linjär teori.

Hastighetspotentialen definieras som

$$\phi = \frac{gA}{\alpha} (\cosh k(z+d) \sin(k(x \cos\theta + y \sin\theta) - \alpha t + v)) / \cosh kd$$

A amplituden

α vinkelfrekvensen

k vågtalet

x, y, z punktens koordinater

d vattendjupet

t tiden

θ vågkomponentens vinkel mot huvudriktningen
fasvinkeln

Vågtalet är $k = \frac{2\pi}{L}$ där våglängden L definieras som

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$$

där T är perioden.

Vinkeln θ blir noll för plana vågor, för tredimensionella vågor beräknas den enligt avsnittet "Riktningsspridning" i kap 2.2.2. Fasvinkeln är noll för den plana sinusvågen. För den oregelbundna vågen lottas fasvinkeln med en slumpfunktionsfunktion. Man kan välja mellan att lotta nya fasvinklar vid varje körning eller att använda upprepningsbara fasvinklar. Det senare kan vara användbart om man vill kunna upprepa exakt samma beräkning flera gånger.

Vågfältets parametrar definieras som:

$$\text{hastighet i x-led } u = -\frac{\partial \phi}{\partial x}$$

$$\text{hastighet i y-led } v = -\frac{\partial \phi}{\partial y}$$

$$\text{hastighet i z-led } w = -\frac{\partial \phi}{\partial z}$$

$$\text{acceleration i x-led } du = \frac{\partial u}{\partial t}$$

$$\text{acceleration i y-led } dv = \frac{\partial v}{\partial t}$$

$$\text{acceleration i z-led } dw = \frac{\partial w}{\partial t}$$

$$\text{vattenytans läge } \eta = \frac{1}{g} \frac{\partial \phi}{\partial t}$$

$$\text{dynamiskt tryck } p = \rho \frac{\partial \phi}{\partial t}$$

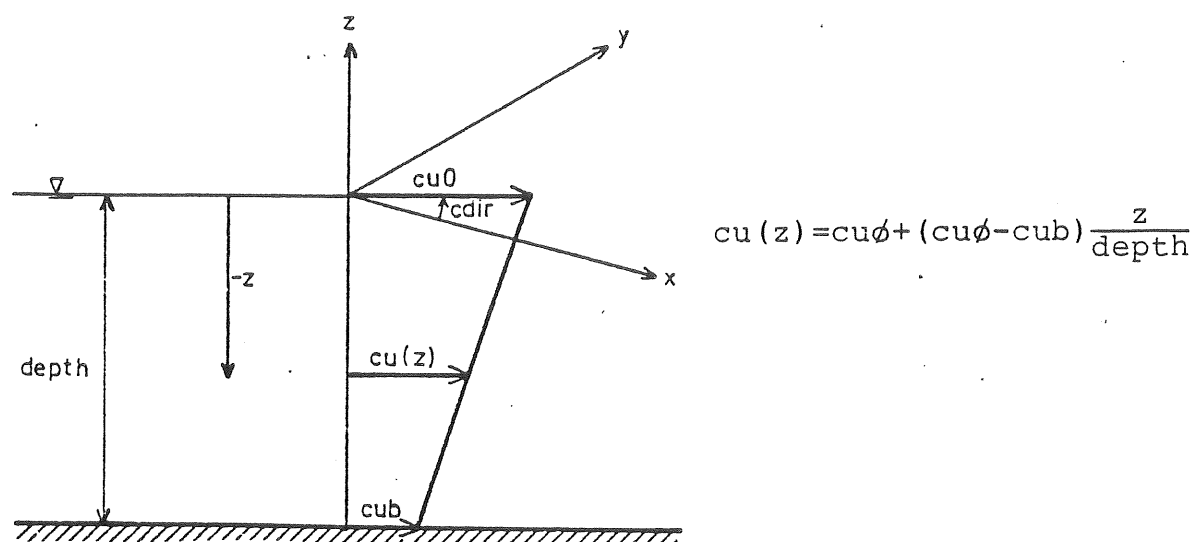
Resulterande vågfältsp parametrar för oregelbunden våg erhålls genom att addera komponenterna från alla ingående frekvenser.

För de punkter som i ett tidssteg ligger ovanför vattenytan är hastigheter, accelerationer och tryck noll.

2.4 Ström

Inverkan av ström kan beaktas vid beräkning av hastighetskomponenterna i x- och y-led (u resp v). Strömhastigheterna (vid det djup där den aktuella punkten låg i startögonblicket, strömhastigheten för punkter ovanför lugnvattenytan sätts lika med hastigheten i lugnvattenytan) adderas då till de av vågorna orsakade hastigheterna. Strömmens hastighetsfördelning kan vara linjär, exponentiell, Ekman-fördelad eller en superposition av linjär och Ekman-ström.

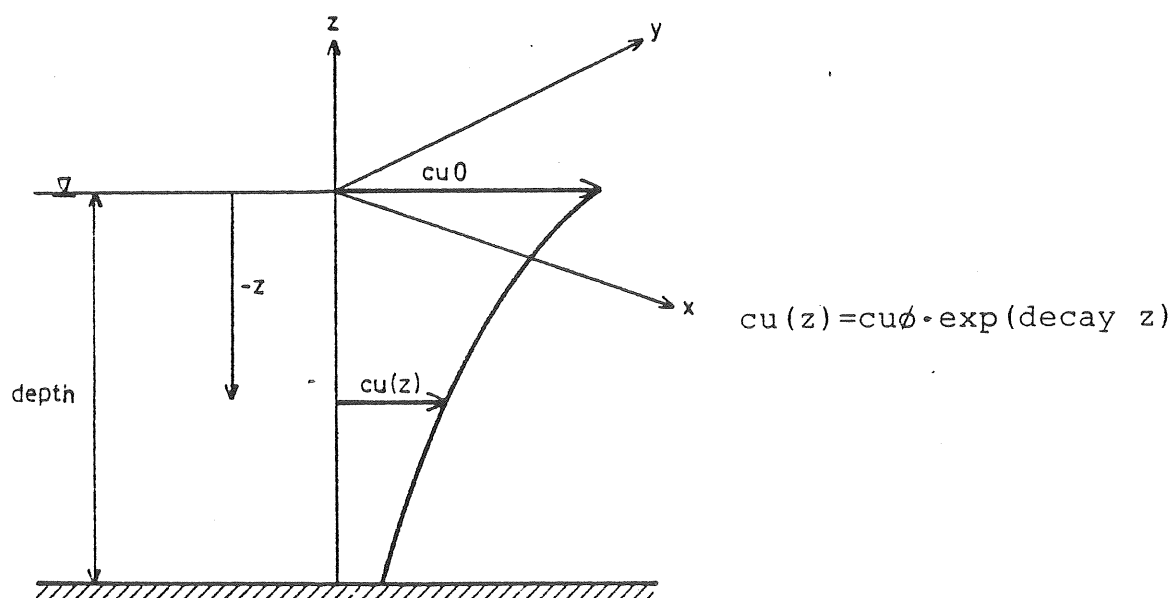
Linjär hastighetsfördelning



Figur 2.3

Vattendjupet depth , strömriktningen cdir , strömhastigheten vid ytan cu_0 och vid botten cub ges som indata. $cu(z)$ delas upp i en x och en y-komponent.

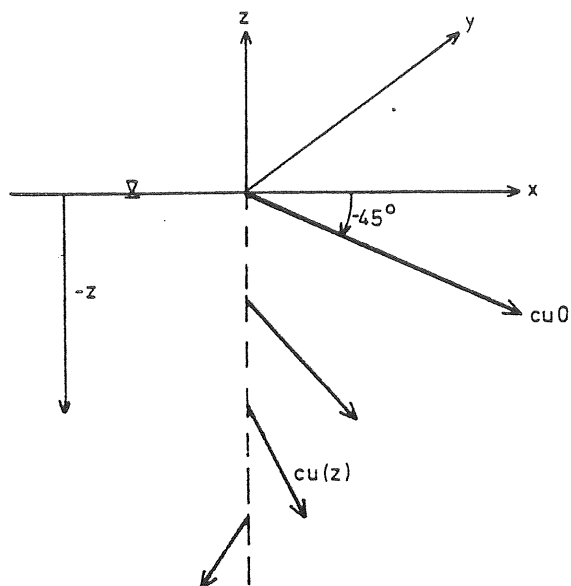
Exponentiell hastighetsfördelning



Figur 2.4

Strömriktningen c_{dir} , strömhastigheten vid ytan cu_0 och avklingningsfaktorn $decay$ ges som indata. $cu(z)$ delas upp i en x- och en y-komponent.

