



Institutionen för vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola

Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology

Datorprogram som hjälpmedel

vid hamnprojektering

av

Lars Nylander

Sammanfattning

Årligen förmedlas genom TV och tidningar bilder av förödelse åstadkommen av vind och vågor. Man får då en bild av den stora mängd energi som transporteras av vågor. Även under normala förhållanden är det av stor vikt att kontrollera och förebygga verkningarna av vågornas rörelse.

Vid exempelvis projektering av hamnanläggningar bör man beräkna vågrörelserna för att kunna göra en optimal utformning av anläggningen både ekonomiskt och tekniskt.

Beräkningar av vågrörelser är tidskrävande, kan dessa beräkningar utföras med datorstöd underlättas projekteringen avsevärt.

Föreliggande rapport är en utvärdering av två av de datorprogram för vågberäkning som finns tillgängliga på Institutionen för Vattenbyggnad vid CTH.

Rapporten innehåller ett avsnitt där teorierna för vågberäkningar behandlas samt ett avsnitt där de aktuella programmen beskrivs inkluderande även en manual för dessa. Slutligen redovisas jämförelser mellan de numeriska resultaten från programmen och analytiska resultat framtagna från Shore Protection Manual.

Utvärderingen ger vid handen att datorresultaten väl stämmer överens med motsvarande analytiska resultat.

En nackdel med nuvarande version av programmen är den bristfälliga kommunikationen med in- och utdatafiler.

Förord

Föreliggande examensarbete är en uppföljning av tidigare utförda examensarbete nr 1984:1 och 1986:1 vilka behandlar datorstöd vid beräkningar av vattenvågor.

Examensarbetet utfördes på initiativ från institutionen för vattenbyggnad vid Chalmers tekniska högskola, där man önskade en jämförelse mellan de datorprogram som finns tillgängliga på institutionen.

Ett stort tack riktas till min handledare Mickey Johansson.

MALMÖ 920601

Lars Nylander

Innehållsförteckning.

Sammanfattning

Förord

| | | |
|------|--|----|
| 1.0 | Inledning. | 1 |
| 2.1 | Verklighet-datormodell. | 2 |
| 2.2 | Vågornas uppkomst och rörelse. | 2 |
| 2.3 | Olika teorier. | 3 |
| 2.4 | Airy's teori- Linjär teori. | 4 |
| 2.5 | Teori av högre ordningen. | 4 |
| 2.6 | Beskrivning av vågor. | 6 |
| 2.7 | Energi i vågor. | 8 |
| 3.0 | Vågfenomen. | 11 |
| 3.1 | Diffraktion. | 12 |
| 3.2 | Diffraktionsteori. | 14 |
| 3.3 | Lösning av diffraktionsproblem. | 18 |
| 3.4 | Lösning av diffraktionsproblem med hjälp av diffraktionsdiagram. | 18 |
| 3.5 | Reflektion. | 19 |
| 3.6 | Refraktion. | 21 |
| 3.7 | Refraktionens inverkan på våghöjden. | 22 |
| 3.8 | Refraktion vid olika djupförhållanden. | 23 |
| 3.9 | Refraktion på grund av andra orsaker. | 23 |
| 4.1 | Allmänt om programmen. | 26 |
| 4.2 | Redsea. | 26 |
| 4.3 | Refrac. | 26 |
| 4.4 | Manual och beskrivning av Redsea. | 27 |
| 4.5 | Hantering av indata. | 27 |
| 4.6 | Beräkningar. | 29 |
| 4.7 | Resultatpresentation. | 30 |
| 4.8 | Refrac. | 31 |
| 4.9 | Indata i Refrac. | 31 |
| 4.10 | Beskrivning av indatafilen till Refrac. | 33 |
| 4.11 | Beräkningar i Refrac. | 34 |
| 4.12 | Resultatpresentation i Refrac. | 34 |
| 5.1 | Datorprogram som hjälpmedel vid diffraktionsberäkningar. | 35 |
| 5.2 | Framtagande av K_d ur diagram. | 35 |
| 5.3 | Framtagande av K_d ur tabell. | 36 |
| 5.4 | Jämförelse mellan tabell och diagram. | 37 |
| 5.5 | Utvärdering. | 38 |
| 5.6 | Testexempel. | 38 |
| 5.7 | Utvärdering av resultat från datorkörningar. | 39 |
| 5.8 | Resultatanalys. | 41 |

| | | |
|-----|---|----|
| 6.1 | Datorprogram som hjälpmedel vid refraktionsberäkningar. | 42 |
| 6.2 | Refraktionskoefficienten K_R . | 42 |
| 6.3 | Lösning av refraktionsproblem. | 44 |
| 6.4 | Utvärdering av datorlösning vid refraktionsproblem. | 48 |
| | Referenser. | 52 |

Bilaga 1 Diffraktionsdiagram enligt Shore protection manual.

Bilaga 2 Tabell C1.

Bilaga 3 Tabell för lösning av diffraktion enligt Silvester.

Bilaga 4 Resultatanalys vid diffraktionsberäkningar.

1.0 Inledning.

Årligen förmedlas genom TV och tidningar bilder av förödelse åstadkommen av vind och vågor, man får då en bild av den otroliga mängd energi som vågorna innehåller.

Även under normala förhållande är det av stor vikt att kontrollera och förebygga verkningarna av vågrörelser.

Vid projektering av hamnanläggningar beräknar man vågrörelser för att kunna göra en optimal utformning av anläggningen, både med hänsyn till direkt inverkan av vågorna som den indirekta i form av erosion.

De undersökningar som erfordras kräver ett omfattande arbete både beräkningsmässigt samt arbete med andra hjälpmedel som tabeller och diagram.

Datorstöd vid projekteringen är då ett mycket tidsbesparande hjälpmedel.

2.1 Verklighet-datormodell.

För att kunna använda datorer som hjälpmedel vid vågberäkningar krävs att vågen kan beskrivas med hjälp av någon matematisk modell. Oftast är dock vågornas utseende komplext och om man undersöker vågmönstret vid olika tillfällen kommer man att finna att samma mönster ej återkommer. Om man däremot ser till vågornas medelvärde beträffande våghöjd, hastighet, period, och dess statistiska fördelning kommer detta att återkomma vid flera tillfällen. I detta arbete förutsättes att de komplexa sjötillståndet kan idealiseras som så kallade regelbundna vågor vilka kan beskrivas av våghöjd, hastighet och period. Regelbundna vågor används i alla datorsimuleringar i föreliggande rapport.

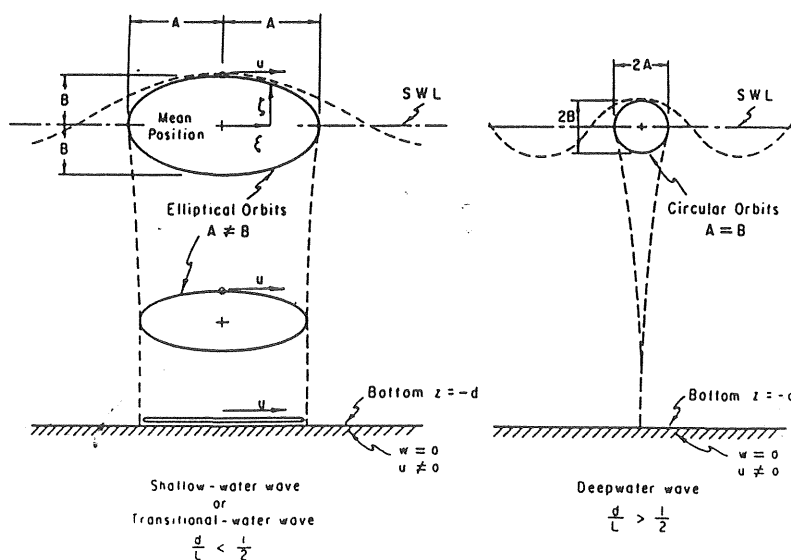
2.2 Vågornas uppkomst och rörelse.

Vågor kan uppkomma på flera olika sätt, till exempel genom vindgenerering, jordbävningar eller tidvattenrörelser.

Genom att studera vattenpartiklarnas rörelse kan man dela in vågor i transporterande eller svängande vågor.

Transporterande vågor förflyttar vattenpartiklarna i vågens utbredningsriktning medan däremot ingen sådan transport sker i svängande vågor.

Svängande vågor kan i sin tur delas in i stående och fortskridande vågor. Vid stående vågor som till exempel uppträder vid fullständig reflektion mot en plan vägg, rör sig bara vågorna upp och ner medan de i en fortskridande våg förflyttar sig i utbredningsriktningen. I gruppen fortskridande vågor kan man finna vindgenererade vågor, vilka är av stort intresse då dessa är en vanlig typ av våg. I en fortskridande våg rör sig partiklarna i cirkelformade eller elliptiska banor utan att förflytta sig i utbredningsriktningen, se figur 1.



Figur 1 Partikelbanor vid olika vattendjup för fortskridande vågor.

Detta förhållande erhålles enligt linjär teori, i verkligheten sker dock en viss transport i vågens rörelseriktning vilket man tar hänsyn till vid teorier av högre ordning.

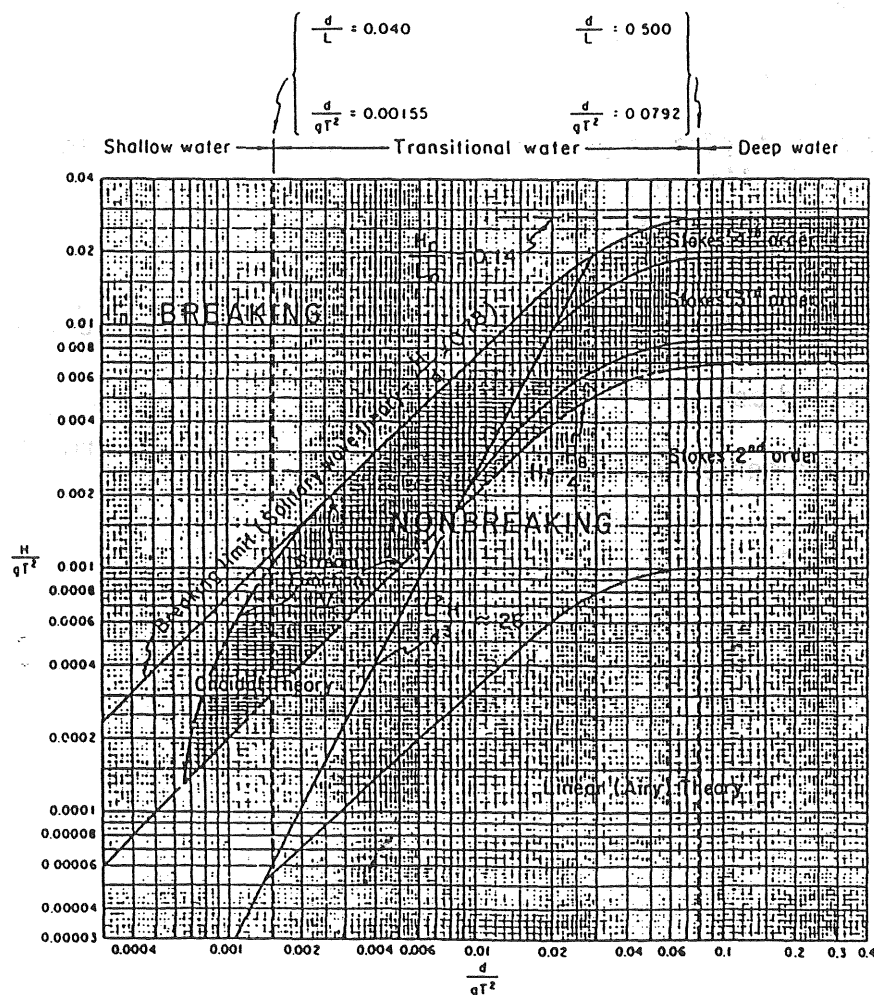
2.3 Olika teorier.

Eftersom varje verkligt vågklimat är unikt, måste man förenkla verkligheten för att kunna beräkna vågornas uppträdande. De antagande man då kan göra är följande

- Vågen är sinusformad och svänger runt medelvattenytan.
- Vågen har en lång vågkamm och utbreder sig längst en rak linje.
- Vattendjupet är konstant eller ändras obetydligt.
- Friktionen mellan vattenpartiklarna försummas.

Då dessa förenklingar är gjorda kan man med oftast acceptabel noggrannhet beskriva vågor med hjälp av serier. I de flesta fall räcker det med att ta hänsyn till första termen i serien det vill säga så kallad linjär teori.

Flera olika teorier har under årens lopp utarbetats för att kunna beskriva en våg och dess rörelse. På grund av vågmönstrets komplexa natur äger varje teori giltighet under begränsade förhållanden.



Figur 2 Giltigheten hos olika teorier, efter Le Mehaute, 1969.

Vågor och vågmönster är alltså svåra att beskriva på grund av att de egentligen är olinjära, tredimensionella samt att randvillkoren varierar. Under 1800-talet utarbetades två teorier dels av Airy och dels av Stoke. Trots sin ålder används dessa teorier ofta än i dag, nyare teorier har utvecklats främst användbara för grunt vatten.

2.4 Airys teori - linjär teori.

Airys teori är den mest elementära teorin, den benämns även liten amplitud teori eller linjär teori. Airys teori är viktig inte bara för att den är enkel utan även för att den stämmer väl överens på många vågförhållanden. Matematiskt är Airys teori den första termen i en serie som beskriver en våg, se Stokes teori nedan.

Under förutsättning att vågen är sinusformad med liten vågamplitud, antar man att det existerar en funktion $\phi(x,z,t)$ denna funktion benämns hastighetspotential, funktionen definierar de vertikala och horisontella partikellhastigheterna. Genom att använda hastighetspotentialen i kontinuitetsekvationen för en inkompresibel vätska erhålles Laplaces differentialekvation. Ur denna kan ϕ lösas med utnyttjande av erforderliga randvillkor vid botten och vattenytan. De så kallade liten amplitud formlerna kan därefter härledas.

2.5 Teorier av högre ordning.

Det är inte alltid korrekt att göra de generella antaganden om sinusform som görs vid den linjära teorin. Man är då tvungen att använda teorier som ger en bättre överensstämmelse mellan teori och verklighet.

En serieansats för vågprofilen kan tecknas som

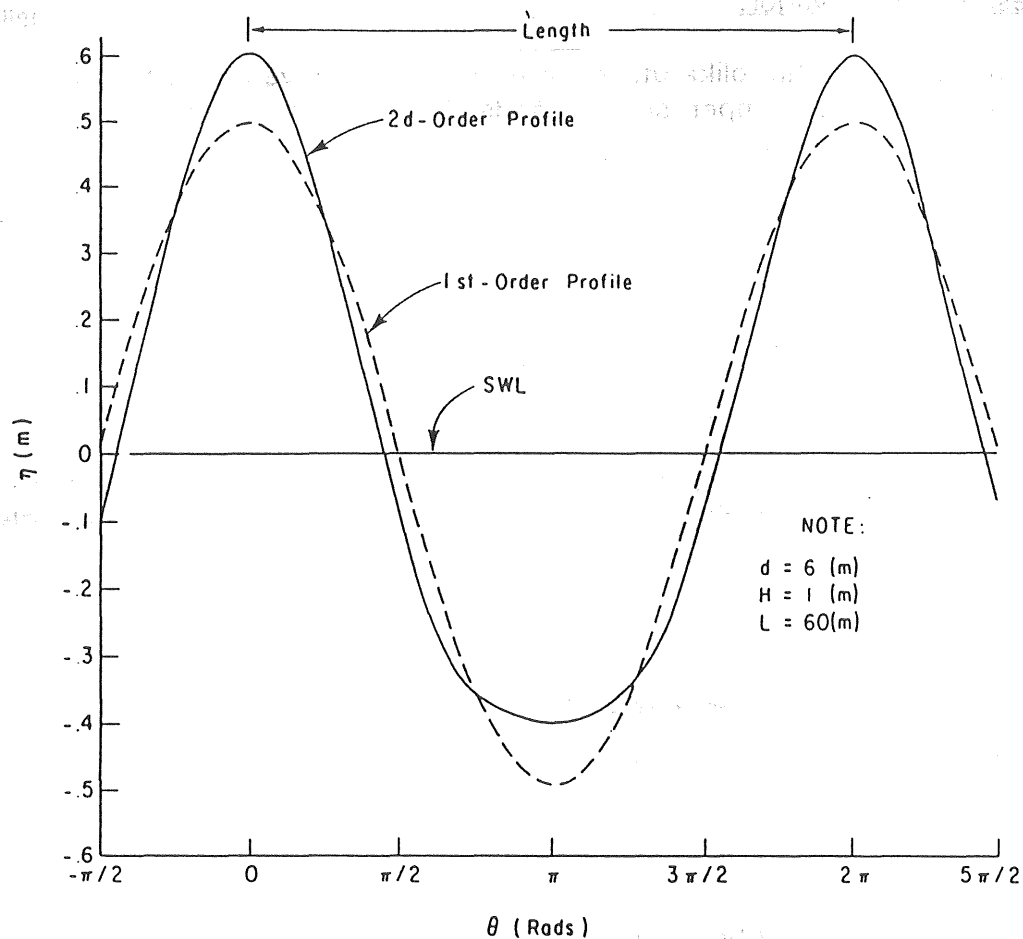
$$\eta = a \cos(\theta) + a^2 B_2(L,d) \cos(2\theta) + \dots + a^n B_n(L,d) \cos(n\theta) \quad \text{Formel 2.1}$$

där B är en funktion av d och L

$$a = \frac{H}{2} \quad \text{för första och andra ordningens teorier medan}$$

$$a < \frac{H}{2} \quad \text{för teorier av högre ordningen}$$

Den som utvecklade detta till sin nuvarande form var Stoke. Stokes teori av första ordningen överensstämmer med Airys teori.



Figur 3 Vågprofilen vid linjär respektive Stokes teori av andra ordningen.

I figur 3 visas skillnaden i vågprofil mellan linjär teori och Stokes teori av andra ordningen.

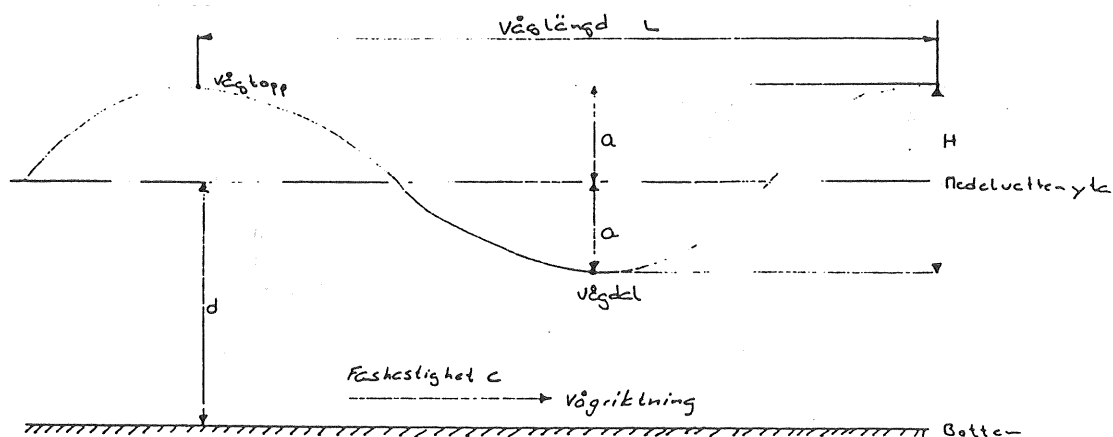
När vattendjupet underskrider ungefär $d/L = 0,1$ är inte Stokes teori giltig utan då stämmer Cnodial vågteori bättre. Enligt denna teori beskrivs vågprofilen bäst med hjälp av Jacobis elliptiska cosinusfunktion betecknad cn .

Ivagaki har utvecklat och förenklat den cnodiala teorin, förenklingen kallas hyperboliskteori.

Ett specialfall av den cnodiala teorin får man då man har en vågform som helt ligger ovanför lugnvattenytan samt utbreder sig med konstant hastighet, den teori som då används benämns Solitär vågteori.

2.6 Beskrivning av vågor.

Även om vågformen har olika utseende eller om man använder sig av olika teorier är några av begreppen som används för att beskriva en våg gemensamma se figur 4.



Figur 4 Beteckningar vid beskrivning av vågor.

- Den hastighet med vilken en våg utbreder sig kallas fashastighet C .
- Den tid det tar för två succesiva vågtoppar att passera en given punkt kallas period. Tiden för en period betecknas med T .
- Avståndet mellan motsvarande punkter på två succesiva vågor kallas våglängd L .
- Avståndet mellan en vågtopp och föregående vågdal kallas våghöjd H .

Fashastigheten = Våglängden / Perioden alltså $C = L/T$

Man kan även teckna C som en funktion av våglängden och vattendjupet, för linjär vågteori gäller formel 2.2

$$C = \sqrt{\frac{gL}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L}}$$

Formel 2.2

som också kan skrivas som

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L}$$

Formel 2.3

Eller som formel 2.4

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L}$$

Formel 2.4

Uttrycken

$$k = \frac{2\pi}{L}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

benämns vågtal respektive vinkelfrekvens.

Lösningen av formel 2.4 ger upphov till problem då den okända variabeln L finns på båda sidor i ekvationen, en approximativ lösning till ekvationen är

$$L \approx \frac{gT^2}{2\pi} \sqrt{\tanh \frac{4\pi^2 d}{gT^2}}$$

Formel 2.5

Denna lösning ger upphov till maximalt 5 % fel, felet har sitt maximum vid

$$\frac{2\pi d}{L} \approx 1$$

Ett alternativ istället för att beräkna L är att använda sig av Tabell C1 i bilaga 2.

Om man närmare studerar uttrycket

$$\tanh \frac{2\pi d}{L}$$

finner man att för

$$\frac{d}{L} > 0,5 \quad \text{är} \quad \tanh \frac{2\pi d}{L} \approx 1$$

$$\frac{d}{L} < 0,04 \quad \text{är} \quad \tanh \frac{2\pi d}{L} \approx \frac{2\pi d}{L}$$

Man kan med avseende på detta göra följande indelning

Djupt vatten

$$\frac{d}{L} > 0,5$$

Övergångsområde

$$0,04 < \frac{d}{L} < 0,5$$

Grunt vatten

$$\frac{d}{L} < 0,04$$

Vid djupt vatten kommer således vattendjupet inte att ha någon inverkan på vågens hastighet eller dess våglängd

2.7 Energi i vågor.

Energien i en våg kan delas upp i kinetisk E_k och potentiell energi E_p . Den kinetiska energin är ett resultat av vattenpartiklarnas rörelse som uppträder i en våg. Den potentiella energin fås till följd av vattenytans läge i förhållande till lugnvattenytan.

Under förutsättning att E_p relateras till lugnvattenytan och att alla vågor fortplantar sig i samma riktning gäller enligt linjär vågteori att den potentiella och kinetiska energin är lika.

$$E_k = E_p$$

Integration av energin över en våglängd ger att

$$E_k = \frac{\rho g H^2 L}{16}$$

Formel 2.6

$$E_p = \frac{\rho g H^2 L}{16}$$

Formel 2.7

den totala energin blir då

$$E = E_k + E_p = 2 \times \frac{\rho g H^2 L}{16}$$

Formel 2.8

Energins medelvärde per ytenhet även benämnd specifik energi eller energidensitet blir då

$$\bar{E} = \frac{E}{L} = \frac{\rho g H^2}{8}$$

Formel 2.9

Energien som transporteras i vågriktningen erhålles genom integration av produkten *tryck · hastighet · yta* över hela vattendjupet i ett plan vinkelrätt mot vågriktningen. Medelvärde av energitransporten under en vågperiod (medleffekten) P blir då

$$P = \bar{E}nC = \bar{E}Cg \tag{Formel 2.10}$$

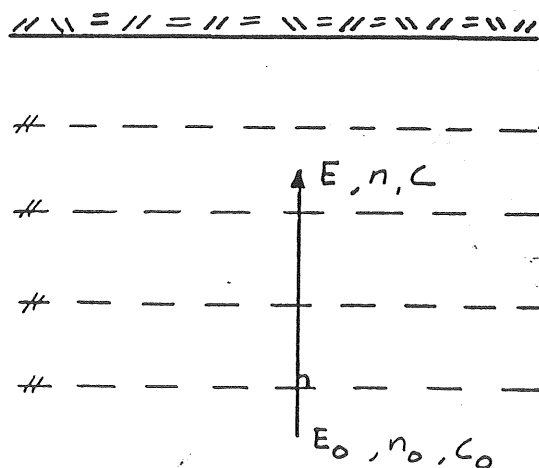
där

$$n = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{\frac{4\pi d}{L}}{\sinh\left(\frac{4\pi d}{L}\right)} \right] \tag{Formel 2.11}$$

och

$$nC = C_g \tag{Formel 2.12}$$

C_g är den hastighet med vilken fronten hos en grupp vågor fortplantar sig och kallas därför gruppshastighet. Ekvationen 2.10 visar att energin inte transporteras med fashastigheten C utan med gruppshastigheten. Ekvationen visar också att på djupt vatten transporteras energin med halva fashastigheten. Om man tänker sig en våg som rullar in över ett område med sluttande botten vars nivålinjer är parallella och vinkelräta mot vågens utbredningsriktning samt att man försummar vattnets inre friktion och bottenfriktionen blir den av vågen fortplantade effekten oförändrad under vågens rörelse från djupt till grunt vatten.



Figur 5 Beteckningar vilka används i matematiska beskrivningar av vågornas energiinnehåll.

$$\bar{E}_0 C_{g0} = \bar{E} C_g$$

Formel 2.13

$$\bar{E}_0 C_{g0} n_0 = \bar{E} C_g n$$

Formel 2.14

I avsnitt 2.7 beskrivs sambanden mellan hastighet, vattendjup och våglängd. Med hjälp av formel 2.3 och 2.4 kan man ställa upp följande samband.

$$\frac{L}{L_0} = \tanh \frac{2\pi d}{L}$$

Formel 2.15

$$\frac{C}{C_0} = \tanh \frac{2\pi d}{L}$$

Formel 2.16

Enligt formel 2.15 och 2.16 gäller att

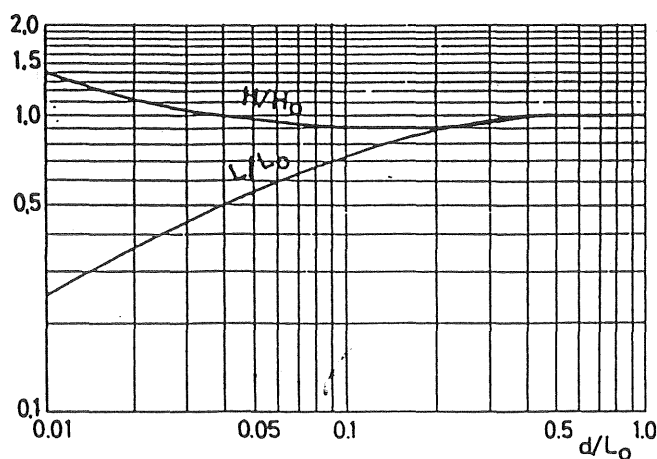
$$\frac{C}{C_0} = \frac{L}{L_0} = \tanh \frac{2\pi d}{L}$$

Formel 2.17

Vidare gäller att man genom att utnyttja ovanstående samband erhåller kvoten mellan H och H₀.

$$\frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{n_0 C_0}{n C}} = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{n L}} = \frac{\sqrt{2} \cosh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}{\sinh\left(\frac{2\pi d}{L} + \frac{4\pi d}{L}\right)}$$

Formel 2.18



Figur 6 H/H₀ och L/L₀ som funktion av relativa vattendjupet d/L₀.

3.0 Vågfenomen.

I föregående avsnitt redovisades vågornas energiinnehåll. För att kunna utforma hamnkonstruktioner så att man bäst reducerar de oönskade effekterna av vågornas energi är det av stor vikt att man studerar vågrörelserna. Som exempel kan nämnas att en felaktig konstruktion kan leda till att hamnbassängen sedimenterar igen och blir oanvändbar.

Vid studier av vågor och vågrörelser är det framförallt av intresse att beräkna följande fyra fenomen.

-Diffraktion

Diffraktion är den vågförändring som sker då en våg passerar någon form av hinder till exempel en vågbrytare eller en ö.

-Reflektion

Reflektion kan uppstå vid till exempel en vågbrytare eller kaj.

-Refraktion

Refraktion uppkommer då en våg fortplantas in mot grunt vatten med en sned infallsvinkel.

-Vågbrott

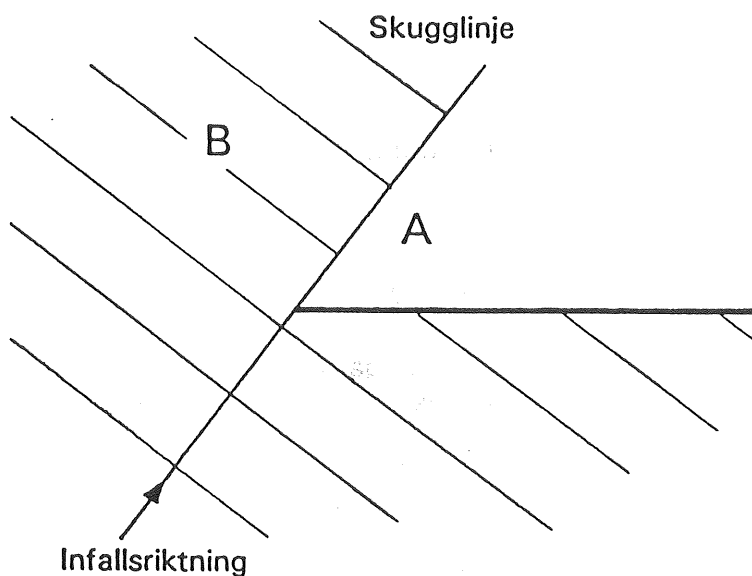
Vågbrott uppstår då en våg transporteras mot allt grundare vatten.

Dessa fenomen leder till våghöjdsförändringar eller ändringar av vågornas utbredningsriktningar. I följande avsnitt beskrivs de olika fenomenen närmare.

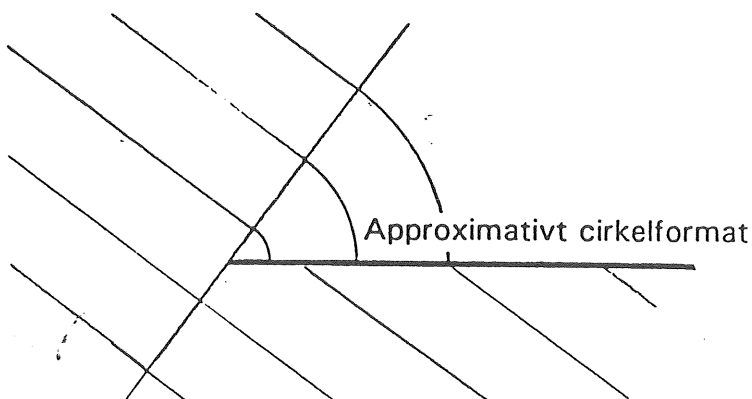
3.1 Diffraction.

Då en våg stöter på någon form av hinder, till exempel en ö, en vågbrytare eller liknande, kommer en del av vågen som infaller mot hindret antingen att reflekteras, att absorberas eller en kombination av dessa. Enligt figur 7 kommer då område A att ligga i skuggan bakom hindret medan vågorna i område B passerar i de närmaste helt opåverkade. Gränslinjen mellan områdena A och B kallas skugglinjen.

Energien i de vågor som passerar vågbrytaren kommer efter passagen att fördelas in i område A, vilket kommer att ge upphov till ett approximativt cirkelformat mönster bakom vågbrytaren enligt figur 8. Omfördelningen av energin från område B mot område A kommer även att resultera i en förändring av våghöjden i område B på grund av minskat energinnehåll. Våghöjden varierar längst vågkammen på så sätt att den är lägst vid vågbrytaren.

