



Institutionen för Vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola
Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology

MANUAL FÖR DIFRAC

Ett datorprogram för analys av
vattenvågors diffraktion kring
en halvoändlig vågbrytare

av

Bjarne Dvärstätter

Ola Jovall

Examensarbete

Nr. 1988:4

Göteborg 1988

Adress: Institutionen för vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola
412 96 Göteborg

Telefon: 031/72 10 00

MANUAL FÖR DIFRAC

**ETT DATORPROGRAM FÖR ANALYS AV VATTENVÄGORS
DIFFRAKTION KRING EN HALVOÄNDLIG VÄGBRYTARE**

Users manual for Difrac

A computerprogram for water wave diffraction analysis
around a semi infinite breakwater

Upprättad av:

Bjarne Dvärstätter
Ola Jovall

SAMMANFATTNING

Denna publikation är ett examensarbete utfört vid Chalmers Tekniska Högskola, Vattenbyggnadsinstitutionen, Göteborg.

Rapporten innehåller en manual till datorprogrammet Difrac.

Programmet beräknar diffraktionskoefficienten kring en halvoändlig vågbrytare med godtycklig infallsvinkel för en våg.

Programmet tar även hänsyn till vågbrytarens reflektionskoefficient.

Den påverkas också av energiuttag i vågbrytaren om detta är ett vågkraftverk.

Rapporten innehåller även en kortfattad beskrivning av de fysikaliska teorier som ligger till grund för diffraktionsberäkning kring en halvoändlig vågbrytare.

Programmet finns tillgängligt vid Vattenbyggnadsinstitutionen, Chalmers Tekniska Högskola.

ENGLISH SUMMARY

The report contains a manual to the computer program "Difrac".

The program calculates the diffraction coefficient around a semi-infinite breakwater for any angle of incidence with the wave.

The program also take the reflection coefficient of the breakwater into consideration.

The report also contains a short description of the physical theories on which the calculation of diffraction around a semi-infinte breakwater is based.

FÖRORD

Examensarbetets syfte är att få ett lätthanterligt program för beräkning av diffraktionskoefficienten kring en vanligt förekommande vågbrytartyp.

Arbetet har givit oss en god terminal- och programmeringsvana samt ett gott komplement till den dataundervisning vi erhållit under studietiden på Chalmers Tekniska Högskola.

Vi vill slutligen tacka vår handledare Nils Mårtensson för den hjälp och det stöd han givit oss under tiden för vårt arbete.

SYMBOLLISTA

K'	=	Diffraktionskoefficienten definieras i ekv 1.0	
Y _s	=	Våghöjden definieras i ekv 1.1	m ¹
A	=	Koefficient	m ² /S
k	=	Vågtalet definieras som $2\pi/L$	1/m'
L	=	Våglängden	m'
g	=	Gravitation	9,81m'/S ²
c	=	Vågens fashastighet	m'/S
t	=	Tid	S
d	=	Vattendjupet	m'
F(x, z)	=	Dimensionslös funktion definieras i ekv 1.2	
T	=	Dimensionslöst avstånd definierad i ekv 1.6	
T'	=	Dimensionslöst avstånd definierad i ekv 1.7	
r	=	Avståndet från den punkt där K' beräknas till vågbrytarens spets	m'
L	=	Våglängden	m'
u	=	Dimensionslös funktion enligt ekv 1.8 c	
C	=	Fresnelintegral enligt ekv 1.8 b-c	
S	=	Fresnelintegral enligt ekv 1.8 b-c	
U ₁ , U ₂	=	Dimensionslösa funktioner i ekv (1.9c och 1:12)	
W ₁ , W ₂	=	Dimensionslösa funktioner i ekv (1.9c och 1:12)	
S, R, Q	=	Index vilka anger läge där K' beräknas	
H	=	Våghöjd	m'
n	=	1, 2, 3, 4 etc	

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. TEORI

- 1.1 DIFFRAKTION SID 1
- 1.2 BERÄKNING AV DIFFRAKTIONSKOEFFICIENTEN NÄR VÄGEN
INFALLER VINKELRÄTT MOT VÅGBRYTAREN OCH HELA
VÅGENERGIN REFLEKTERAS. SID 3
- 1.3 BERÄKNING AV DIFFRAKTIONSKOEFFICIENTEN NÄR VÄGEN
INFALLER I GODTYCKLIG VINKEL MOT VÅGBRYTAREN OCH
HELA VÅGENERGIN REFLEKTERAS. SID 7
- 1.4 INVERKAN AV VÅGBRYTARENS REFLEKTIONSFAKTOR. SID 9

2. PROGRAM

- 2.1 PROGRAMFÖRKLARING SID 11
- 2.2 GENOMGÅNG AV SUBROUTINER SID 13

3. MANUAL

- 3.1 BESKRIVNING AV PROGRAMET DIFRAC SID 19
- 3.2 DEFINITION AV INDATA SID 20
- 3.3 UTSKRIFT SID 25

4. BERÄKNINGSEXEMPEL

- 4.1 INLEDNING SID 26
- 4.2 BESKRIVNING AV PROBLEMET SID 26
- 4.3 INDATA TILL PROGRAMET DIFRAC SID 26
- 4.4 UTSKRIFT SID 27

5. REFERENSER

1. TEORI

1.1 DIFFRAKTION

Låt oss anta att en serie vågor faller in vinkelrätt mot en vågbrytare (fig.1.0.a). Vågorna som träffat vågbrytaren kommer då att brytas eller reflekteras.

Vågorna som passerar vågbrytarens spets kommer att fortplanta sig längs vågkammarna in i området på vågbrytarens läsida (område B enligt fig.1.0 a) vilket ger upphov till approximativt cirkelformade vågfronter inom detta område.

Detta beror på att en del av de inkommande vågornas energi tappas från område A till område B (se fig 1.0 a).

Detta medför att våghöjden kommer att påverkas. Det är dessa fysikaliska fenomen som benämns som diffraktion.

Även den från vågbrytaren reflekterade vågen kommer att diffraktera kring vågbrytarens spets och påverka våghöjden kring vågbrytaren (se fig 1.0 b).

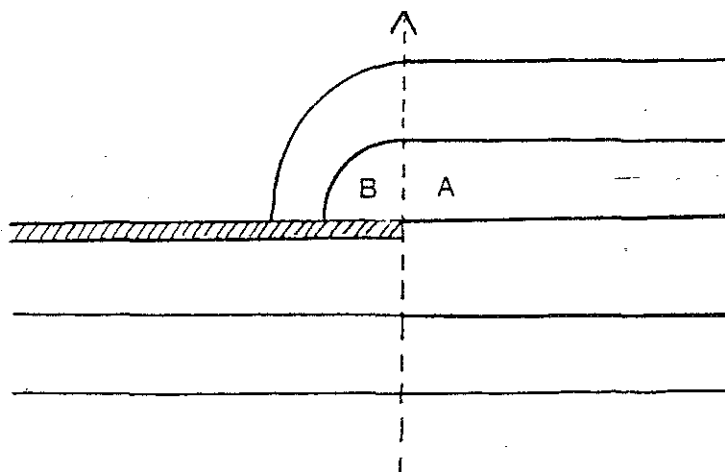


Fig 1.0.a Diffraktion för inkommande våg.

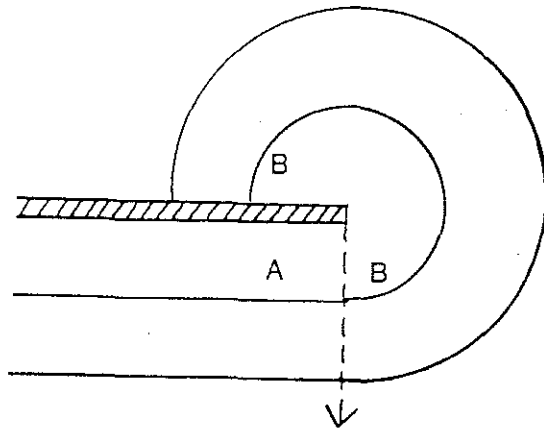


Fig 1.0.b Diffraktion för reflekterad våg.

Den diffrakterade vågen påverkas även av vågbrytarens reflektionskoefficient eller enkelt förklarat, vilken råhet vågbrytarens yta har. Den påverkas också av energiuttag i vågbrytaren om detta är ett vågkraftverk.

Vi kommer senare vid den matematiska härledningen av diffraktionskoefficienten att närmare visa hur vågbrytarens reflektionskoefficient påverkar den diffrakterade vågen.

Några av de matematiska lösningarna för att lösa problem för ljus och ljudvågor har tillämpats i vågteroin för att beräkna vågens energi i olika punkter kring en vågbrytare.

Förhållande mellan våghöjden i en viss punkt i vattenområdet och den infallande vågens höjd kallas diffraktionskoefficienten och kommer här att betecknas med K' .

$$K' = \frac{\text{våghöjden i en viss punkt}}{\text{inkommande vågs höjd}} = \frac{H(x, z)}{H_i} \quad (1.0)$$

Under förutsättning att de inkommande vågorna är regelbundna och att vågkammarna är långa och parallella samt att vattendjupet är konstant, kan K' i olika punkter kring en vågbrytare beräknas.