Ekman spiral



Figur 2.5

Enligt Dietrich, Kalle (1965) gäller:

hastighetskomponenten i x-led

$$cu_x = cu_0 \cdot \exp\left(\frac{\pi \cdot z}{dfri}\right) \cos\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\pi}{dfri} \cdot z\right)$$

och i y-led

$$cu_y = cu_0 \cdot \exp\left(\frac{\pi \cdot z}{dfri}\right) \sin\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\pi}{dfri} \cdot z\right)$$

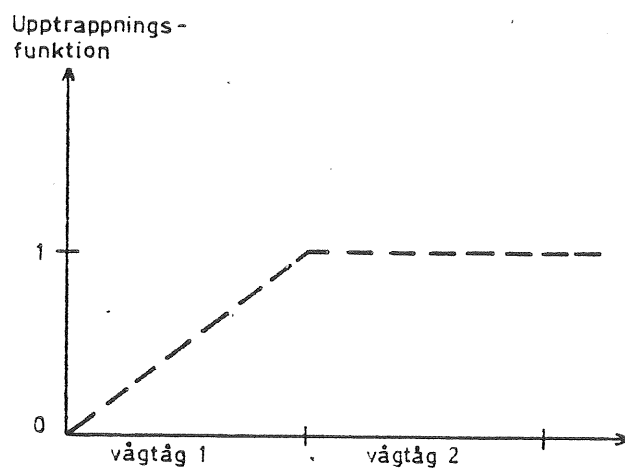
där friktionsdjupet $dfri = \pi(decay / (\rho \omega_r \sin(lat)))^{1/2}$.
 Strömhastigheten vid ytan cu_0 , avklingningsfaktorn $decay$,
 punktens latitud lat ges som indata.
 ω_r är jordrotationens vinkelfrekvens

$$\omega_r = 2\pi/T = 2\pi \frac{1}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 7.27 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

Den använda formeln gäller för norra halvklotet.

2.5 Upptärpningsfunktion

En upptärpningsfunktion enligt figur 2.6 kan appliceras på vågfältsparmetrarna (hastigheter, accelerationer, dynamiskt tryck och vattenytans läge). Om upptärpningsfunktionen inte används genereras ett vågtåg. Använder man upptärpningsfunktionen genereras två "identiska" vågtåg varav det första är upptärpat.



Figur 2.6

3. INDATABESKRIVNING

Indata ges i fritt format, dvs de skall skiljas åt av blank eller kömmatecken. Alla värden måste skrivas ut (en nolla kan t ex inte ersättas med blanka).

Data kan vara av typ integer (heltal) real (reella) och logical (logiska dvs true/false). Heltalsvariabler skrivs som de är t ex 1, 10. Reella variabler kan skrivas med eller utan decimalpunkt t ex 1.75, 50. Det senare tolkas som 50. Logiska variabler skrivs T eller.TRUE. (värdet sann); F eller.FALSE. (värdet falsk).

Följande grupper av indata finns:

- | | | |
|----|---|--------------------------------------|
| 1. | allmänna data | alltid samma antal
parametrar (1) |
| 2. | vågmiljödata | varierande antal
parametrar (1) |
| 3. | riktningsspridningsdata
(endast oregelbunden
våg) | varierande antal
parametrar (2) |
| 4. | geometriska data | alltid samma antal
parametrar (1) |
| 5. | strömdata | varierande antal
parametrar (1) |

(1) datagruppen måste alltid medtagas

(2) datagruppen kan utlämnas för plan sinusvåg

Datagrupp 1-5 måste alltid ges i ovanstående ordning. Riktningsspridnings- och strömdata kan utelämnas.

Programmet går igenom indata och kontrollerar att rätt antal data givits och att de är av rätt typ (heltal, reell eller logisk).

Värdet på vissa indataparametrar kontrolleras också t ex att antalet punkter ej överskrider det tillåtna.

Om fel upptäcks i indata görs en diagnostisk utskrift och körningen avbryts.

3.1 Allmänna_data

Denna datagrupp skall alltid finnas med.

Rad nr	Variabel	Typ	Betydelse
1	COMNT1	valfri text	rubrik max 72 tecken
2	COMNT2	- " -	- " -
3	DEPTH	reell	vattendjup (m)
4	MINWAV	reell	kortaste aktuell våglängd (m)
5	LTAPER	logisk	upptrappningsfunktion skall användas T/F
6	LWOUT	logisk	vågfältsparametrar sparas T/F
7	IW	heltal	1: plan sinusvåg 2: oregelbunden våg

Antalet rader är alltid 7.

Observera att rad 1 och 2 måste finnas med även om någon rubrik inte önskas, de får i så fall lämnas blanka.

3.2 Vågmiljödata

Indata för vågmiljön varierar beroende på vilken typ av våg, sinusformad eller oregelbunden, som valts i datagruppen allmänna data. Denna datagrupp skall alltid finnas med.

Fall 1 Plan sinusvåg (IW=1)

Rad	Variabler	Typ	Betydelse
1	AMP	reella	vågens amplitud(m)
	TIMAX		vågens period(s)

Antal rader i datagruppen: 1

Fall 2 Oregelbunden våg (IW=2)

Rad	Variabler	Typ	Betydelse
1	IRAND	heltal	0:riktiga slumptal
används			>0:för heltal >0 genereras en upprepningsbar slumptalsserie, olika för varje heltal
2	LPSPEC	logisk	plottning av energispektrum T/F
3	IIR	heltal	1:PM-spektrum väljs 2:Jonswap-spektrum utan beaktande av stryk- längd väljs 3:Jonswap-spektrum med beaktande av stryk- längd väljs 4: ISSC-spektrum väljs 5: Ochi-spektrum väljs

Återstående data för oregelbunden våg beror på vilket spektrum som valts på rad 3.

Fall 2:1 PM-spektrum (IIR=1)

Rad	Variabler	Typ	Betydelse
4	IPM	heltal	1:vindhastighet ges som indata 2:vindstyrka ges som indata 3:signifikant våghöjd ges som indata 4:nollkryssningsperiod ges som indata

Utseendet på rad 5 beror på värdet av IPM

För IPM = 1

5	WIND	reell	vindhastighet (m/s)
---	------	-------	---------------------

För IPM = 2

5	IBWIND	heltal	vindstyrka (Beaufort)
---	--------	--------	-----------------------

För IPM = 3

5	HS	reell	signifikant våghöjd(m)
---	----	-------	------------------------

För IPM = 4

5	TZ	reell	nollkryssningsperiod(s)
---	----	-------	-------------------------

Antal rader i datagruppen för PM-spektrum: 5.

Fall 2:2 Jonswap spektrum, stryklängd beaktas ej (IIR=2)

Rad nr	Variabler	Typ	Betydelse
4	ALFA, GAMMA, TAU, FREQØ	reella	Phillips parameter toppighetsparameter formparameter frekvens för maxvärdet på motsvarande PM-spektrum

Antal rader i datagruppen för Jonswap-spektrum utan beaktande av stryklängd: 4.

Fall 2:3 Jonswap-spektrum med beaktande av stryklängd (IIR=3)

Rad nr	Variabler	Typ	Betydelse
4	IJNF	heltal	1:vindhastighet ges som indata 2:vindstyrka ges som indata

Utseendet på rad 5 beror på värdet av IJNF

För IJNF = 1

5	WIND	reell	vindhastighet (m/s)
---	------	-------	---------------------

För IJNF = 2

5	IBWIND	heltal	vindstyrka (Beaufort)
---	--------	--------	-----------------------

6	FETCH	reell	stryklängd (km)
---	-------	-------	-----------------

Antal rader i datagruppen för Jonswap-spektrum med beaktande av stryklängd: 6.