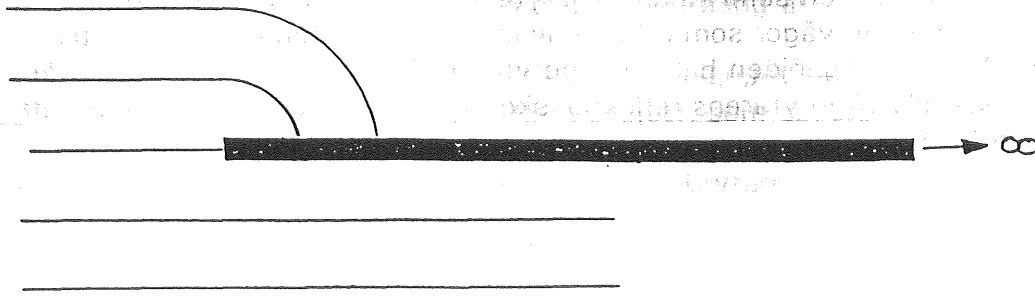


Figur 7 Teoretiskt utseende på vågmönstret utan hänsyn till diffraction.

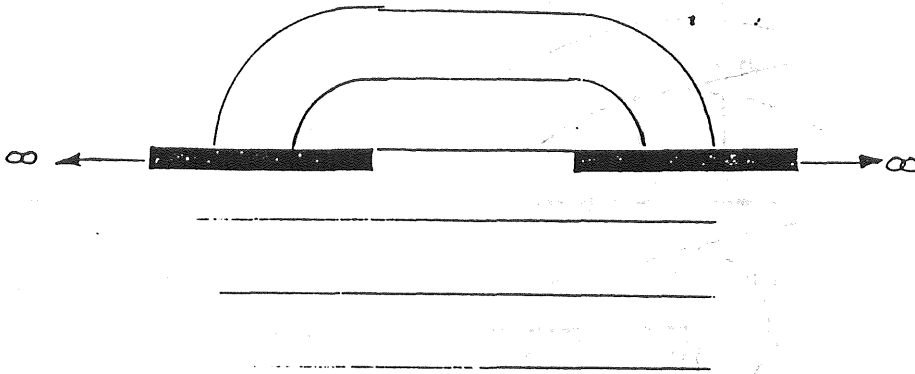


Figur 8 Energiutbredningen ger upphov till ett cirkelformat mönster.

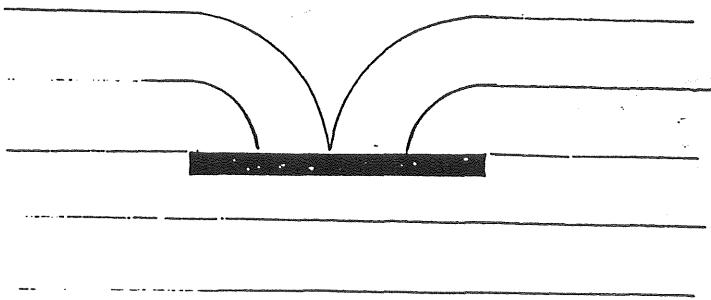
Teoretiskt och även praktiskt talar man om tre typer av vågbrytare figur 9-11



Figur 9 Semi-infinit vågbrytare.



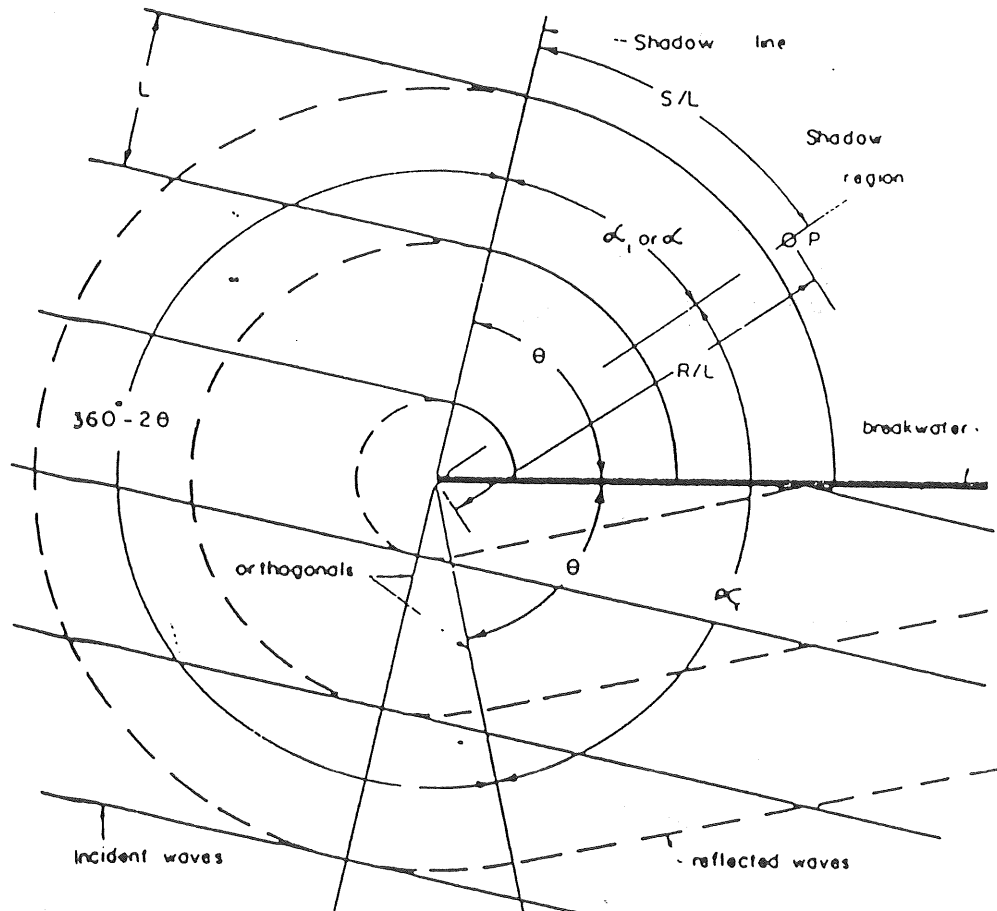
Figur 10 Vågbrytar gap.



Figur 11 Offshore vågbrytare.

3.2 Diffractionsteori.

Principen för diffraction vid en semi-infinit vågbrytare visas i figur 12. Ur figuren kan man utläsa att även de vågor som reflekteras mot vågbrytaren ger upphov till diffraction som påverkar våghöjden bakom vågbrytaren. Detta får till följd att det är av intresse att fastställa vågbrytarens reflektionskoefficient vilket vidare kommer att behandlas i kapitel 3.5.

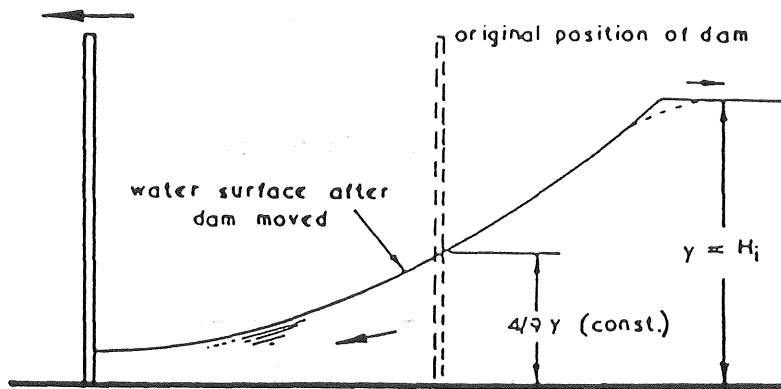


Figur 12 Begrepp vid en semi-infinit vågbrytare

I figur 12 beskrivs vågmönstret i område A som cirkelformat, detta är dock ej sant utan mönstret påverkas bland annat av våghöjd och våghastighet. Dessa orsaker kan man dock bortse ifrån då dess påverkan på mönstret är små. En tredje orsak kan härledas till den lilla fasdifferens som finns mellan inkommande och den våg som passerar vågbrytaren och utvecklar diffraction, fasdifferensen uppkommer på grund av det sätt med vilken energin sprids längst vågkammen.

Man har funnit att teorin som används vid optisk diffraktion utvecklad av Sommerfeld är användbar även vid vågdiffraktion. Det är dock svårt att åskådliggöra den mekanism som styr våghöjdsförändringen längst vågkammen. Det som närmast kan jämföras med denna energiutbredning är det som sker med vattenmassorna i en damm då denna kollapsar.

Figur 13 visar att vid dammens placering är vattendjupet $4/9$ av det ursprungliga djupet, vilket nästan motsvarar den $1/2$ våghöjden som uppstår vid skugglinjen. Det är då naturligt att antaga att vattnet strömmar in i skuggzonen men detta stämmer bara för den första $1/5$ av våglängden bakom vågbrytarens spets i övrigt kan man ej upptäcka någon vattentransport.



Figur 13 Vattenströmningen vid en kollapsande damm.

En fjärde anledning till att mönstret avviker från cirkelformen är att om vågbrytarens bredd är försumbar i förhållande till våglängden kommer den reflekterade vågen som också utvecklar diffraktion att vara i fas med vågen som passerar vågbrytaren enligt figur 12.

Sommerfelds lösning på optisk diffraktion tillämpad av Penny och Price (1952) resulterar i följande ekvation.

$$F(R_1, \alpha) = f(u_1) * \exp(-iKR \cos \alpha_i) + f(u_2) * \exp(-iKR \cos \alpha_r) \quad \text{Formel 3.1}$$

α_i och α_r enligt figur 12.

$$u_1 = -\sqrt{8 \frac{R}{L} * \sin\left(\frac{\alpha_i}{2}\right)}$$

$$u_2 = -\sqrt{8 \frac{R}{L} * \sin\left(\frac{\alpha_r}{2}\right)}$$

Diffraktionskoefficienten K har det numeriska värdet

$$K = |F(R, \alpha)|$$

Den andra termen i högerledet i ekvation 3.1 kan skrivas:

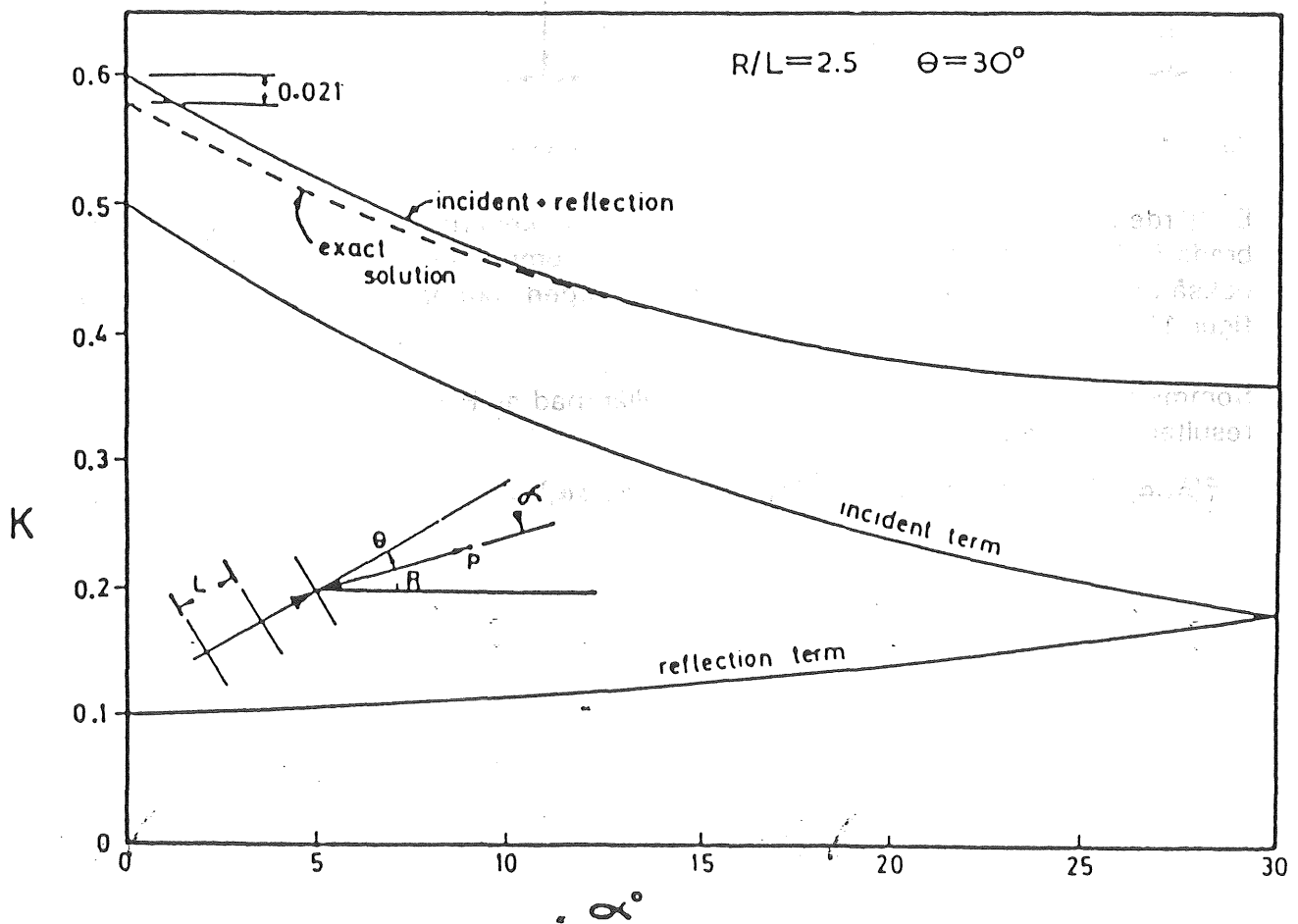
$$f(u_2) * \exp(-KR \cos(360^\circ - \alpha_r))$$

och representerar det tillskott till diffraktion som sker på grund av den reflekterade vågen.

Den första termen representerar den våghöjdsförändring som sker på grund av den inkommande vågen. Således kan man skriva

$$K = f(u) * \exp(-iKR \cos \alpha) = \text{inkommande} + \text{reflekterad}$$

Figur 14 visar exempel på de tillskotten. I tabell 1 ger man diffraktionskoefficient för inkommande och reflekterande vågor.



Figur 14 Uppdelning av diffraktionskoefficienten i tillskotten från reflekterad och inkommande våg.

Tabell 1 Uppdelning av diffraktionskoefficienten i tillskotten från reflekterad och inkommande våg.

Diffraction coefficient for incident wave (α_1) and reflected wave ($360^\circ - 2\theta + \alpha_1$)¹

| α° | R/L | | $K \times 1000$ | | | | | | | |
|----------------|-------|-----|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 15 | 20 |
| 0 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| 2 | 476 | 466 | 459 | 453 | 448 | 443 | 435 | 428 | 413 | 402 |
| 4 | 453 | 435 | 422 | 411 | 402 | 393 | 379 | 367 | 344 | 325 |
| 6 | 431 | 406 | 388 | 373 | 361 | 350 | 332 | 317 | 288 | 266 |
| 8 | 411 | 379 | 357 | 340 | 325 | 313 | 292 | 275 | 244 | 222 |
| 10 | 392 | 355 | 329 | 310 | 294 | 280 | 258 | 241 | 210 | 188 |
| 12 | 373 | 332 | 304 | 283 | 267 | 253 | 230 | 213 | 182 | 162 |
| 14 | 356 | 311 | 282 | 260 | 243 | 229 | 207 | 190 | 161 | 141 |
| 16 | 340 | 292 | 262 | 240 | 222 | 208 | 187 | 170 | 143 | 125 |
| 18 | 325 | 275 | 244 | 221 | 204 | 191 | 170 | 154 | 128 | 112 |
| 20 | 310 | 259 | 228 | 205 | 189 | 175 | 155 | 140 | 116 | 101 |
| 25 | 278 | 225 | 194 | 173 | 157 | 145 | 127 | 115 | 94 | 82 |
| 30 | 251 | 197 | 168 | 148 | 134 | 123 | 107 | 96 | 79 | 69 |
| 35 | 228 | 175 | 147 | 129 | 116 | 107 | 93 | 83 | 68 | 59 |
| 40 | 208 | 157 | 131 | 115 | 103 | 94 | 82 | 73 | 60 | 52 |
| 45 | 191 | 142 | 118 | 103 | 92 | 84 | 73 | 66 | 54 | 46 |
| 50 | 176 | 130 | 107 | 93 | 84 | 77 | 66 | 59 | 49 | 42 |
| 55 | 164 | 120 | 99 | 86 | 77 | 70 | 61 | 54 | 44 | 39 |
| 60 | 153 | 111 | 91 | 79 | 71 | 65 | 56 | 50 | 41 | 36 |
| 65 | 143 | 104 | 85 | 74 | 66 | 60 | 52 | 47 | 38 | 33 |
| 70 | 135 | 97 | 80 | 69 | 62 | 57 | 49 | 44 | 36 | 31 |
| 75 | 128 | 92 | 75 | 65 | 58 | 53 | 46 | 41 | 34 | 29 |
| 80 | 122 | 87 | 71 | 62 | 55 | 51 | 44 | 39 | 32 | 28 |
| 85 | 116 | 83 | 68 | 59 | 53 | 48 | 42 | 37 | 30 | 26 |
| 90 | 111 | 79 | 65 | 56 | 50 | 46 | 40 | 36 | 29 | 25 |
| 95 | 107 | 76 | 62 | 54 | 48 | 44 | 38 | 34 | 28 | 24 |
| 100 | 103 | 73 | 60 | 52 | 46 | 42 | 37 | 33 | 27 | 23 |
| 105 | 99 | 71 | 58 | 50 | 45 | 41 | 35 | 32 | 26 | 22 |
| 110 | 96 | 69 | 56 | 49 | 43 | 40 | 34 | 31 | 25 | 22 |
| 115 | 94 | 67 | 54 | 47 | 42 | 39 | 33 | 30 | 24 | 21 |
| 120 | 91 | 65 | 53 | 46 | 41 | 38 | 32 | 29 | 24 | 21 |
| 125 | 89 | 63 | 52 | 45 | 40 | 37 | 32 | 28 | 23 | 20 |
| 130 | 87 | 62 | 51 | 44 | 39 | 36 | 31 | 28 | 23 | 20 |
| 135 | 86 | 61 | 50 | 43 | 39 | 35 | 30 | 27 | 22 | 19 |
| 140 | 84 | 60 | 49 | 42 | 38 | 35 | 30 | 27 | 22 | 19 |
| 145 | 83 | 59 | 48 | 42 | 37 | 34 | 29 | 26 | 22 | 19 |
| 150 | 82 | 58 | 48 | 41 | 37 | 34 | 29 | 26 | 21 | 18 |
| 160 | 80 | 57 | 47 | 40 | 36 | 33 | 29 | 26 | 21 | 18 |
| 170 | 80 | 56 | 46 | 40 | 36 | 33 | 28 | 25 | 21 | 18 |
| 180 | 79 | 56 | 46 | 40 | 36 | 32 | 28 | 25 | 21 | 18 |

¹ For $\theta < 60^\circ$ and $R/L < 3$, add 0.1 to K .

3.3 Lösning av diffraktionsproblem.

Vid praktiska beräkningar av diffraktion använder man hjälpmedel i form av tabeller och diagram. Med dess hjälp får man fram den så kallade diffraktionskoefficienten K_d på olika platser bakom vågbrytaren.

$$K_d = \frac{\text{Våghöjden på en viss punkt bakom vågbrytaren}}{\text{Inkommande vågs höjd}}$$

Diffraktionsdiagram finns framtagna för olika infallsvinklar och för de i föregående kapitel redovisade typerna av vågbrytare, se bilaga 1.

3.4 Lösning av diffraktionsproblem med hjälp av diffraktionsdiagram.

I Shore protection manual finns diffraktionsdiagram för olika typer av vågbrytare och för olika infallsvinklar. De antaganden som är gjorda vid framtagandet av dessa diagram är

- Vattnet är friktionsfritt och inkompressibelt.
- Linjär vågteori med liten amplitud gäller.
- Vattendjupet bakom vågbrytaren är konstant.
- Flödet kan beskrivas med en funktion vilken satisfierar Laplace's ekvation.

Vidare är diagrammen framtagna för vågbrytaren där reflektionskoefficienten är 0 det vill säga att vågen absorberas helt.

Diffraktionsdiagrammen ger diffraktionskoefficienten på olika ställen bakom vågbrytaren för olika infallsvinklar. Det är nödvändigt att ta fram våglängden för de vattendjup som finns vid vågbrytarens spets, detta görs genom att använda formel 3.2 eller någon av de formler härledda ur denna. Alternativt kan man använda tabell C1 se bilaga 2.

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

Formel 3.2

3.5 Reflektion.

Reflektion av vattenvågor sker enligt samma principer som vid reflektion av ljud- och ljusvågor. Reflektionen beror på vågens infallsvinkel samt branthet och beskaffenhet på den yta mot vilken vågen infaller.

En våg som infaller mot en yta kan reflekteras, absorberas och transmitteras beroende på ytans egenskaper. Som ett mått på reflektion används reflektionskoefficienten K_r .

$$K_r = \frac{\text{Reflekterad våghöjd}}{\text{Infallande våghöjd}} = \frac{H_r}{H_i}$$

På motsvarande sätt fås transmissionskoefficienten K_t .

$$K_t = \frac{\text{Transmitterad våghöjd}}{\text{Infallande våghöjd}} = \frac{H_t}{H_i}$$

Storleken på K_r och K_t varierar enligt följande

$0 \leq K_r \leq 1$ Där 1 är totalreflektion det vill säga att all energi reflekteras.

$0 \leq K_t \leq 1$ Där 1 är fullständig transmission det vill säga all energi passerar genom vågbrytaren.

Vid total reflektion av en våg som kan beskrivas med hjälp av första ordningens teori uppstår en stående våg om vågen infaller vinkelrätt mot vågbrytaren. Den infallande vågprofilen ges av

$$\eta_i = a_i \sin(kx - \omega t)$$

och den reflekterade vågprofilen ges av

$$\eta_r = a_r \sin(-kx - \omega t)$$

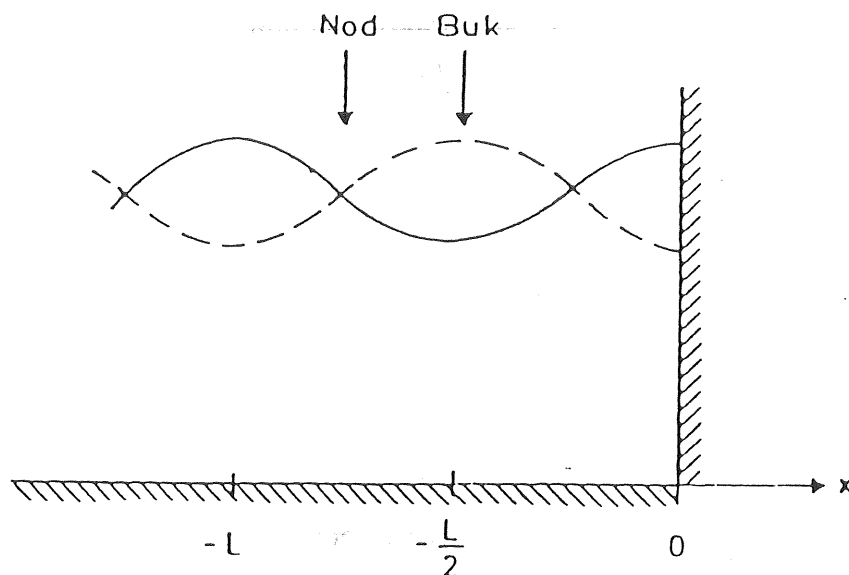
Den stående vågens ekvation är summan av den infallande och reflekterande vågen.

$$\eta = \eta_i + \eta_r = H_i \sin \omega t \cos kx$$

Nodernas läge fås för $\cos kx = 0$

$$x = (2n+1) \cdot L/4 \quad n=1,2,3,4,\dots$$

$$k = 2\pi/L \quad \text{och} \quad \omega = 2\pi/T$$



Figur 15 Stående våg vid fullständig reflektion.

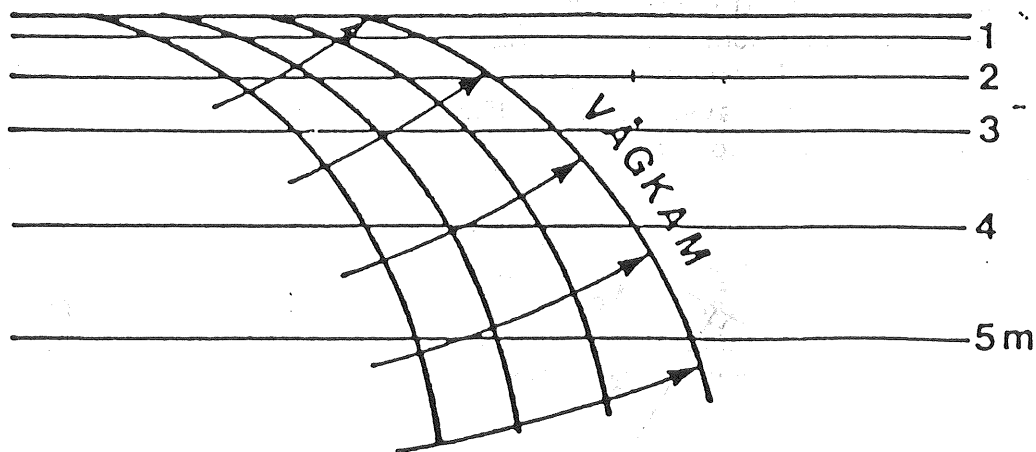
Reflektion är en viktig faktor att ta hänsyn till vid vågberäkningar och hamnkonstruktioner då man vid felaktigt utformade anläggningar kan erhålla oönskade fenomen typ resonans i hamnbassängen. En fullständig beräkning av reflektion är komplicerad att genomföra, då ett stort antal variabler vilka är svåra att bestämma ingår i beräkningarna. För beräkning av reflektion är modellförsök ett viktigt hjälpmedel.

3.6 Refraktion.

Formel 2.2

$$C = \sqrt{\frac{gL}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L}}$$

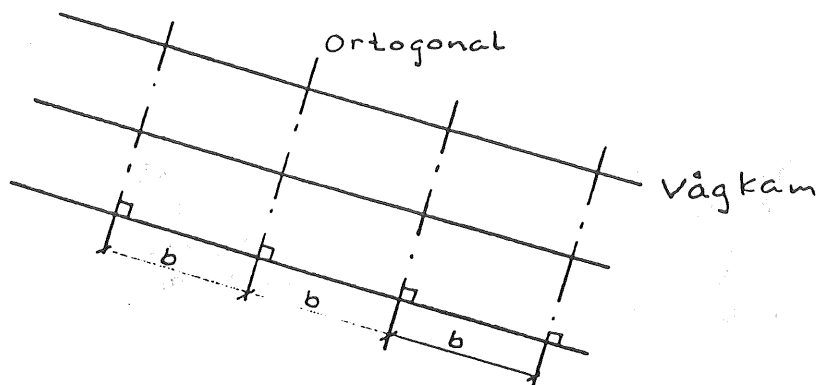
visar att våghastigheten är beroende av vattendjupet d så att om d minskar så minskar även C och L . Detta medför att om en vågfront befinner sig över olika vattendjup kommer vågfronten att utbreda sig med olika hastigheter. Detta i sin tur leder till att vågfronten kommer att böja av och sträva efter att bli parallell med bottenkonturen. Denna egenskap kallas refraktion, se figur 16.



Figur 16 Refraktion vid parallella nivålinjer.

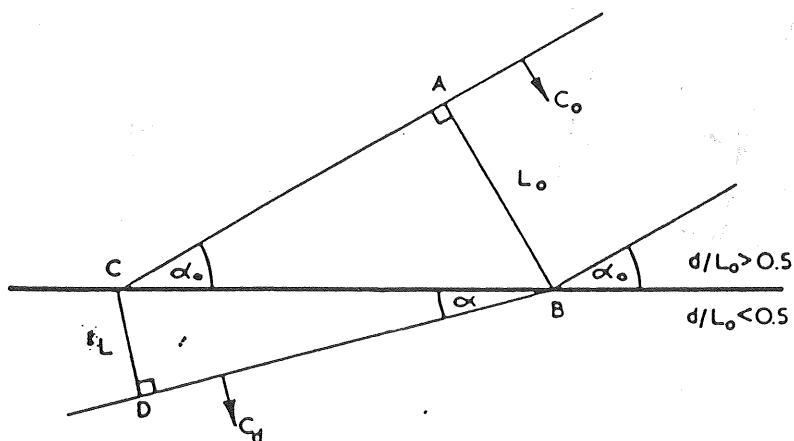
3.7 Refraktionens inverkan på våghöjden.

Eftersom man gör antagandet att ingen energitransport sker längst vågkammen kan en våg delas in i mot vågkammen vinkelräta linjer så kallade ortogonaler.



Figur 17 Indelning av en vågkam i ortogonaler.

Mellan dessa ortogonaler antages att energitransporten är konstant. På grund av refraktionsfenomenet som uppträder enligt figur 16 kommer avståndet mellan ortogonalerna att variera. Eftersom energitransporten är konstant kommer våghöjden variera, så att ett ökande avstånd ger en lägre våghöjd och ett minskande avstånd ger en ökande våghöjd.



Figur 18 Ortogonalernas vinkeländring .

Man kan genom att studera figur 18 ställa upp formlerna 3.3 och 3.4 för ortogonalernas vinkeländring.

$$\frac{\sin \alpha_0}{\sin \alpha} = \frac{L_0}{L} = \frac{C_0}{C}$$

Formel 3.3

$$\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha} = \frac{b_0}{b}$$

Formel 3.4

3.8 Refraktion vid olika djupförhållande.

En våg som utbreder sig från en annan riktning än vinkelrät mot bottenkonturen kommer att ha sin vågkam över olika vattendjup, detta medför enligt formel 3.5

$$\frac{C_d}{C_0} = \tanh \frac{2\pi d}{L} = \frac{L}{L_0} \quad \text{Formel 3.5}$$

att vågkammen kommer att ha skilda hastigheter. Vågkammen strävar efter att ha samma hastighet vilket leder till att den kommer att böja av.

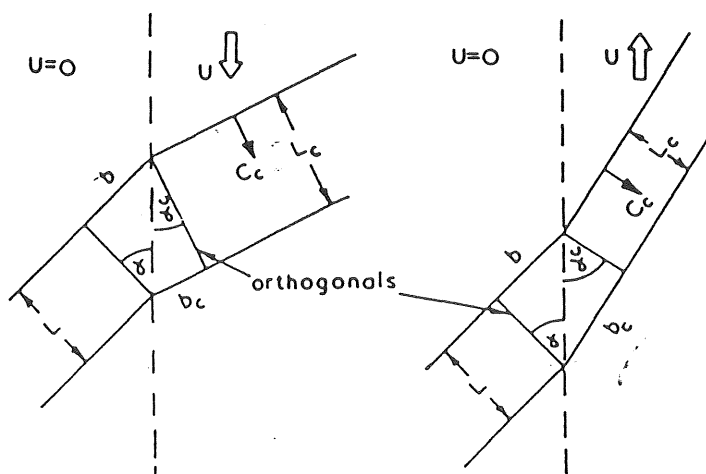
Formeln för våghastigheten kan ställas upp

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha_0} = \frac{L}{L_0} = \frac{C_d}{C_0} = \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad \text{Formel 3.6}$$

3.9 Refraktion på grund av andra orsaker.

Förutom refraktion utvecklad vid skillnader i vattendjupet längst vågkammen, kan refraktion uppträda vid strömmar eller andra förhållande som gör att en del av kammen har högre hastighet än andra delar. Följande avsnitt skall behandla den refraktion som utbildas vid strömmar.

Man antar fortsättningsvis att strömmen är likformig från botten upp till ytan. När en våg skär strömmen kommer dess utbredningshastighet att förändras beroende på skärningsvinkel och strömningsriktning. En förändring av våghastigheten kan som tidigare beskrivits ge upphov till refraktion se figur 19.

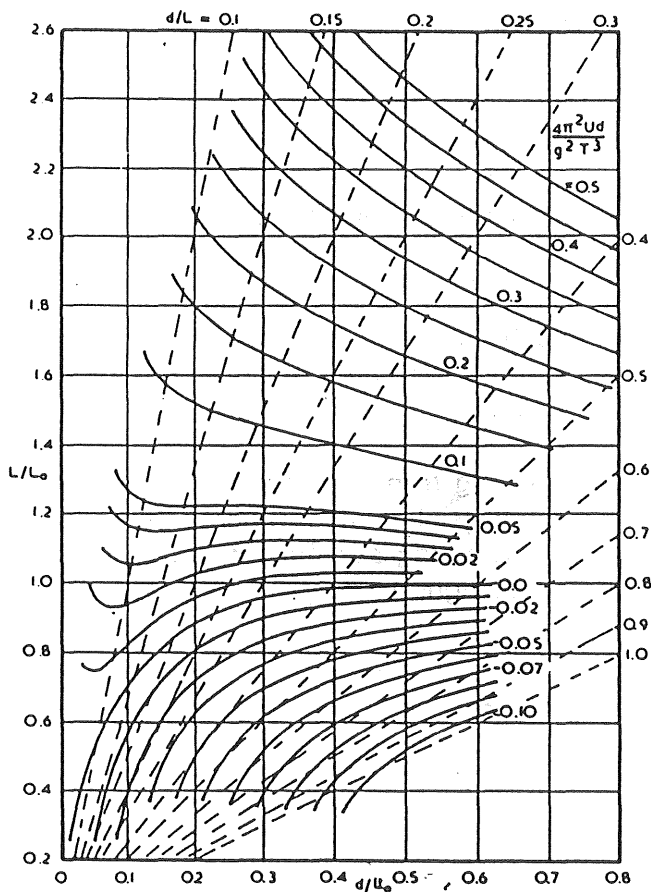


Figur 19 Refraktion på grund av ström.