1.2 BERÄKNING AV DIFFRAKTIONSKOEFFICIENTEN NÄR VÅGEN INFALLER VINKELRÄTT MOT VÅGBRYTAREN OCH HELA VÅGEN ERGIN REFLEKTERAS

1.2.1 Diffractionskoefficienten

Penny och Price visade att Sommerfeldt's lösning av diffrakterat ljus också är en lösning för vattenvågornas diffraktion.

$$Y_S = \frac{Aik}{g} e^{ikct} \cosh kd F(x, z) \quad (1.1)$$

Y_S = våghöjden	m'
A = koefficient	m^2/S
k = vågtalet	$2\pi/L$ $1/m'$
g = gravitation	$9,81m^1/s^2$
c' = vågens fashastighet	m'/S
t = tid	S
d = vattendjup	m'
$F(x, z)$ = dimensioneslös funktion	
L = våglängden	m'
x, z = horisontella koordinater	

För fallet där vågen rör sig i x-axelns riktning utan att påverkas av uppgrundning eller vågbrytare kan funktionen $F(x, z)$ skrivas

$$F(x, z) = e^{-inx} \quad (1.2)$$

Uttrycken (1.1) och (1.2) ger att

$$Y_S = \frac{Aik}{g} e^{inct} \cosh kd e^{-ikx} = a \sin k(Ct-x) \quad (1.3)$$

Som vi tidigare berört i kapitel 1 definieras diffraktionskoefficienten K' som kvoten av våghöjden i en viss punkt och den infallande vågens höjd.

$$K' = \frac{H(x, z)}{H_i} \quad (1.4)$$

Den infallande vågens höjd ges av ekv 1.3 och våghöjden i en viss punkt ges av ekv 1.1.

Ekvationerna (1.1), (1.3) samt (1.4) ger då

$$K' = |F(x, z)|$$

1.2.2 Härledning av funktionen $F(x, z)$

Antag en oändligt tunn vertikal vågbrytare, som är oändlig i en riktning samt impermeabel och helt oeftergivlig (fig 1.1).

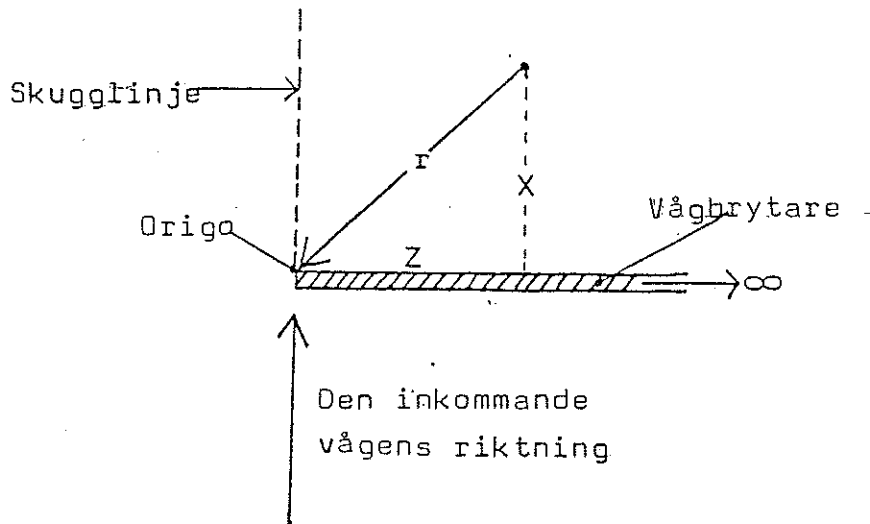


Fig 1.1 Ingående parametrar vid analys av diffraktion kring en vågbrytare.

Sommerfeldt visade att:

$$F(x, z) = \frac{1+i}{2} \left\{ e^{-inx} \int_{\infty}^{\sigma} e^{-\pi i u^2 / 2} du + e^{iux} \int_{-\infty}^{-\sigma'} e^{-\frac{\pi i u^2}{2}} du \right\} \quad (1.5)$$

Där σ och σ' är dimensionslösa uttryck för en längd vars tecken visas i fig (1.2) samt

u = dimensionslös funktion definierad av intergralen.

$$\sigma^2 = \frac{4}{L} (r - x) \quad (1.6)$$

$$\sigma'^2 = \frac{4}{L} (r + x) \quad (1.7)$$

$$r^2 = x^2 + z^2 \quad (1.8)$$

L = Våglängden

Ekvationen (1.5) kan skrivas på en form som tillåter oss att använda tabellerade funktioner.

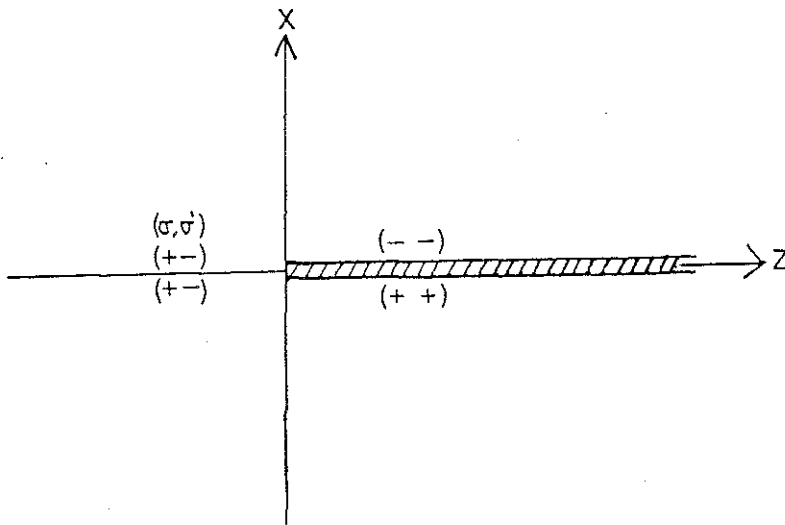


Fig 1.2 σ och σ' :s tecken

$$\frac{1+i}{2} \left\{ \int_{-\infty}^{\sigma} e^{-\frac{\pi i u^2}{2}} du + \int_0^{\sigma} e^{-\frac{\pi i u^2}{2}} du \right\} \quad (1.8.b)$$

$$= \frac{1+i}{2} \left\{ \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{\pi i u^2}{2}} du + \int_0^{\sigma} e^{-\frac{\pi i u^2}{2}} du \right\}$$

Där σ är värdet av u i den övre gränsen av integralen.

Bierens de Haan (1959) kunde visa att

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{\pi i u^2}{2}} du = (1-i) \quad (1.8c)$$

samt att

$$\int_0^{\sigma} e^{-\frac{\pi i u^2}{2}} du = \int_0^{\sigma} \cos \frac{\pi u^2}{2} du - i \int_0^{\sigma} \sin \frac{\pi u^2}{2} du = \int_0^{\frac{\pi \sigma^2}{2}} \frac{e^{-it}}{\sqrt{2\pi t}} dt = (1.8d)$$

$$= C - iS$$

Där $t = \pi \cdot u^2 / 2$ och

C och S är så kallad fresnellintegraler vilka uttrycks enligt följande:

$$C(\sigma) = \int_0^{\sigma} \cos \left(\frac{\pi}{2} + t^2 \right) dt \quad (1.8.e)$$

$$S(\sigma) = \int_0^{\sigma} \sin \left(\frac{\pi}{2} + t^2 \right) dt \quad (1.8.f)$$

Genom Van Wijngaarden och Scheen (1949) kan vi slutligen uttrycka funktionerna $f(\sigma)$, $f(-\sigma)$ enligt följande:

$$f(\sigma) = \frac{1+i}{2} \int_{-\infty}^{\sigma} e^{-\frac{\pi i u^2}{2}} du = \frac{1}{2} \left\{ (1+C+S) - i(S-C) \right\} \quad (1.9a)$$

och

$$f(-\sigma) = \frac{1+i}{2} \int_{-\infty}^{-\sigma} e^{-\frac{\pi i u^2}{2}} du = \frac{1}{2} \left\{ (1-S-C) + i(S-C) \right\} \quad (1.9b)$$

Om beteckningarna $U=1/2(1-S-C)$ samt $W=1/2(S-C)$ införes kan ekvationen 1.9b skrivas (1.9c)

$$f(-\sigma) = U+iW \quad (1.9d)$$

$$\text{detta ger att } f(\sigma) + f(-\sigma) = 1 \quad (1.9e)$$

Använder vi nu ekvation 1.9c samt sätter in rätt tecken för σ och σ' får vi för

$$z \leq 0 \\ F(x, z) = e^{-inx} - e^{-inx} f(-\sigma) + e^{inx} f(-\sigma') \quad (1.10a)$$

$$z \geq 0, x \geq 0 \\ F(x, z) = e^{-inx} f(-\sigma) + e^{-inx} f(-\sigma') \quad (1.10b)$$

$$z \leq 0, x \leq 0 \\ F(x, z) = e^{-inx} + e^{inx} - e^{-inx} f(-\sigma) - e^{inx} f(-\sigma') \quad (1.10c)$$

Som vi tidigare visade i kapitel 1.1.1 är $K' = |F(x, z)|$

För fallet $z=0$ kan då diffraktionskoefficienten K' skrivas

$$K' = |F(x, z)| = e^{-ikx} f(-\sigma) + e^{-ikx} f(-\sigma') = \quad (1.11) \\ = \left\{ \left((U_1+U_2)\cos kx + (W_1-W_2)\sin kx \right)^2 + \right. \\ \left. + \left((W_1+W_2)\cos kx + (U_2-U_1)\sin kx \right)^2 \right\}^{1/2}$$

där

$$f(-\sigma) = U_1 - iW_1 \quad (1.12a)$$

och

$$f(-\sigma') = U_2 + iW_2 \quad (1.12b)$$

1 anger index för σ
2 anger index för σ'

1.3 BERÄKNING AV DIFFRAKTIONSKOEFFICIENTEN NÄR VÅGEN INFALLER MED EN GODTYCKLIG VINKEL MOT VÅGBRYTAREN

När vågorna kommer in i en vinkel till hamnen som ej är 90° , blir diffraktionsbilden osymmetrisk.