Fall 2:4 ISSC-spectrum (IIR=4)

Rad nr	Variabler	Typ	Betydelse
4	ITZ	heltal	definition av period 1: $t_1 = m/m_1$ 2: $t_2 = (m_o/m_2)^{1/2}$
5	HS, TZ	reella	signifikant/våghöjd (m) nollkryssningsperiod (s)

Antal rader i datagruppen för ISSC-spektrum: 5.

Fall 2:5 Ochi-spektrum (IIR=5)

Rad nr	Variabler	Typ	Betydelse
4	HSC(1), HSC(2)	reella	signifikant våghöjd låg frekvens signifikant våghöjd hög frekvens
5	OMEGA(1), OMEGA(2)	reella	modfrekvens låg frekvens - " - hög - " -
6	LAMBDA(1), LAMBDA(2)	reella	formfaktor låg frekvens - " - hög - " -

Antal rader i datagruppen för Ochi-spektrum: 6

3.3 Data_för_riktningsspridning

Denna datagrupp skall medtagas för oregelbunden plan eller spridd våg, men inte för sinusvåg (som alltid är plan).

Rad nr	Variabler	Typ	Betydelse
1	LDIR	logisk	T:riktningsspridning beaktas F:riktningsspridning beaktas ej

Om LDIR = T tillkommer datarad 2

2	IDS	heltal	1:cos ² -fördelad spridning 2:swop-fördelad spridning
---	-----	--------	---

Om IDS = 2 tillkommer dataraderna 3 och 4

3	IWI	heltal	1:vindhastighet ges 2:vindstyrka ges
---	-----	--------	---

4	WIND	reell	vindhastighet (m/s)
---	------	-------	---------------------

eller

4	IBWIND	heltal	vindstyrka (Beaufort)
---	--------	--------	-----------------------

Antal rader i datagruppen: 1, 2 eller 4

3.4 Geometriska data

Denna datagrupp skall alltid medtagas.

Rad nr	Variabler	Typ	Betydelse
1	NUMPTS	heltal	antal punkter som skall beräknas, max 10 st
2	X (N) , Y (N) , Z (N)	reella	punktens x,y,z-koordinater
3	LVEL (N) , LPU (N) , LPV (N) , LPW (N) , LPDU (N) , LPDV (N) , LPDW (N) , LPETA (N)	logiska	beräkning av rörelseparametrar T/F plott av hastighet i x-led T/F plott av hastighet i y-led T/F plott av hastighet i z-led T/F plott av acceleration i x-led T/F plott av acceleration i y-led T/F plott av acceleration i z-led T/F plott av vattenytans läge T/F
4	LPRESS (N) , LPP (N) , LPETA (N)	logiska	beräkning av tryck T/F plott av tryck T/F plott av vattenytans läge T/F

Om mer än en punkt skall beräknas läggs en sekvens av raderna 3 och 4 in för varje punkt.

Antal rader i datagruppen: $4 \cdot \text{NUMPTS} + 1$ rader

3.5 Data_för_ström

Denna datagrupp skall alltid medtagas

Rad	Variabler	Typ	Betydelse
1	LCURR	logisk	T:ström skall beaktas F:ström skall ej beaktas

Om LCURR = T tillkommer datarad 2, 3 och event. 4

2	ICTYPE	heltal	1:linjär strömprofil 2:exponentiell strömprofil 3:Ekman spiral 4:linjär + Ekman
---	--------	--------	---

Utseendet på rad 3 beror på värdet av ICTYPE

För ICTYPE = 1

3	CDIR, CUØ, CUB	reella	strömriktning (°) strömhastighet vid ytan (m/s) strömhastighet vid botten (m/s)
---	--------------------------	--------	---

För ICTYPE = 2

3	CDIR, CUØ, DECAY	reella	strömriktning (°) strömhastighet vid ytan (m/s) avklingningskoefficient
---	----------------------------	--------	--

För ICTYPE = 3

3	CUØ, DECAY, LAT	reella	strömhastighet vid ytan (m/s) avklingningskoefficient latitud (°)
---	---------------------------	--------	--

För ICTYPE = 4

3 se rad 3 för ICTYPE = 1

4 se rad 3 för ICTYPE = 3

Antal rader i datagruppen 1, 3 eller 4.

Programmet genererar utdata till papper/terminal, skiva och ev plotter/grafisk terminal.

På papper/terminal erhålls kvittens på indata och vissa beräknade parametrar. Denna utskrift är självförklarande. Se kapitel 7.

Hastigheter, accelerationer, dynamiskt tryck och vattenytans läge för punkter i vågfältet lagras på skiva. Parametrar lagras för ett vågtåg eller, om avtrappningsfunktionen används, två vågtåg. Lagringsordningen är alltid:

tidssteg 1	pkt1	eta	u	v	w	du	dv	dw	p
	pkt2	eta	u						
	pktn	"							
tidssteg 2	pkt1								
	pkt2								
	pktn								

men endast de punkter för vilka man begärt beräkning lagras. Lagringen görs på oformaterad form.

Exempel 1: eta, u, v, p har lagrats
de läses från skivan med FORTRAN-satsen
READ (enhetsnummer) ETA, U, V, P

Exempel 2: eta, u, v, w, du, dv, dw har lagrats men
man önskar endast läsa u och du

READ (enhetsnummer) DUMMY, U, DUMMY,
DUMMY, DU
där DUMMY är en "slaskvariabel".

Plottar kan erhållas av:

- Energispektrum för oregelbunden våg som funktion av frekvensen.
- Hastigheter, accelerationer, dynamiskt tryck och vattenytans läge som funktion av tiden under ett vågtåg. Om upptrappningsfunktionen används plottas alltså det andra, ej avtrappade, vågtåget.

Exempel på plottar finns i kapitel 7.

5 BESKRIVNING AV PROGRAMMETS UPPBYGGNAD

Programspråk

Wavefield är skrivet i FORTRAN77. Vissa maskinberoende parametrar, maximalt tillåtna värden på argumenten till matematiska funktioner och nummer på in- och utenheter, tilldelas värden i början av programmet.

Externa subrutiner

Wavefield utnyttjar följande externa subrutiner (dvs standardrutiner som tillhandahålls av Göteborgs Datacentral):

RANDOM: genererar likformigt fördelade slumpstal på intervallet (0.0, 1.0). Anropas från IRREGW, COS2 och SWOP.

RDIST: genererar slumpstal enligt en av användaren definierad empirisk frekvensfunktion. Anropas från COS2 och SWOP.

INITEM: läser in tal och strängar i fritt format. Anropas från INLOG, ININT och INREAL:

CWRITE: konverterar ett siffervärde på intern form till EBCDIC form. Anropas från PLWAVF.

Dessutom används plotterrutiner ur PLAM-paketet till all plottning.

Erforderliga filer

Indatafilen har logiskt filnummer 5 (terminal). Allmänna utdata från programmet går till fil nr 6 (terminal/skrivare).

Vågfältsparametrarna läggs på fil nr 8 och lagras oformaterat.

Yttre enheter

Terminal och ev skrivare, skivminne, plotter.

Begränsningar

Programmet kan beräkna högst 10 knutpunkter i varje körning.

Beskrivning av de olika rutinernas funktion

I figur 6.1 visas Wave Fields programstruktur.

MAIN	administrerar anrop av underprogram och skriver ut allmänna data.
READIN	läser indata och kontrollerar att de är av rätt typ och i vissa fall att de har ett rimligt värde.
ININT	underrutin till READIN läser heltalsvariabler.
INREAL	underrutin till READIN läser reella variabler.
INLOG	underrutin till READIN läser logiska variabler.
SINUSW	beräknar plan sinusvåg.
IRREGW	beräknar oregelbunden våg.
PM	underrutin till IRREGW beräknar Pierson-Moskowitz spektrum.
JNSWP	underrutin till IRREGW beräknar Jonswap spektrum utan hänsyn tagen till stryklängd.

PLWAVF underrutin till WAVFLD administrerar plottning av vågfältsparametrar.

WSCALE underrutin till PLWAVF beräknar en gemensam skala för alla plottar.

EXVAL underrutin till WSCALE beräknar extremvärden för parametrar i våfältet.

PLCOMP underrutin till PLWAVF plottar en vågfältsparameter.