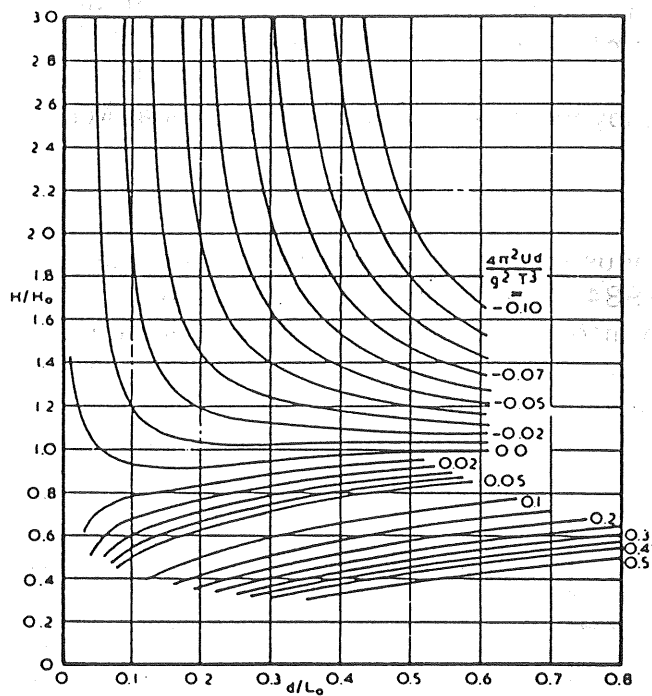
Ur figur 19 kan man ta fram sambandet för våghöjd enligt formel 3.6

$$\frac{H_c}{H} = \left(\frac{b L}{b_c L_c} \right)^{1/2} = \left(\frac{L^2 \tan \alpha}{L_c^2 \tan \alpha_c} \right)^{1/2} \quad \text{Formel 3.7}$$

Genom att använda Stokes teori av andra ordningen har J. W. Johnson tagit fram diagram för våglängden och våghöjdens variation som funktion av strömmens hastighet se figur 20 och 21.



Figur 20 Våglängdens variation på grund av ström.



Figur 21 Våghöjdens variation på grund av ström.

4.1 Allmänt om programmen.

I studien har speciellt intresse ägnats åt de två programmen REDSEA och REFRAC, då båda programmen finns tillgängliga på institutionen för vattenbyggnad vid Chalmers tekniska högskola.

4.2 Redsea.

Detta program är utvecklat av Henry W Worthington och John B Herbich (1970) vid universitetet i Texas USA. Redsea utför beräkningar av refraktion och diffraktionsfenomen. För att utföra dessa beräkningar använder sig programmet av linjär teori samt kommunicerar med användaren via in- och utdatafiler.

Programmet finns på institutionen för Vattenbyggnad för användning på PC-datorer.

4.3 Refrac.

Refrac är utvecklat av Peter Billton och Magnus Bernader i ett examensarbete vid institutionen för Vattenbyggnad vid CTH (1984). Programmet utför analys av refraktion och våghöjdsförhållande, analysen utförs med hjälp av linjär teori. Indata ges via en indatafil och resultatet ges på en utdatafil antingen i form av tabell eller om användaren har tillgång till plotter kan resultatet plottas.

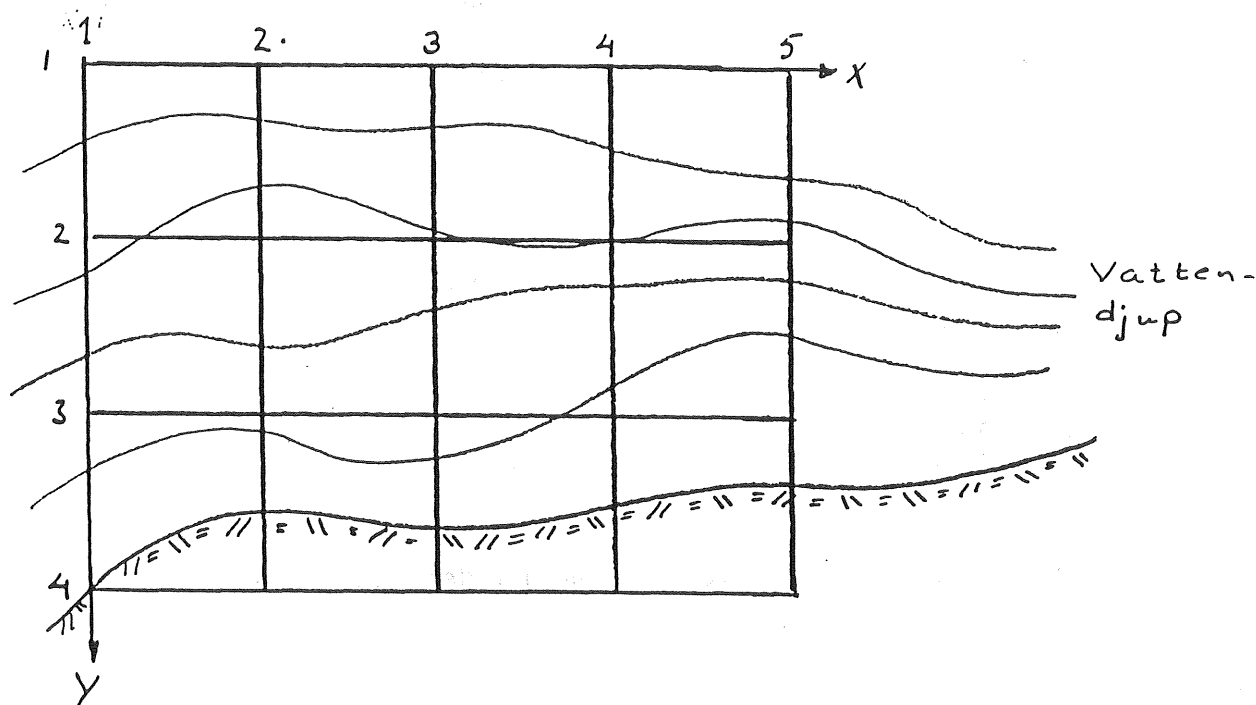
4.4 Manual och beskrivning av Redsea.

Redsea är ett mer komplett program för analys av vågförhållande jämfört med Refrac, programmet har bland annat en funktion för beräkning av diffraktion, uppgrundning och inverkan av bottenfriktion.

4.5 Hantering av indata.

Detta kapitel behandlar hur indata till programmet ska formuleras. Kortfattat kan man beskriva arbetet med indatafilen i följande steg:

steg 1 Ett koordinatsystem som täcker den yta man är intresserad av skapas, se figur 22.



Figur 22 Koordinatsystem vid vågberäkning i REDSEA.

steg 2 Vattendjupet i kvadraternas hörnpunkter anges.

steg 3 En vågbrytare placeras i området. Det krävs att en vågbrytare placeras i koordinatsystemet men denna kan om så önskas placeras i ytterkanten så att den ej påverkar övriga beräkningar

steg 4 Vågens infallsvinkel och vågperiod anges.

steg 5 Beräkningsmässiga begränsningar bestäms.

Nedan beskrivs indatafilen och dess olika variabler.

Rad 1 x, y, n, a .
 x är antalet ortogonaler i x -led.
 y är antalet ortogonaler i y -led.
 n möjlighet finns att för samma bottenförhållande analysera flera vågförhållanden.
 a avstånd mellan ortogonalerna.

Rad 2 tom
 $y + 1$
 $d_{1,1} d_{1,2} d_{1,3} \dots d_{1,y}$
 $d_{2,1} d_{2,2} d_{2,3} \dots d_{2,y}$
 $d_{3,1} d_{3,2} d_{3,3} \dots d_{3,y}$
.
.
 $d_{x,1} d_{x,2} d_{x,3} \dots d_{x,y}$

På dessa rader anges vattendjupet i rutornas hörnpunkter.

Rad $y + 2$ $\alpha_i, T, t_i, x_{start}, y_{start}, V_{x,spets}, V_{y,\&nde}, V_{x,\&nde}, V_{y,\&nde}, K_R, K_F$

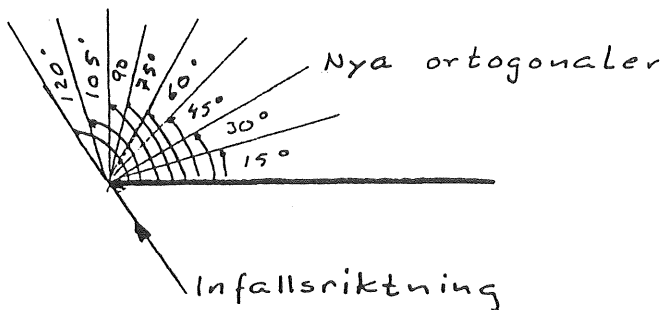
α_i Infallsvinkel i grader.
 T Vågperiod.
 t_i Tidsintervall mellan beräkningar.
 x_{start} Startpunkten för den första ortogonalen.
 y_{start} Startpunkten för den första ortogonalen.
 $V_{x,spets}$ Vågbrytarens spets.
 $V_{y,spets}$ Vågbrytarens spets.
 $V_{x,\&nde}$ Vågbrytarens ände.
 $V_{y,\&nde}$ Vågbrytarens ände.
 K_R Vågbrytarens reflektionskoefficient.
 K_F Bottnens friktionskoefficient.

Om n alltså antal vågförhållanden är större än 1 följer n rader lika Rad $y + 2$.

4.6 Beräkningar.

Programmet ger användaren möjligheten att själv avgöra var vågortogonalerna skall initieras samt hur ofta analyser av vågförhållandet skall göra. Beräkningarna som utförs enligt linjär teori avslutas då ortogonalen lämnar koordinatsystemet, när vågbrytaren eller stöter på land.

Redsea ger användaren även möjligheten att beräkna diffraktionen bakom, till exempel, en vågbrytare. Då vågortogonalen stöter på någon form av hinder (vågbrytare) kommer, efter det att samtliga ortogonaler har beräknats, nya vågortogonaler att initieras vid vågbrytarens spets. Dessa ortogonaler sprids med 15 graders vinkelskillnad bakom vågbrytaren tills dess att man passerar skugglinjen se figur 23.



Figur 23 Initiering av ortogonaler vid vågbrytare.

För samtliga ortogonaler beräknas läget samt våghöjd med det intervall som användaren anger.

4.7 Resultat presentation.

Alla resultat från beräkningarna redovisas i form av en tabell i en utdatafil se figur 24.

| ORTHOGONAL POINT | | TIME | COORDINATES | | DEPTH | REFRACTION | SNOALING | DIFFRACTION | SECTION | HEIGHT | WAVE |
|------------------|--------|-------|-------------|------|------------|------------|----------|-------------|---------|--------|-----------|
| NUMBER | NUMBER | (SEC) | X | Y | (FT) | COEF | COEF | COEF | COEF | COEF | DIRECTION |
| 1 | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 0.00 | 2.0 | 2.0 | ORTHOGONAL | ORIGIN | | | | | |
| 2 | | 2.00 | 2.4 | 2.7 | 16.41 | 1.00 | .92 | 1.00 | 1.00 | .92 | 62.47 |
| 3 | | 4.00 | 2.7 | 3.4 | 13.01 | 1.00 | .93 | .98 | 1.00 | .91 | 64.72 |
| 4 | | 6.00 | 3.0 | 4.0 | 9.97 | 1.00 | .96 | .97 | 1.00 | .93 | 66.54 |
| 5 | | 8.00 | 3.3 | 4.6 | 9.37 | 1.01 | .97 | 1.03 | 1.00 | 1.00 | 67.80 |
| 6 | | 10.00 | 3.5 | 5.2 | 8.79 | 1.01 | .97 | .98 | 1.00 | .96 | 68.60 |
| 7 | | 12.00 | 3.7 | 5.8 | 8.21 | 1.02 | .98 | 1.02 | 1.00 | 1.02 | 69.23 |
| 8 | | 14.00 | 3.9 | 6.3 | 7.66 | 1.02 | .99 | 1.00 | 1.00 | 1.02 | 69.88 |
| 9 | | 16.00 | 4.1 | 6.9 | 7.11 | 1.03 | 1.01 | .98 | 1.00 | 1.01 | 70.54 |
| 10 | | 18.00 | 4.3 | 7.4 | 6.58 | 1.03 | 1.02 | 1.04 | 1.00 | 1.01 | 71.22 |
| 11 | | 20.00 | 4.5 | 7.9 | 6.07 | 1.04 | 1.03 | .97 | 1.00 | 1.04 | 71.92 |
| 12 | | 22.00 | 4.6 | 8.4 | 5.57 | 1.04 | 1.05 | .98 | 1.00 | 1.06 | 72.64 |
| 13 | | 24.00 | 4.8 | 8.9 | 5.10 | 1.04 | 1.06 | 1.04 | 1.00 | 1.15 | 73.35 |
| 14 | | 26.00 | 4.9 | 9.4 | 4.64 | 1.05 | 1.08 | 1.03 | 1.00 | 1.17 | 74.08 |
| 15 | | 28.00 | 5.0 | 9.8 | 4.19 | 1.05 | 1.11 | .98 | 1.00 | 1.14 | 74.83 |
| 16 | | 30.00 | 5.2 | 10.2 | 3.72 | 1.05 | 1.13 | .96 | 1.00 | 1.14 | 75.57 |
| 17 | | 32.00 | 5.3 | 10.6 | 3.27 | 1.05 | 1.16 | .96 | 1.00 | 1.16 | 76.36 |
| 18 | | 34.00 | 5.3 | 11.0 | 2.99 | 1.05 | 1.19 | .95 | 1.00 | 1.19 | 77.15 |
| 19 | | 36.00 | 5.4 | 11.4 | 2.62 | 1.05 | 1.22 | .97 | 1.00 | 1.25 | 77.96 |
| 20 | | 38.00 | 5.5 | 11.7 | 2.29 | 1.06 | 1.25 | 1.01 | 1.00 | 1.34 | 78.78 |
| 21 | | 40.00 | 5.6 | 12.0 | 1.97 | 1.06 | 1.30 | 1.04 | 1.00 | 1.43 | 79.59 |
| 22 | | 42.00 | 5.6 | 12.3 | 1.62 | 1.06 | 1.34 | .97 | 1.00 | 1.58 | 80.40 |
| 23 | | 44.00 | 5.7 | 12.5 | 1.40 | 1.06 | 1.39 | 1.01 | 1.00 | 1.58 | 81.21 |
| 24 | | 46.00 | 5.7 | 12.8 | 1.16 | 1.06 | 1.46 | .95 | 1.00 | 1.52 | 81.99 |
| 2 | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 0.00 | 3.2 | 2.0 | ORTHOGONAL | ORIGIN | | | | | |
| 2 | | 2.00 | 3.5 | 2.7 | 16.41 | 1.00 | .92 | .98 | 1.00 | .89 | 62.47 |
| 3 | | 4.00 | 3.9 | 3.4 | 13.01 | 1.00 | .93 | .98 | 1.00 | .99 | 64.72 |
| 4 | | 6.00 | 4.2 | 4.0 | 9.97 | 1.00 | .96 | .98 | 1.00 | .94 | 66.54 |
| 5 | | 8.00 | 4.4 | 4.6 | 9.37 | 1.01 | .97 | 1.02 | 1.00 | .99 | 67.80 |
| 6 | | 10.00 | 4.4 | 5.2 | 8.79 | 1.01 | .97 | .98 | 1.00 | .96 | 68.60 |
| 7 | | 12.00 | 4.7 | 5.8 | 8.21 | 1.02 | .98 | 1.03 | 1.00 | 1.03 | 69.23 |
| 8 | | 14.00 | 5.1 | 6.3 | 7.66 | 1.02 | .99 | 1.00 | 1.00 | .99 | 69.88 |
| 9 | | 16.00 | 5.3 | 6.9 | 7.11 | 1.03 | 1.01 | 1.02 | 1.00 | 1.05 | 70.54 |
| 10 | | 18.00 | 5.5 | 7.4 | 6.58 | 1.03 | 1.02 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 71.22 |
| 11 | | 20.00 | 5.6 | 7.9 | 6.07 | 1.04 | 1.03 | .97 | 1.00 | 1.04 | 71.92 |

Figur 24 Exempel på resultatredovisning i REDSEA.

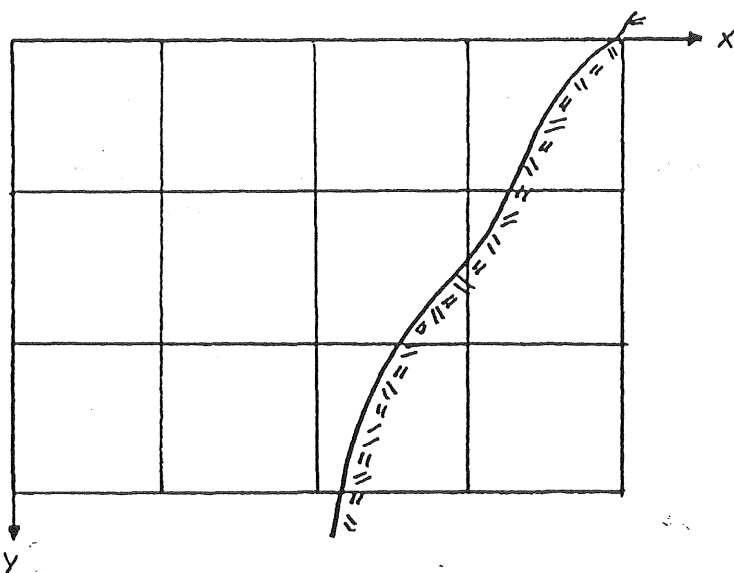
4.8 Refrac.

Refrac utför refraktionsberäkningar enligt linjär teori redovisad i Shore protection manual, samt i kapitel 3.6-3.9. Analyserna omfattar såväl vågortogonalernas riktningförändring som beräkning av våghöjden. I samband med beräkningar av våghöjden kontrolleras också om vågen bryter. Programmet använder sig av in- och utdatafiler. Resultatet ges i utdatafilen antingen som tabellvärden alternativt kan resultatet plottas på en plotter (plottningsrutiner är ej implementerade på PC versionen).

4.9 Indata i Refrac.

Indata till programmet består av data om vattendjup och om vågförhållanden. För att kunna göra beräkningar med hjälp av Refrac krävs att vattendjupet i det aktuella området är känt.

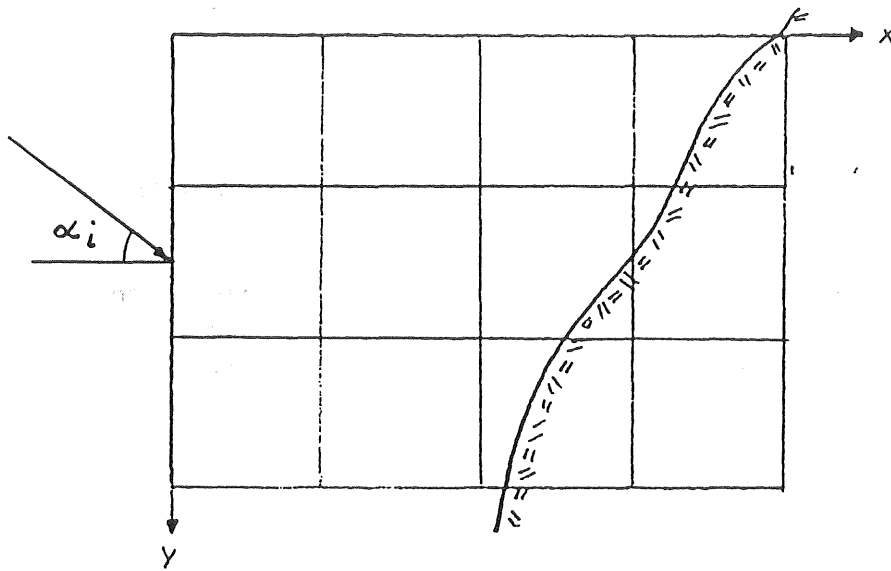
I området läggs ett koordinatsystem in så att man för varje ruta i koordinatsystemet kan ange vattendjupet i rutans mittpunkt. Kravet på koordinatsystemet är att det måste sträcka sig till sådant vattendjup att D/L är större än 0,5. Det vill säga att vi har djupt vatten, se figur 25.



Figur 25 Koordinatsystem för vågberäkning i REFRAC.

Nästa steg är att sammanställa data över vattendjupen i rutornas mittpunkter. Koordinatsystemet är härmed klart. De återstående data som erfordras är en beskrivning av det vågförhållande som skall analyseras. De parametrar som krävs är vågens infallsvinkel, vågperiod samt vågens höjd på djupt vatten (djupvattenvågens höjd).

Infallsvinkel anges enligt figur 26.



Figur 26 Angivande av infallsvinkel.



4.10 Beskrivning av indatafilen till Refrac.

Nedan beskrivs indatafilen och dess olika variabler.

Rad 1 H1,T,ANO,K,L,IX,SCALE

H1 Djupvattenvågens höjd.
 T Vågperiod.
 ANO Infallsvinkel i radianer.
 K Antal rutor i X-led.
 L Antal rutor i Y-led.
 IX Rutornas sidlängd.
 SCALE Plottningsskala (sätts till 1 om enbart tabell önskas).

Rad 2 ANC

ANC Här anges den kritiska vinkeln (grader).

Rad 3 ITYP2L, ITYP2H

ITYP2L
 ITYP2H Kommandon för plottningsrutinerna normalt (1,1).

Härefter följer L st rader med K st värden för vattendjupet i sidornas mittpunkter. Om rutornas sidlängd minskas ökar noggrannheten.

1., 10., 0.250, 18, 11, 50, 1
 145
 20., 15., 14., 13., 12., 11., 10., 9., 8., 7., 6., 5., 4., 3., 2., 1.5, 1.
 20., 15., 14., 13., 12., 11., 10., 9., 8., 7., 6., 5., 4., 3., 2., 1.5, 1.
 20., 15., 14., 13., 12., 11., 10., 9., 8., 7., 6., 5., 4., 3., 2., 1.5, 1.
 20., 15., 14., 13., 12., 11., 10., 9., 8., 7., 6., 5., 4., 3., 2., 1.5, 1.
 20., 15., 14., 13., 12., 11., 10., 9., 8., 7., 6., 5., 4., 3., 2., 1.5, 1.
 20., 15., 14., 13., 12., 11., 10., 9., 8., 7., 6., 5., 4., 3., 2., 1.5, 1.
 20., 15., 14., 13., 12., 11., 10., 9., 8., 7., 6., 5., 4., 3., 2., 1.5, 1.
 20., 15., 14., 13., 12., 11., 10., 9., 8., 7., 6., 5., 4., 3., 2., 1.5, 1.
 20., 15., 14., 13., 12., 11., 10., 9., 8., 7., 6., 5., 4., 3., 2., 1.5, 1.
 20., 15., 14., 13., 12., 11., 10., 9., 8., 7., 6., 5., 4., 3., 2., 1.5, 1.
 20., 15., 14., 13., 12., 11., 10., 9., 8., 7., 6., 5., 4., 3., 2., 1.5, 1.
 20., 15., 14., 13., 12., 11., 10., 9., 8., 7., 6., 5., 4., 3., 2., 1.5, 1.

Figur 27 Exempel på indatafil i REFRAC.

4.11 Beräkningar i Refrac.

Vågortogonalerna initieras mitt på rutornas sidor längst y-axeln. Varje ortogonals väg genom koordinatsystemet beräknas enligt linjär teori. Beräkningarna avslutas då ortogonalen lämnar koordinatsystemet eller stöter på land. Efter att ortogonalernas vägar har analyserats sker beräkningar av våghöjden samt kontroll om vägen bryter.

En utförligare beskrivning av programmet och beräkningsprocedurerna finns i "Manual för Refrac" Examensarbete 1984:1 av Bernader och Bilton .

4.12 Resultatpresentation i Refrac.

Efter att Refrac har analyserat vågförhållandet kan resultatet avläsas på en utdatafil alternativt om det finns tillgång till plotter kan resultatet plottas.

I utdatafilen presenteras resultatet i en tabell med koordinaterna för ortogonalernas väg genom koordinatsystemet och våghöjden längst dessa vägar se figur 28.

| | | | | | |
|----------------|------|-------|------|-------|------|
| TRAJECTORY NO: | 1 | | | | |
| 0.: | 8. | 14.: | 15. | 30.: | 45.: |
| 50.: | 10. | 60.: | 31. | 75.: | 38. |
| 105.: | 47. | 120.: | 51. | 135.: | 54. |
| | | | | 150.: | 56. |
| TRAJECTORY NO: | 2 | | | | |
| 0.: | 23. | 14.: | 30. | 10.: | 37. |
| 50.: | 45. | 60.: | 48. | 75.: | 53. |
| 105.: | 62. | 120.: | 66. | 135.: | 69. |
| | | | | 150.: | 71. |
| TRAJECTORY NO: | 1 | | | | |
| 0.: | 38. | 14.: | 45. | 15.: | 45. |
| 50.: | 60. | 60.: | 63. | 75.: | 68. |
| 105.: | 77. | 120.: | 81. | 135.: | 84. |
| | | | | 150.: | 86. |
| TRAJECTORY NO: | 1 | | | | |
| 0.: | 51. | 14.: | 60. | 15.: | 60. |
| 50.: | 75. | 60.: | 78. | 75.: | 83. |
| 105.: | 92. | 120.: | 96. | 135.: | 99. |
| | | | | 150.: | 101. |
| TRAJECTORY NO: | 5 | | | | |
| 0.: | 68. | 14.: | 75. | 15.: | 75. |
| 50.: | 90. | 60.: | 93. | 75.: | 98. |
| 105.: | 107. | 120.: | 111. | 135.: | 114. |
| | | | | 150.: | 116. |
| TRAJECTORY NO: | 6 | | | | |
| 0.: | 81. | 14.: | 90. | 15.: | 90. |
| 50.: | 105. | 60.: | 108. | 75.: | 113. |
| 105.: | 122. | 120.: | 126. | 135.: | 129. |
| | | | | 150.: | 131. |
| TRAJECTORY NO: | 7 | | | | |
| 0.: | 98. | 14.: | 105. | 15.: | 105. |
| 50.: | 120. | 60.: | 123. | 75.: | 128. |
| 105.: | 137. | 120.: | 141. | 135.: | 144. |
| | | | | 150.: | 146. |
| TRAJECTORY NO: | 9 | | | | |
| 0.: | 113. | 14.: | 120. | 15.: | 120. |
| 50.: | 135. | 60.: | 139. | 75.: | 143. |
| | | | | 90.: | 148. |
| | | | | 98.: | 150. |
| TRAJECTORY NO: | 10 | | | | |
| 0.: | 143. | 14.: | 150. | | |
| TRAJECTORY NO: | 1 | | | | |
| 1.0 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | |
| 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 0.0 | |
| TRAJECTORY NO: | 2 | | | | |
| 1.0 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | |
| 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 0.0 | |
| TRAJECTORY NO: | 4 | | | | |
| 1.0 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | |
| 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 0.0 | |
| TRAJECTORY NO: | 5 | | | | |

Figur 28 Utdatafil i REFRAC.

5.1 Datorprogram som hjälpmedel vid diffraktionsberäkningar.

Programmet Redsea har möjlighet att beräkna diffraktionskoefficienten K_d . För att kontrollera noggrannheten av dessa resultat har en jämförelse utförts mellan K_d från datorberäkningar samt K_d hämtade ur tabeller i bilaga 3 och diagram enligt bilaga 1.

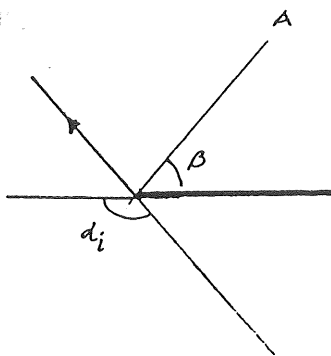
Tabellen i bilaga 3 bygger på beräkningar enligt kapitel 2.1, en studie är utförd som visar att dessa beräkningar stämmer väl överens med värden erhållna vid laboratorieförsök. Endast en differans på maximalt 5 % noterades. Man torde därför kunna dra slutsatsen att dessa tabeller och diagram kan användas för kontroll av datorresultaten.

5.2 Framtagande av K_d ur diagram.

Diagram i bilaga 1 är uppbyggda med hjälp av polära koordinater, det finns ett diagram för varje infallsvinkel.

$$\alpha_i = n * 15 \quad n = (0, 1, 2, 3, \dots, 12)$$

För exempelvis infallsvinkeln $\alpha_i = 105$ och $\beta = 60$ enligt figur 29 har K_d längst linje A värden enligt tabell 2.



Figur 29 Bestämning av K_d vid infallsvinkeln α_i

Tabell 2 Diffraktionskoefficienten vid infallsvinkeln 105°

| | |
|-----------------|--------------------------|
| 1 * våglängden | $\Rightarrow K_d = 0,27$ |
| 2 * våglängden | $\Rightarrow K_d = 0,20$ |
| 4 * våglängden | $\Rightarrow K_d = 0,15$ |
| 6 * våglängden | $\Rightarrow K_d = 0,12$ |
| 8 * våglängden | $\Rightarrow K_d = 0,11$ |
| 10 * våglängden | $\Rightarrow K_d = 0,09$ |

Tabellen visar den totala diffraktionskoefficienten, denna är enligt kapitel 2.1 summan av koefficienterna från infallande respektive den av vågbrytaren reflekterade vågen.

$$K_d = K_i + K_r$$

$K_r = 1$ för 100% reflektion.

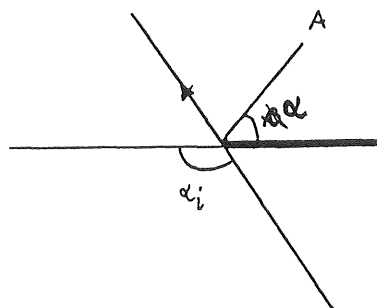
5.3 Framtagande av K_d ur tabell.

Tabellen i bilaga 3 är uppbyggd på samma sätt som diagrammen, dock med den skillnaden att både K_i och K_r redovisas, för att erhålla K_d måste adderas. För samma exempel som i kapitel 5.2 antar K_r och K_i värden enligt tabell.

Tabell 3 Diffraktionskoefficienten vid infallsvinkeln 105° .

| | | | | |
|------|------------|---------------------------|---------------|---------------|
| 1 * | våglängden | $\Rightarrow K_r = 0,080$ | $K_i = 0,191$ | $K_d = 0,271$ |
| 2 * | våglängden | $\Rightarrow K_r = 0,057$ | $K_i = 0,142$ | $K_d = 0,199$ |
| 4 * | våglängden | $\Rightarrow K_r = 0,040$ | $K_i = 0,103$ | $K_d = 0,143$ |
| 6 * | våglängden | $\Rightarrow K_r = 0,033$ | $K_i = 0,084$ | $K_d = 0,117$ |
| 8 * | våglängden | $\Rightarrow K_r = 0,029$ | $K_i = 0,073$ | $K_d = 0,102$ |
| 10 * | våglängden | $\Rightarrow K_r = 0,026$ | $K_i = 0,066$ | $K_d = 0,092$ |

Storleken på reflexionen kan återspeglas genom att sätta en faktor framför K_r till exempel 50 % reflexion ger $0,5 \times K_r$.



$$360 - 2\alpha_i + \alpha = 360 - 2 \cdot 105 + 45 = 195$$

$$\alpha_r = 360 - 195 = 165$$

Figur 30 Bestämning av K_d vid infallsvinkeln α_i

5.4 Jämförelse mellan tabell och diagram.

Resultaten från kapitel 5.2 och 5.3 jämförs i tabell 4

| | K_D tabell | K_D diagram | Differans |
|---------------|--------------|---------------|-----------|
| 1x våglängden | 0,271 | 0,27 | 0,001 |
| 2x --- | 0,199 | 0,20 | 0,001 |
| 4x --- | 0,143 | 0,15 | 0,007 |
| 6x --- | 0,117 | 0,12 | 0,003 |
| 8x --- | 0,102 | 0,105 | 0,003 |
| 10x --- | 0,092 | 0,09 | 0,002 |

Tabell 4 Jämförelse mellan diagram och tabeller.