Penny och Price har visat att för det generella fallet kan funktionen $F(x,z)$ skrivas som en funktion av radien och vågens infallsvinkel.

$$F(r, \theta) = f(\sigma) e^{-ikr \cos(\theta - \theta_0)} + f(\sigma') e^{-ikr \cos(\theta + \theta_0)} \quad (1.13)$$

där

θ = vinkeln till mätpunktens radie, fig (1.3)

θ_0 = vågens infallsvinkel mot vågbrytaren fig (1.3).

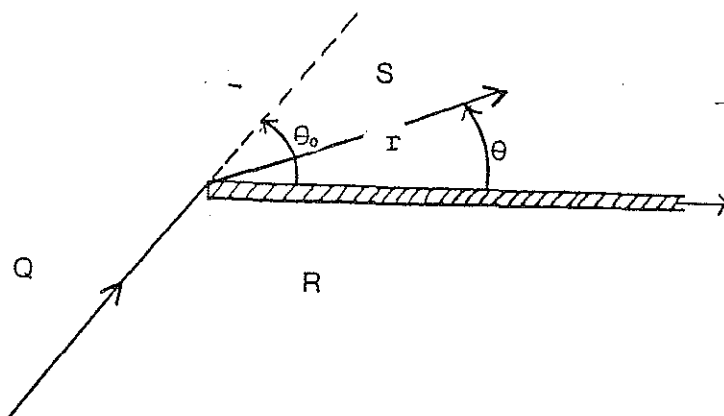


Fig 1.3 Definition av områdena Q, R och S i förhållande till den inkommande vågen och vågbrytaren.

De dimensionslösa uttrycken σ och σ' kan skrivas;

$$\sigma = 2\sqrt{\frac{k \cdot r}{\pi}} \sin \frac{1}{2}(\theta - \theta_0) \quad (1.14)$$

$$\sigma' = -2\sqrt{\frac{k \cdot r}{\pi}} \sin \frac{1}{2}(\theta + \theta_0) \quad (1.15)$$

Som framgår av fig (1.3) kan områdena S, Q och R definieras enligt följande

S = området som begränsas av vågbrytaren samt skugglinjen av vågornas infallsriktning $(\theta - \theta_0)$

Q = området där vågorna passerar fritt förbi vågbrytaren $(\theta_0 - (\theta_0 + 180^\circ))$

R = området där vågorna reflekteras mot vågbrytaren $((\theta_0 + 180^\circ) - 360^\circ)$

Som vi tidigare visat i kap 1.1.2 bestäms tecknen på och av vilket område vi befinner oss i. Således blir tecknen i de olika områdena

$$S \Rightarrow (\sigma, \sigma') \quad (-, -)$$

$$Q \Rightarrow (\sigma, \sigma') \quad (+, -)$$

$$R \Rightarrow (\sigma, \sigma') \quad (+, +)$$

Funktionen $F(r, \theta)$ kan då uttryckas på tre olika sätt beroende på vilket område vi befinner oss i.

Så om vi använder ekvationerna 1.9a, b, c, 1.13, 1.14, 1.15, skrivs

för område S (1.16)

$$\begin{aligned} F(r, \theta)_S &= \{ U_1 \cos(Kr \cos(\theta - \theta_0)) \\ &+ U_2 \cos(Kr \cos(\theta + \theta_0)) \\ &+ W_1 \sin(Kr \cos(\theta - \theta_0)) \\ &+ W_2 \sin(Kr \cos(\theta + \theta_0)) \} \\ &+ i \{ W_1 \cos(Kr \cos(\theta - \theta_0)) \\ &+ W_2 \cos(Kr \cos(\theta + \theta_0)) \\ &- U_1 \sin(Kr \cos(\theta - \theta_0)) \\ &- U_2 \sin(Kr \cos(\theta + \theta_0)) \} \\ &= A + iB \end{aligned}$$

$$|F(r, \theta)_S| = \sqrt{A^2 + B^2}$$

för område Q (1.17)

$$\begin{aligned} F(r, \theta)_Q &= \{ \cos(Kr \cos(\theta - \theta_0)) \\ &- U_1 \cos(Kr \cos(\theta - \theta_0)) \\ &- W_1 \sin(Kr \cos(\theta - \theta_0)) \\ &+ U_2 \cos(Kr \cos(\theta + \theta_0)) \\ &+ W_2 \sin(Kr \cos(\theta + \theta_0)) \} \\ &+ i \{ -\sin(Kr \cos(\theta - \theta_0)) \\ &- W_1 \cos(Kr \cos(\theta - \theta_0)) \\ &+ U_1 \sin(Kr \cos(\theta - \theta_0)) \\ &+ W_2 \cos(Kr \cos(\theta + \theta_0)) \\ &- U_2 \sin(Kr \cos(\theta + \theta_0)) \} \\ &= E + iF \end{aligned}$$

$$|F(r, \theta)_Q| = \sqrt{E^2 + F^2}$$

för område R

(1.18)

$$\begin{aligned}
 F(r, \theta)_R = & \left\{ \begin{aligned}
 & \cos (Krcos(\theta-\theta_0)) \\
 & + \cos (Krcos(\theta+\theta_0)) \\
 & - U1 \cos (Krcos(\theta-\theta_0)) \\
 & - U2 \cos (Krcos(\theta+\theta_0)) \\
 & - W1 \sin (Krcos(\theta-\theta_0)) \\
 & - W2 \sin (Krcos(\theta+\theta_0)) \} \\
 & + i \{ \sin (Krcos(\theta-\theta_0)) \\
 & - W1 \cos (Krcos(\theta-\theta_0)) \\
 & - W2 \cos (Krcos(\theta+\theta_0)) \\
 & + U1 \sin (Krcos(\theta-\theta_0)) \\
 & + U2 \sin (Krcos(\theta+\theta_0)) \} \\
 & = C + D
 \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

$$|F(r, \theta)_R| = \sqrt{C^2 + D^2}$$

Dessa tre uttryck är de matematiska formler som ligger till grund för beräkning av diffraktionskoefficienten i datorprogrammet Difrac.

1.4 INVERKAN AV VÅGBRYTARENS REFLEKTIONSFAKTOR

Som vi tidigare nämnt så påverkas den diffrakterade vågen även av vågbrytarens reflektionskoefficient.

Om vi närmare studerar ekvation 1.16 där diffraktionskoefficienten i område S, se fig 1.3 Beräknas enligt följande

(1.16)

$$\begin{aligned}
 F(r, \theta)_S = & \left\{ \begin{aligned}
 & U1 \cos (Krcos(\theta-\theta_0)) \\
 & + U2 \cos (Krcos(\theta+\theta_0)) \\
 & + W1 \sin (Krcos(\theta-\theta_0)) \\
 & + W2 \sin (Krcos(\theta+\theta_0)) \} \\
 & + i \{ \begin{aligned}
 & W1 \cos (Krcos(\theta-\theta_0)) \\
 & + W2 \cos (Krcos(\theta+\theta_0)) \\
 & - U1 \sin (Krcos(\theta-\theta_0)) \\
 & - U2 \sin (Krcos(\theta+\theta_0)) \} \\
 & = A + B
 \end{aligned}
 \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

$$F(r, \theta)_S = \sqrt{A^2 + B^2}$$

Om nu hänsyn skall tagas till vågbrytarens reflektionskoefficient, R, skall de storheter som ger ett tillskott av energi till den diffrakterade vågen multipliceras med en faktor som motsvarar vågbrytarens reflektionskoefficient.

Om vi förenklar formel 1.16 enligt följande

$$M = K r \cos (\theta - \theta_0)$$

$$N = K r \cos (\theta + \theta_0)$$

$$C_1 = \cos (M)$$

$$C_2 = \cos (N)$$

$$S_1 = \sin (M)$$

$$S_2 = \sin (N)$$

kommer 1.16, då vi tagit hänsyn till den reflekterade vågen att skrivas.

$$\begin{aligned} F(r, \theta)_S &= (RU_1C_1 + RU_2C_2 + RW_1S_1 + RW_2S_2) + \\ &+ i(RW_2C_1 + RW_2C_2 + U_1S_1 + U_2S_2) \end{aligned} \quad (1.19)$$

För områdena Q och R skrivs funktionen $F(r, \theta)$ enligt följande:

$$\begin{aligned} F(r, \theta) &= (RC_1 - U_1C_1 - W_1S_1 + RU_2C_2 + RW_2S_2) + \\ &+ i(-S_1 - W_1C_1 + RU_1S_1 + RW_2C_2 - U_2S_2) \end{aligned} \quad (1.20)$$

och

$$\begin{aligned} F(R, \theta) &= (RC_1 + RC_2 - U_1C_1 - U_2C_2 - W_1S_1 - W_2S_2) + \\ &+ i(RS_1 - S_2 - W_1C_1 - W_2C_2 + RU_2S_2) \end{aligned} \quad (1.21)$$

Det är dessa tre funktioner (1.19), (1.20) och (1.21) som ligger till grund för datorprogrammet Diffrac.

2. PROGRAM

2.1 PROGRAMFÖRKLARING

Huvudprogrammet består av styrsatser, 2 st snurror och subrutinanrop.