WAVOUT skriver vågfältsparametrar på skiva.

TAPFC upptrappningsfunktion för vågtåg.

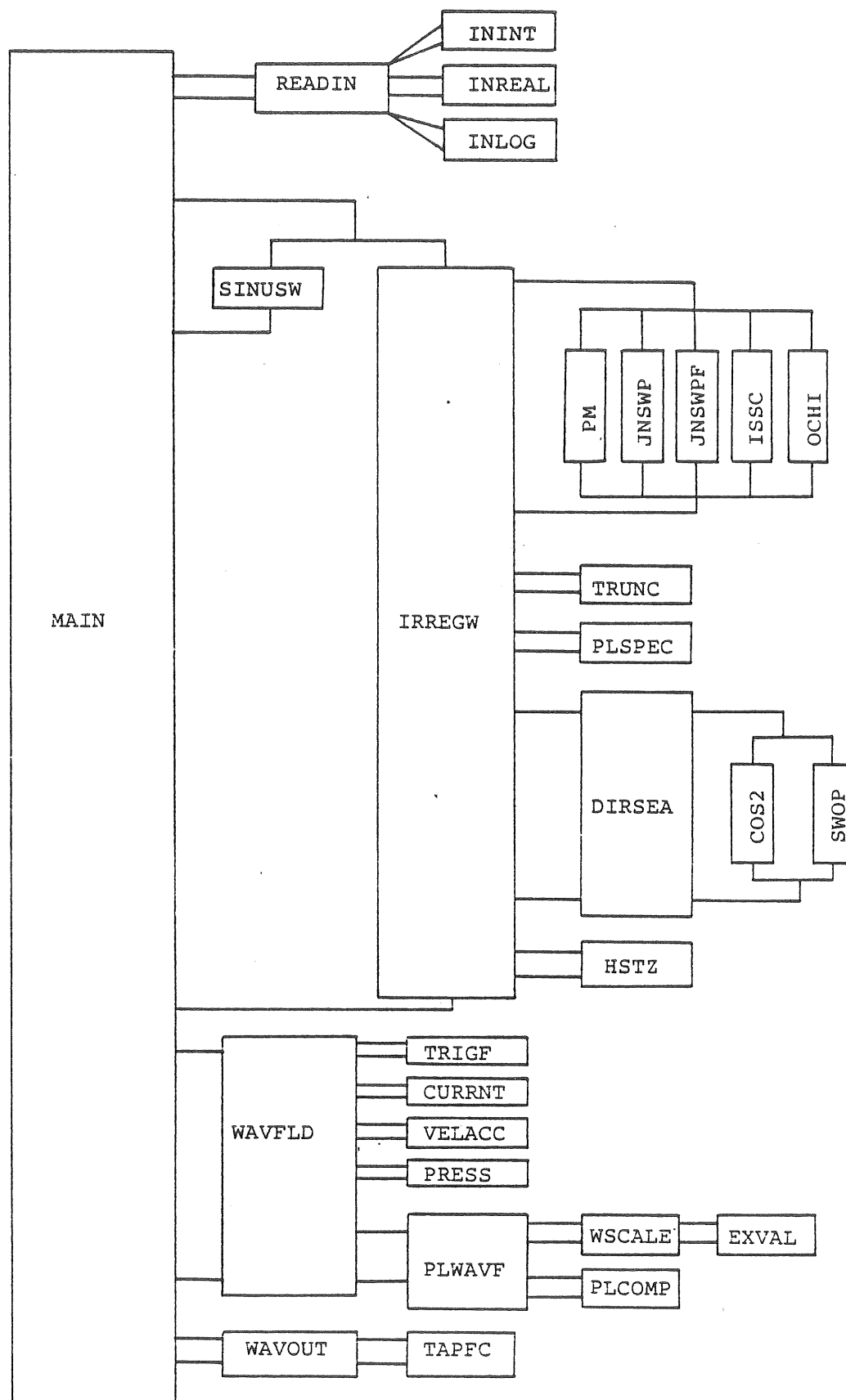


Fig 6.1 Programstruktur för Wavefield

6. EXEMPEL PÅ STYRSATSER FÖR KÖRNING VID GÖTEBORGS DATACENTRAL

Det enklaste sättet att skapa styrsatser (JCL) till Wavefield är att använda kommandoproceduren CVH.WAVESUB. Kommandoproceduren ställer frågor om använda filer, plottning m.m. och skapar därefter en uppsättning styrsatser. Nedan visas ett exempel på användning.

/cvh.wavesub

GENERERING AV SRTYRSATSER FÖR KÖRNING AV PROGRAMMET WAVEFIELD

VILL DU LAGRA VAGFÄLTSPARAMETRARNÄ PÄ SKIVA ? J/N

?j

VAD HETER FILEN PÄ SKIVAN (T EX WAVE1)

?wave1

ÄR DET EN NY FIL ? (OM DET ÄR EN GAMMAL FIL KOMMER INNEHÄLLET ATT SKRIVAS ÖVER) J/N

?j

PÄ VILKEN SKIVPÄCKE LIGGER FILEN ? (T EX PUB000)

?pub000

VILL DU PLOTTA RESULTÄTET ? J/N

?j

VILKEN AV NEDÄNSTÄENDE PLOTTÄRÄR VILL DU ÄNVÄNDA SVÄRÄ MED NUMRET

2 TEKTRONIX 4010 BILDSKÄRM

18 CALCOMP1051 PÄPPERSKRIVÄNDE PLOTTÄR PÄ GD

125 VT240 BILDSKÄRM

?18

VAD HETER GUTSFILEN DÄR INDATA FINNS ?

?indata1

VILL DU KÖRÄ JOBBÄT DIREKT (J) ÄLLÄR VILL DU TITTA PÄ STYRSÄTÄSERNÄ (N)

?n

STYRSÄTÄSERNÄ LIGGER I FILEN CVHHM.WORK, FILEN KÖRS MED KOMMÄNDÖT /SUB WORK

Följande sätser tillverkas av /cvh.wavesub och läggs i GUTS-filen WORK

```
//CVHHMA JOB (800000,H7),'WAVEFIELD',
//          MSGCLASS=A,MSGLEVEL=(2,0),REGION=2048K,USER=CVHHM
/*JOBPARM LINES=2K,RTIME=2
/*SETUP TW=PLTAPE
//STEG1 EXEC CVHWATER,PROG=WAVFIELD
//FT08F001 DD VOL=REF=PUB000,DSN=CVHHM.A800000.WAVE1,
//  SPACE=(CYL,(2,1),RLSE),DCB=(RECFM=VBS,LRECL=36,BLKSIZE=4788),
//  DISP=(NEW,KEEP)
//SYSGRAF DD UNIT=3400-6,DSN=SYSOUT,DISP=(,PASS),DCB=(BUFNO=18,DEN=3)
//SYSIN DD *
/INCL INDATA1
/*
```

7. BERÄKNINGSEXEMPEL

Wave Field kan f.n. inte läsa in indata interaktivt. Detta innebär att indata måste läggas på en fil.

Nedan ges tre exempel på beräkningar med Wave Field.

Beräkning av vågfält med energifördelning enligt JONSWAP-spektrum

Indatafilens utseende:

```

JONSWAP SPEKTRUM UTAN HÄNSYN TILL STRYKLÄNGD,COS2-SPRIDNING
INGEN STRÖM, INGEN UPPTRAPPNINGSFUNKTION
100.          VATTENDJUP
5.            MINSTA VÄGLÄNGD
F            INGEN UPPTRAPPNING
T            VÅGFÄLTSPARAMETRAR SPARAS
2            OREGELBUNDEN VÅG
1            SAMMA SLUMPTALSSERIE ANVÄNDS VARJE GÅNG
T            ENERGISPEKTRUM PLOTTAS
2            JONSWAP SPEKTRUM UTAN STRYKLÄNGD
.0036,2.67,.76,.070  ALFA,GAMMA,TAU,FREQO
T            RIKTNINGSSPRIDNING BEAKTAS
1            COS2-FÖRDELAD SPRIDNING
1            ANTAL PUNKTER SOM BERÄKNAS
0.,0.,0.      X,Y,Z
T,T,T,T,T,T,T,T  RÖRELSEPARAMETRAR BERÄKNING OCH PLOTTNING
T,T,T          TRYCK BERÄKNING OCH PLOTTNING
F            STRÖM BEAKTAS EJ
/*

```

Observera att det går att lägga en kommentar efter sista indatavärdet på en rad. Kommentarer hör således inte till själva indata, men de gör indatafilen mera lättläst.