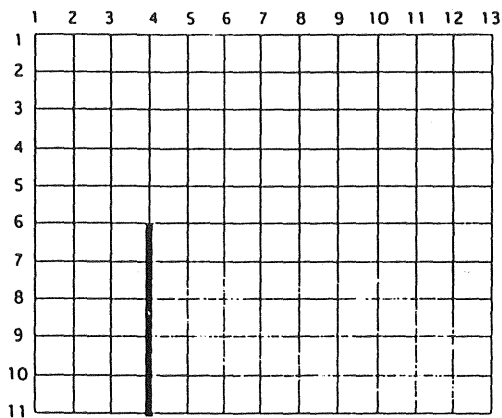
Maximal differans är 5 %. En av anledningarna till differansen är den noggrannhet med vilken man kan läsa av diagrammet, I det aktuella fallet är denna noggrannhet maximalt 0,005.

5.5 Utvärdering.

För att få en uppfattning om giltigheten av de resultat som fås vid diffraktionsberäkningar i Redsea har två vågförlopp mot en vågbrytare simulerats. Resultaten jämförs med tabell i bilaga 3 (Silvester) samt diagram i bilaga 1 (Shore protection manual).

5.6 Testexempel.

För att få ett enkelt och överskådligt exempel att testa Redsea med, har en teoretisk modell med jämn och friktionsfri bottenstruktur skapats. En vågbrytare placeras i modellen enligt figur 31, djupet sätts till 9,0 ft.



Figur 31 Testmodell.

Två olika vågförhållanden testas först med en vågperiod på 1 sekund därefter en vågperiod på 4 sekunder. Med dessa ingångsvärden får indatafilen följande utseende.

```
13 11 2 120.0
9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00
9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00
9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00
9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00
9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00
9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00
9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00
9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00
9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00
9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00
9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00 9.00
105.0 1.00 2.00 2.00 2.00 10.00 8.00 6.00 4.00 11.00 4.00 1.00 0.00
105.0 4.00 2.00 6.00 2.00 10.00 8.00 6.00 4.00 11.00 4.00 1.00 0.00
```

Figur 32 Indatafil för modell i figur 30.

Datorberäkningar har utförts på olika infallsvinklar med en multipel på 15 grader. Resultatet från datorkörningarna har bearbetats och ställts upp i tabell se bilaga 4. I tabellen gör jämförelser mellan de av datorn framtagna lösningarna samt lösningar i Silvester (bilaga 3) samt Shore protection manual (bilaga 1).

5.7 Utvärdering av datorlöningen.

Resultaten från de två simulerade vågförhållandena (Vågperioden $T = 1$ s respektive $T = 4$ s) är identiska, därför kommer i fortsättningen endast ett av fallen ($T = 1$) att behandlas. Vid varje vågförhållande har datorn fått utföra beräkningar för dels 0% dels för 100% reflexion vid vågbrytaren.

Den beräknade diffraktionskoefficienten har vid 0% reflexion jämförts med lösning enligt Silvester (A), samt vid 100% reflexion både med Silvester (B1) och Shore protection manual (B2).

A 0% reflexion vid vågbrytaren.

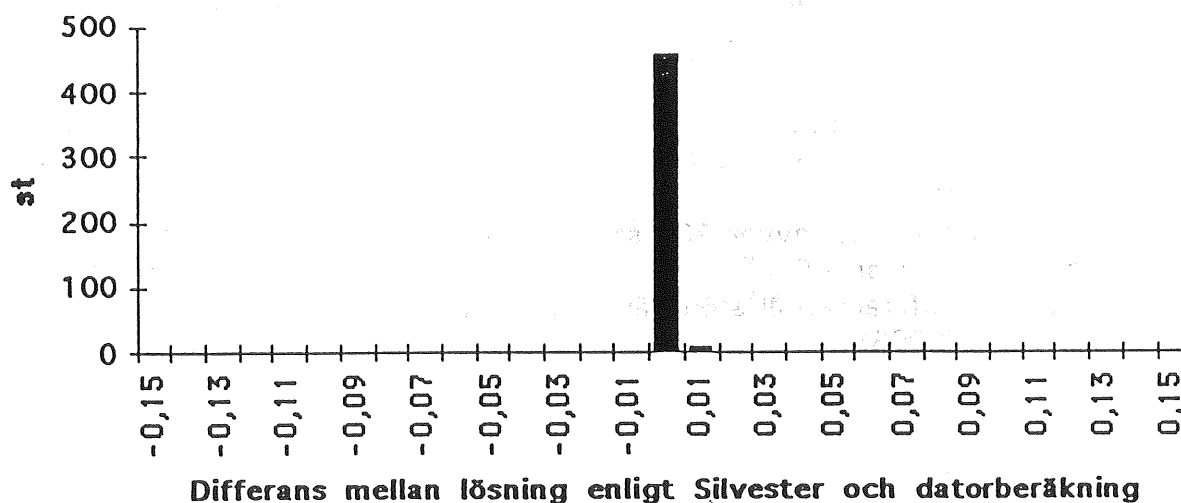
Antal mätpunkter är 468 st.

Antal mätpunkter där resultatet avvek 11 st (2,35%).

Största noterade avvikelse är +0,01.

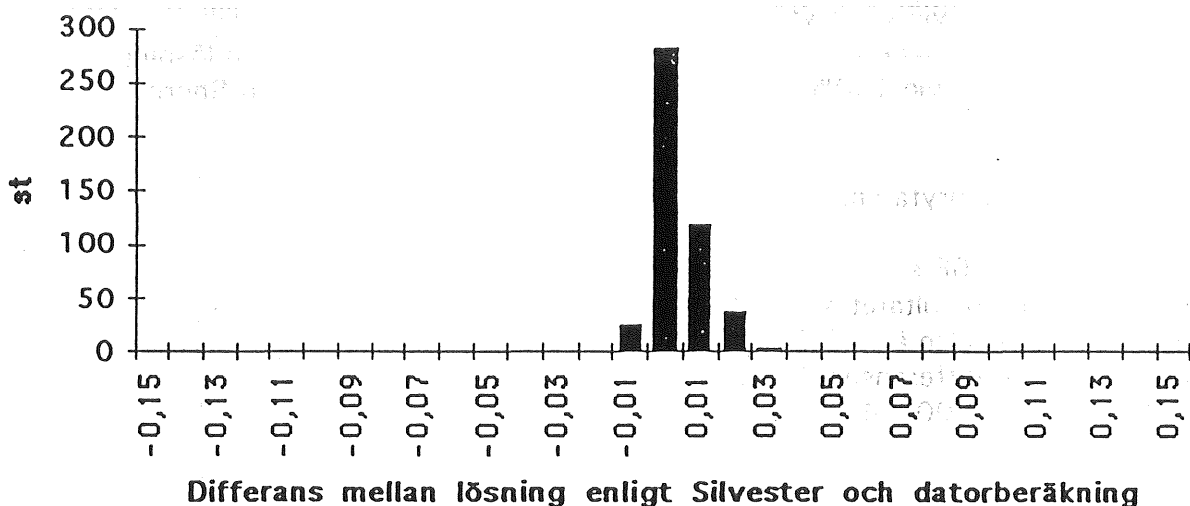
Antal mätpunkter där differansen är större än 1 är 0 st.

Medelavvikelsen är +0,00024.



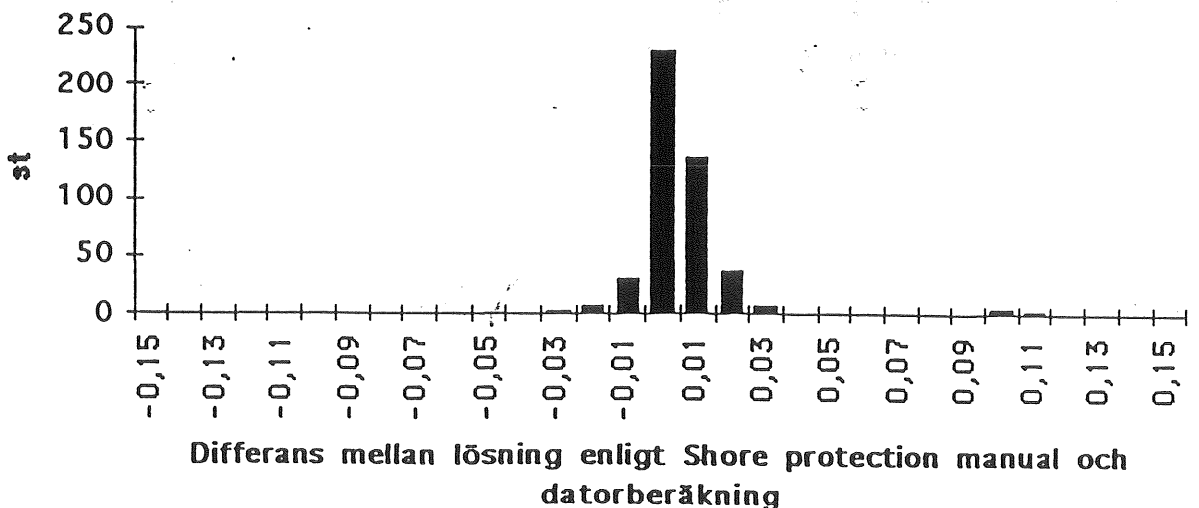
B1 100% reflexion vid vågbrytaren.

Antal mätpunkter är 468 st.
Antal mätpunkter där resultatet avvek 186 st (39,7%).
Största noterade avvikelse är +0,03.
Antal mätpunkter där differansen är större än 1 är 41 st.
Medelavvikelsen är +0,0049.



B2 100% reflexion vid vågbrytaren!

Antal mätpunkter är 468 st.
Antal mätpunkter där resultatet avvek 237 st (50,6%).
Största noterade avvikelse är +0,11.
Antal mätpunkter där differansen är större än 1 är 69 st.
Medelavvikelsen är +0,0085.



5.8 Resultatanalys.

Noggranheten i de tal som representerar K_d varierar mellan de tre mätmedoderna enligt tabell 5.

| Metod | antal avläsningsbara decimaler | maximalt avrundningsfel |
|------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 1 Datorberäkning | 2 st | 0,005 |
| 2 Tabell | 3 st | 0,0005 |
| 3 Diagram | 2 st | se not a |

Tabell 5 Noggranhet i avläsning vid de olika alternativa metoderna.

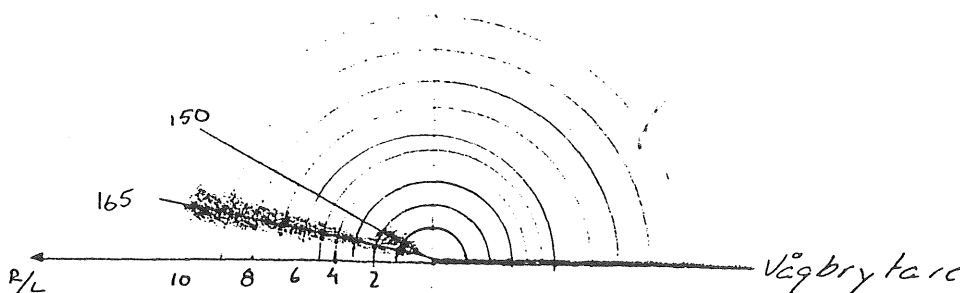
not a.

Möjligheten att läsa av ett korrekt värde varierar beroende på var i diagrammet avläsning sker, maximal noggranhet erhålles då kvoten R/L är maximal samt att området ligger i lä bakom vågbrytaren. Variansen i avläsningsfelen är så stor som från 0,005 till 0,05.

Om man för de tre studierna A, B1 och B2 kan anta att resultaten inom gränserna -0,01 till 0,01 kan härledas till avrundningsfel återstår följande avvikelser

| Antal mätpunkter | antal -0,01 till 0,01 | Medelavvikelse |
|------------------|-----------------------|----------------|
| A 468 st | 468 st (100 %) | 0,0 |
| B1 468 st | 427 st (91 %) | 0,0018 |
| B2 468 st | 399 st (85 %) | 0,0044 |

Det är endast vid jämförelse med Shore protection manual som det inom ett begränsat område finns differanser på 0,10-0,11. Dessa fel uppträder för en infallsvinkel på 180 grader enligt figur 33.



Figur 33 Område där stor avvikelse har noterats mellan de olika metoderna.

6.1 Datorprogram som hjälpmedel vid refraktionsberäkningar.

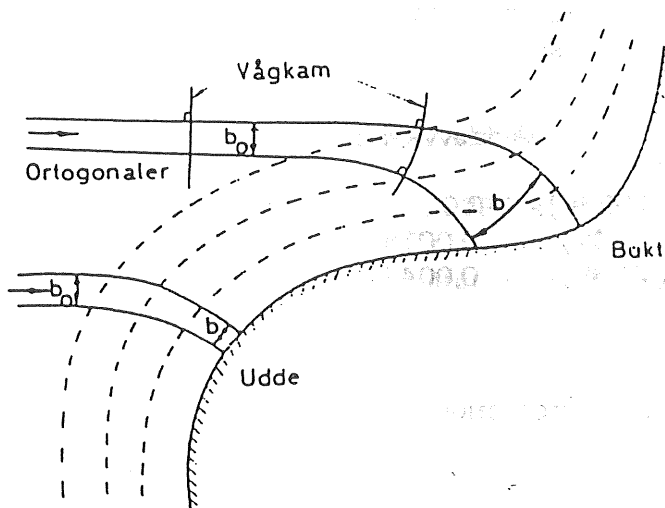
I ansitt 3.6 t om 3.9 beskrivs teorierna bakom refraktionsfenomenet. Följande kapitell kommer att visa hur man med dessa teorier som grund beräknar refraktionen, samt avslutningsvis sker en utvärdering av resultaten från REDSEA och REFRAC.

6.2 Refraktionskoefficienten K_R .

Formel 3.6 kan användas för refraktionsberäkningar då vinkeln mellan bottenkonturen och vågfronten är mindre än 80° .

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha_0} = \frac{L}{L_0} = \frac{C_d}{C_0} = \tanh \frac{2\pi d}{L}$$

Avståndet mellan ortogonalerna kommer att variera beroende på vinkeln mellan infallsriktningen och nivålinjerna. Bredden mellan ortogonalerna ökar i en bukt och minskar vid en udde se figur 34.



Figur 34 Variationen mellan ortogonalerna.

Man har tidigare antagit att ingen energi flyttas mellan ortogonalerna.
Den fortplantade effekten är med användning av formel 2.14.

$$\overline{E_0} n_0 C_0 b_0 = \overline{E} n C b$$

Med användande av ovanstående samband i formel 2.18 erhålles följande

$$\frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{n_0 C_0}{n C}} \cdot \sqrt{\frac{b_0}{b}} = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{n L}} \cdot \sqrt{\frac{b_0}{b}}$$

uttrycken

$$\sqrt{\frac{n_0 C_0}{n C}}$$

och

$$\sqrt{\frac{b_0}{b}}$$

kallas för uppgrundningskoefficient och betecknas med K_G , respektive refraktionskoefficient K_R .

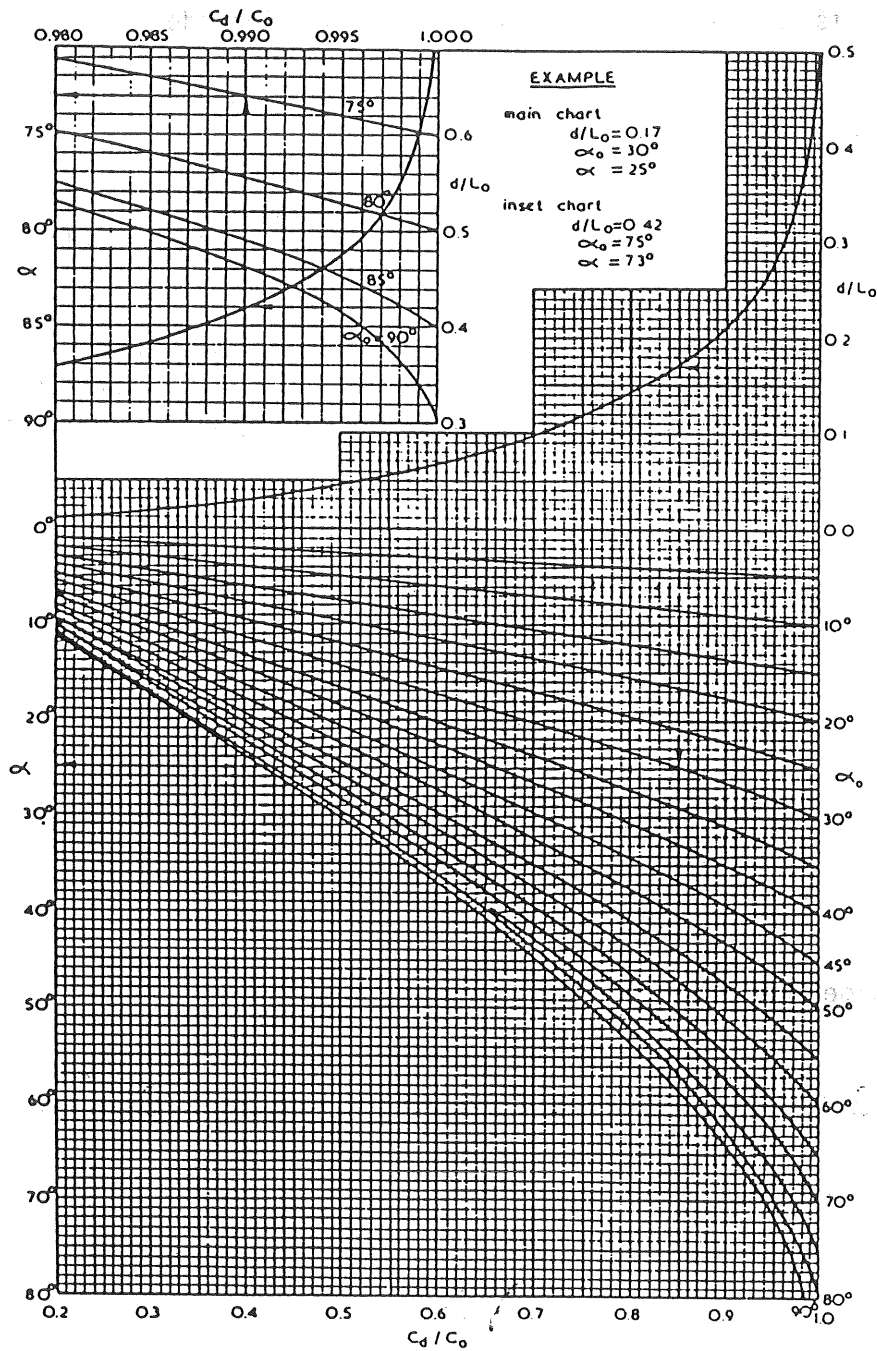
En approximativ beräkning av den signifikanta våghöjden (H_s) på grunt vatten kan göras genom att sätta

$$H_s = K_G \cdot K_R \cdot H_{s_0}$$

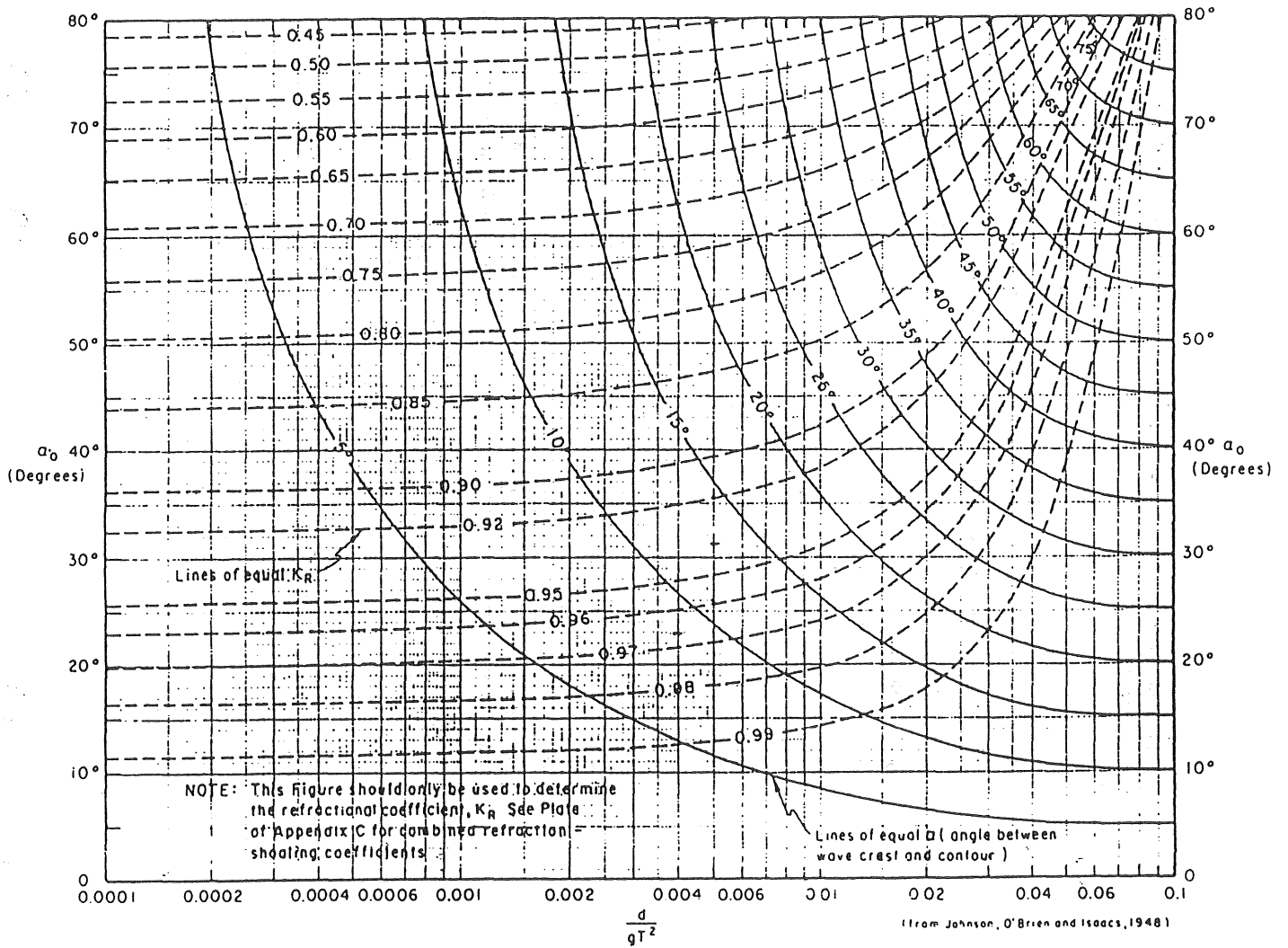
H_{s_0} = signifikanta våghöjden på djupt vatten.

6.3 Lösning av refraktionsproblem.

För parallella nivåkurvor finns diagram framtagna dels i Silvester (1974) se figur 35 dels i Shore protection manual se figur 36, motsvarande hjälpmedel finns även i tabellform se tabell 6 och 7.



Figur 35 Diagram för lösning av refraktionsproblem enligt Silvester



Figur 36 Förändringar av våghöjd och vågriktning på grund av diffraktion, enligt Shore protection manual.

Tabell 6 Våghöjden i förhållande till djupvattenvågens höjd vid uppgrundande vatten.

Ratio of wave height at specific depth ratio to deep-water height for waves refracting across a uniformly sloped shelf

| d/L_0 | α_0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 |
| 0.005 | 1.692 | 1.689 | 1.680 | 1.664 | 1.642 | 1.614 | 1.578 | 1.536 | 1.486 | 1.429 | 1.363 | 1.307 | 1.223 | 1.124 | 1.013 | 0.877 | 0.722 | 0.504 |
| 0.01 | 1.439 | 1.435 | 1.427 | 1.413 | 1.395 | 1.372 | 1.342 | 1.307 | 1.267 | 1.218 | 1.160 | 1.096 | 1.026 | 0.944 | 0.850 | 0.740 | 0.606 | 0.430 |
| 0.04 | 1.063 | 1.062 | 1.057 | 1.048 | 1.038 | 1.023 | 1.004 | 0.980 | 0.953 | 0.923 | 0.883 | 0.840 | 0.789 | 0.753 | 0.656 | 0.576 | 0.473 | 0.335 |
| 0.06 | 0.993 | 0.992 | 0.987 | 0.982 | 0.973 | 0.959 | 0.944 | 0.926 | 0.903 | 0.874 | 0.841 | 0.801 | 0.753 | 0.699 | 0.633 | 0.553 | 0.457 | 0.326 |
| 0.08 | 0.953 | 0.953 | 0.950 | 0.946 | 0.938 | 0.927 | 0.919 | 0.898 | 0.878 | 0.852 | 0.823 | 0.787 | 0.742 | 0.690 | 0.622 | 0.548 | 0.453 | 0.326 |
| 0.10 | 0.931 | 0.931 | 0.929 | 0.925 | 0.918 | 0.910 | 0.898 | 0.883 | 0.866 | 0.843 | 0.816 | 0.783 | 0.743 | 0.693 | 0.630 | 0.555 | 0.459 | 0.329 |
| 0.15 | 0.913 | 0.913 | 0.912 | 0.909 | 0.905 | 0.898 | 0.892 | 0.882 | 0.869 | 0.853 | 0.832 | 0.805 | 0.769 | 0.726 | 0.669 | 0.595 | 0.498 | 0.353 |
| 0.20 | 0.917 | 0.917 | 0.916 | 0.913 | 0.910 | 0.907 | 0.901 | 0.886 | 0.894 | 0.873 | 0.857 | 0.840 | 0.813 | 0.773 | 0.724 | 0.650 | 0.548 | 0.397 |
| 0.25 | 0.932 | 0.932 | 0.931 | 0.931 | 0.929 | 0.926 | 0.923 | 0.918 | 0.912 | 0.904 | 0.894 | 0.879 | 0.858 | 0.829 | 0.787 | 0.713 | 0.620 | 0.453 |
| 0.30 | 0.949 | 0.949 | 0.949 | 0.948 | 0.947 | 0.945 | 0.943 | 0.941 | 0.937 | 0.932 | 0.925 | 0.915 | 0.902 | 0.882 | 0.850 | 0.796 | 0.699 | 0.524 |
| 0.35 | 0.964 | 0.963 | 0.963 | 0.963 | 0.962 | 0.961 | 0.960 | 0.959 | 0.956 | 0.954 | 0.950 | 0.942 | 0.934 | 0.922 | 0.897 | 0.855 | 0.773 | 0.600 |
| 0.40 | 0.976 | 0.976 | 0.976 | 0.976 | 0.975 | 0.975 | 0.974 | 0.974 | 0.972 | 0.971 | 0.968 | 0.965 | 0.960 | 0.951 | 0.937 | 0.910 | 0.846 | 0.684 |
| 0.45 | 0.985 | 0.985 | 0.985 | 0.985 | 0.985 | 0.984 | 0.984 | 0.984 | 0.983 | 0.982 | 0.980 | 0.978 | 0.975 | 0.971 | 0.963 | 0.945 | 0.902 | 0.769 |
| 0.50 | 0.991 | 0.991 | 0.991 | 0.990 | 0.990 | 0.990 | 0.990 | 0.990 | 0.989 | 0.989 | 0.988 | 0.987 | 0.985 | 0.983 | 0.977 | 0.967 | 0.940 | 0.841 |

Tabell 7 Vinkel mellan vågkam och bottenkonturen vid parallella nivålinjer.

Angles between wave crest and shoreline for parallel contours

| d/L_0 | α_0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 |
| 0.005 | 0.88 | 1.84 | 2.70 | 3.59 | 4.30 | 5.00 | 5.84 | 6.55 | 7.20 | 7.80 | 8.35 | 8.81 | 9.25 | 9.61 | 10.00 | 10.10 | 10.20 | 10.35 |
| 0.01 | 1.23 | 2.45 | 3.70 | 4.90 | 6.00 | 7.11 | 8.20 | 9.20 | 10.15 | 10.95 | 11.74 | 12.41 | 12.99 | 13.50 | 13.90 | 14.15 | 14.25 | 14.35 |
| 0.04 | 2.50 | 4.90 | 7.21 | 9.60 | 11.75 | 13.99 | 16.11 | 18.05 | 19.89 | 21.75 | 23.30 | 24.75 | 25.99 | 27.08 | 27.90 | 28.49 | 28.80 | 28.95 |
| 0.06 | 2.89 | 5.79 | 8.60 | 11.40 | 14.20 | 16.85 | 19.42 | 21.85 | 24.05 | 26.30 | 28.32 | 30.14 | 31.25 | 33.01 | 34.10 | 34.81 | 35.30 | 35.55 |
| 0.08 | 3.25 | 6.50 | 9.69 | 12.85 | 15.95 | 19.00 | 21.95 | 24.75 | 27.40 | 29.95 | 32.30 | 34.39 | 36.34 | 37.91 | 39.20 | 40.10 | 40.65 | 40.95 |
| 0.10 | 3.50 | 7.10 | 10.55 | 14.05 | 17.45 | 20.75 | 24.05 | 27.11 | 30.15 | 32.98 | 35.60 | 38.00 | 40.15 | 41.95 | 43.45 | 44.50 | 45.10 | 45.40 |
| 0.15 | 4.00 | 8.22 | 12.30 | 16.21 | 20.25 | 24.11 | 28.00 | 31.75 | 35.44 | 38.91 | 42.25 | 45.20 | 47.90 | 50.25 | 52.35 | 53.76 | 54.60 | 55.00 |
| 0.20 | 4.39 | 8.90 | 13.30 | 17.60 | 22.10 | 26.31 | 30.60 | 34.80 | 38.98 | 42.95 | 46.61 | 50.25 | 53.55 | 56.45 | 59.00 | 60.91 | 62.22 | 62.70 |
| 0.25 | 4.60 | 9.30 | 13.95 | 18.60 | 23.20 | 27.79 | 32.35 | 36.89 | 41.21 | 45.60 | 49.70 | 53.86 | 57.82 | 61.35 | 64.20 | 66.80 | 68.30 | 68.82 |
| 0.30 | 4.77 | 9.61 | 14.41 | 19.20 | 23.95 | 28.79 | 33.55 | 38.20 | 42.82 | 47.45 | 51.95 | 56.39 | 60.70 | 64.71 | 68.29 | 71.35 | 73.45 | 74.15 |
| 0.35 | 4.88 | 9.75 | 14.65 | 19.55 | 24.45 | 29.30 | 34.18 | 38.95 | 43.80 | 48.52 | 53.30 | 57.89 | 62.38 | 66.80 | 70.89 | 74.41 | 77.05 | 78.05 |
| 0.40 | 4.93 | 9.87 | 14.80 | 19.73 | 24.70 | 29.60 | 34.50 | 39.40 | 44.30 | 49.20 | 54.00 | 58.80 | 63.55 | 68.20 | 72.70 | 76.55 | 79.80 | 81.15 |
| 0.45 | 4.97 | 9.93 | 14.90 | 19.89 | 24.89 | 29.81 | 34.72 | 39.68 | 44.60 | 49.55 | 54.43 | 59.35 | 64.20 | 68.95 | 73.60 | 77.97 | 81.69 | 83.45 |
| 0.50 | 4.98 | 9.96 | 14.94 | 19.92 | 24.90 | 29.88 | 34.85 | 39.82 | 44.79 | 49.75 | 54.70 | 59.63 | 64.56 | 69.42 | 74.22 | 78.85 | 82.97 | 85.07 |

6.4 Utvärdering av datorlösning vid refraktionsberäkning.

För att kontrollera huruvida resultaten som erhålles från REDSEA och REFRAC är användbara har dessa jämförts med motsvarande resultat från figur 35 och 36 samt tabellerna 6 och 7 (Silvester och Shore protection manual).

Jämförelserna mellan resultaten från datorprogrammen och de analytiska lösningarna görs i figur 37 och 38 (riktningsförändring) samt tabell 8 och 9 (våghöjdsförändring) där vågortogonalernas utbredningsriktning och våghöjdsförändring är plottad.