Snurrororna stegar upp X- respektive Z-koordinaterna allt eftersom diffraktionskoefficienten ska beräknas i respektive beräkningspunkt.

Subrutinerna utför indataläsning, utskrift samt alla beräkningar.

Styrsatserna är styrsatser för Fortran 77 vid Guts.

X-snurran är den yttre snurran och startar med det lägsta X-värdet, dvs X1, och ökar sedan för varje varv X-värdet med steglängden SX.

Inuti denna snurra ligger Z-snurran som börjar med det lägsta Z-värdet, dvs Z1, och sedan på motsvarande sätt som för X-snurran för varje varv ökar Z-värdet med steglängden SZ.

Detta gör att diffraktionskoefficienten beräknas först för det lägsta X-värdet tills alla Z-värden är genomgångna.

Därefter ökar X-värdet med SX och alla Z-värden går åter igenom, sedan ökas X med SX etc tills alla beräkningspunkter är genomgångna.

Subrutinerna utför, som tidigare nämnts alla beräkningar, indataläsningar och utskrifter.

De är 12 till antalet.

I en av dessa subrutiner (Subroutine Fres) anropas 2 st externa subrutiner i Guts som approximativt beräknar fresnelintergraler

De kommer ej att beskrivas här, för information hänvisas till Guts Nagflib, subrutin S20 ACF och S20 ADF.

Följande subrutiner ingår i difrac:

1.	Subroutine	Indata		indataläsning
2.	"-	Vågtal	}	
3.	"-	RP		
4.	"-	Para		
5.	"-	Fres		
6.	"-	Val		Beräkning av
7.	"-	OmrR		diffraktionskoefficienten
8.	"-	OmrS		
9.	"-	OmrQ		
10.	"-	DK		
11.	"-	Lagr		lagring
12.	"-	Tabell	utskrift tabell	

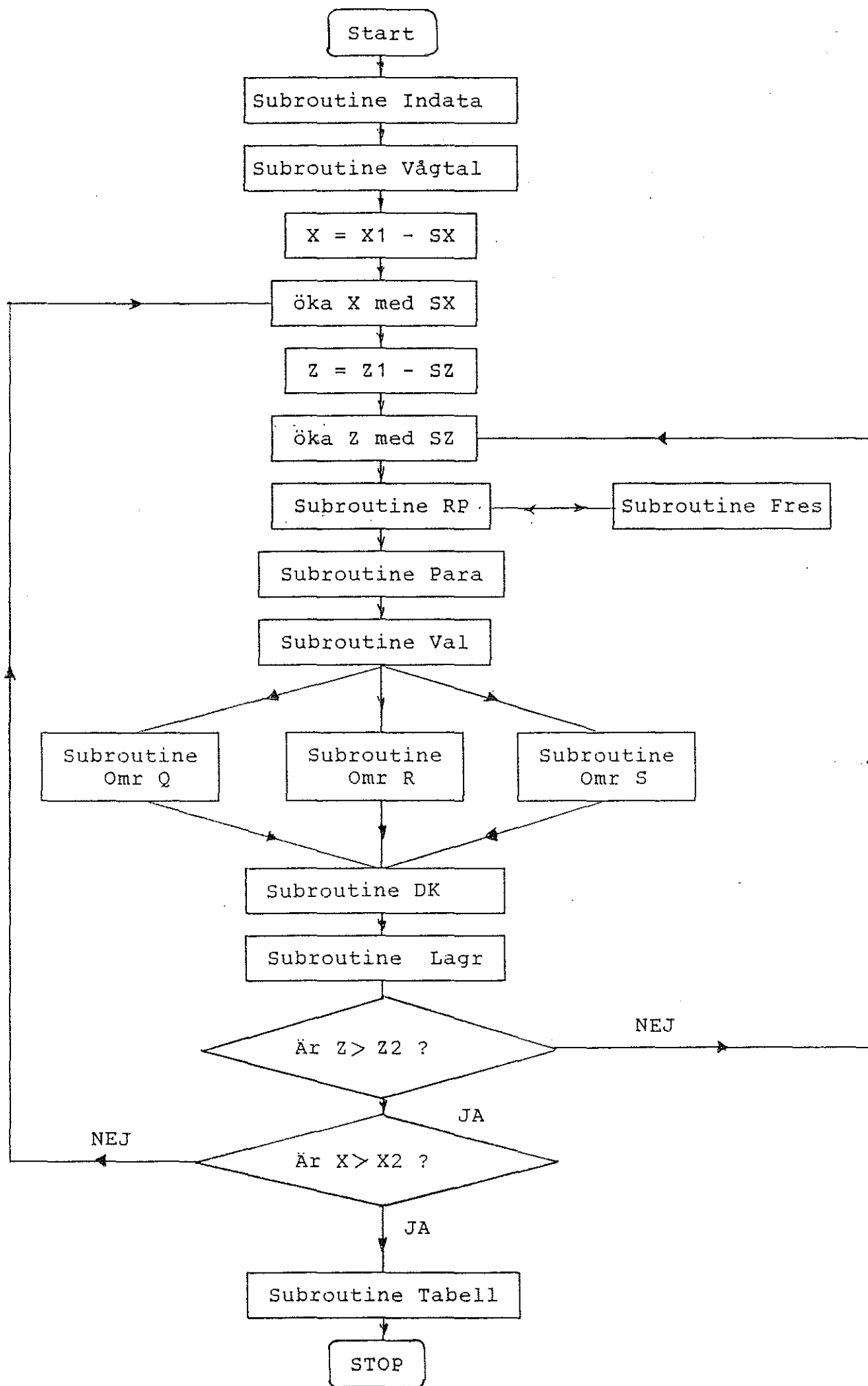


Fig 2.1 Flödesschema för programet Difracc.

2.2 GENOMGÅNG AV SUBROUTINER

2.2.1 Subroutine Indata

Denna subrutin läser in erforderliga indata till Difrac.

Den indata som ska läsas ska vara lagrad i guts-filen Indiffr innan körning av programmet görs.

De data som behövs är beräkningsområdets storlek och indelning, vågfrontens utseende samt vågbrytarens reflektionsfaktor. För beskrivning av indata och hur dessa ska lagras i Indiffr se pkt 3.2 "Definition av indata", sid 20.

Ingående parametrar: -

Utgående parametrar:

X1, X2: Undre respektive övre koordinat i X-led (m)
 Z1, Z2: Undre respektive övre koordinat i Z-led (m)
 SX, SZ: Steglängd i X- respektive Z-led (m)
 Q: Vågfrontens infallsriktning (rad)
 L: Vågfrontens våglängd (m)
 RF: Vågbrytarens reflektionsfaktor

2.2.2 Subroutine vågtal

Här beräknas vågtalet, K, för den inkommande vågens våglängd, L.

Ingående parametrar:

L: Inkommande vågens våglängd (m)

Utgående parametrar:

K: Vågtal

2.2.3 Subroutine RP

Denna subrutin beräknar de polära koordinaterna R och P för beräkningspunkten (X,Z). R är radien och P vinkeln enl nedanstående figur.

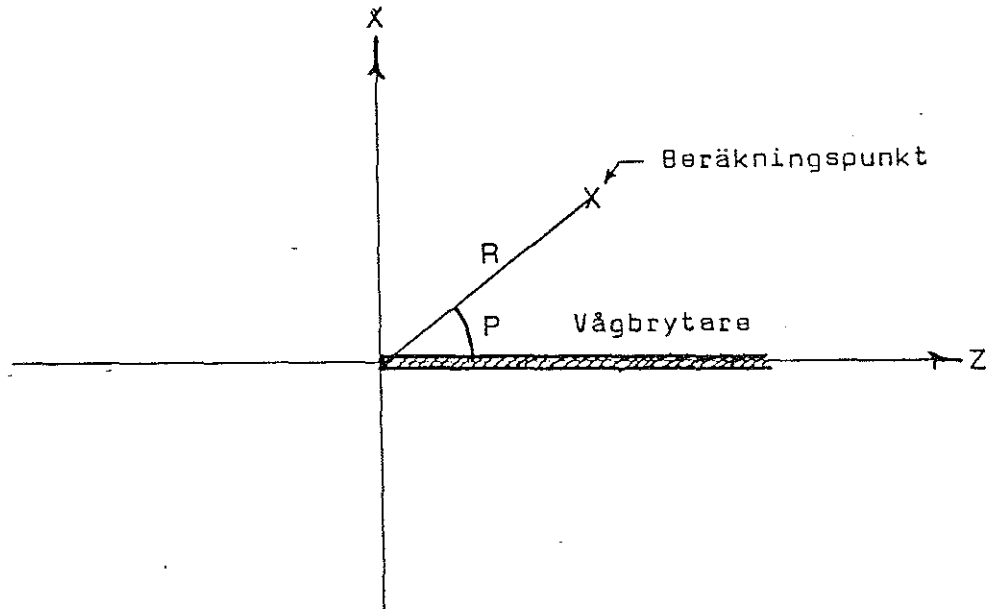


Fig 2.2 Beskrivning av beräkningspunktens läge.

Ingående parametrar:

X: X-koordinat (m)
Z: Z-koordinat (m)

Utgående parametrar:

R: Avstånd från origo till (X,Z) (m)
P: Vinkel mellan Z-axel och en linje
dragen genom origo och (X,Z) (rad)

2.2.4 Subroutine Para

Här beräknas de ingående parametrarna i ekv (1.19), (1.20) och (1.21) vilka beskriver den dimensionslösa parametern $F(r,0)$ vars absolutbelopp ger diffraktionskoefficienten K' . För teoretisk beskrivning se kap 1.