Utdata på terminal/skrivare fås alltid, här har dessutom skrivning till skiva och plottning av vågfältsp parametrar begärts.

På följande sidor visas en komplett terminalutskrift och de plottar som erhålls med ovanstående indata.

Vågfältsp parametrarna läggs på en fil, jfr kap.4.

=====

Line Input data as they are read by WAVEFIELD
nr

```
1 JONSWAP SPEKTRUM UTAN HÄNSYN TILL STRYKLÄNGD,COS2-SPRIDNING
2 INGEN STRÖM, INGEN UPPTRAPPNINGSFUNKTION
3   100.000000
4   5.00000000
5 F
6 T
7           2
8           1
9 T
10          2
11 0.359999994E-02   2.66999912   0.759999990
12 T
13           1
14           1
15 0.000000000E+00  0.000000000E+00  0.000000000E+00
16 T T T T T T T T
17 T T T
18 F
```

Kommentar:: kvittens på hur Wave Field uppfattat indata.
Vissa typer av indatafel t.ex. fel typ, fel antal upptäcker
programmet vid inläsningen. Körningen avbryts då med uppgift
om vilka variabler som var fel.

```

=====
WAVEFIELD
=====

```

This programme has been developed at the Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology. Version 1.0, july 1984.

Coordinate system used in the programme

```

      z      y
      .      .
      .      .
      .      .
      .      .
      .      .
      .      .
stillwater level .....x

```

The direction 0. degrees is equal to the positive x-direction
the main wave direction is 0. degrees
angles are positive anti-clockwise

The following abbreviations are used :

```

eta : water level
u   : velocity in x-direction
v   : velocity in y-direction
w   : velocity in z-direction
du  : acceleration in x-direction
dv  : acceleration in y-direction
dw  : acceleration in z-direction
p   : dynamic pressure

```

Input data are marked with an asterisk *

Kommentar: använt koordinatsystem och förkortningar för
vågfältsparametrar.

*INGEN STRÖM, INGEN UPPTRAPPNINGSFUNKTION

*Water depth 100. m

*Length of shortest wave to be simulated 5.00 m

*Type of wave : irregular

*The same random variables are used in each simulation, it can be reproduced exactly any number of times

Kommentar: parametrar som givits som indata. Observera att i fortsättningen innehåller alla rader som börjar med asterisk kvittens på indata.

*JONSWAP spectrum, effect of fetch length is not considered

*Input parameters :

*Phillip's parameter, alfa	0.003600
*Peakedness parameter, gamma	2.670
*Shape parameter, tau	0.760
*Frequency for the peak of the PM spectrum	0.070 hz

Spectrum components smaller than 1.0 percent of the peak are discarded
of the initial 1400 frequencies nr 110 to 471 remain

Max spectral density in the spectrum 101.2 m²/s

Significant wave height and zero crossing period calculated from 0th and 2nd moment of wave energy spectrum

Hs = 4*sqrt(m0)	8.3 m
T2 = sqrt(m0/m2)	11.6 s

*The energy spectrum will be plotted

*A spectrum with directional spread is simulated

Kommentar: givna och beräknade parametrar för aktuellt spektrum.

*Directional spread of energy according to the cos2 distribution

Result of the energy distribution as percent of the total energy in each direction interval (the direction 0. degrees is the main wave direction) :

angle (degrees)	energy (percent)	
	0	20
	40	60
	100	
		*.....*
-90. - -80.	0.4	
-80. - -70.	1.2	
-70. - -60.	2.8	X
-60. - -50.	4.0	XX
-50. - -40.	5.2	XX
-40. - -30.	6.1	XXX
-30. - -20.	6.9	XXX
-20. - -10.	12.0	XXXXXX
-10. - 0.	9.8	XXXXX
0. - 10.	7.7	XXXX
10. - 20.	12.2	XXXXXX
20. - 30.	12.7	XXXXXX
30. - 40.	9.7	XXXXX
40. - 50.	3.7	XX
50. - 60.	3.5	XX
60. - 70.	1.0	
70. - 80.	0.9	
80. - 90.	0.4	

Kommentar: energins procentuella fördelning på olika riktningar.

*Coordinates for the points where wave field components
are to be calculated

39

point number	x (m)	y (m)	z (m)
1	0.00	0.00	0.00

*Calculations and plots

The table shows which of the wave field components that
are calculated/plotted for each point.

*Wave field components
that are calculated
true/false

*Requested plots
true/false

point number	u du	v dv	w dw	eta	eta	eta	u	v	w	du	dv	dw	p
1	T				T		T	T	T	T	T	T	T

*No effect of current will be considered in the calculation of the wave field

Duration of one wave train 2505.4 s

Timestep 2.13 s

Number of timesteps/wave train 1177

Variance of water level 4.36 m²

should be approximately equal with

0th moment of energy spectrum 4.36 m²

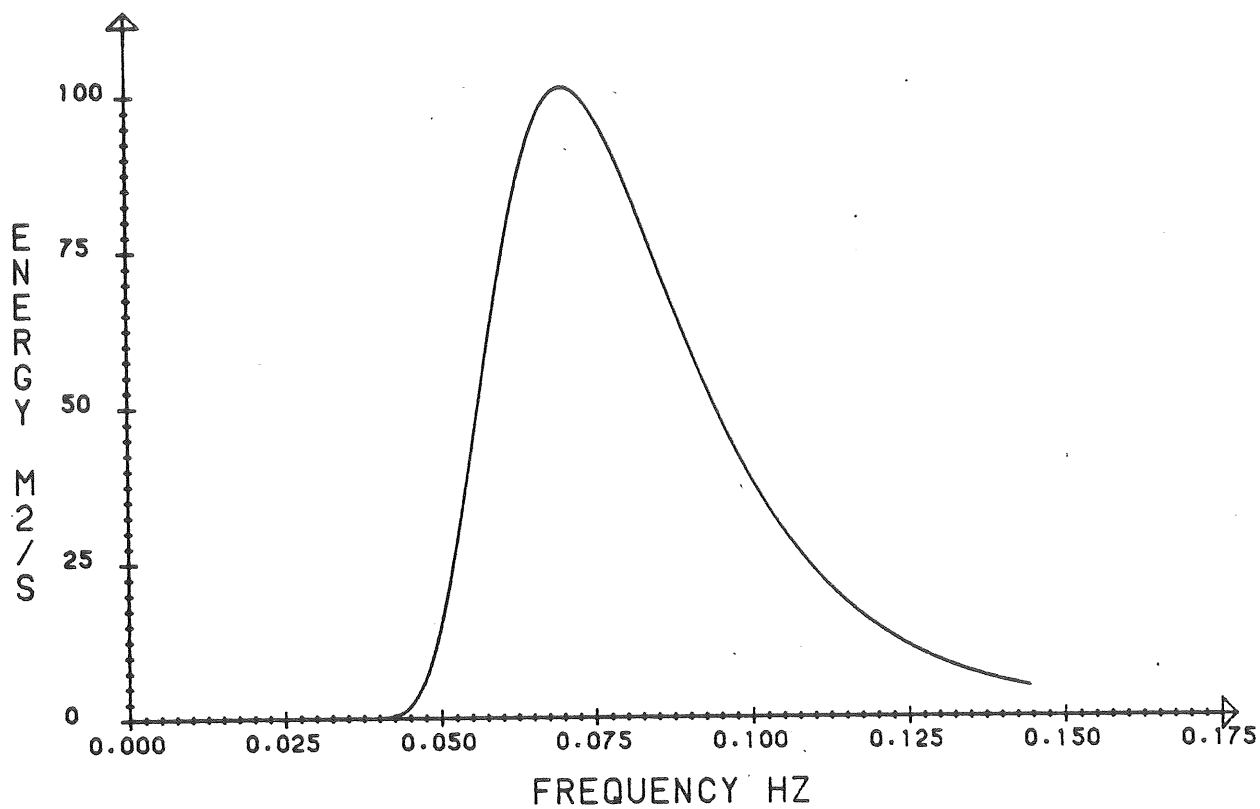
Kommentar: beräknade data för vågtåget. Variansen för vattenytans läge skall för en oregelbunden våg vara lika med energispektrets nollte moment.