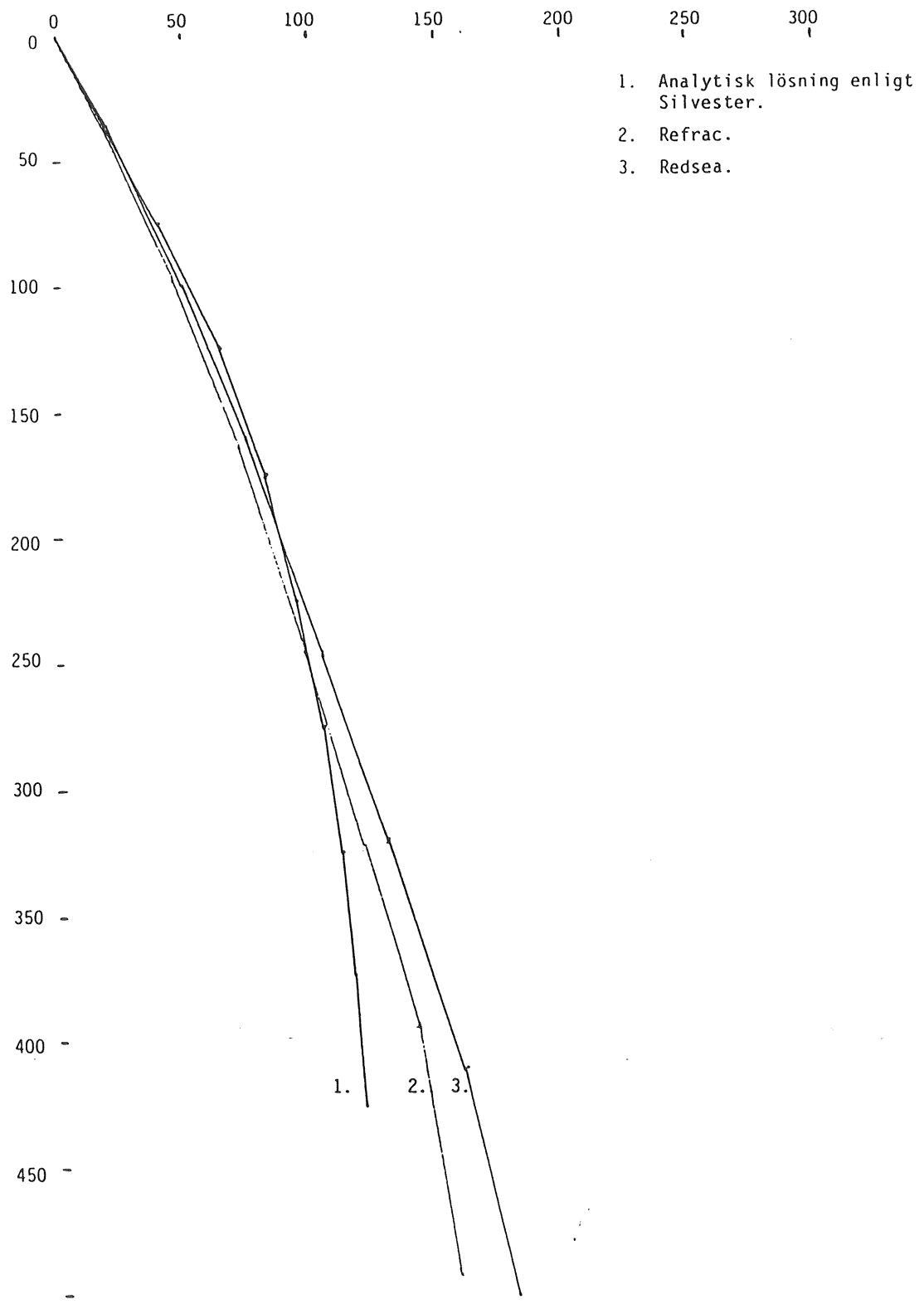
Infallsvinkel=60 grader

| Djup ft | Våghöjd enl. (i m gånger Djupvattenvågens höjd). | | |
|------------|---|--------|-----------|
| | Redsea | Refrac | Silvester |
| 30 | 0,92 | 1 | 0,96 |
| 20 | 0,98 | 1 | 0,97 |
| 15 | 1 | 1,1 | 1,02 |
| 10 | 1,06 | 1,2 | 1,11 |
| 9 | 1,09 | 1,2 | 1,12 |
| 8 | 1,17 | 1,2 | 1,14 |
| 7 | 1,22 | 1,3 | 1,2 |
| 6 | 1,33 | 1,4 | 1,29 |
| 5 | 1,42 | 1,5 | 1,5 |

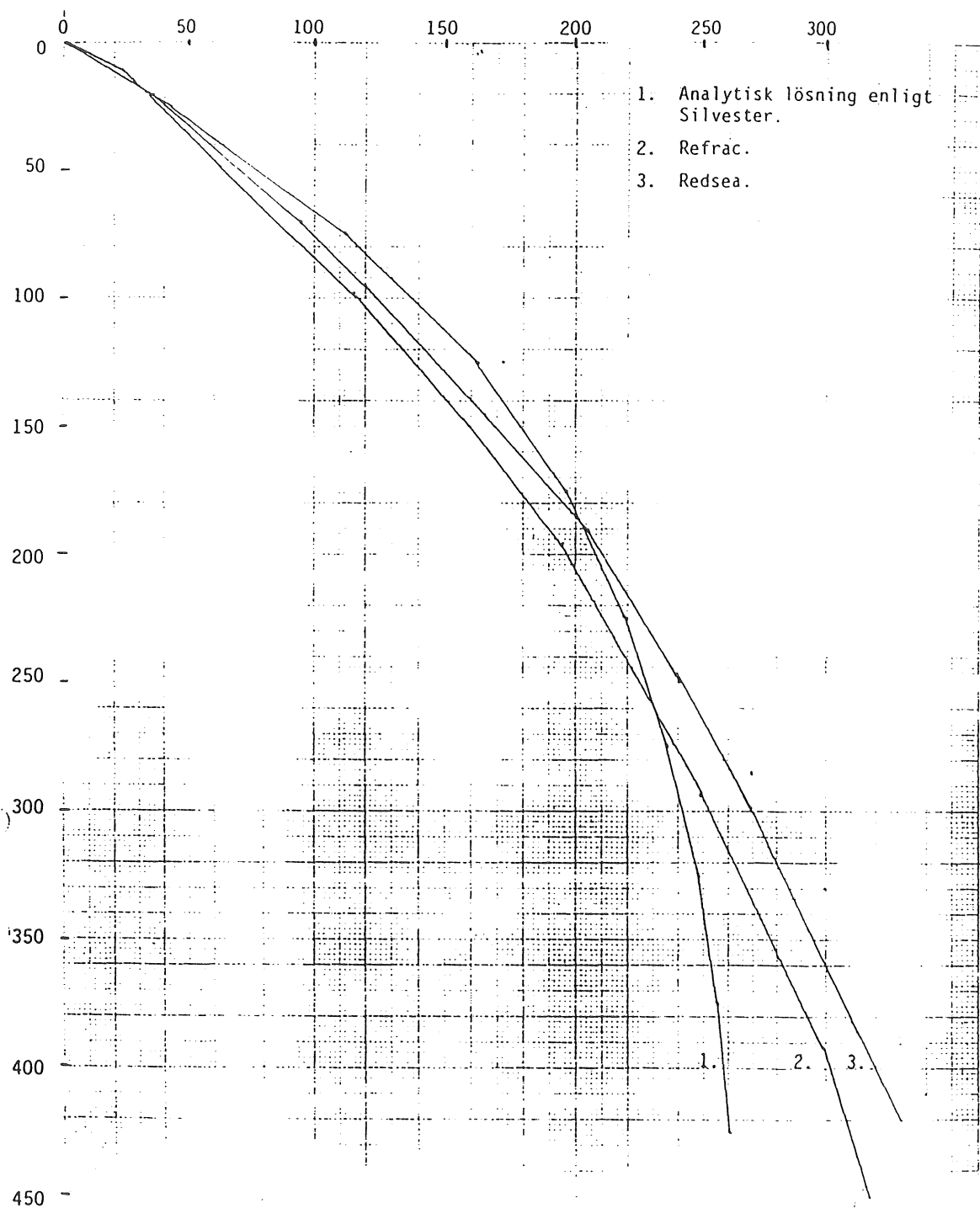
Infallsvinkel=30 grader

| Djup ft | Våghöjd enl. (i m gånger Djupvattenvågens höjd). | | |
|------------|---|--------|-----------|
| | Redsea | Refrac | Silvester |
| 30 | 0,92 | 0,8 | 0,97 |
| 20 | 0,93 | 0,8 | 0,98 |
| 15 | 0,97 | 0,9 | 1,02 |
| 10 | 1,03 | 0,9 | 1,11 |
| 9 | 1,08 | 1 | 1,12 |
| 8 | 1,13 | 1 | 1,14 |
| 7 | 1,2 | 1 | 1,19 |
| 6 | 1,26 | 1 | 1,25 |
| 5 | 1,34 | 1,1 | 1,3 |

Tabell 8 och 9 Våghöjdsförändringar vid refraktionsberäkningar.



Figur 37 Ortogonalernas utbredningsriktningar vid 30 graders infallsvinkel.



Figur 38 Ortogonalernas utbredningsriktningar vid 60 graders infallsvinkel.

Resultaten för våghöjden i tabell 8 och 9 visar att lösningen från Redsea och den analytiska lösningen enligt Silvester stämmer väl överens, den största noterade differansen är 7 %.

Lösningen enligt Refrac avviker framförallt vid infallsvinkeln 30 grader vid infallsvinkeln 60 grader är differansen mindre, dock är genom att Refrac bara använder 1 decimal möjligheten att göra en korrektare kontroll små.

Vid plottningen av vågortogonalernas utbredningsriktning i figur 38 och 39 kan man notera att resultaten från Redsea och Refrac ger ungefär likvärdiga kurvor medan en analytisk lösning enligt Silvester ger en kraftigare avböjning.

Referenser.

Bernader Magnus, Bilton Peter (1984).

Manual för REFRAC

Examensarbete 1984:1

Institutionen för vattenbyggnad vid CTH.

Herbich, John B. Worthington Henry W. (1970).

A computer program to estimate the combined effect of refraction and diffraction of water waves.

COE report No. 127

Coastal and Ocean Engineering Division. Texas Engineering Experiment station.

Mattsson Susan (1986).

Datormodeller för vågrefraktion.

Examensarbete 1986:1

Institutionen för vattenbyggnad vid CTH.

Silvester R. (1974).

Coastal Engineering 1.

Elsevier Scientific Publishing Company, New York.

Sjöberg Anders (1983).

Vindvågor.

Undervisningsskrift 1983:3.

Institutionen för vattenbyggnad vid CTH.

Sjöberg Anders (1987).

Vindvågor.

Undervisningsskrift 1987:3

Institutionen för vattenbyggnad vid CTH.

U.S. Army, Corps of Engineering (1977).

Shore Protection Manual Volume 1.

U.S. Army Coastal Engineering Research Center. Kingman Building, Fort Belvoir Virginia 22060.

2-78

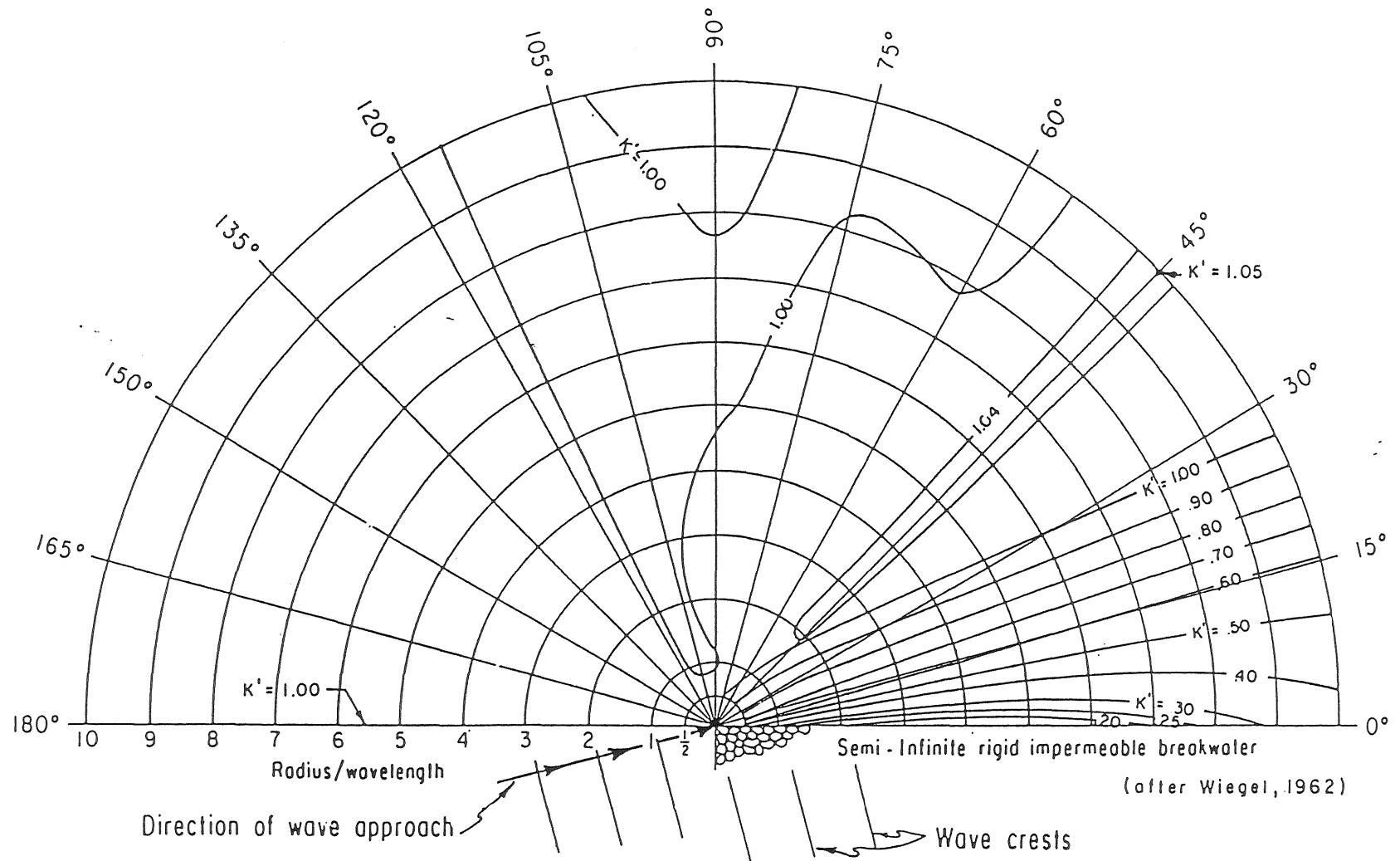


Figure 2-28. Wave diffraction diagram--15° wave angle.

2-79

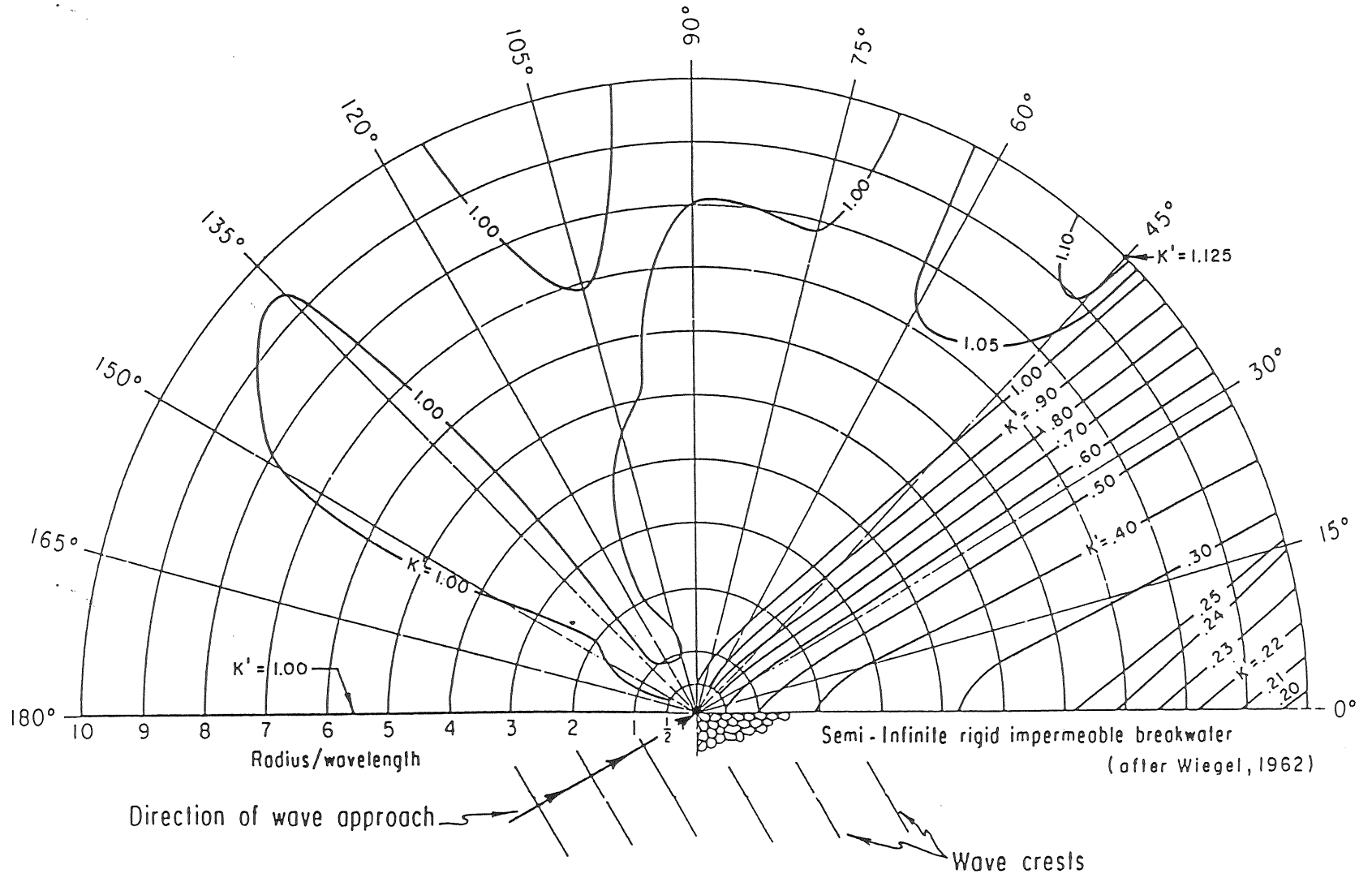


Figure 2-29. Wave diffraction diagram--30° wave angle.

2-80

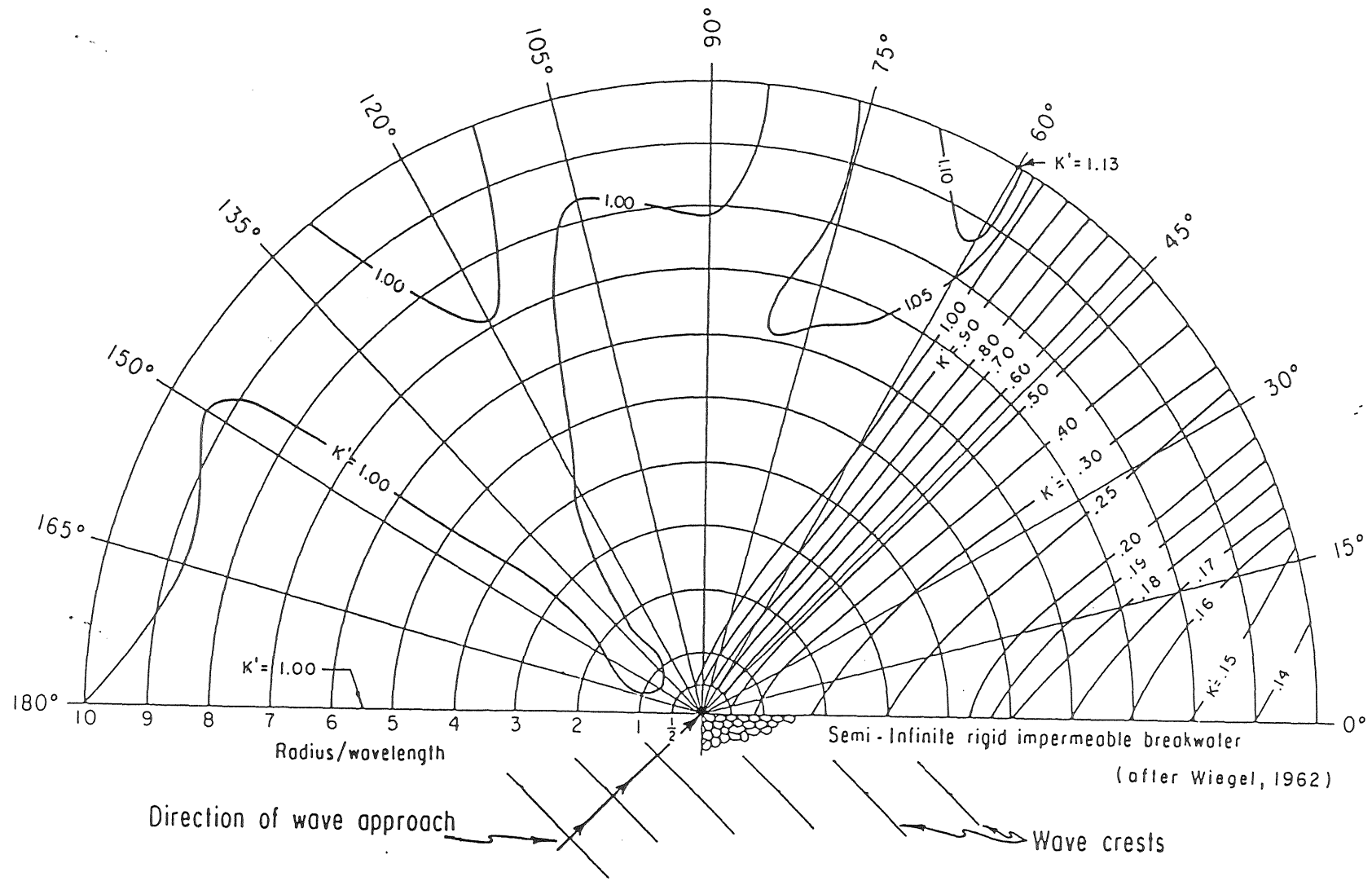


Figure 2-30. Wave diffraction diagram--45° wave angle.

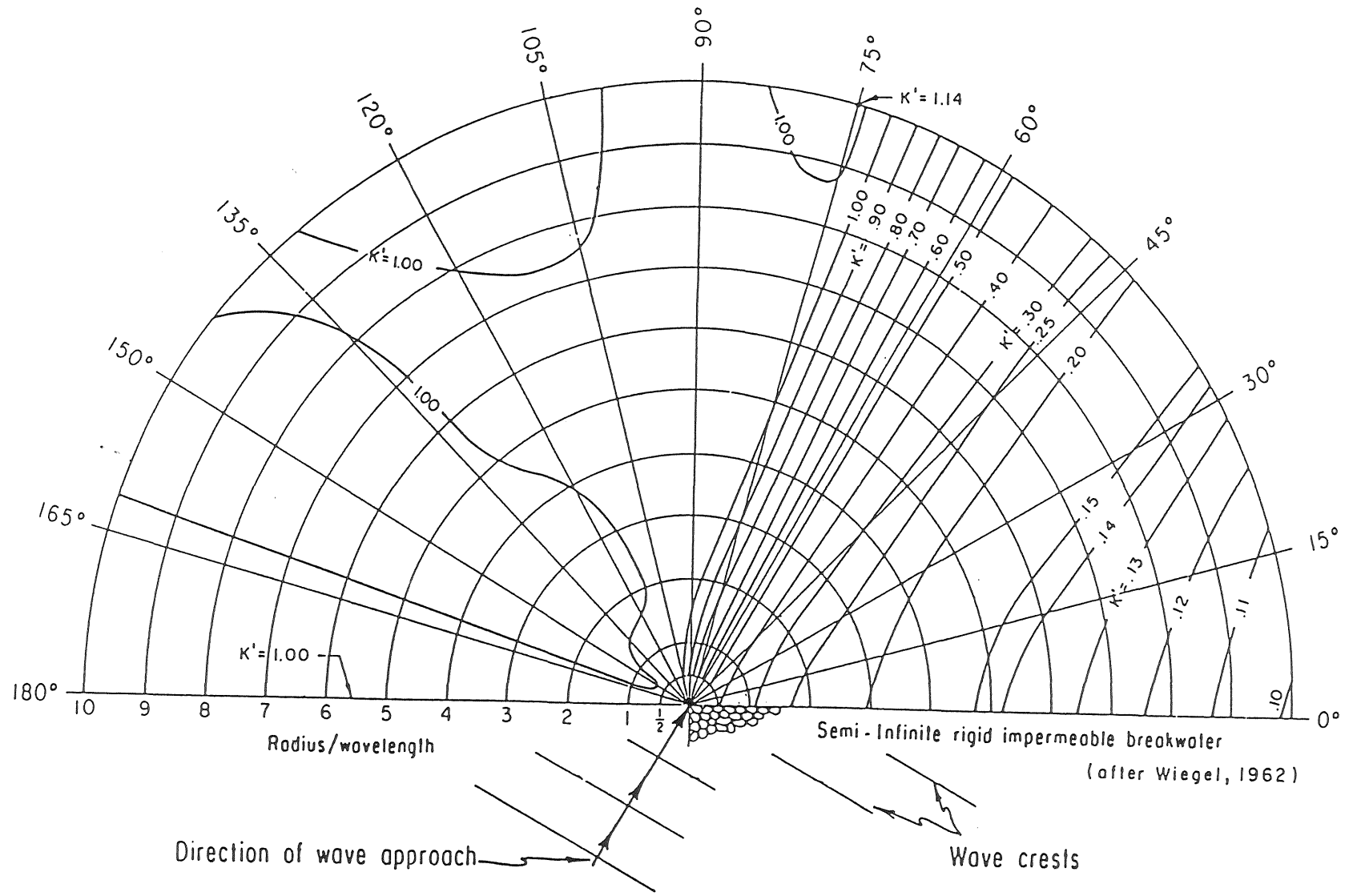


Figure 2-31. Wave diffraction diagram--60° wave angle.

5

2-82

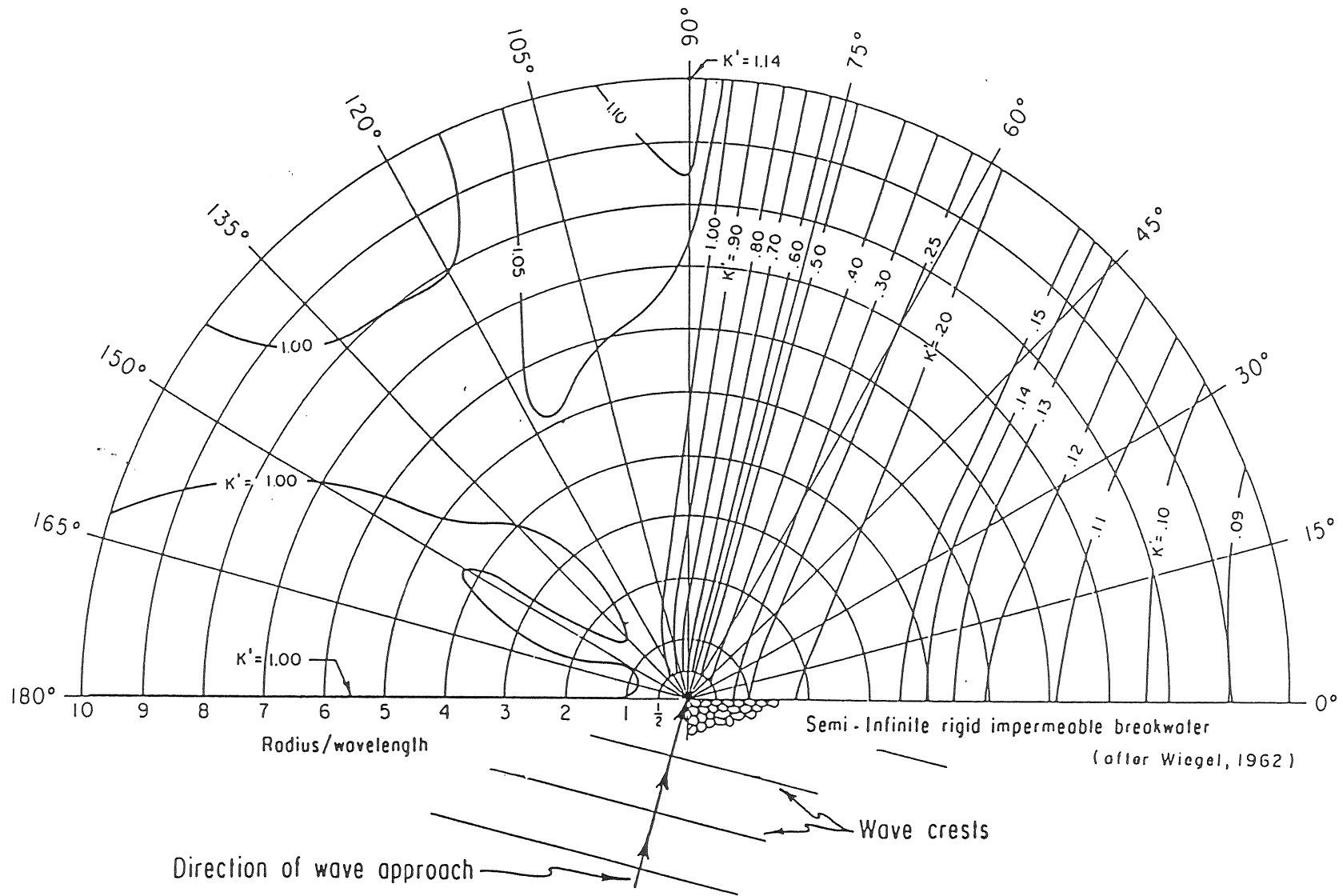


Figure 2-22. Wave diffraction diagram--75° wave approach

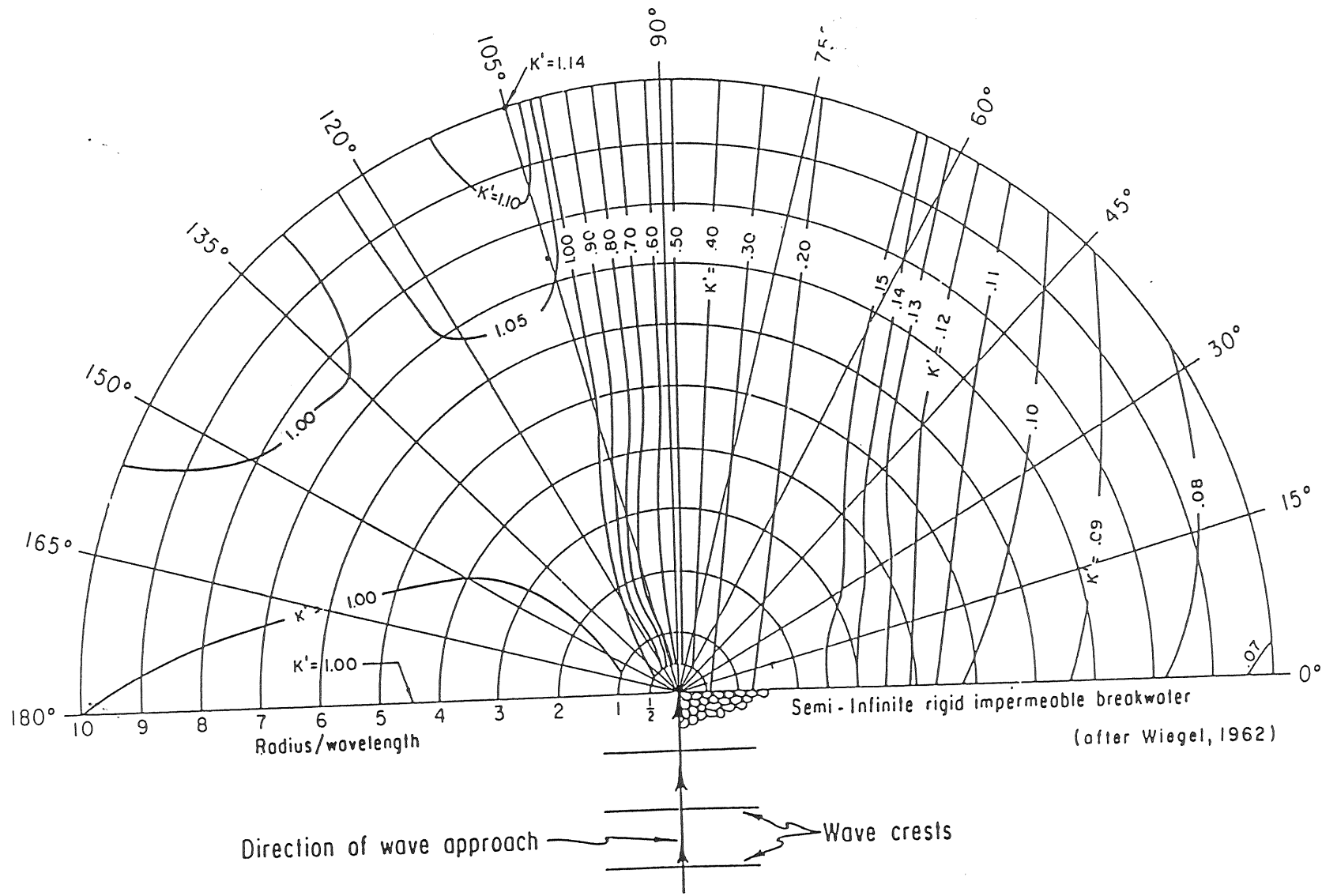


Figure 2-33. Wave diffraction diagram--90° wave angle.