Ingående parametrar:

P: Vinkelkoordinat för (X,Z)
 R: Avståndskoordinat för (X,Z)
 Q: Vågfrontens infallsvinkel
 K: Vågtalet

Utgående parametrar:

C1, C2, S1, S2, O1, O2, O3, O4, O5, O6, O7, O8:
 parametrar för ekv (1.19), (1.20) och (1.21)

2.2.5 Subroutine Fres

Denna subrutin beräknar fresnelintegralerna

$$C(\sigma) = \int_0^{\sigma} \cos\left(\frac{\pi}{2} t^2\right) dt \quad (1)$$

$$S(\sigma) = \int_0^{\sigma} \sin\left(\frac{\pi}{2} t^2\right) dt \quad (2)$$

med hjälp av de yttre subrutinerna S2OACF respektive S2OADF i guts-biblioteket nagflib.

Ingående parametrar:

M1: Delresultat i subroutine para
 T: -"-

Utgående parametrar:

C: Lösning på fresnelintegral (1) med argument SIGMA.
 S: Lösning på fresnelintegral (2) med argument SIGMA.

2.2.6 Subroutine Val

Denna subrutin kontrollerar inom vilket område R, S eller Q som aktuell beräkningspunkt befinner sig inom på grund av att olika formler används för att beräkna diffraktionskoefficienten i respektive område.

Därefter anropas en av subrutinerna OmrR, OmrS eller OmrQ som motsvarar aktuellt område.

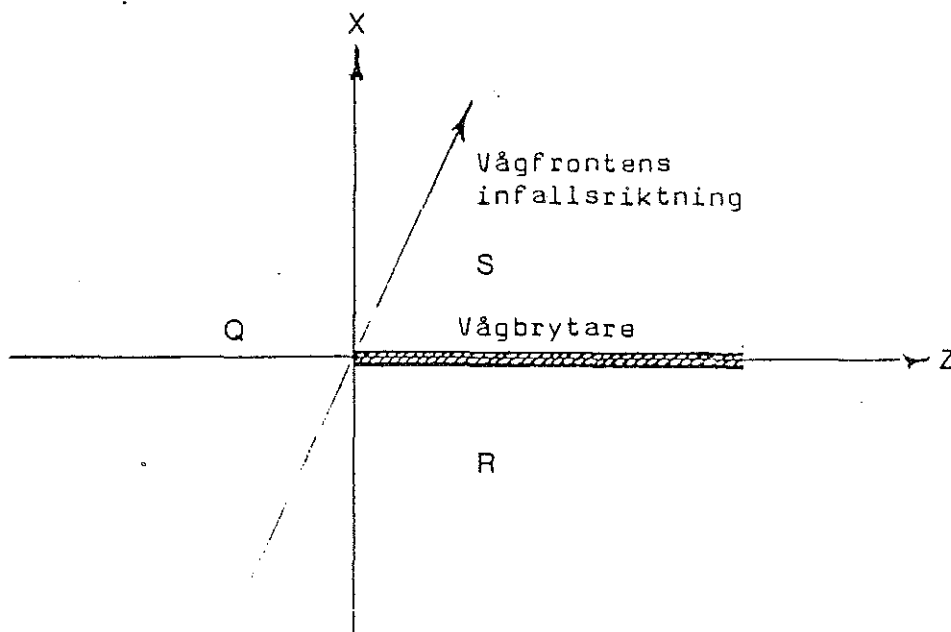


Fig 2.3 Definition av områdena R, S och Q.

För vidare upplysningar om områdesindelning se kap 1.3.

Ingående parametrar:

- P: Polär vinkelkoordinat för beräkningspunkten (X,Z)
- Q: Vågfrontens infallsvinkel

Utgående parametrar: -

2.2.7 Subroutine OmrR

Beräknar real- respektive imaginärdel, betecknade RE resp IM, för den dimensionslösa parametern $F(r_0)$ vars absolutbelopp ger diffraktionskoefficienten K' om beräkningspunkten ligger inom område R.

Detta utförs med hjälp av de i subroutine Para framräknade parametrarna.

Diffraktionskoefficienten = RE+iIM

Ingående parametrar:

RF: Vågbrytarens reflektionsfaktor
C1, C2, S1, S2, O1, O2, O3, O4, O5, O6, O7, O8:
Parametrar beräknade i subroutine Para.

Utgående parametrar:

IM: Imaginärdel enligt ovan
RE: Realdel enligt ovan

2.2.8 Subroutine OmrS

Utför motsvarande beräkningar enl 2.2.7 om aktuell beräkningspunkt ligger i område S.

Ingående parametrar:

RF= Vågbrytarens reflektionsfaktor
O1, O2, O3, O4, O5, O6, O7, O8: enl 2.2.7

Utgående parametrar:

IM: Imaginärdel enligt 2.2.7
RE: Realdel enligt 2.2.7

2.2.9 Subroutine OmrQ

Utför motsvarande beräkningar enl 2.2.7 om aktuell beräkningspunkt ligger i område Q.

Ingående parametrar:

RF: Vågbrytarens reflektionsfaktor
S1, C1, O1, O2, O3, O4, O5, O6, O7, O8:
Parametrar beräknade i subroutine Para

Utgående parametrar:

IM: Imaginärdel enligt 2.2.7
RE: Realdel enligt 2.2.7

2.2.10 Subroutine DK

Beräknar diffraktionskoefficienten KPRIM enligt nedanstående formler:

$$KPRIM = RE + i IM = RE^2 + IM^2$$

Ingående parametrar:

IM: Imaginärdel enligt 2.2.7

RE: Realdel enligt 2.2.7

Utgående parametrar:

KPRIM: Diffraktionskoefficienten för aktuell beräkningspunkt.

2.2.11 Subroutine Lagr

Diffraktionskoefficienten KPRIM och dess X-respektive Z-koordinat lagras i vektorerna V1(H), V2(H) och V3(H).

Ingående parametrar:

KPRIM: Diffraktionskoefficient

X, Z: koordinater för diffraktionskoefficient

Utgående parametrar:

V1 (H): vektor med samtliga diffraktionskoefficienter

V2 (H): vektor med samtliga X-koordinater

V3 (H): vektor med samtliga Z-koordinater

2.2.12 Subroutine Tabell

Ger utskrift av diffraktionskoefficient, X-resp Z-koordinat, vågfrontens våglängd och infallsriktning och vågbrytarens reflektionsfaktor. Utskriftens utseende behandlas närmare i kap 3.3 "Utskrift".

Ingående parametrar:

KPRIM: diffraktionskoefficienten

X: X-koordinat

Z: Z-koordinat

Q: vågfrontens infallsvinkel

L: våglängd

RF: vågbrytarens reflektionsfaktor

Utgående parametrar: -

3. MANUAL

3.1 BESKRIVNING AV PROGRAMMET DIFRAC

Programmet Difrac beräknar diffraktionskoefficienten för ett av användaren definierat beräkningsområde kring en halv-oändlig vågbrytare. Vågbrytaren är oändlig åt höger och dess vänstra spets är placerad i origo i ett koordinatsystem som anger beräkningsområdets storlek. Beräkningsområdet indelas med hjälp av detta koordinatsystem i ett rutnät där diffraktionskoefficienten beräknas för varje skärningspunkt.

Vågbrytarens reflektionsfaktor kan variera från 0,0 till 1,0 motsvarande 0 till 100% reflektion av vågfrontens energi. Vågfrontens infallsriktning mot vågbrytaren kan varieras från 0 till 180 grader i förhållande till vågbrytarens längdriktning.

Beräkningen av diffraktionskoefficienten utföres enligt de teorier som är redovisade tidigare i kapitel 1.

Resultatet av beräkningarna presenteras i tabellform där diffraktionskoefficienten redovisas för varje skärningspunkt i rutnätet.

Detaljerad information om indata och utskrift se kap 3.2 och 3.3 "Definition av indata" respektive "Utskrift".

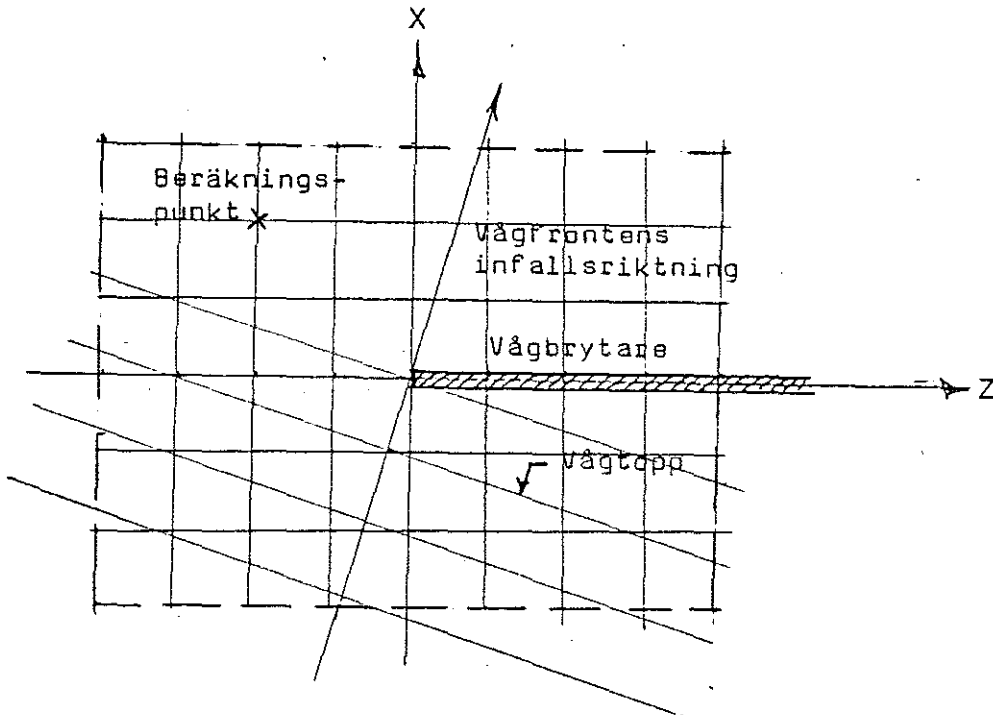


Fig 3.1 Vågfrontens infallsriktning.