Wave field output

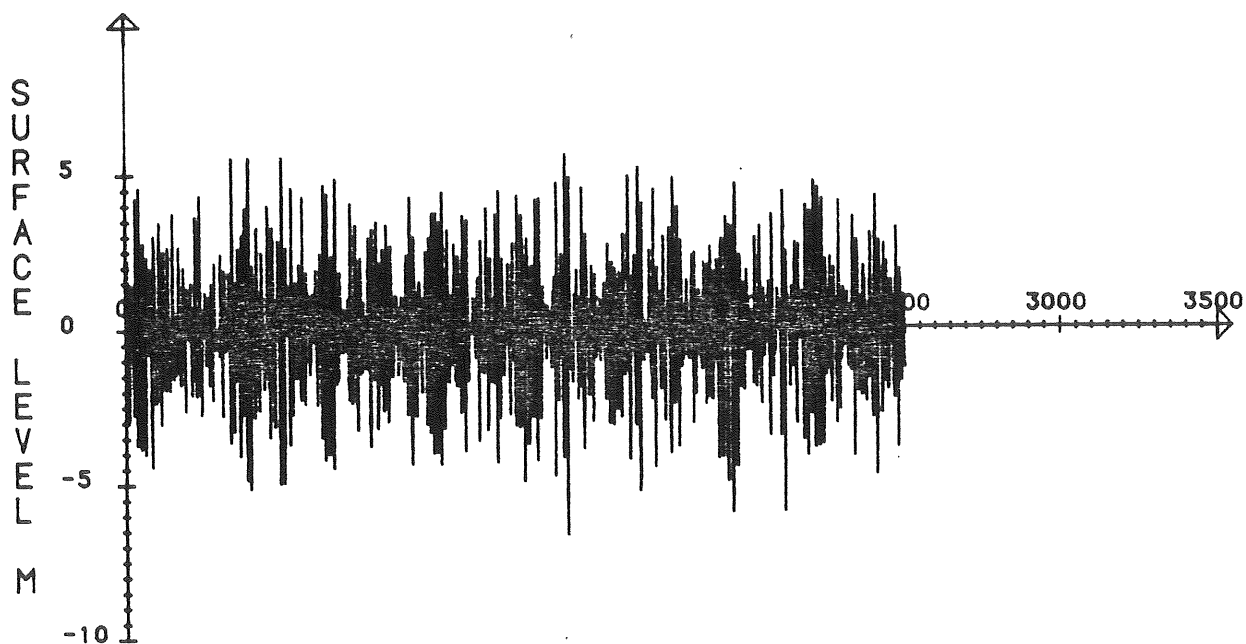
the wave field data are stored in a file
for each timestep components are written in the following order :

point nr 1 eta u v w du dv dw p

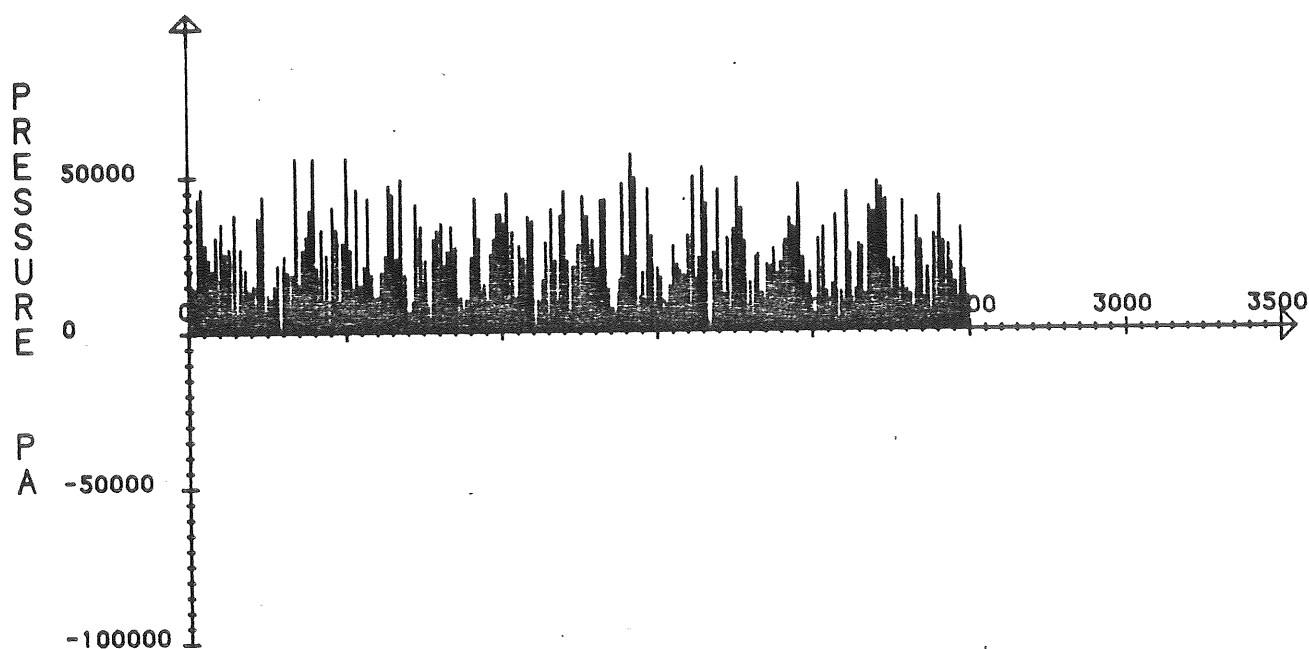
Kommentar: kvittens på vilka vågfältsparametrar som lagrats för varje punkt.



LEVEL OF WATER SURFACE FOR POINT NR 1

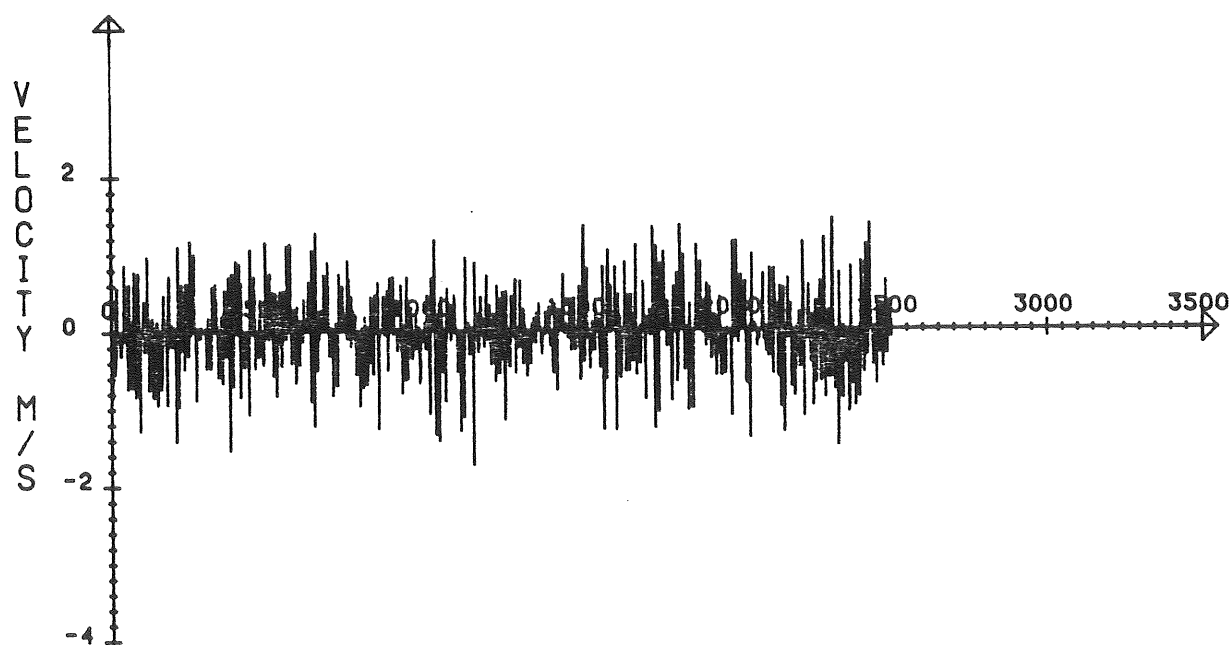


Vattenytans läge som funktion av tiden



Dynamiska trycket som funktion av tiden.