7

2-84

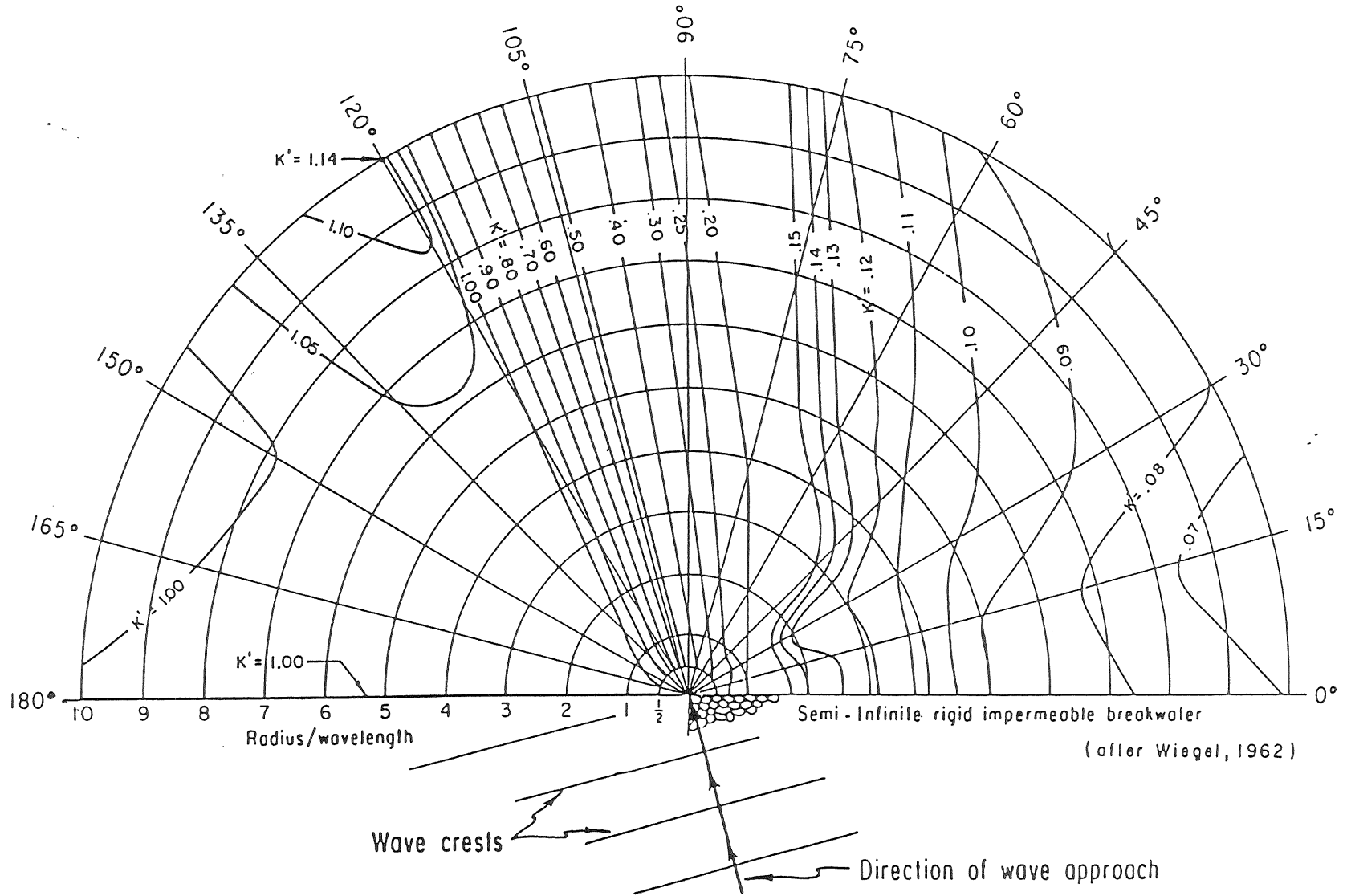


Figure 2-34. Wave diffraction diagram--105° wave angle.

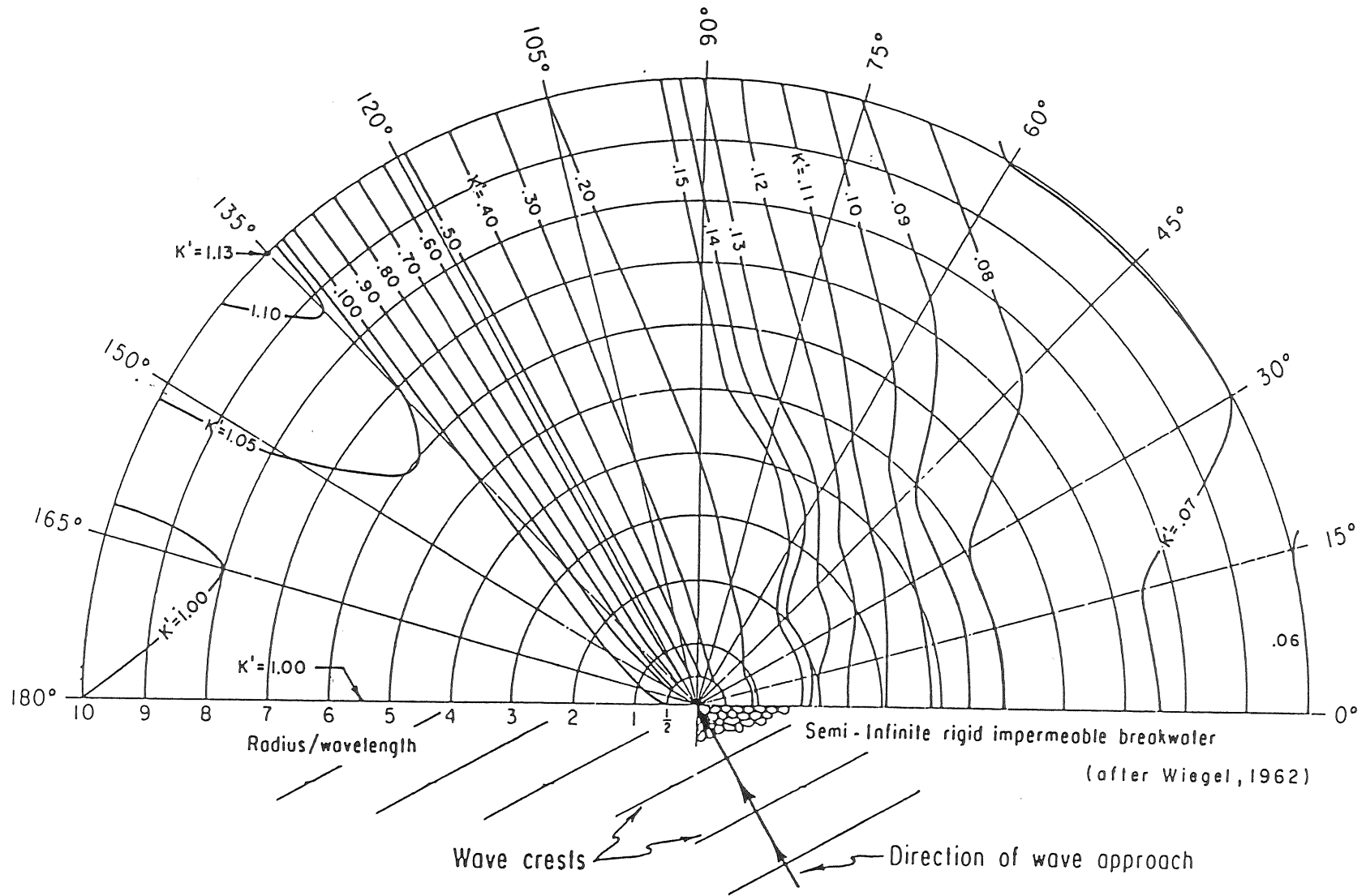


Figure 2-35. Wave diffraction diagram--120° wave angle.

2-86

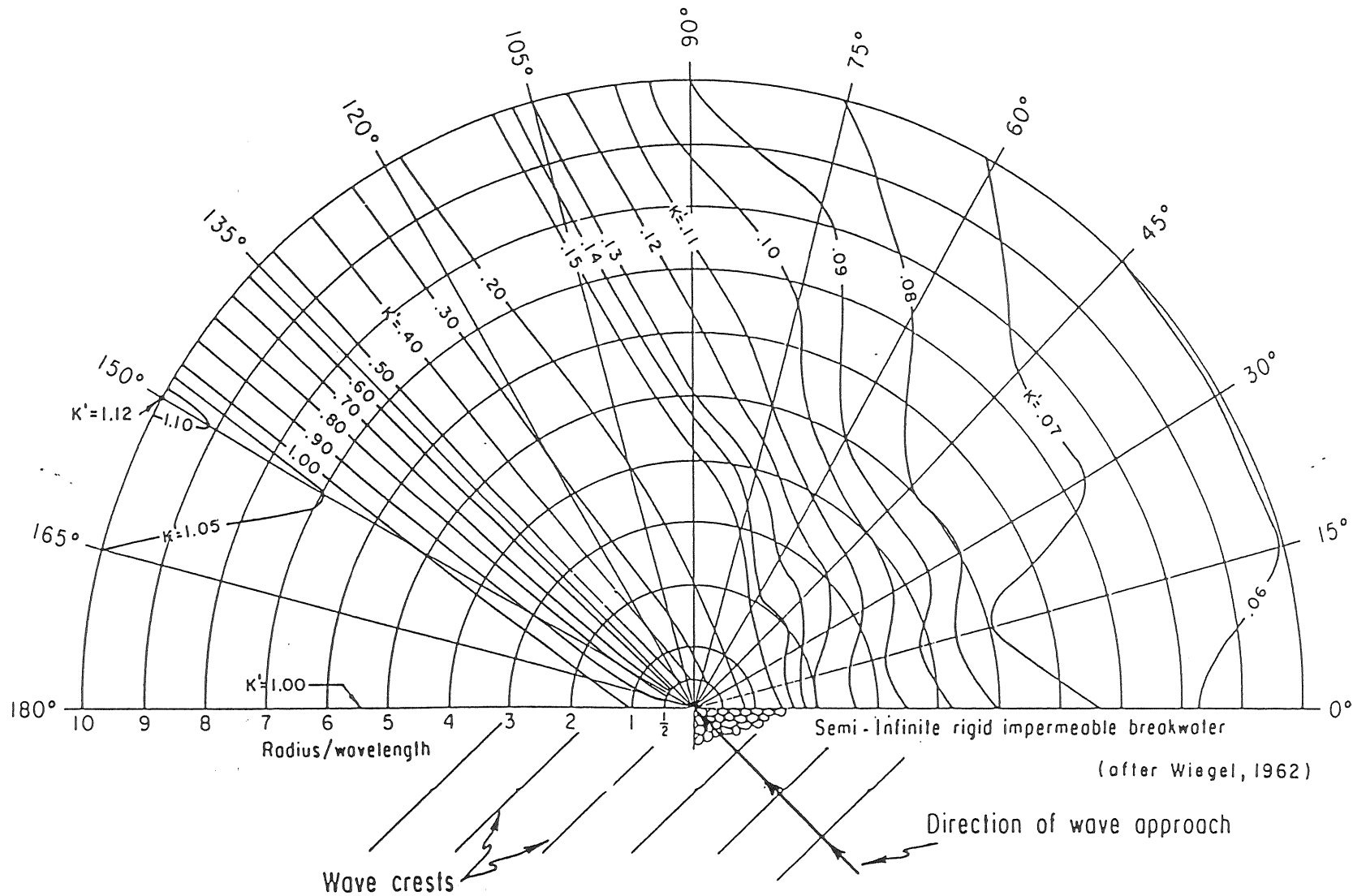


Figure 2-36. Wave diffraction diagram--135° wave angle.

2-87

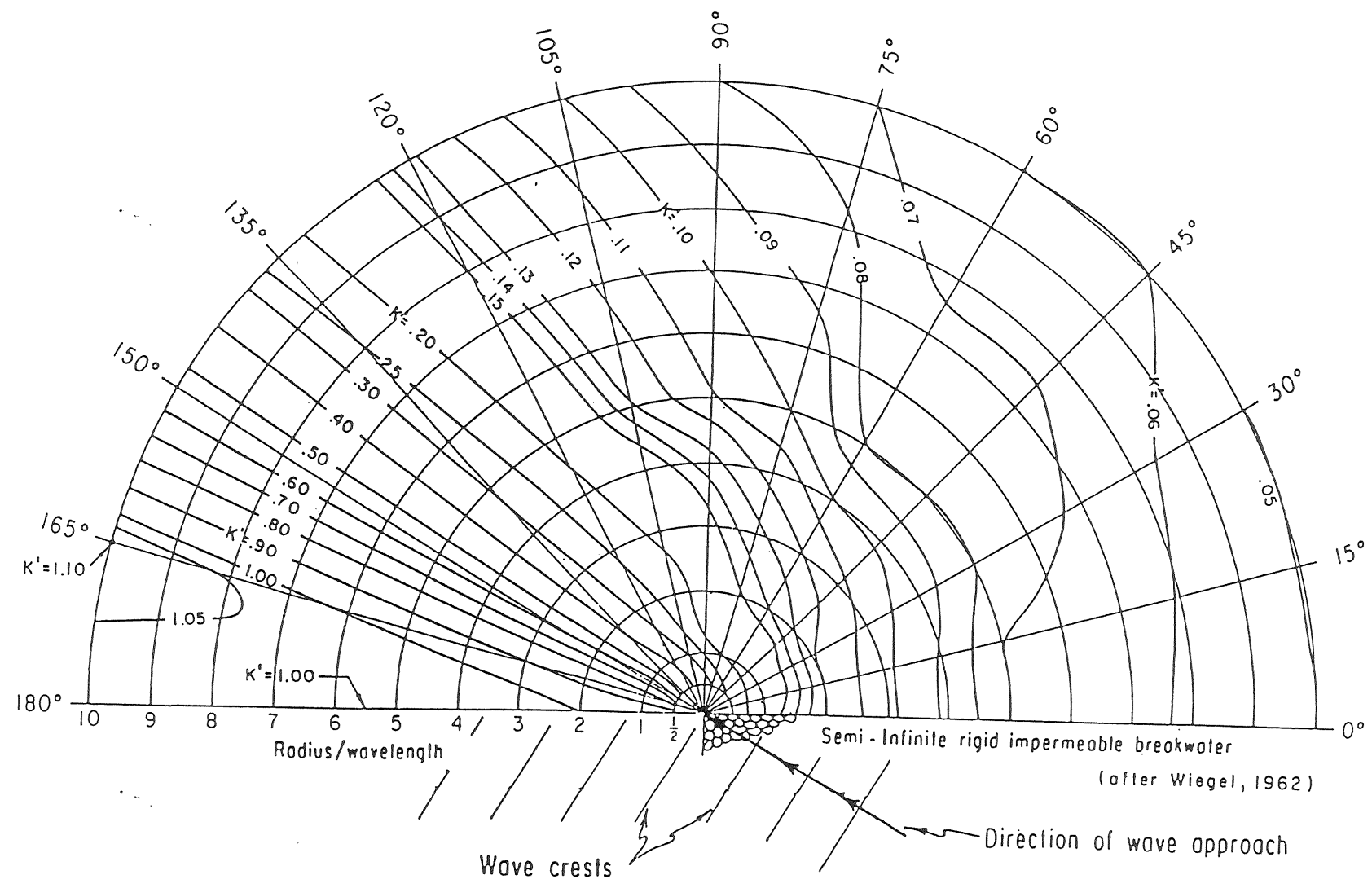


Figure 2-37. Wave diffraction diagram--150° wave angle.

2-88

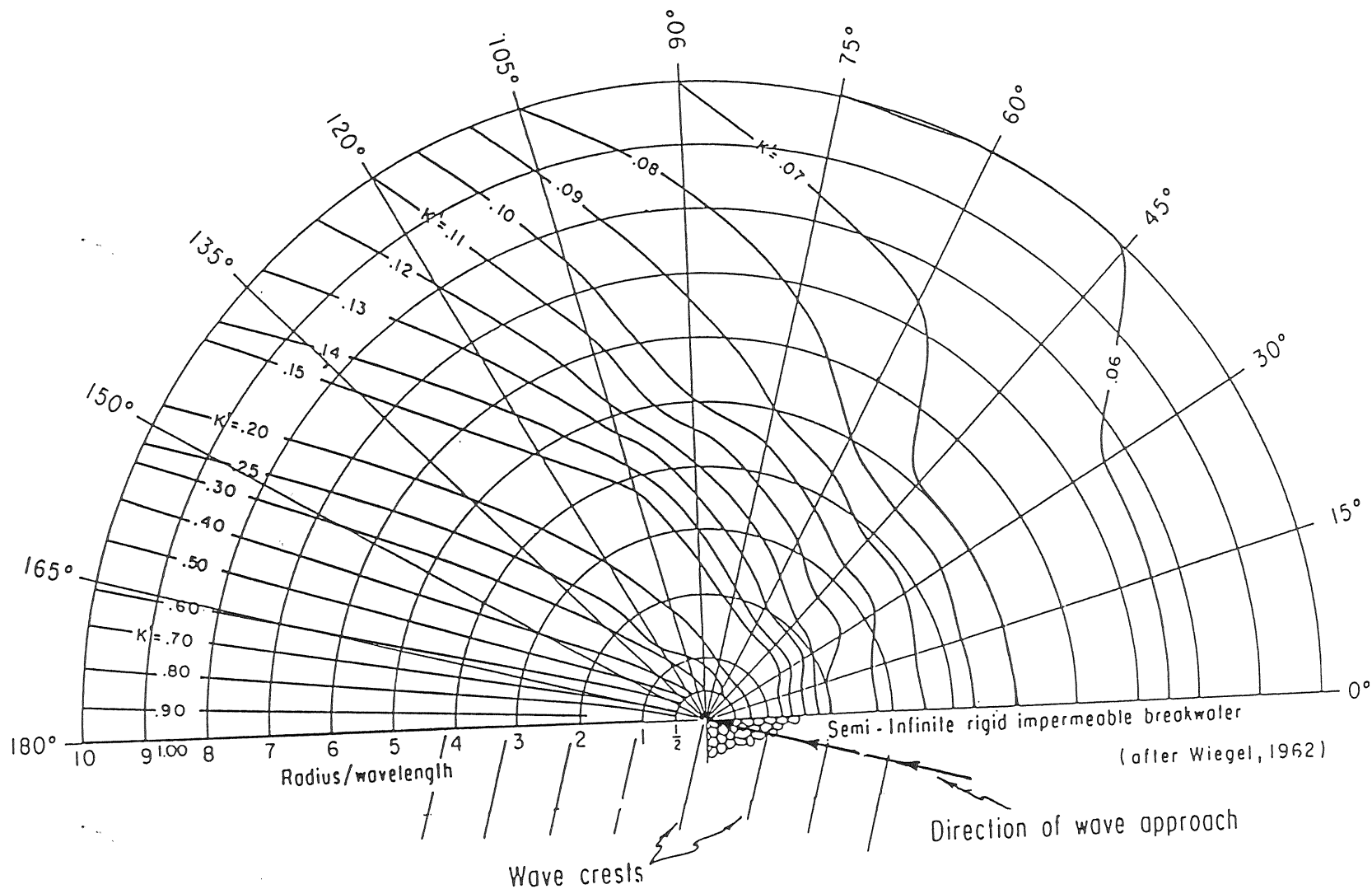


Figure 2-38. Wave diffraction diagram--165° wave angle.

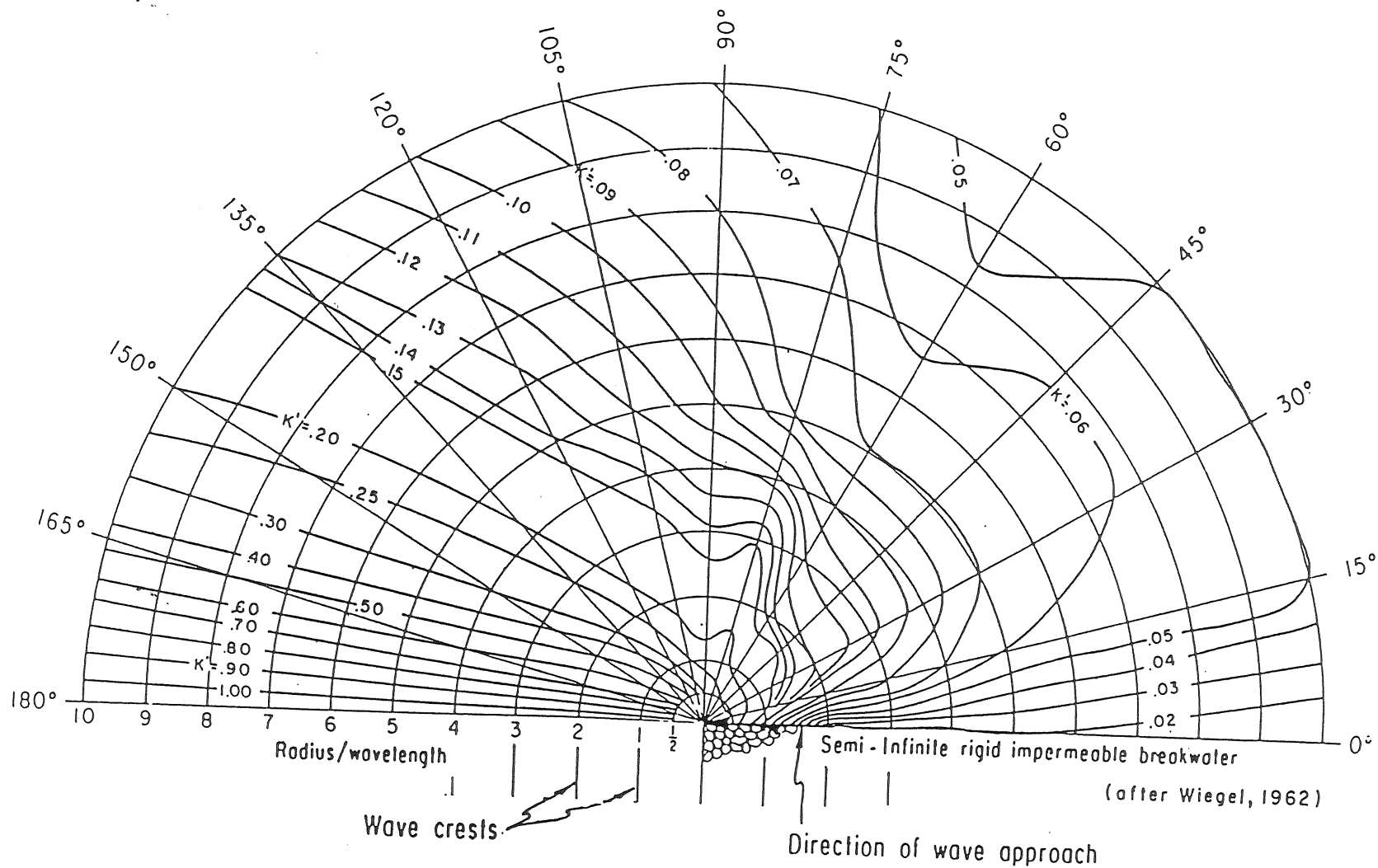


Figure 2-39. Wave diffraction diagram--180° wave angle.

GUIDE FOR USE OF TABLES C-1 AND C-2

$\frac{d}{L_o}$ = ratio of the depth of water at any specific location to the wave length in deep water.

$\frac{d}{L}$ = ratio of the depth of water at any specific location to the wave length at that same location.

$\frac{H}{H'_o}$ = ratio of the wave height in shallow water to what its wave height would have been in deep water if unaffected by refraction.

$$\frac{H}{H'_o} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{n} \cdot \frac{1}{C/C_o}} = K_s \text{ (shoaling coefficient)}$$

K = a pressure response factor used in connection with underwater pressure instruments, where

$$K = \frac{H'}{H} = \frac{P}{P_o} = \frac{\cosh\left[\frac{2\pi d}{L} \left(1 + \frac{z}{d}\right)\right]}{\cosh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)} \text{ or } \frac{\cosh\left[\frac{2\pi (d+z)}{L}\right]}{\cosh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}$$

where P is the pressure fluctuation at a depth z measured negatively below stillwater, P_o is the surface pressure fluctuation, d is the depth of water from stillwater level to the ocean bottom, L is the wavelength in any particular depth of water, and H is the corresponding variation of head at a depth z. The values of K shown in the tables are for the instrument placed on the bottom using the equation when z = - d.

$$K = \frac{1}{\cosh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)} \text{ values tabulated in column 8}$$

n = the fraction of wave energy that travels forward with the wave form: i.e., with the wave velocity C rather than the group velocity C_G.

$$n = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4\pi d/L}{\sinh\left(4\pi d/L\right)} \right] = \frac{C_G}{C}$$

Guide for Use of Tables C-1 and C-2 -- Continued

n is also the ratio of group velocity C_G to wave velocity C .

$\frac{C_G}{C_o}$ = ratio of group velocity to deepwater wave velocity where

$$\frac{C_G}{C_o} = \frac{C_G}{C} \times \frac{C}{C_o} = n \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$$

M = an energy coefficient defined as

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

Table C-1. Functions of d/L for Even Increments of d/L₀. (from 0.0001 to 1.000)

| d/L ₀ | d/L | 2π d/L | SINH 2π d/L | COSH 2π d/L | H/H ₀ | K | 4π d/L | SINH 4π d/L | COSH 4π d/L | n | C ₀ /C ₀ | M | |
|------------------|---------|--------|----------------|----------------|------------------|-------|--------|----------------|----------------|-------|--------------------------------|--------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | ∞ | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | ∞ | |
| .0001000 | .003990 | .02507 | .02506 | .02507 | 1.0003 | 4.467 | .9997 | .05014 | .05016 | 1.001 | .9998 | .02506 | 7.855 |
| .0002000 | .005643 | .03546 | .03544 | .03547 | 1.0006 | 3.757 | .9994 | .07091 | .07097 | 1.003 | .9996 | .03543 | 3.928 |
| .0003000 | .006912 | .04343 | .04340 | .04344 | 1.0009 | 3.395 | .9991 | .08686 | .08697 | 1.004 | .9994 | .04336 | 2.620 |
| .0004000 | .007982 | .05015 | .05011 | .05018 | 1.0013 | 3.160 | .9987 | .1003 | .1005 | 1.005 | .9992 | .05007 | 1.965 |
| .0005000 | .008925 | .05608 | .05602 | .05611 | 1.0016 | 2.989 | .9984 | .1122 | .1124 | 1.006 | .9990 | .05596 | 1.572 |
| .0006000 | .009778 | .06144 | .06136 | .06148 | 1.0019 | 2.856 | .9981 | .1229 | .1232 | 1.008 | .9988 | .06128 | 1.311 |
| .0007000 | .01056 | .06637 | .06627 | .06642 | 1.0022 | 2.749 | .9978 | .1327 | .1331 | 1.009 | .9985 | .06617 | 1.124 |
| .0008000 | .01129 | .07096 | .07084 | .07102 | 1.0025 | 2.659 | .9975 | .1419 | .1424 | 1.010 | .9983 | .07072 | 983.5 |
| .0009000 | .01198 | .07527 | .07513 | .07534 | 1.0028 | 2.582 | .9972 | .1505 | .1511 | 1.011 | .9981 | .07499 | 874.3 |
| .001000 | .01263 | .07935 | .07918 | .07943 | 1.0032 | 2.515 | .9969 | .1587 | .1594 | 1.013 | .9979 | .07902 | 787.0 |
| .001100 | .01325 | .08323 | .08304 | .08333 | 1.0035 | 2.456 | .9966 | .1665 | .1672 | 1.014 | .9977 | .08285 | 715.6 |
| .001200 | .01384 | .08694 | .08672 | .08705 | 1.0038 | 2.404 | .9962 | .1739 | .1748 | 1.015 | .9975 | .08651 | 656.1 |
| .001300 | .01440 | .09050 | .09026 | .09063 | 1.0041 | 2.357 | .9959 | .1810 | .1820 | 1.016 | .9973 | .09001 | 605.8 |
| .001400 | .01495 | .09393 | .09365 | .09407 | 1.0044 | 2.314 | .9956 | .1879 | .1890 | 1.018 | .9971 | .09338 | 562.6 |
| .001500 | .01548 | .09723 | .09693 | .09739 | 1.0047 | 2.275 | .9953 | .1945 | .1957 | 1.019 | .9969 | .09663 | 525 |
| .001600 | .01598 | .1004 | .1001 | .1006 | 1.0051 | 2.239 | .9949 | .2009 | .2022 | 1.020 | .9967 | .09977 | 493 |
| .001700 | .01648 | .1035 | .1032 | .1037 | 1.0054 | 2.205 | .9946 | .2071 | .2086 | 1.022 | .9965 | .1028 | 463 |
| .001800 | .01696 | .1066 | .1062 | .1068 | 1.0057 | 2.174 | .9943 | .2131 | .2147 | 1.023 | .9962 | .1058 | 438 |
| .001900 | .01743 | .1095 | .1091 | .1097 | 1.0060 | 2.145 | .9940 | .2190 | .2207 | 1.024 | .9960 | .1087 | 415 |
| .002000 | .01788 | .1123 | .1119 | .1125 | 1.0063 | 2.119 | .9937 | .2247 | .2266 | 1.025 | .9958 | .1114 | 394 |
| .002100 | .01832 | .1151 | .1146 | .1154 | 1.0066 | 2.094 | .9934 | .2303 | .2323 | 1.027 | .9956 | .1141 | 376 |
| .002200 | .01876 | .1178 | .1173 | .1181 | 1.0069 | 2.070 | .9931 | .2357 | .2379 | 1.028 | .9954 | .1161 | 359 |
| .002300 | .01918 | .1205 | .1199 | .1208 | 1.0073 | 2.047 | .9928 | .2410 | .2433 | 1.029 | .9952 | .1193 | 343 |
| .002400 | .01959 | .1231 | .1225 | .1234 | 1.0076 | 2.025 | .9925 | .2462 | .2487 | 1.031 | .9950 | .1219 | 329 |
| .002500 | .02000 | .1257 | .1250 | .1260 | 1.0079 | 2.005 | .9922 | .2513 | .2540 | 1.032 | .9948 | .1243 | 316 |
| .002600 | .02040 | .1282 | .1275 | .1285 | 1.0082 | 1.986 | .9919 | .2563 | .2592 | 1.033 | .9946 | .1268 | 304 |
| .002700 | .02079 | .1306 | .1299 | .1310 | 1.0085 | 1.967 | .9916 | .2612 | .2642 | 1.034 | .9944 | .1292 | 292 |
| .002800 | .02117 | .1330 | .1323 | .1334 | 1.0089 | 1.950 | .9912 | .2661 | .2692 | 1.036 | .9942 | .1315 | 282 |
| .002900 | .02155 | .1354 | .1346 | .1358 | 1.0092 | 1.933 | .9909 | .2708 | .2741 | 1.037 | .9939 | .1338 | 272 |
| .003000 | .02192 | .1377 | .1369 | .1382 | 1.0095 | 1.917 | .9906 | .2755 | .2790 | 1.038 | .9937 | .1360 | 263 |
| .003100 | .02228 | .1400 | .1391 | .1405 | 1.0098 | 1.902 | .9903 | .2800 | .2837 | 1.040 | .9935 | .1382 | 255 |
| .003200 | .02264 | .1423 | .1413 | .1427 | 1.0101 | 1.887 | .9900 | .2845 | .2884 | 1.041 | .9933 | .1404 | 247 |
| .003300 | .02300 | .1445 | .1435 | .1449 | 1.0104 | 1.873 | .9897 | .2890 | .2930 | 1.042 | .9931 | .1425 | 240 |
| .003400 | .02335 | .1467 | .1456 | .1472 | 1.0108 | 1.860 | .9893 | .2934 | .2976 | 1.043 | .9929 | .1446 | 233 |
| .003500 | .02369 | .1488 | .1477 | .1494 | 1.0111 | 1.847 | .9890 | .2977 | .3021 | 1.045 | .9927 | .1466 | 226 |
| .003600 | .02403 | .1510 | .1498 | .1515 | 1.0114 | 1.834 | .9887 | .3020 | .3065 | 1.046 | .9925 | .1487 | 220 |
| .003700 | .02436 | .1531 | .1519 | .1537 | 1.0117 | 1.822 | .9884 | .3061 | .3109 | 1.047 | .9923 | .1507 | 214 |
| .003800 | .02469 | .1551 | .1539 | .1558 | 1.0121 | 1.810 | .9881 | .3103 | .3153 | 1.049 | .9921 | .1527 | 208 |
| .003900 | .02502 | .1572 | .1559 | .1579 | 1.0124 | 1.799 | .9878 | .3144 | .3196 | 1.050 | .9919 | .1546 | 203 |
| .004000 | .02534 | .1592 | .1579 | .1599 | 1.0127 | 1.788 | .9875 | .3184 | .3238 | 1.051 | .9917 | .1565 | 198 |
| .004100 | .02566 | .1612 | .1598 | .1619 | 1.0130 | 1.777 | .9872 | .3224 | .3280 | 1.052 | .9915 | .1584 | 193 |
| .004200 | .02597 | .1632 | .1617 | .1639 | 1.0133 | 1.767 | .9869 | .3263 | .3322 | 1.054 | .9912 | .1602 | 189 |
| .004300 | .02628 | .1651 | .1636 | .1659 | 1.0137 | 1.756 | .9865 | .3302 | .3362 | 1.055 | .9910 | .1621 | 184 |
| .004400 | .02659 | .1671 | .1655 | .1678 | 1.0140 | 1.746 | .9862 | .3341 | .3403 | 1.056 | .9908 | .1640 | 180 |
| .004500 | .02689 | .1690 | .1674 | .1698 | 1.0143 | 1.737 | .9859 | .3380 | .3444 | 1.058 | .9906 | .1658 | 176 |
| .004600 | .02719 | .1708 | .1692 | .1717 | 1.0146 | 1.727 | .9856 | .3417 | .3483 | 1.059 | .9904 | .1676 | 172 |
| .004700 | .02749 | .1727 | .1710 | .1736 | 1.0149 | 1.718 | .9853 | .3454 | .3523 | 1.060 | .9902 | .1693 | 169 |
| .004800 | .02778 | .1745 | .1728 | .1754 | 1.0153 | 1.709 | .9849 | .3491 | .3562 | 1.062 | .9900 | .1711 | 165 |
| .004900 | .02807 | .1764 | .1746 | .1773 | 1.0156 | 1.701 | .9846 | .3527 | .3601 | 1.063 | .9898 | .1728 | 162 |
| .005000 | .02836 | .1782 | .1764 | .1791 | 1.0159 | 1.692 | .9843 | .3564 | .3640 | 1.064 | .9896 | .1746 | 159 |
| .005100 | .02864 | .1800 | .1781 | .1809 | 1.0162 | 1.684 | .9840 | .3599 | .3678 | 1.066 | .9894 | .1762 | 156 |
| .005200 | .02893 | .1818 | .1798 | .1827 | 1.0166 | 1.676 | .9837 | .3635 | .3715 | 1.067 | .9892 | .1779 | 153 |
| .005300 | .02921 | .1835 | .1815 | .1845 | 1.0169 | 1.669 | .9834 | .3670 | .3753 | 1.068 | .9889 | .1795 | 150 |
| .005400 | .02948 | .1852 | .1832 | .1863 | 1.0172 | 1.662 | .9831 | .3705 | .3790 | 1.069 | .9887 | .1811 | 147 |
| .005500 | .02976 | .1870 | .1848 | .1880 | 1.0175 | 1.654 | .9828 | .3739 | .3827 | 1.071 | .9885 | .1827 | 145 |
| .005600 | .03003 | .1887 | .1865 | .1898 | 1.0178 | 1.647 | .9825 | .3774 | .3864 | 1.072 | .9883 | .1843 | 142 |
| .005700 | .03030 | .1904 | .1881 | .1915 | 1.0182 | 1.640 | .9822 | .3808 | .3900 | 1.073 | .9881 | .1859 | 140 |
| .005800 | .03057 | .1921 | .1897 | .1932 | 1.0185 | 1.633 | .9818 | .3841 | .3937 | 1.075 | .9879 | .1874 | 137 |
| .005900 | .03083 | .1937 | .1913 | .1949 | 1.0188 | 1.626 | .9815 | .3875 | .3972 | 1.076 | .9877 | .1890 | 135 |