3.2 DEFINITION AV INDATA

Indatan till Diffrac ska beskriva vågbrytaren, beräkningsområdets storlek och indelning samt vågfrontens utseende.

Detta görs genom att lagra erforderliga indata i filen Indiffr.

Filens utseende visas nedan.

<u>Rad nr</u>	<u>Indata</u>	<u>Förklaring</u>
10	X1,X2,Z1,Z2	X1, X2 = undre respektive övre gräns i x-led. Z1, Z2 = undre respektive övre gräns i z-led.
20	SX,SZ	SX, SZ = steglängd i x-respektive z-led.
30	Q	Q = vinkel mellan vågbrytare och skugglinje.
40	L	L = våglängd.
50	RF	RF = vågbrytarens reflektionsfaktor.

De aktuella värdena lagras på respektive rad åtskilda av ett komma-tecken eller en blank position.

Variablernas betydelse genomgås i nedanstående avsnitt. En sammanställning ges på sidan 24.

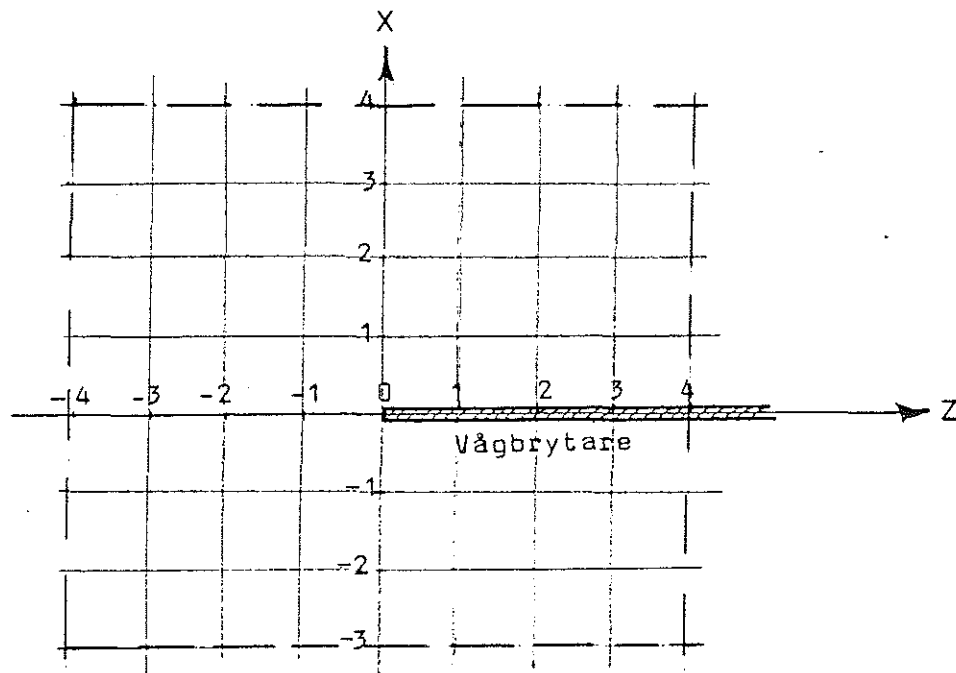


Fig 3.2 Beräkningsområdets storlek och indelning.

Beräkningsområdet definieras som ett rektangulärt område i ett höger koordinatsystem med origo i vågbrytarens spets.

X-axeln ligger i 90° vinkel till vågbrytarens längdriktning.

Områdets undre gräns, X_1 , definieras med ett positivt eller negativt värde angivet i meter.

Dess övre gräns, X_2 anges med ett positivt värde i meter.

Den vänstra gränsen, Z_1 , anges med ett negativt eller positivt värde och den högra, Z_2 , med ett positivt värde, enhet meter.

Detta ger beräkningsområdets storlek till en rektangel med sidlängderna

$$X_2 - X_1 \quad \text{respektive} \quad Z_2 - Z_1$$

Området ska sedan delas in i ett rutnät där beräkning av diffraktionskoefficienten kommer att utföras i varje skärningspunkt.

Detta sker genom att en steglängd i meter anges i X- respektive Z-led.

Steglängden i X-led betecknas SX, i Z-led SZ.

Ju kortare steglängd desto tätare beräkningspunkter.

Beräkningspunkternas antal blir

$$\frac{X_2 - X_1}{SX} \times \frac{Z_2 - Z_1}{SZ}$$

Exempel

Om följande indata ges kommer beräkningsområdets utbredning och beräkningspunkternas lägen bli enligt nedan:

$$X_1 = -150; \quad X_2 = 200; \quad Z_1 = -250; \quad Z_2 = 200;$$

$$SX = 50; \quad SZ = 50$$

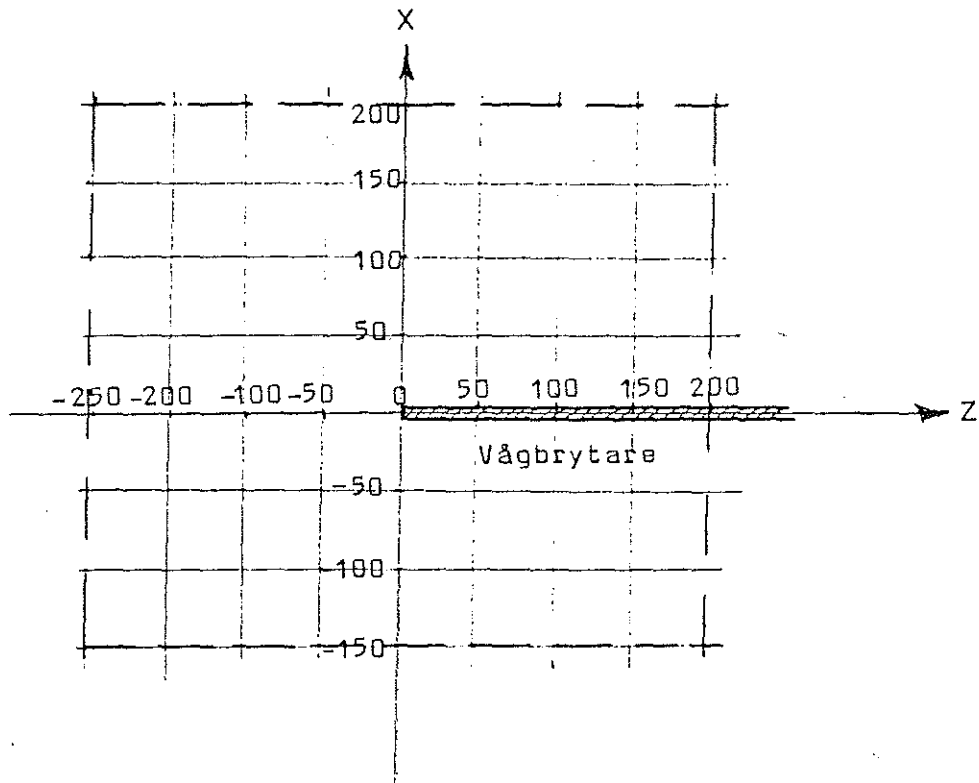


Fig 3.3 Exempel på indelning av beräkningsområde

Vågfrontens utseende

Vågfrontens definieras med hjälp av 2 st parametrar, nämligen vågornas våglängd samt vågfrontens riktning i förhållande till vågbrytaren.

De inkommande vågornas våglängd, L , anges i meter.

Vågfrontens riktning anges som vinkel Q (i radianer) mellan Z-axeln's negativa del och en linje dragen i rät vinkel till vågfrontens vågtoppar.

Infallsvinkeln ska ligga inom intervallet $0 < Q < 180^\circ$.

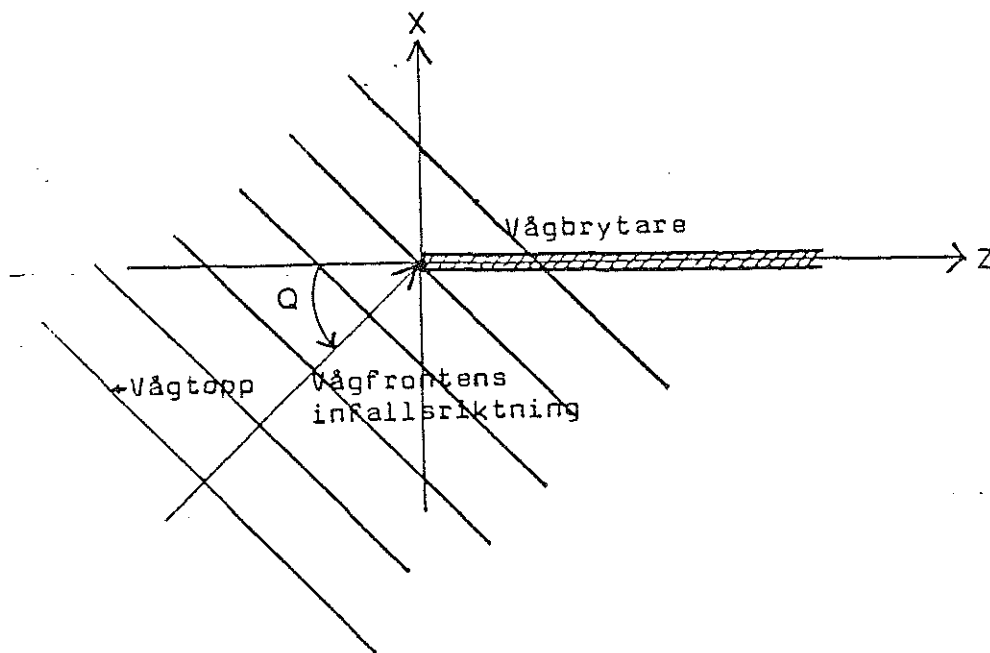


Fig 3.4 Vågfrontens infallsriktning.