VELOCITY IN Y-DIRECTION FOR POINT NR 1



Hastigheten i y-led, som funktion av tiden, skild från 0 för vågor med riktningsspridning.

Dessutom erhålls plottar av hastigheter i x- och z-led och accelerationer i x-, y,- och z-led.

Exempel 2, indata

```

PLAN SINUSVÄG, EKMAN-STRÖM
INGEN UPPTRAPPNINGSFUNKTION
100.          VATTENDJUP
4.            MINSTA VÄGLÄNGD
F            INGEN UPPTRAPPNING
T            VÄGFÄLTSPARAMETRAR SPARAS
1            PLAN SINUSVÄG
5.,40.       VÄGENS AMPLITUD OCH PERIOD
5            ANTAL PUNKTER SOM BERÄKNAS
0.,0.,0.     X,Y,Z
T,T,T,T,F,F,F,T  RÖRELSEPARAMETRAR BERÄKNING OCH PLOTTNING
T,T,F        TRYCK BERÄKNING OCH PLOTTNING
0.,0.,-10.
T,F,F,F,F,F,F,F
T,F,F
0.,0.,-20.
T,T,T,T,F,F,F,F
T,F,F
0.,0.,-30.
T,F,F,F,F,F,F,F
T,F,F
0.,0.,-40.
T,F,F,F,F,F,F,F
T,F,F
T            STRÖM SKALL BEAKTAS
3            EKMAN STRÖMFÖRDELNING
.2,3000.,78.  HASTIGHET VID YTAN,AVKLINGNINGSKOEFF,LATITUD
/*

```

Check of input data for WAVEFIELD

=====

Line Input data as they are read by WAVEFIELD
nr

```

1 PLAN SINUSVAG, EKMAN-STRÖM
2 INGEN UPPTRAPPNINGSFUNKTION
3   100.000000
4   4.00000000
5 F
6 T
7           1
8   5.00000000   40.00000000
9           5
10  0.000000000E+00  0.000000000E+00  0.000000000E+00
11 T T T T F F F T
12 T T F
13  0.000000000E+00  0.000000000E+00 -10.00000000
14 T F F F F F F F
15 T F F
16  0.000000000E+00  0.000000000E+00 -20.00000000
17 T T T T F F F F
18 T F F
19  0.000000000E+00  0.000000000E+00 -30.00000000
20 T F F F F F F F
21 T F F
22  0.000000000E+00  0.000000000E+00 -40.00000000
23 T F F F F F F F
24 T F F
25 T
26           3
27  0.199999988      3000.00000      78.0000000

```

Kommentar:: kvittens på hur Wave Field uppfattat indata.
Vissa typer av indatafel t.ex. fel typ, fel antal upptäcker
programmet vid inläsningen. Körningen avbryts då med uppgift
om vilka variabler som var fel.

```

=====
WAVEFIELD
=====

```

This programme has been developed at the Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology. Version 1.0, july 1984.

Coordinate system used in the programme

```

          z      y
          .      .
          .      .
          .      .
          .      .
          .      .
          .      .
          .      .
__stillwater level_ .....x

```

The direction 0. degrees is equal to the positive x-direction
the main wave direction is 0. degrees
angles are positive anti-clockwise

The following abbreviations are used :

```

eta : water level
u   : velocity in x-direction
v   : velocity in y-direction
w   : velocity in z-direction
du  : acceleration in x-direction
dv  : acceleration in y-direction
dw  : acceleration in z-direction
p   : dynamic pressure

```

Input data are marked with an asterisk *

Kommentar: använt koordinatsystem och förkortningar för
vågfältsparametrar.

*PLAN SINUSVÅG, EKMAN-STRÖM

*INGEN UPPTRAPPNINGSFUNKTION

*Water depth 100. m

*Length of shortest wave to be simulated 4.00 m

*Type of wave : plane sinusoidal

Kommentar: parametrar som givits som indata. Observera att i fortsättningen innehåller alla rader som börjar med asterisk kvittens på indata.

Plane sinusoidal wave

*Wave amplitude 5.00 m

*Wave period 40.00 s

Frequency 0.02 hz

Angular frequency 0.16 hz

Timestep 2.00 s

Kommentar: givna och beräknade parametrar för aktuell våg.

*Coordinates for the points where wave field components are to be calculated

point number	x (m)	y (m)	z (m)
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	-10.00
3	0.00	0.00	-20.00
4	0.00	0.00	-30.00
5	0.00	0.00	-40.00

*Calculations and plots

The table shows which of the wave field components that are calculated/plotted for each point.

*Wave field components
that are calculated
true/false

*Requested plots
true/false

point number	u du	v dv	w dw	p eta	eta	u	v	w	du	dv	dw	p
1	T			T	T	T	T	T	F	F	F	T
2	T			T	F	F	F	F	F	F	F	F
3	T			T	F	T	T	T	F	F	F	F
4	T			T	F	F	F	F	F	F	F	F
5	T			T	F	F	F	F	F	F	F	F

Current

*Current with Ekman profile

*Current velocity at the surface 0.20 m/s

*Latitude 78.00 degrees north

*Decay factor 3000.00

Calculated current velocities

point number	u, x-direction m/s	v, y-direction m/s
1	0.14	-0.14
2	0.13	-0.14
3	0.11	-0.14
4	0.10	-0.14
5	0.09	-0.14

Kommentar: givna indata för beräkning av ström och beräknade strömhastigheter i x- och y-led.

*One wave train will be calculated, no tapering function is applied

Duration of one wave train	40.0 s
Timestep	2.00 s
Number of timesteps/wave train	20
Variance of water level	12.50 m ²

Kommentar: beräknade data för vågtåget. Variansen för vattenytans läge skall för en oregelbunden våg vara lika med energispektrets nollte moment.

Wave field output

the wave field data are stored in a file
for each timestep components are written in the following order :