*Also: b₃/a₆, C/C₀, L/L₀

Table C - 1 Continued

| d/L_0 | d/L | $2\pi d/L$ | TANH $2\pi d/L$ | SINH $2\pi d/L$ | COSH $2\pi d/L$ | H/H ₀ | K | $L^* d/L$ | SINH $L^* d/L$ | COSH $L^* d/L$ | n | C/C_0 | μ |
|---------|--------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|-------|-----------|-------------------|-------------------|-------|---------|-------|
| .005000 | .03110 | .1954 | .1929 | .1967 | 1.0192 | 1.620 | .9812 | .3008 | .1706 | 1.077 | .9875 | .1905 | 133 |
| .006100 | .03136 | .1970 | .1945 | .1983 | 1.0195 | 1.614 | .9809 | .3041 | .1704 | 1.079 | .9873 | .1920 | 130 |
| .007200 | .03162 | .1987 | .1961 | .1997 | 1.0198 | 1.607 | .9806 | .3073 | .1702 | 1.080 | .9871 | .1935 | 128 |
| .008300 | .03188 | .2003 | .1976 | .2016 | 1.0201 | 1.601 | .9803 | .3106 | .1700 | 1.081 | .9869 | .1950 | 126 |
| .009400 | .03213 | .2019 | .1992 | .2033 | 1.0205 | 1.595 | .9799 | .3138 | .1698 | 1.083 | .9867 | .1965 | 124 |
| .006500 | .03238 | .2035 | .2007 | .2049 | 1.0208 | 1.589 | .9796 | .3170 | .1696 | 1.084 | .9865 | .1980 | 123 |
| .007600 | .03264 | .2051 | .2022 | .2065 | 1.0211 | 1.583 | .9793 | .3201 | .1694 | 1.085 | .9863 | .1994 | 121 |
| .008700 | .03289 | .2066 | .2037 | .2081 | 1.0214 | 1.578 | .9790 | .3233 | .1692 | 1.087 | .9860 | .2009 | 119 |
| .009800 | .03313 | .2082 | .2052 | .2097 | 1.0217 | 1.572 | .9787 | .3264 | .1690 | 1.088 | .9858 | .2023 | 117 |
| .006900 | .03338 | .2097 | .2067 | .2113 | 1.0221 | 1.567 | .9784 | .3295 | .1688 | 1.089 | .9856 | .2037 | 116 |
| .007000 | .03362 | .2113 | .2082 | .2128 | 1.0224 | 1.561 | .9781 | .3325 | .1686 | 1.091 | .9854 | .2051 | 114 |
| .007100 | .03387 | .2128 | .2096 | .2144 | 1.0227 | 1.556 | .9778 | .3355 | .1684 | 1.092 | .9852 | .2065 | 112 |
| .007200 | .03411 | .2143 | .2111 | .2160 | 1.0231 | 1.551 | .9774 | .3384 | .1682 | 1.093 | .9850 | .2079 | 111 |
| .007300 | .03435 | .2158 | .2125 | .2175 | 1.0234 | 1.546 | .9771 | .3413 | .1680 | 1.095 | .9848 | .2093 | 109 |
| .007400 | .03459 | .2173 | .2139 | .2190 | 1.0237 | 1.541 | .9768 | .3441 | .1678 | 1.096 | .9846 | .2106 | 108 |
| .007500 | .03482 | .2188 | .2154 | .2205 | 1.0240 | 1.536 | .9765 | .3469 | .1676 | 1.097 | .9844 | .2120 | 106 |
| .007600 | .03506 | .2203 | .2168 | .2221 | 1.0244 | 1.531 | .9762 | .3497 | .1674 | 1.099 | .9842 | .2134 | 105 |
| .007700 | .03529 | .2218 | .2182 | .2236 | 1.0247 | 1.526 | .9759 | .3525 | .1672 | 1.100 | .9840 | .2147 | 104 |
| .007800 | .03552 | .2232 | .2196 | .2251 | 1.0250 | 1.521 | .9756 | .3552 | .1670 | 1.101 | .9838 | .2160 | 102 |
| .007900 | .03576 | .2247 | .2209 | .2265 | 1.0253 | 1.517 | .9753 | .3579 | .1668 | 1.103 | .9836 | .2173 | 101 |
| .008000 | .03598 | .2261 | .2223 | .2280 | 1.0257 | 1.512 | .9750 | .3606 | .1666 | 1.104 | .9834 | .2186 | 100 |
| .008100 | .03621 | .2275 | .2237 | .2295 | 1.0260 | 1.508 | .9747 | .3633 | .1664 | 1.105 | .9832 | .2199 | 99.6 |
| .008200 | .03644 | .2290 | .2250 | .2310 | 1.0263 | 1.503 | .9744 | .3659 | .1662 | 1.107 | .9830 | .2212 | 97.5 |
| .008300 | .03666 | .2304 | .2264 | .2324 | 1.0266 | 1.499 | .9741 | .3685 | .1660 | 1.108 | .9827 | .2225 | 96.3 |
| .008400 | .03689 | .2318 | .2277 | .2338 | 1.0270 | 1.495 | .9737 | .3711 | .1658 | 1.109 | .9825 | .2237 | 95.2 |
| .008500 | .03711 | .2332 | .2290 | .2353 | 1.0273 | 1.491 | .9734 | .3736 | .1656 | 1.111 | .9823 | .2250 | 94.1 |
| .008600 | .03733 | .2346 | .2303 | .2367 | 1.0276 | 1.487 | .9731 | .3761 | .1654 | 1.112 | .9821 | .2262 | 93.0 |
| .008700 | .03755 | .2360 | .2317 | .2381 | 1.0280 | 1.482 | .9728 | .3786 | .1652 | 1.113 | .9819 | .2275 | 91.9 |
| .008800 | .03777 | .2373 | .2330 | .2396 | 1.0283 | 1.478 | .9725 | .3811 | .1650 | 1.115 | .9817 | .2287 | 90.9 |
| .008900 | .03799 | .2387 | .2343 | .2410 | 1.0286 | 1.474 | .9722 | .3836 | .1648 | 1.116 | .9815 | .2300 | 89.9 |
| .009000 | .03821 | .2401 | .2356 | .2424 | 1.0290 | 1.471 | .9718 | .3861 | .1646 | 1.118 | .9813 | .2312 | 88.9 |
| .009100 | .03842 | .2414 | .2368 | .2438 | 1.0293 | 1.467 | .9715 | .3886 | .1644 | 1.119 | .9811 | .2324 | 88.0 |
| .009200 | .03864 | .2428 | .2381 | .2452 | 1.0296 | 1.463 | .9712 | .3911 | .1642 | 1.120 | .9809 | .2336 | 87.1 |
| .009300 | .03885 | .2441 | .2394 | .2465 | 1.0299 | 1.459 | .9709 | .3936 | .1640 | 1.122 | .9807 | .2348 | 86.1 |
| .009400 | .03906 | .2455 | .2407 | .2479 | 1.0303 | 1.456 | .9706 | .3961 | .1638 | 1.123 | .9805 | .2360 | 85.2 |
| .009500 | .03928 | .2468 | .2419 | .2493 | 1.0306 | 1.452 | .9703 | .3986 | .1636 | 1.124 | .9803 | .2371 | 84.3 |
| .009600 | .03949 | .2481 | .2431 | .2507 | 1.0309 | 1.448 | .9700 | .4011 | .1634 | 1.126 | .9801 | .2383 | 83.5 |
| .009700 | .03970 | .2494 | .2443 | .2520 | 1.0313 | 1.445 | .9697 | .4036 | .1632 | 1.127 | .9799 | .2394 | 82.7 |
| .009800 | .03990 | .2507 | .2456 | .2534 | 1.0316 | 1.442 | .9694 | .4061 | .1630 | 1.128 | .9797 | .2406 | 81.8 |
| .009900 | .04011 | .2520 | .2468 | .2547 | 1.0319 | 1.438 | .9691 | .4086 | .1628 | 1.130 | .9794 | .2417 | 81.0 |
| .01000 | .04032 | .2533 | .2480 | .2560 | 1.0322 | 1.435 | .9688 | .4111 | .1626 | 1.131 | .9792 | .2429 | 80.2 |
| .01100 | .04233 | .2660 | .2598 | .2691 | 1.0356 | 1.403 | .9656 | .4319 | .1615 | 1.145 | .9772 | .2539 | 73.1 |
| .01200 | .04426 | .2781 | .2711 | .2817 | 1.0389 | 1.375 | .9625 | .4527 | .1605 | 1.159 | .9751 | .2643 | 67.1 |
| .01300 | .04612 | .2898 | .2820 | .2938 | 1.0423 | 1.350 | .9594 | .4735 | .1595 | 1.173 | .9731 | .2743 | 62.1 |
| .01400 | .04791 | .3010 | .2924 | .3056 | 1.0456 | 1.327 | .9564 | .4943 | .1585 | 1.187 | .9710 | .2838 | 57.8 |
| .01500 | .04964 | .3119 | .3022 | .3170 | 1.0490 | 1.307 | .9533 | .5151 | .1575 | 1.201 | .9690 | .2928 | 54.0 |
| .01600 | .05132 | .3225 | .3117 | .3281 | 1.0524 | 1.288 | .9502 | .5359 | .1565 | 1.215 | .9670 | .3011 | 50.8 |
| .01700 | .05296 | .3328 | .3209 | .3389 | 1.0559 | 1.271 | .9471 | .5567 | .1555 | 1.230 | .9649 | .3096 | 47.9 |
| .01800 | .05455 | .3428 | .3298 | .3495 | 1.0593 | 1.255 | .9440 | .5775 | .1545 | 1.244 | .9629 | .3176 | 45.3 |
| .01900 | .05611 | .3525 | .3386 | .3599 | 1.0628 | 1.240 | .9409 | .5983 | .1535 | 1.259 | .9609 | .3253 | 43.0 |
| .02000 | .05763 | .3621 | .3470 | .3701 | 1.0663 | 1.226 | .9378 | .6191 | .1525 | 1.274 | .9588 | .3327 | 41.0 |
| .02100 | .05912 | .3714 | .3552 | .3800 | 1.0698 | 1.213 | .9348 | .6400 | .1515 | 1.289 | .9568 | .3399 | 39.1 |
| .02200 | .06057 | .3806 | .3632 | .3898 | 1.0733 | 1.201 | .9317 | .6608 | .1505 | 1.304 | .9548 | .3468 | 37.4 |
| .02300 | .06200 | .3896 | .3710 | .3995 | 1.0768 | 1.189 | .9287 | .6816 | .1495 | 1.319 | .9528 | .3535 | 35.9 |
| .02400 | .06340 | .3984 | .3786 | .4090 | 1.0804 | 1.178 | .9256 | .7024 | .1485 | 1.335 | .9508 | .3600 | 34.4 |
| .02500 | .06478 | .4070 | .3860 | .4184 | 1.0840 | 1.168 | .9225 | .7232 | .1475 | 1.350 | .9488 | .3662 | 33.1 |
| .02600 | .06613 | .4155 | .3932 | .4276 | 1.0876 | 1.159 | .9195 | .7440 | .1465 | 1.366 | .9468 | .3722 | 31.9 |
| .02700 | .06747 | .4239 | .4002 | .4367 | 1.0912 | 1.150 | .9164 | .7648 | .1455 | 1.381 | .9448 | .3781 | 30.8 |
| .02800 | .06878 | .4322 | .4071 | .4457 | 1.0949 | 1.141 | .9133 | .7856 | .1445 | 1.397 | .9428 | .3838 | 29.8 |
| .02900 | .07007 | .4403 | .4138 | .4546 | 1.0985 | 1.133 | .9103 | .8064 | .1435 | 1.413 | .9408 | .3893 | 28.8 |

Table C-1 - Continued

| d/L_0 | d/L | $2\pi d/L$ | TANH $2\pi d/L$ | SINH $2\pi d/L$ | COSH $2\pi d/L$ | H/H ₀ | K | $k\pi d/L$ | SINH $k\pi d/L$ | COSH $k\pi d/L$ | n | c_0/c_0 | M |
|---------|--------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|-------|------------|--------------------|--------------------|-------|-----------|-------|
| .03000 | .07135 | .4483 | .4205 | .4634 | 1.1021 | 1.125 | .9073 | .8966 | 1.022 | 1.130 | .9388 | .3947 | 27.9 |
| .03100 | .07260 | .4562 | .4269 | .4721 | 1.1059 | 1.118 | .9042 | .9124 | 1.044 | 1.146 | .9369 | .4000 | 27.1 |
| .03200 | .07385 | .4640 | .4333 | .4808 | 1.1096 | 1.111 | .9012 | .9280 | 1.067 | 1.162 | .9349 | .4051 | 26.3 |
| .03300 | .07507 | .4717 | .4395 | .4894 | 1.1133 | 1.104 | .8982 | .9434 | 1.090 | 1.179 | .9329 | .4100 | 25.6 |
| .03400 | .07630 | .4794 | .4457 | .4980 | 1.1171 | 1.098 | .8952 | .9588 | 1.113 | 1.196 | .9309 | .4149 | 24.8 |
| .03500 | .07748 | .4868 | .4517 | .5064 | 1.1209 | 1.092 | .8921 | .9737 | 1.135 | 1.513 | .9289 | .4196 | 24.19 |
| .03600 | .07867 | .4943 | .4577 | .5147 | 1.1247 | 1.086 | .8891 | .9886 | 1.158 | 1.530 | .9270 | .4242 | 23.56 |
| .03700 | .07984 | .5017 | .4635 | .5230 | 1.1285 | 1.080 | .8861 | 1.0033 | 1.180 | 1.547 | .9250 | .4287 | 22.97 |
| .03800 | .08100 | .5090 | .4691 | .5312 | 1.1324 | 1.075 | .8831 | 1.018 | 1.203 | 1.564 | .9230 | .4330 | 22.42 |
| .03900 | .08215 | .5162 | .4747 | .5394 | 1.1362 | 1.069 | .8801 | 1.032 | 1.226 | 1.582 | .9211 | .4372 | 21.90 |
| .04000 | .08329 | .5233 | .4802 | .5475 | 1.1401 | 1.064 | .8771 | 1.047 | 1.248 | 1.600 | .9192 | .4414 | 21.40 |
| .04100 | .08442 | .5304 | .4857 | .5556 | 1.1440 | 1.059 | .8741 | 1.061 | 1.271 | 1.617 | .9172 | .4455 | 20.92 |
| .04200 | .08553 | .5374 | .4911 | .5637 | 1.1479 | 1.055 | .8711 | 1.075 | 1.294 | 1.636 | .9153 | .4495 | 20.46 |
| .04300 | .08664 | .5443 | .4964 | .5717 | 1.1518 | 1.050 | .8688 | 1.089 | 1.317 | 1.654 | .9133 | .4534 | 20.03 |
| .04400 | .08774 | .5513 | .5015 | .5796 | 1.1558 | 1.046 | .8652 | 1.103 | 1.340 | 1.672 | .9114 | .4571 | 19.62 |
| .04500 | .08883 | .5581 | .5066 | .5876 | 1.1599 | 1.042 | .8621 | 1.116 | 1.363 | 1.691 | .9095 | .4607 | 19.23 |
| .04600 | .08991 | .5649 | .5116 | .5954 | 1.1639 | 1.038 | .8592 | 1.130 | 1.386 | 1.709 | .9076 | .4643 | 18.85 |
| .04700 | .09098 | .5717 | .5166 | .6033 | 1.1679 | 1.034 | .8562 | 1.143 | 1.409 | 1.728 | .9057 | .4679 | 18.49 |
| .04800 | .09205 | .5784 | .5215 | .6111 | 1.1720 | 1.030 | .8532 | 1.157 | 1.433 | 1.747 | .9037 | .4713 | 18.15 |
| .04900 | .09311 | .5850 | .5263 | .6189 | 1.1760 | 1.026 | .8503 | 1.170 | 1.456 | 1.766 | .9018 | .4746 | 17.82 |
| .05000 | .09416 | .5916 | .5310 | .6267 | 1.1802 | 1.023 | .8473 | 1.183 | 1.479 | 1.785 | .8999 | .4779 | 17.50 |
| .05100 | .09520 | .5981 | .5357 | .6344 | 1.1843 | 1.019 | .8444 | 1.196 | 1.503 | 1.805 | .8980 | .4811 | 17.19 |
| .05200 | .09623 | .6046 | .5403 | .6421 | 1.1884 | 1.016 | .8415 | 1.209 | 1.526 | 1.825 | .8961 | .4842 | 16.90 |
| .05300 | .09726 | .6111 | .5449 | .6499 | 1.1926 | 1.013 | .8385 | 1.222 | 1.550 | 1.845 | .8943 | .4873 | 16.62 |
| .05400 | .09829 | .6176 | .5494 | .6575 | 1.1968 | 1.010 | .8356 | 1.235 | 1.574 | 1.865 | .8924 | .4903 | 16.35 |
| .05500 | .09930 | .6239 | .5538 | .6652 | 1.2011 | 1.007 | .8326 | 1.248 | 1.598 | 1.885 | .8905 | .4932 | 16.09 |
| .05600 | .1003 | .6303 | .5582 | .6729 | 1.2053 | 1.004 | .8297 | 1.261 | 1.622 | 1.906 | .8886 | .4960 | 15.84 |
| .05700 | .1013 | .6366 | .5626 | .6805 | 1.2096 | 1.001 | .8267 | 1.273 | 1.646 | 1.926 | .8867 | .4988 | 15.60 |
| .05800 | .1023 | .6428 | .5668 | .6880 | 1.2138 | .9985 | .8239 | 1.286 | 1.670 | 1.947 | .8849 | .5015 | 15.36 |
| .05900 | .1033 | .6491 | .5711 | .6956 | 1.2181 | .9958 | .8209 | 1.298 | 1.695 | 1.968 | .8830 | .5042 | 15.13 |
| .06000 | .1043 | .6553 | .5753 | .7033 | 1.2225 | .9932 | .8180 | 1.311 | 1.719 | 1.989 | .8811 | .5068 | 14.91 |
| .06100 | .1053 | .6616 | .5794 | .7110 | 1.2270 | .9907 | .8150 | 1.3231 | 1.744 | 2.011 | .8792 | .5094 | 14.70 |
| .06200 | .1063 | .6678 | .5834 | .7187 | 1.2315 | .9883 | .8121 | 1.336 | 1.770 | 2.033 | .8773 | .5119 | 14.50 |
| .06300 | .1073 | .6739 | .5874 | .7264 | 1.2359 | .9860 | .8093 | 1.348 | 1.795 | 2.055 | .8755 | .5143 | 14.30 |
| .06400 | .1082 | .6799 | .5914 | .7335 | 1.2402 | .9837 | .8063 | 1.360 | 1.819 | 2.076 | .8737 | .5167 | 14.11 |
| .06500 | .1092 | .6860 | .5954 | .7411 | 1.2447 | .9815 | .8035 | 1.372 | 1.845 | 2.098 | .8719 | .5191 | 13.92 |
| .06600 | .1101 | .6920 | .5993 | .7486 | 1.2492 | .9793 | .8005 | 1.384 | 1.870 | 2.121 | .8700 | .5214 | 13.74 |
| .06700 | .1111 | .6981 | .6031 | .7561 | 1.2537 | .9772 | .7977 | 1.396 | 1.896 | 2.144 | .8682 | .5236 | 13.57 |
| .06800 | .1120 | .7037 | .6069 | .7633 | 1.2580 | .9752 | .7948 | 1.408 | 1.921 | 2.166 | .8664 | .5258 | 13.40 |
| .06900 | .1130 | .7099 | .6106 | .7711 | 1.2628 | .9732 | .7919 | 1.420 | 1.948 | 2.189 | .8646 | .5279 | 13.24 |
| .07000 | .1139 | .7157 | .6144 | .7783 | 1.2672 | .9713 | .7890 | 1.432 | 1.974 | 2.213 | .8627 | .5300 | 13.08 |
| .07100 | .1149 | .7219 | .6181 | .7863 | 1.2721 | .9694 | .7861 | 1.444 | 2.000 | 2.236 | .8609 | .5321 | 12.92 |
| .07200 | .1158 | .7277 | .6217 | .7937 | 1.2767 | .9676 | .7833 | 1.455 | 2.026 | 2.260 | .8591 | .5341 | 12.77 |
| .07300 | .1168 | .7336 | .6252 | .8011 | 1.2813 | .9658 | .7804 | 1.467 | 2.053 | 2.284 | .8572 | .5360 | 12.62 |
| .07400 | .1177 | .7395 | .6289 | .8088 | 1.2861 | .9641 | .7775 | 1.479 | 2.080 | 2.308 | .8554 | .5380 | 12.48 |
| .07500 | .1186 | .7453 | .6324 | .8162 | 1.2908 | .9624 | .7747 | 1.490 | 2.107 | 2.332 | .8537 | .5399 | 12.34 |
| .07600 | .1195 | .7511 | .6359 | .8237 | 1.2956 | .9607 | .7719 | 1.502 | 2.135 | 2.357 | .8519 | .5417 | 12.21 |
| .07700 | .1205 | .7569 | .6392 | .8312 | 1.3004 | .9591 | .7690 | 1.514 | 2.162 | 2.382 | .8501 | .5435 | 12.08 |
| .07800 | .1214 | .7625 | .6427 | .8386 | 1.3051 | .9576 | .7662 | 1.525 | 2.189 | 2.407 | .8483 | .5452 | 11.95 |
| .07900 | .1223 | .7683 | .6460 | .8462 | 1.3100 | .9562 | .7634 | 1.537 | 2.217 | 2.432 | .8465 | .5469 | 11.83 |
| .08000 | .1232 | .7741 | .6493 | .8538 | 1.3149 | .9548 | .7605 | 1.548 | 2.245 | 2.458 | .8448 | .5485 | 11.71 |
| .08100 | .1241 | .7799 | .6526 | .8614 | 1.3198 | .9534 | .7577 | 1.560 | 2.274 | 2.484 | .8430 | .5501 | 11.59 |
| .08200 | .1251 | .7854 | .6558 | .8687 | 1.3246 | .9520 | .7549 | 1.571 | 2.303 | 2.511 | .8413 | .5517 | 11.47 |
| .08300 | .1259 | .7911 | .6590 | .8762 | 1.3295 | .9506 | .7522 | 1.583 | 2.331 | 2.537 | .8395 | .5533 | 11.36 |
| .08400 | .1268 | .7967 | .6622 | .8837 | 1.3345 | .9493 | .7494 | 1.594 | 2.360 | 2.563 | .8378 | .5548 | 11.25 |
| .08500 | .1277 | .8026 | .6655 | .8915 | 1.3397 | .9481 | .7464 | 1.605 | 2.389 | 2.590 | .8360 | .5563 | 11.14 |
| .08600 | .1286 | .8080 | .6685 | .8989 | 1.3446 | .9469 | .7437 | 1.616 | 2.418 | 2.617 | .8342 | .5577 | 11.04 |
| .08700 | .1295 | .8137 | .6716 | .9064 | 1.3497 | .9457 | .7409 | 1.628 | 2.448 | 2.644 | .8325 | .5591 | 10.94 |
| .08800 | .1304 | .8193 | .6747 | .9141 | 1.3548 | .9445 | .7381 | 1.639 | 2.478 | 2.672 | .8308 | .5605 | 10.84 |
| .08900 | .1313 | .8250 | .6778 | .9218 | 1.3600 | .9433 | .7353 | 1.650 | 2.508 | 2.700 | .8290 | .5619 | 10.74 |