Vågbrytare

Vågbrytaren är av halv-oändlig typ. Dess vänstra ände är placerad i koordinatsystemets origo. Vågbrytaren är sedan (teoretiskt) oändlig längs Z-axeln positiva del.

Vågbrytarens utbredning i X-led antages vara så liten att den kan sättas till noll.

Vågbrytarens utbredning är alltså. (teoretiskt)

$$X = 0; Z = 0 - \infty$$

Reflektionsfaktorn för vågbrytaren, RF , måste anges. Den anges som ett tal mellan 0 och 1 vilket talar om hur stor del av de infallande vågornas energi som reflekteras av vågbrytaren. Den energi som ej reflekteras antages absorberas av vågbrytaren.

R= 1 anger att 100% av vågenergin reflekteras
R= 0 "- 0% "-
R= 0,7 "- 70% "-
etc

Sammanställning

Indiffr

10 _ X1, X2, Z1, Z2
20 SX, SZ
30 Q
40 L
50 RF

X1, X2: Undre respektive övre koord i X-led (m)
Z1, Z2: Undre respektive övre koord i Z-led (m)
SX, SZ: Steglängd i X- respektive Z-led (m)
Q: Infallsvinkel för vågfront (radianer)
L: Våglängd (m)
RF: Reflektionsfaktor hos vågbrytare

3.3 UTSKRIFT

Tabellutskrift

Diffraktionskoefficienterna och deras X-respektive Z-koordinat i rutnät anges i tabellform.

Ovanför tabellen anges också vågfrontens våglängd och infallsvinkel samt vågbrytarens reflektionsfaktor.

Ett exempel på tabellutskrift ges på sidan 27.

4 BERÄKNINGSEXEMPEL

4.1 INLEDNING

I detta kapitel redovisas en praktisk beräkning av diffraktionskoefficienten kring en halvoändlig vågbrytare med hjälp av programmet Difrac.

4.2 BESKRIVNING AV PROBLEMET

En yta av $5 \times 11 \text{ m}^2$ innanför en halvoändlig vågbrytare ska studeras. Diffraktionskoefficienten ska beräknas för varje meter i såväl x-led som z-led. Våglängden hos vågorna är 2 m och infallsvinkeln 30° , se figur 4.1. Vågbrytaren reflekterar vågorna till 100%.

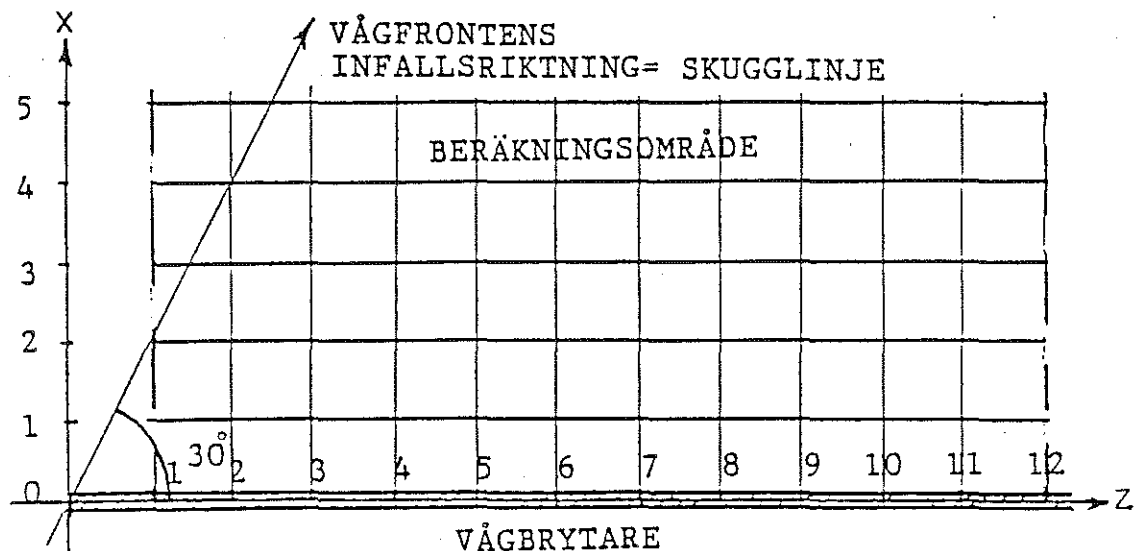


Fig 4.1 Beskrivning av beräkningsexempel.

4.3 INDATA TILL PROGRAMET DIFRAC

Indata lagras i programfilen indiffr enligt avsnitt 2.3.2 och fig 4.2 nedan.

Rad nr	Indata	Förklaring
10	0.,5.,1.,12.	X1, X2 = undre respektive övre gräns i x-led. Z1, Z2 = undre respektive övre gräns i z-led.
20	1.,1.	SX, SZ = steglängd i x-respektive z-led.
30	0.5236	Q = vinkel mellan vågbrytare och skugglinje.
40	2.0	L = våglängd.
50	1.0	RF = vågbrytarens reflektionsfaktor.

Fig 4.2 Indata för beräkningsexempel.

4.4 UTSKRIFT

Programet Difrac ser följande utskrift till ovanstående beräkningsexempel. X är x-koordinat och Z är z-koordinat. KPRIM betecknar diffraktionskoefficienten.

```

00200 INFALLSVINKEL Q= 0.523599982
00201 VAGLXNGD L= 2.00000000
00202 VAGBRYTARENS REFLEKTIONSFAKTOR RF= 1.00000000
00203
00204 X=          Z=          KPRIM=
00205
00206 0.00      1.00      0.61      00242 3.00      1.00      1.09
00207 0.00      2.00      0.50      00243 3.00      2.00      1.01
00208 0.00      3.00      0.44      00244 3.00      3.00      0.85
00209 0.00      4.00      0.39      00245 3.00      4.00      0.70
00210 0.00      5.00      0.36      00246 3.00      5.00      0.59
00211 0.00      6.00      0.34      00247 3.00      6.00      0.51
00212 0.00      7.00      0.31      00248 3.00      7.00      0.44
00213 0.00      8.00      0.30      00249 3.00      8.00      0.40
00214 0.00      9.00      0.28      00250 3.00      9.00      0.36
00215 0.00     10.00      0.27      00251 3.00     10.00      0.33
00216 0.00     11.00      0.26      00252 3.00     11.00      0.31
00217 0.00     12.00      0.25      00253 3.00     12.00      0.29
00218 1.00      1.00      0.77      00254 4.00      1.00      1.01
00219 1.00      2.00      0.69      00255 4.00      2.00      1.10
00220 1.00      3.00      0.49      00256 4.00      3.00      1.03
00221 1.00      4.00      0.43      00257 4.00      4.00      0.89
00222 1.00      5.00      0.39      00258 4.00      5.00      0.76
00223 1.00      6.00      0.35      00259 4.00      6.00      0.64
00224 1.00      7.00      0.33      00260 4.00      7.00      0.56
00225 1.00      8.00      0.31      00261 4.00      8.00      0.49
00226 1.00      9.00      0.29      00262 4.00      9.00      0.43
00227 1.00     10.00      0.27      00263 4.00     10.00      0.39
00228 1.00     11.00      0.26      00264 4.00     11.00      0.36
00229 1.00     12.00      0.25      00265 4.00     12.00      .33
00230 2.00      1.00      1.00      00266 5.00      1.00      0.94
00231 2.00      2.00      0.80      00267 5.00      2.00      1.04
00232 2.00      3.00      0.64      00268 5.00      3.00      1.10
00233 2.00      4.00      0.54      00269 5.00      4.00      1.05
00234 2.00      5.00      0.46      00270 5.00      5.00      0.93
00235 2.00      6.00      0.41      00271 5.00      6.00      0.81
00236 2.00      7.00      0.37      00272 5.00      7.00      0.70
00237 2.00      8.00      0.34      00273 5.00      8.00      0.61
00238 2.00      9.00      0.32      00274 5.00      9.00      0.53
00239 2.00     10.00      0.30      00275 5.00     10.00      0.47
00240 2.00     11.00      0.28      00276 5.00     11.00      0.42
00241 2.00     12.00      0.26      00277 5.00     12.00      0.38