point nr 1 eta u v w du dv dw p

point nr 2 u v w du dv dw p

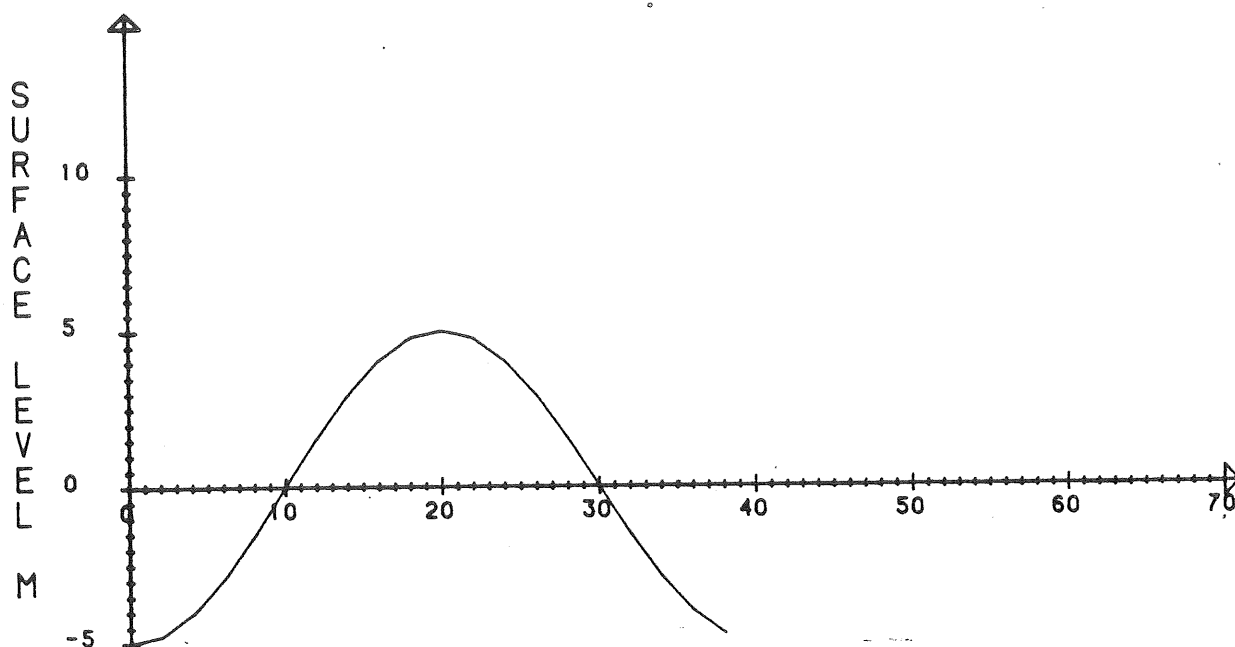
point nr 3 u v w du dv dw p

point nr 4 u v w du dv dw p

point nr 5 u v w du dv dw p

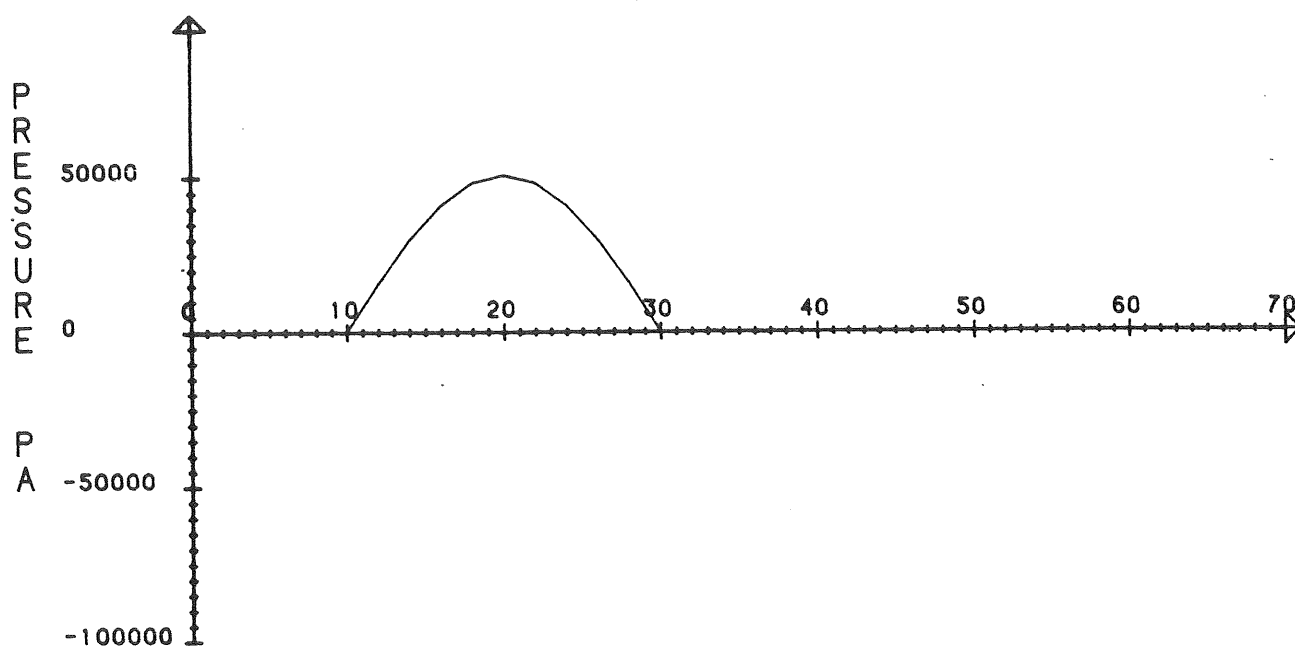
Kommentar: kvittens på vilka vågfältsparametrar som lagrats för varje punkt.

LEVEL OF WATER SURFACE FOR POINT NR 1



Vattenytans läge för en plan sinusvåg som funktion av tiden.

DYNAMIC PRESSURE FOR POINT NR 1



Dynamiskt tryck som funktion av tiden, trycket är noll för de tidssteg då punkten ligger ovanför vattenytan.
Dessutom erhålls plottar av hastigheter i x, y, z-led.

Exempel 3, indata

```

PM SPEKTRUM, PLAN VAG
INGEN STRÖM, INGEN UPPTRAPPNINGSFUNKTION
100.          VATTENDJUP
4.            MINSTA VAGLÄNGD
F            INGEN UPPTRAPPNING
T            VAGFÄLTSPARAMETRAR SPARAS
2            OREGELBUNDEN VAG
0            RIKTIGA SLUMPTAL ANVÄNDS
T            ENERGISPEKTRUM PLOTTAS
1            PM-SPEKTRUM
1            VINDHASTIGHET GES
12.          VINDHASTIGHET
F            RIKTNINGSSPRIDNING BEAKTAS EJ
3            ANTAL PUNKTER SOM BERÄKNAS
2.,-3.,1.    X,Y,Z
T,T,T,T,T,T,T,T  RÖRELSEPARAMETRAR BERÄKNING OCH PLOTTNING
T,T,T          TRYCK BERÄKNING OCH PLOTTNING
2.,-3.,0.    X,Y,Z
T,T,T,T,T,T,T,F  RÖRELSEPARAMETRAR BERÄKNING OCH PLOTTNING
T,T,F          TRYCK BERÄKNING OCH PLOTTNING
2.,-3.,-1.    X,Y,Z
T,T,T,T,T,T,T,F  RÖRELSEPARAMETRAR BERÄKNING OCH PLOTTNING
T,T,F          TRYCK BERÄKNING OCH PLOTTNING
F            STRÖM BEAKTAS EJ
/*

```

Check of input data for WAVEFIELD
=====

Line Input data as they are read by WAVEFIELD
nr

```

1 PM SPEKTRUM, PLAN VÅG
2 INGEN STRÖM, INGEN UPPTRAPPNINGSFUNKTION
3 100.000000
4 4.00000000
5 F
6 T
7 2
8 0
9 T
10 1
11 1
12 12.0000000
13 F
14 3
15 2.00000000 -3.00000000 1.00000000
16 T T T T T T T T
17 T T T
18 2.00000000 -3.00000000 0.00000000E+00
19 T T T T T T T F
20 T T F
21 2.00000000 -3.00000000 -1.00000000
22 T T T T T T T F
23 T T F
24 F

```

Kommentar:: kvittens på hur Wave Field uppfattat indata.
Vissa typer av indatafel t.ex. fel typ, fel antal upptäcker
programmet vid inläsningen. Körningen avbryts då med uppgift
om vilka variabler som var fel.

```

=====
WAVEFIELD
=====

```

This programme has been developed at the Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology. Version 1.0, july 1984.

Coordinate system used in the programme

```

          z      y
          .      .
          .      .
          .      .
          .      .
          .      .
          .      .
          .      .
__stillwater level_ .....x

```

The direction 0. degrees is equal to the positive x-direction
the main wave direction is 0. degrees
angles are positive anti-clockwise

The following abbreviations are used :

```

eta : water level
u   : velocity in x-direction
v   : velocity in y-direction
w   : velocity in z-direction
du  : acceleration in x-direction
dv  : acceleration in y-direction
dw  : acceleration in z-direction
p   : dynamic pressure

```

Input data are marked with an asterisk *

Kommentar: använt koordinatsystem och förkortningar för
vågfältsparametrar.

*Coordinates for the points where wave field components
are to be calculated

55

point number	x (m)	y (m)	z (m)
1	2.00	-3.00	1.00
2	2.00	-3.00	0.00
3	2.00	-3.00	-1.00

*Calculations and plots

The table shows which of the wave field components that
are calculated/plotted for each point.

*Wave field components
that are calculated
true/false

*Requested plots
true/false

point number	u du	v dv	w dw	p eta	eta	u	v	w	du	dv	dw	p
1	T			T	T	T	T	T	T	T	T	T
2	T			T	F	T	T	T	T	T	T	T
3	T			T	F	T	T	T	T	T	T	T