```

Fig 4.2 Programutskrift för beräkningsexemplet

Våglängden $L=20$ m

Infallsvinkel vågfront $=30^\circ$

Reflektionsfaktorn vågbrytare $= 1.0$

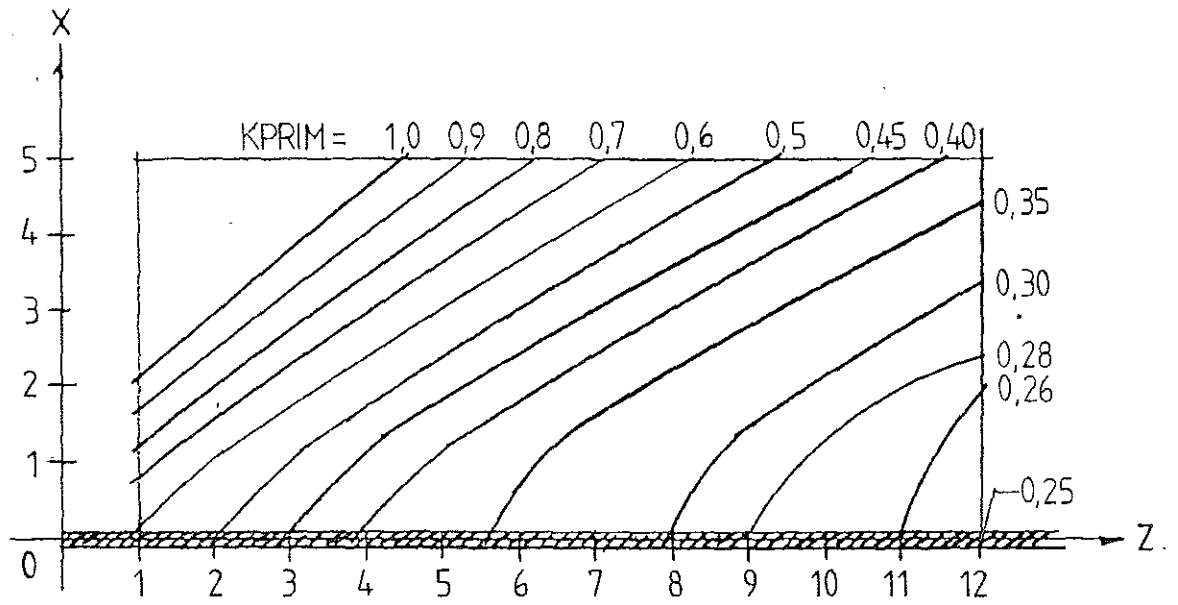


Fig 4.3 Resultat av beräkningsexempel
uppställt i diagramform.

JÄMFÖRELSE MELLAN RESULTAT AV BERÄKNINGS-
EXEMPEL OCH DIAGRAM I SHORE PROTECTION MANUAL.

Våglängd=2.0, infallsvinkel=30, reflektionsfaktor=1.0

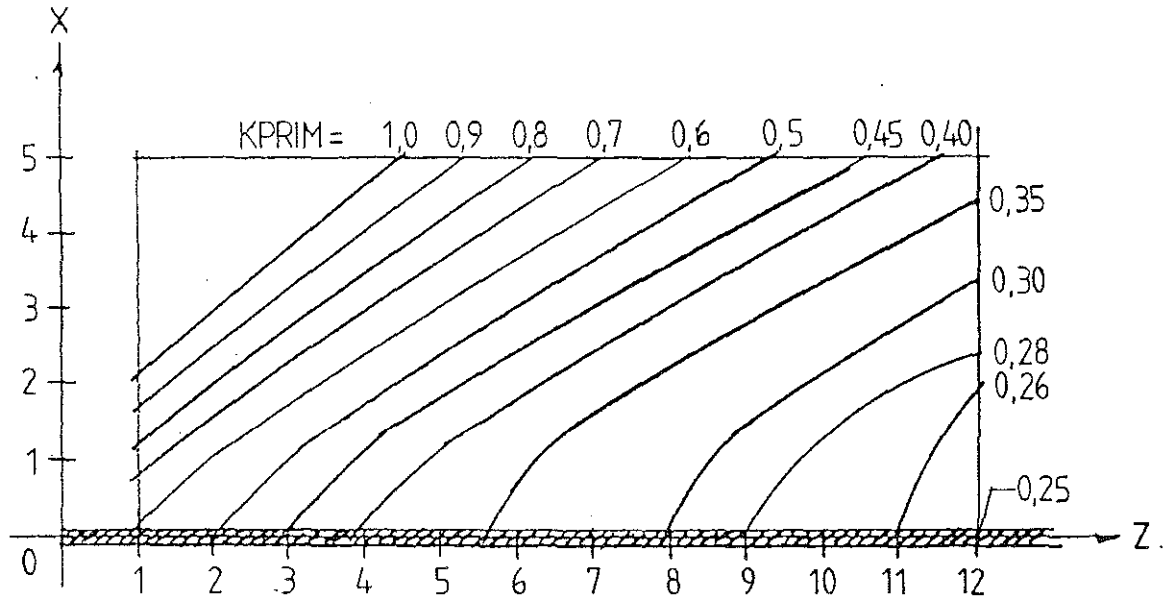


Fig B1:1 Diagram visande diffraktionskoefficienten uppritat efter resultat från beräknings-exempel i kap.4 "Beräkningsexempel".

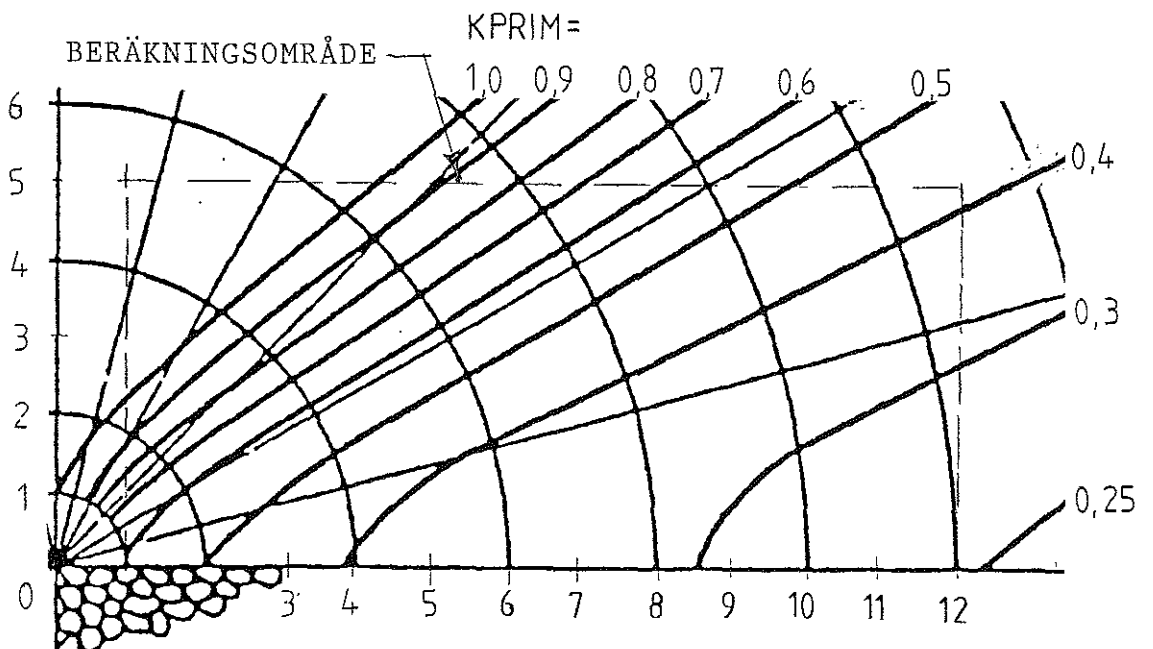


Fig B1:2 Utdrag ur Shore protection manual (se referenslista).

Bierens De Haan, D., Nouvelles Tables D'integrales Définies, Ed 1867, Corrected.
New York: G.E. Stechert & Co, 1939.

Ekman, T., Eriksson, E., Programmering i Fortran 77.
Lund: Studentlitteratur 1984.

Gustafsson, I., Föreläsningssanteckningar i ämnet tillämpad databehandling V4 1985.
Göteborg: Institutionen för informationsbehandling, Chalmers Tekniska Högskola 1985.

Overvik, T., Marin Hydromekanikk, Trondheim Institut for Marin Byggeteknikk.
Trondheim: Universitetet i Trondheim, Norges Tekniske Høgskole 1982.

Penny, W.G., A.T Price, Diffraction of Sea Waves By breakwaters, Directorate of Miscellaneous Weapons development, Technical History No 26, Artificial marbors, Sec 3D, 1944.

-, The Diffraction Theory of sea waves by breakwaters, and the shelter Directorate by breakwaters, Phil. Trans., Roy. Soc. (London), Ser. A, 244 (March, 1952), 236-53.

Silvester, R., Coastal engineering, 1, Amsterdam: Elsevier Afforded Publishing Company, 1979.

Sjöberg. Vindvågor. Undervisningsskrift nr 1987:3.
Instutionen för vattenbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg.

Sommerfeldt, a., Mathematische Theori Der Diffraction, Math. Ann. 47, (1896), 317-74.

U.S Army coastal engeneering research center.
Shore Protection manual.
Department of the Army corps of engeneeres 1977.

Van Wijngaarden, A., W.L Scheen, Table of Fresnel Integrals, Report R 49, Computation dept., Mathematical center, Amsterdam, 1949.

Wiegel, R.L., Diffraction of Waves by Semi-infinite. Breakwater, J.HYD.DIV, proc. Asce., 88, H41 (Jan, 1962).

-, Oceanographical engeneering, USA: Prentice Hall Inc. / Englewood cliffs, N.S., 1964.