Table C 1 - Continued

| d/L_0 | d/L | $2\pi d/L$ | TANH $2\pi d/L$ | SINH $2\pi d/L$ | COSH $2\pi d/L$ | K/H_0 | K | $L\pi d/L$ | SINH $L\pi d/L$ | COSH $L\pi d/L$ | n | C_c/C_0 | γ |
|---------|-------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|-------|------------|--------------------|--------------------|-------|-----------|----------|
| .09000 | .1322 | .8306 | .6808 | .9295 | 1.3653 | .9422 | .7324 | 1.661 | 2.538 | 2.728 | .8273 | .5632 | 10.65 |
| .09100 | .1331 | .8363 | .6838 | .9372 | 1.3706 | .9411 | .7296 | 1.672 | 2.568 | 2.756 | .8255 | .5645 | 10.55 |
| .09200 | .1340 | .8420 | .6868 | .9450 | 1.3755 | .9401 | .7268 | 1.684 | 2.599 | 2.785 | .8238 | .5658 | 10.46 |
| .09300 | .1349 | .8474 | .6897 | .9525 | 1.3810 | .9391 | .7241 | 1.695 | 2.630 | 2.814 | .8221 | .5670 | 10.37 |
| .09400 | .1357 | .8528 | .6925 | .9600 | 1.3862 | .9381 | .7214 | 1.706 | 2.662 | 2.843 | .8204 | .5682 | 10.29 |
| .09500 | .1366 | .8583 | .6953 | .9677 | 1.3917 | .9371 | .7186 | 1.717 | 2.693 | 2.873 | .8187 | .5693 | 10.21 |
| .09600 | .1375 | .8639 | .6982 | .9755 | 1.3970 | .9362 | .7158 | 1.728 | 2.726 | 2.903 | .8170 | .5704 | 10.12 |
| .09700 | .1384 | .8694 | .7011 | .9832 | 1.4023 | .9353 | .7131 | 1.739 | 2.757 | 2.933 | .8153 | .5716 | 10.04 |
| .09800 | .1392 | .8749 | .7039 | .9908 | 1.4077 | .9344 | .7104 | 1.750 | 2.790 | 2.963 | .8136 | .5727 | 9.962 |
| .09900 | .1401 | .8803 | .7066 | .9985 | 1.4131 | .9335 | .7076 | 1.761 | 2.822 | 2.994 | .8120 | .5737 | 9.884 |
| .1000 | .1410 | .8858 | .7093 | 1.006 | 1.4187 | .9327 | .7049 | 1.772 | 2.855 | 3.025 | .8103 | .5747 | 9.808 |
| .1010 | .1419 | .8913 | .7120 | 1.014 | 1.4242 | .9319 | .7022 | 1.783 | 2.888 | 3.057 | .8086 | .5757 | 9.734 |
| .1020 | .1427 | .8967 | .7147 | 1.022 | 1.4297 | .9311 | .6994 | 1.793 | 2.922 | 3.088 | .8069 | .5766 | 9.661 |
| .1030 | .1436 | .9023 | .7173 | 1.030 | 1.4354 | .9304 | .6967 | 1.805 | 2.956 | 3.121 | .8052 | .5776 | 9.590 |
| .1040 | .1445 | .9076 | .7200 | 1.037 | 1.4410 | .9297 | .6940 | 1.815 | 2.990 | 3.153 | .8036 | .5785 | 9.519 |
| .1050 | .1453 | .9130 | .7226 | 1.045 | 1.4465 | .9290 | .6913 | 1.826 | 3.024 | 3.185 | .8019 | .5794 | 9.451 |
| .1060 | .1462 | .9184 | .7252 | 1.053 | 1.4523 | .9282 | .6886 | 1.837 | 3.059 | 3.218 | .8003 | .5803 | 9.384 |
| .1070 | .1470 | .9239 | .7277 | 1.061 | 1.4580 | .9276 | .6859 | 1.848 | 3.094 | 3.251 | .7986 | .5812 | 9.318 |
| .1080 | .1479 | .9293 | .7303 | 1.069 | 1.4638 | .9269 | .6833 | 1.858 | 3.128 | 3.284 | .7970 | .5820 | 9.254 |
| .1090 | .1488 | .9343 | .7327 | 1.076 | 1.4692 | .9263 | .6806 | 1.869 | 3.164 | 3.319 | .7954 | .5828 | 9.191 |
| .1100 | .1496 | .9400 | .7352 | 1.085 | 1.4752 | .9257 | .6779 | 1.880 | 3.201 | 3.353 | .7937 | .5836 | 9.129 |
| .1110 | .1505 | .9456 | .7377 | 1.093 | 1.4814 | .9251 | .6752 | 1.891 | 3.237 | 3.388 | .7920 | .5843 | 9.068 |
| .1120 | .1513 | .9508 | .7402 | 1.101 | 1.4871 | .9245 | .6725 | 1.902 | 3.274 | 3.423 | .7904 | .5850 | 9.009 |
| .1130 | .1522 | .9563 | .7426 | 1.109 | 1.4932 | .9239 | .6697 | 1.913 | 3.312 | 3.459 | .7888 | .5857 | 8.950 |
| .1140 | .1530 | .9616 | .7450 | 1.117 | 1.4990 | .9234 | .6671 | 1.923 | 3.348 | 3.494 | .7872 | .5864 | 8.891 |
| .1150 | .1539 | .9670 | .7474 | 1.125 | 1.5051 | .9228 | .6645 | 1.934 | 3.385 | 3.530 | .7856 | .5871 | 8.835 |
| .1160 | .1547 | .9720 | .7497 | 1.133 | 1.5108 | .9223 | .6619 | 1.944 | 3.423 | 3.566 | .7840 | .5878 | 8.780 |
| .1170 | .1556 | .9775 | .7520 | 1.141 | 1.5171 | .9218 | .6592 | 1.955 | 3.462 | 3.603 | .7824 | .5884 | 8.726 |
| .1180 | .1564 | .9827 | .7543 | 1.149 | 1.5230 | .9214 | .6566 | 1.966 | 3.501 | 3.641 | .7808 | .5890 | 8.673 |
| .1190 | .1573 | .9882 | .7566 | 1.157 | 1.5293 | .9209 | .6539 | 1.977 | 3.540 | 3.678 | .7792 | .5896 | 8.621 |
| .1200 | .1581 | .9936 | .7589 | 1.165 | 1.5356 | .9204 | .6512 | 1.987 | 3.579 | 3.716 | .7776 | .5902 | 8.569 |
| .1210 | .1590 | .9989 | .7612 | 1.174 | 1.5418 | .9200 | .6486 | 1.998 | 3.620 | 3.755 | .7760 | .5907 | 8.518 |
| .1220 | .1598 | 1.004 | .7634 | 1.182 | 1.5479 | .9195 | .6460 | 2.008 | 3.659 | 3.793 | .7745 | .5913 | 8.468 |
| .1230 | .1607 | 1.010 | .7656 | 1.190 | 1.5546 | .9192 | .6433 | 2.019 | 3.699 | 3.832 | .7729 | .5918 | 8.419 |
| .1240 | .1615 | 1.015 | .7678 | 1.198 | 1.5605 | .9189 | .6407 | 2.030 | 3.740 | 3.871 | .7713 | .5922 | 8.371 |
| .1250 | .1624 | 1.020 | .7700 | 1.207 | 1.5674 | .9186 | .6381 | 2.041 | 3.782 | 3.912 | .7698 | .5926 | 8.324 |
| .1260 | .1632 | 1.025 | .7721 | 1.215 | 1.5734 | .9182 | .6356 | 2.052 | 3.824 | 3.952 | .7682 | .5931 | 8.278 |
| .1270 | .1640 | 1.030 | .7742 | 1.223 | 1.5795 | .9178 | .6331 | 2.061 | 3.865 | 3.992 | .7667 | .5936 | 8.233 |
| .1280 | .1649 | 1.036 | .7763 | 1.231 | 1.5862 | .9175 | .6305 | 2.072 | 3.907 | 4.033 | .7652 | .5940 | 8.189 |
| .1290 | .1657 | 1.041 | .7783 | 1.240 | 1.5927 | .9172 | .6279 | 2.082 | 3.950 | 4.074 | .7637 | .5944 | 8.146 |
| .1300 | .1665 | 1.046 | .7804 | 1.248 | 1.5990 | .9169 | .6254 | 2.093 | 3.992 | 4.115 | .7621 | .5948 | 8.103 |
| .1310 | .1674 | 1.052 | .7824 | 1.257 | 1.6060 | .9166 | .6228 | 2.104 | 4.036 | 4.158 | .7606 | .5951 | 8.061 |
| .1320 | .1682 | 1.057 | .7844 | 1.265 | 1.6124 | .9164 | .6202 | 2.114 | 4.080 | 4.201 | .7591 | .5954 | 8.020 |
| .1330 | .1691 | 1.062 | .7865 | 1.273 | 1.6191 | .9161 | .6176 | 2.125 | 4.125 | 4.245 | .7575 | .5958 | 7.978 |
| .1340 | .1699 | 1.068 | .7885 | 1.282 | 1.6260 | .9158 | .6150 | 2.135 | 4.169 | 4.288 | .7560 | .5961 | 7.937 |
| .1350 | .1708 | 1.073 | .7905 | 1.291 | 1.633 | .9156 | .6123 | 2.146 | 4.217 | 4.334 | .7545 | .5964 | 7.897 |
| .1360 | .1716 | 1.078 | .7925 | 1.300 | 1.640 | .9154 | .6098 | 2.156 | 4.262 | 4.378 | .7530 | .5967 | 7.857 |
| .1370 | .1724 | 1.084 | .7945 | 1.308 | 1.647 | .9152 | .6073 | 2.167 | 4.309 | 4.423 | .7515 | .5969 | 7.819 |
| .1380 | .1733 | 1.089 | .7964 | 1.317 | 1.654 | .9150 | .6047 | 2.177 | 4.355 | 4.468 | .7500 | .5972 | 7.781 |
| .1390 | .1741 | 1.094 | .7983 | 1.326 | 1.660 | .9148 | .6022 | 2.188 | 4.402 | 4.514 | .7485 | .5975 | 7.744 |
| .1400 | .1749 | 1.099 | .8002 | 1.334 | 1.667 | .9146 | .6000 | 2.198 | 4.450 | 4.561 | .7471 | .5978 | 7.707 |
| .1410 | .1758 | 1.105 | .8021 | 1.343 | 1.675 | .9144 | .5972 | 2.209 | 4.498 | 4.607 | .7456 | .5980 | 7.671 |
| .1420 | .1766 | 1.110 | .8039 | 1.352 | 1.681 | .9142 | .5947 | 2.219 | 4.546 | 4.654 | .7441 | .5982 | 7.636 |
| .1430 | .1774 | 1.115 | .8057 | 1.360 | 1.688 | .9141 | .5923 | 2.230 | 4.595 | 4.663 | .7426 | .5984 | 7.602 |
| .1440 | .1783 | 1.120 | .8076 | 1.369 | 1.696 | .9140 | .5898 | 2.240 | 4.644 | 4.751 | .7412 | .5986 | 7.567 |
| .1450 | .1791 | 1.125 | .8094 | 1.378 | 1.703 | .9139 | .5873 | 2.251 | 4.695 | 4.800 | .7397 | .5987 | 7.533 |
| .1460 | .1800 | 1.131 | .8112 | 1.388 | 1.710 | .9137 | .5847 | 2.261 | 4.746 | 4.850 | .7382 | .5989 | 7.499 |
| .1470 | .1808 | 1.136 | .8131 | 1.397 | 1.718 | .9136 | .5822 | 2.272 | 4.798 | 4.901 | .7366 | .5990 | 7.465 |
| .1480 | .1815 | 1.141 | .8149 | 1.405 | 1.725 | .9135 | .5798 | 2.282 | 4.847 | 4.951 | .7354 | .5992 | 7.432 |
| .1490 | .1825 | 1.146 | .8166 | 1.415 | 1.732 | .9134 | .5773 | 2.293 | 4.901 | 5.001 | .7339 | .5993 | 7.400 |

Table C - 1 Continued

| d/L ₀ | d/L | 2π d/L | TANH 2π d/L | SINH 2π d/L | COSH 2π d/L | H/H' ° | K | kπ d/L | SINH kπ d/L | COSH kπ d/L | n | c ₀ /c _∞ | M |
|------------------|-------|--------|----------------|----------------|----------------|-----------|-------|--------|----------------|----------------|-------|--------------------------------|-------|
| .1500 | .1833 | 1.152 | .8183 | 1.424 | 1.740 | .9133 | .5748 | 2.303 | 4.994 | 5.054 | .7325 | .5994 | 7.369 |
| .1510 | .1841 | 1.157 | .8200 | 1.433 | 1.747 | .9133 | .5723 | 2.314 | 5.007 | 5.106 | .7311 | .5994 | 7.339 |
| .1520 | .1850 | 1.162 | .8217 | 1.442 | 1.755 | .9132 | .5699 | 2.324 | 5.061 | 5.159 | .7296 | .5995 | 7.309 |
| .1530 | .1858 | 1.167 | .8234 | 1.451 | 1.762 | .9132 | .5675 | 2.335 | 5.115 | 5.212 | .7282 | .5996 | 7.279 |
| .1540 | .1866 | 1.173 | .8250 | 1.460 | 1.770 | .9132 | .5651 | 2.345 | 5.169 | 5.265 | .7268 | .5996 | 7.250 |
| .1550 | .1875 | 1.178 | .8267 | 1.469 | 1.777 | .9131 | .5627 | 2.356 | 5.225 | 5.320 | .7254 | .5997 | 7.221 |
| .1560 | .1883 | 1.183 | .8284 | 1.479 | 1.785 | .9130 | .5602 | 2.366 | 5.283 | 5.376 | .7240 | .5998 | 7.191 |
| .1570 | .1891 | 1.188 | .8301 | 1.488 | 1.793 | .9129 | .5577 | 2.377 | 5.339 | 5.432 | .7226 | .5999 | 7.162 |
| .1580 | .1900 | 1.194 | .8317 | 1.498 | 1.801 | .9130 | .5552 | 2.387 | 5.398 | 5.490 | .7212 | .5998 | 7.134 |
| .1590 | .1908 | 1.199 | .8333 | 1.507 | 1.809 | .9130 | .5528 | 2.398 | 5.454 | 5.544 | .7198 | .5998 | 7.107 |
| .1600 | .1917 | 1.204 | .8349 | 1.517 | 1.817 | .9130 | .5504 | 2.408 | 5.513 | 5.603 | .7184 | .5998 | 7.079 |
| .1610 | .1925 | 1.209 | .8365 | 1.527 | 1.825 | .9130 | .5480 | 2.419 | 5.571 | 5.660 | .7171 | .5998 | 7.052 |
| .1620 | .1933 | 1.215 | .8381 | 1.536 | 1.833 | .9130 | .5456 | 2.429 | 5.630 | 5.718 | .7157 | .5998 | 7.026 |
| .1630 | .1941 | 1.220 | .8396 | 1.546 | 1.841 | .9130 | .5432 | 2.440 | 5.690 | 5.777 | .7144 | .5998 | 7.000 |
| .1640 | .1950 | 1.225 | .8411 | 1.555 | 1.849 | .9130 | .5409 | 2.450 | 5.751 | 5.837 | .7130 | .5998 | 6.975 |
| .1650 | .1958 | 1.230 | .8427 | 1.565 | 1.857 | .9131 | .5385 | 2.461 | 5.813 | 5.898 | .7117 | .5997 | 6.949 |
| .1660 | .1966 | 1.235 | .8442 | 1.574 | 1.865 | .9132 | .5362 | 2.471 | 5.874 | 5.959 | .7103 | .5996 | 6.924 |
| .1670 | .1975 | 1.240 | .8457 | 1.584 | 1.873 | .9132 | .5339 | 2.482 | 5.938 | 6.021 | .7090 | .5996 | 6.900 |
| .1680 | .1983 | 1.246 | .8472 | 1.594 | 1.882 | .9133 | .5315 | 2.492 | 6.003 | 6.085 | .7076 | .5995 | 6.876 |
| .1690 | .1992 | 1.251 | .8486 | 1.604 | 1.890 | .9133 | .5291 | 2.503 | 6.066 | 6.148 | .7063 | .5994 | 6.853 |
| .1700 | .2000 | 1.257 | .8501 | 1.614 | 1.899 | .9134 | .5267 | 2.513 | 6.130 | 6.212 | .7050 | .5993 | 6.830 |
| .1710 | .2008 | 1.262 | .8515 | 1.624 | 1.907 | .9135 | .5243 | 2.523 | 6.197 | 6.275 | .7036 | .5992 | 6.807 |
| .1720 | .2017 | 1.267 | .8529 | 1.634 | 1.915 | .9136 | .5220 | 2.534 | 6.262 | 6.342 | .7023 | .5991 | 6.784 |
| .1730 | .2025 | 1.272 | .8544 | 1.644 | 1.924 | .9137 | .5197 | 2.544 | 6.329 | 6.407 | .7010 | .5989 | 6.761 |
| .1740 | .2033 | 1.277 | .8558 | 1.654 | 1.933 | .9138 | .5174 | 2.555 | 6.395 | 6.473 | .6997 | .5988 | 6.738 |
| .1750 | .2042 | 1.282 | .8572 | 1.664 | 1.941 | .9139 | .5151 | 2.565 | 6.465 | 6.541 | .6984 | .5987 | 6.716 |
| .1760 | .2050 | 1.288 | .8586 | 1.675 | 1.951 | .9140 | .5127 | 2.576 | 6.534 | 6.610 | .6971 | .5985 | 6.694 |
| .1770 | .2058 | 1.293 | .8600 | 1.685 | 1.959 | .9141 | .5104 | 2.586 | 6.603 | 6.679 | .6958 | .5984 | 6.672 |
| .1780 | .2066 | 1.298 | .8614 | 1.695 | 1.968 | .9142 | .5081 | 2.597 | 6.672 | 6.747 | .6946 | .5982 | 6.651 |
| .1790 | .2075 | 1.304 | .8627 | 1.706 | 1.977 | .9144 | .5058 | 2.607 | 6.744 | 6.818 | .6933 | .5980 | 6.631 |
| .1800 | .2083 | 1.309 | .8640 | 1.716 | 1.986 | .9145 | .5036 | 2.618 | 6.818 | 6.891 | .6920 | .5979 | 6.611 |
| .1810 | .2092 | 1.314 | .8653 | 1.727 | 1.995 | .9146 | .5013 | 2.629 | 6.890 | 6.963 | .6907 | .5977 | 6.591 |
| .1820 | .2100 | 1.320 | .8666 | 1.737 | 2.004 | .9148 | .4990 | 2.639 | 6.963 | 7.035 | .6895 | .5975 | 6.571 |
| .1830 | .2108 | 1.325 | .8680 | 1.748 | 2.013 | .9149 | .4967 | 2.650 | 7.038 | 7.109 | .6882 | .5974 | 6.550 |
| .1840 | .2117 | 1.330 | .8693 | 1.758 | 2.022 | .9150 | .4945 | 2.660 | 7.113 | 7.183 | .6870 | .5972 | 6.530 |
| .1850 | .2125 | 1.335 | .8706 | 1.769 | 2.032 | .9152 | .4922 | 2.671 | 7.191 | 7.260 | .6857 | .5969 | 6.511 |
| .1860 | .2134 | 1.341 | .8718 | 1.780 | 2.041 | .9154 | .4899 | 2.681 | 7.267 | 7.336 | .6845 | .5967 | 6.492 |
| .1870 | .2142 | 1.346 | .8731 | 1.791 | 2.051 | .9155 | .4876 | 2.692 | 7.345 | 7.412 | .6832 | .5965 | 6.474 |
| .1880 | .2150 | 1.351 | .8743 | 1.801 | 2.060 | .9157 | .4854 | 2.702 | 7.421 | 7.488 | .6820 | .5963 | 6.456 |
| .1890 | .2159 | 1.356 | .8755 | 1.812 | 2.070 | .9159 | .4832 | 2.712 | 7.500 | 7.566 | .6808 | .5961 | 6.438 |
| .1900 | .2167 | 1.362 | .8767 | 1.823 | 2.079 | .9161 | .4809 | 2.723 | 7.581 | 7.647 | .6796 | .5958 | 6.421 |
| .1910 | .2176 | 1.367 | .8779 | 1.834 | 2.089 | .9163 | .4787 | 2.734 | 7.663 | 7.728 | .6784 | .5955 | 6.403 |
| .1920 | .2184 | 1.372 | .8791 | 1.845 | 2.099 | .9165 | .4765 | 2.744 | 7.746 | 7.810 | .6772 | .5952 | 6.385 |
| .1930 | .2192 | 1.377 | .8803 | 1.856 | 2.108 | .9167 | .4743 | 2.755 | 7.827 | 7.891 | .6760 | .5950 | 6.368 |
| .1940 | .2201 | 1.383 | .8815 | 1.867 | 2.118 | .9169 | .4721 | 2.765 | 7.911 | 7.974 | .6748 | .5948 | 6.351 |
| .1950 | .2209 | 1.388 | .8827 | 1.879 | 2.128 | .9170 | .4699 | 2.776 | 7.996 | 8.059 | .6736 | .5946 | 6.334 |
| .1960 | .2218 | 1.393 | .8839 | 1.890 | 2.138 | .9172 | .4677 | 2.787 | 8.083 | 8.145 | .6724 | .5944 | 6.317 |
| .1970 | .2226 | 1.399 | .8850 | 1.901 | 2.148 | .9174 | .4655 | 2.797 | 8.167 | 8.228 | .6712 | .5941 | 6.300 |
| .1980 | .2234 | 1.404 | .8862 | 1.913 | 2.158 | .9176 | .4633 | 2.808 | 8.256 | 8.316 | .6700 | .5938 | 6.284 |
| .1990 | .2243 | 1.409 | .8873 | 1.924 | 2.169 | .9179 | .4611 | 2.819 | 8.346 | 8.406 | .6689 | .5935 | 6.268 |
| .2000 | .2251 | 1.414 | .8884 | 1.935 | 2.178 | .9181 | .4590 | 2.829 | 8.436 | 8.495 | .6677 | .5932 | 6.253 |
| .2010 | .2260 | 1.420 | .8895 | 1.947 | 2.189 | .9183 | .4569 | 2.840 | 8.524 | 8.583 | .6666 | .5929 | 6.237 |
| .2020 | .2268 | 1.425 | .8906 | 1.959 | 2.199 | .9186 | .4547 | 2.850 | 8.616 | 8.674 | .6654 | .5926 | 6.222 |
| .2030 | .2277 | 1.430 | .8917 | 1.970 | 2.210 | .9188 | .4526 | 2.861 | 8.708 | 8.766 | .6642 | .5923 | 6.206 |
| .2040 | .2285 | 1.436 | .8928 | 1.982 | 2.220 | .9190 | .4504 | 2.872 | 8.803 | 8.860 | .6631 | .5920 | 6.191 |
| .2050 | .2293 | 1.441 | .8939 | 1.994 | 2.231 | .9193 | .4483 | 2.882 | 8.897 | 8.953 | .6620 | .5917 | 6.176 |
| .2060 | .2302 | 1.446 | .8950 | 2.006 | 2.242 | .9195 | .4462 | 2.893 | 8.994 | 9.050 | .6608 | .5914 | 6.161 |
| .2070 | .2310 | 1.451 | .8960 | 2.017 | 2.252 | .9197 | .4441 | 2.903 | 9.090 | 9.144 | .6597 | .5911 | 6.147 |
| .2080 | .2319 | 1.457 | .8971 | 2.030 | 2.263 | .9200 | .4420 | 2.914 | 9.187 | 9.240 | .6586 | .5908 | 6.133 |
| .2090 | .2328 | 1.462 | .8981 | 2.042 | 2.274 | .9202 | .4398 | 2.925 | 9.288 | 9.342 | .6574 | .5905 | 6.119 |

Table C-1 - Continued

| d/L _o | d/L | 2π d/L | 1AMH 2π d/L | 51MH 2π d/L | 60MH 2π d/L | H/H _o | K | L _o d/L | S1MH L _o d/L | CS1H L _o d/L | n | C _o /C _o | M |
|------------------|-------|--------|----------------|----------------|----------------|------------------|-------|--------------------|----------------------------|----------------------------|-------|--------------------------------|-------|
| .2100 | .2336 | 1.468 | .8991 | 2.055 | 2.285 | .9205 | .4377 | 2.936 | 9.389 | 9.442 | .6563 | .5901 | 6.105 |
| .2110 | .2344 | 1.473 | .9001 | 2.066 | 2.295 | .9207 | .4357 | 2.946 | 9.490 | 9.542 | .6552 | .5898 | 6.091 |
| .2120 | .2353 | 1.479 | .9011 | 2.079 | 2.307 | .9210 | .4336 | 2.957 | 9.590 | 9.642 | .6541 | .5894 | 6.077 |
| .2130 | .2361 | 1.484 | .9021 | 2.091 | 2.318 | .9213 | .4315 | 2.967 | 9.693 | 9.744 | .6531 | .5891 | 6.064 |
| .2140 | .2370 | 1.489 | .9031 | 2.103 | 2.329 | .9215 | .4294 | 2.978 | 9.796 | 9.847 | .6520 | .5888 | 6.051 |
| .2150 | .2378 | 1.494 | .9041 | 2.115 | 2.340 | .9218 | .4274 | 2.989 | 9.902 | 9.952 | .6509 | .5884 | 6.037 |
| .2160 | .2387 | 1.500 | .9051 | 2.128 | 2.351 | .9221 | .4253 | 2.999 | 10.01 | 10.06 | .6498 | .5881 | 6.024 |
| .2170 | .2395 | 1.506 | .9061 | 2.142 | 2.364 | .9223 | .4232 | 3.010 | 10.12 | 10.17 | .6488 | .5878 | 6.011 |
| .2180 | .2404 | 1.511 | .9070 | 2.154 | 2.375 | .9226 | .4211 | 3.021 | 10.23 | 10.28 | .6477 | .5874 | 5.999 |
| .2190 | .2412 | 1.516 | .9079 | 2.166 | 2.386 | .9228 | .4191 | 3.031 | 10.34 | 10.38 | .6467 | .5871 | 5.987 |
| .2200 | .2421 | 1.521 | .9088 | 2.178 | 2.397 | .9231 | .4171 | 3.042 | 10.45 | 10.50 | .6456 | .5868 | 5.975 |
| .2210 | .2429 | 1.526 | .9097 | 2.192 | 2.409 | .9234 | .4151 | 3.052 | 10.56 | 10.61 | .6446 | .5864 | 5.963 |
| .2220 | .2438 | 1.532 | .9107 | 2.204 | 2.421 | .9236 | .4131 | 3.063 | 10.68 | 10.72 | .6436 | .5861 | 5.951 |
| .2230 | .2446 | 1.537 | .9116 | 2.218 | 2.433 | .9239 | .4111 | 3.074 | 10.79 | 10.84 | .6425 | .5857 | 5.939 |
| .2240 | .2455 | 1.542 | .9125 | 2.230 | 2.444 | .9242 | .4091 | 3.085 | 10.91 | 10.95 | .6414 | .5854 | 5.927 |
| .2250 | .2463 | 1.548 | .9134 | 2.244 | 2.457 | .9245 | .4071 | 3.095 | 11.02 | 11.07 | .6404 | .5850 | 5.915 |
| .2260 | .2472 | 1.553 | .9143 | 2.257 | 2.469 | .9248 | .4051 | 3.106 | 11.15 | 11.19 | .6394 | .5846 | 5.903 |
| .2270 | .2481 | 1.559 | .9152 | 2.271 | 2.481 | .9251 | .4031 | 3.117 | 11.27 | 11.31 | .6383 | .5842 | 5.891 |
| .2280 | .2489 | 1.564 | .9161 | 2.284 | 2.493 | .9254 | .4011 | 3.128 | 11.39 | 11.44 | .6373 | .5838 | 5.880 |
| .2290 | .2498 | 1.569 | .9170 | 2.297 | 2.506 | .9258 | .3991 | 3.138 | 11.51 | 11.56 | .6363 | .5834 | 5.869 |
| .2300 | .2506 | 1.575 | .9178 | 2.311 | 2.518 | .9261 | .3971 | 3.149 | 11.64 | 11.68 | .6353 | .5830 | 5.858 |
| .2310 | .2515 | 1.580 | .9186 | 2.325 | 2.531 | .9264 | .3952 | 3.160 | 11.77 | 11.81 | .6343 | .5826 | 5.848 |
| .2320 | .2523 | 1.585 | .9194 | 2.338 | 2.543 | .9267 | .3932 | 3.171 | 11.90 | 11.93 | .6333 | .5823 | 5.838 |
| .2330 | .2532 | 1.591 | .9203 | 2.352 | 2.556 | .9270 | .3912 | 3.182 | 12.03 | 12.07 | .6323 | .5819 | 5.827 |
| .2340 | .2540 | 1.596 | .9211 | 2.366 | 2.569 | .9273 | .3893 | 3.192 | 12.15 | 12.19 | .6313 | .5815 | 5.816 |
| .2350 | .2549 | 1.602 | .9219 | 2.380 | 2.581 | .9276 | .3874 | 3.203 | 12.29 | 12.33 | .6304 | .5811 | 5.806 |
| .2360 | .2558 | 1.607 | .9227 | 2.393 | 2.594 | .9279 | .3855 | 3.214 | 12.43 | 12.47 | .6294 | .5807 | 5.796 |
| .2370 | .2566 | 1.612 | .9235 | 2.408 | 2.607 | .9282 | .3836 | 3.225 | 12.55 | 12.59 | .6284 | .5804 | 5.786 |
| .2380 | .2575 | 1.618 | .9243 | 2.422 | 2.620 | .9285 | .3816 | 3.236 | 12.69 | 12.73 | .6275 | .5800 | 5.776 |
| .2390 | .2584 | 1.623 | .9251 | 2.436 | 2.634 | .9288 | .3797 | 3.247 | 12.83 | 12.87 | .6265 | .5796 | 5.766 |
| .2400 | .2592 | 1.629 | .9259 | 2.450 | 2.647 | .9291 | .3779 | 3.257 | 12.97 | 13.01 | .6256 | .5792 | 5.756 |
| .2410 | .2601 | 1.634 | .9267 | 2.464 | 2.660 | .9294 | .3760 | 3.268 | 13.11 | 13.15 | .6246 | .5788 | 5.746 |
| .2420 | .2610 | 1.640 | .9275 | 2.480 | 2.674 | .9298 | .3741 | 3.279 | 13.26 | 13.30 | .6237 | .5784 | 5.736 |
| .2430 | .2618 | 1.645 | .9282 | 2.494 | 2.687 | .9301 | .3722 | 3.290 | 13.40 | 13.44 | .6228 | .5780 | 5.727 |
| .2440 | .2627 | 1.650 | .9289 | 2.508 | 2.700 | .9304 | .3704 | 3.301 | 13.55 | 13.59 | .6218 | .5776 | 5.718 |
| .2450 | .2635 | 1.656 | .9296 | 2.523 | 2.714 | .9307 | .3685 | 3.312 | 13.70 | 13.73 | .6209 | .5772 | 5.710 |
| .2460 | .2644 | 1.661 | .9304 | 2.538 | 2.728 | .9310 | .3666 | 3.323 | 13.85 | 13.88 | .6200 | .5768 | 5.701 |
| .2470 | .2653 | 1.667 | .9311 | 2.553 | 2.742 | .9314 | .3648 | 3.334 | 14.00 | 14.04 | .6191 | .5764 | 5.692 |
| .2480 | .2661 | 1.672 | .9318 | 2.568 | 2.755 | .9317 | .3629 | 3.344 | 14.15 | 14.19 | .6182 | .5760 | 5.684 |
| .2490 | .2670 | 1.678 | .9325 | 2.583 | 2.770 | .9320 | .3610 | 3.355 | 14.31 | 14.35 | .6173 | .5756 | 5.675 |
| .2500 | .2679 | 1.683 | .9332 | 2.599 | 2.784 | .9323 | .3592 | 3.367 | 14.47 | 14.51 | .6164 | .5752 | 5.667 |
| .2510 | .2687 | 1.689 | .9339 | 2.614 | 2.798 | .9327 | .3574 | 3.377 | 14.62 | 14.66 | .6155 | .5748 | 5.658 |
| .2520 | .2696 | 1.694 | .9346 | 2.629 | 2.813 | .9330 | .3556 | 3.388 | 14.79 | 14.82 | .6146 | .5744 | 5.650 |
| .2530 | .2705 | 1.700 | .9353 | 2.645 | 2.828 | .9333 | .3537 | 3.399 | 14.95 | 14.99 | .6137 | .5740 | 5.641 |
| .2540 | .2714 | 1.705 | .9360 | 2.660 | 2.842 | .9336 | .3519 | 3.410 | 15.12 | 15.15 | .6128 | .5736 | 5.633 |
| .2550 | .2722 | 1.711 | .9367 | 2.676 | 2.856 | .9340 | .3501 | 3.421 | 15.29 | 15.32 | .6120 | .5732 | 5.624 |
| .2560 | .2731 | 1.716 | .9374 | 2.691 | 2.871 | .9343 | .3483 | 3.432 | 15.45 | 15.49 | .6111 | .5728 | 5.616 |
| .2570 | .2740 | 1.722 | .9381 | 2.707 | 2.886 | .9346 | .3465 | 3.443 | 15.63 | 15.66 | .6102 | .5724 | 5.608 |
| .2580 | .2749 | 1.727 | .9388 | 2.723 | 2.901 | .9349 | .3447 | 3.454 | 15.80 | 15.83 | .6093 | .5720 | 5.600 |
| .2590 | .2757 | 1.732 | .9394 | 2.739 | 2.916 | .9353 | .3430 | 3.465 | 15.97 | 16.00 | .6085 | .5716 | 5.592 |
| .2600 | .2766 | 1.738 | .9400 | 2.755 | 2.931 | .9356 | .3412 | 3.476 | 16.15 | 16.18 | .6076 | .5712 | 5.585 |
| .2610 | .2775 | 1.744 | .9406 | 2.772 | 2.946 | .9360 | .3394 | 3.487 | 16.33 | 16.36 | .6068 | .5707 | 5.578 |
| .2620 | .2784 | 1.749 | .9412 | 2.788 | 2.962 | .9363 | .3376 | 3.498 | 16.51 | 16.54 | .6060 | .5703 | 5.571 |
| .2630 | .2792 | 1.755 | .9418 | 2.804 | 2.977 | .9367 | .3359 | 3.509 | 16.69 | 16.73 | .6052 | .5699 | 5.563 |
| .2640 | .2801 | 1.760 | .9425 | 2.820 | 2.992 | .9370 | .3342 | 3.520 | 16.88 | 16.91 | .6043 | .5695 | 5.556 |
| .2650 | .2810 | 1.766 | .9431 | 2.837 | 3.008 | .9373 | .3325 | 3.531 | 17.07 | 17.10 | .6035 | .5691 | 5.548 |
| .2660 | .2819 | 1.771 | .9437 | 2.853 | 3.023 | .9377 | .3308 | 3.542 | 17.26 | 17.29 | .6027 | .5687 | 5.541 |
| .2670 | .2827 | 1.776 | .9443 | 2.870 | 3.039 | .9380 | .3291 | 3.553 | 17.45 | 17.48 | .6018 | .5683 | 5.534 |
| .2680 | .2836 | 1.782 | .9449 | 2.886 | 3.055 | .9383 | .3274 | 3.564 | 17.64 | 17.67 | .6010 | .5679 | 5.527 |
| .2690 | .2845 | 1.788 | .9455 | 2.904 | 3.071 | .9386 | .3256 | 3.575 | 17.84 | 17.87 | .6002 | .5675 | 5.520 |

Table C - 1 Continued

| d/L _o | n/L | 2" d/L | TANH 2" d/L | SINH 2" d/L | COSH 2" d/L | H/H _o | K | L" d/L | SINH L" d/L | COSH L" d/L | n | C _o /C _o | M |
|------------------|-------|--------|----------------|----------------|----------------|------------------|-------|--------|----------------|----------------|-------|--------------------------------|-------|
| .2700 | .2854 | 1.793 | .9451 | 2.921 | 3.088 | .9390 | .3239 | 3.587 | 18.04 | 18.07 | .5924 | .5671 | 5.513 |
| .2710 | .2863 | 1.799 | .9467 | 2.938 | 3.104 | .9393 | .3222 | 3.598 | 18.24 | 18.27 | .5926 | .5667 | 5.506 |
| .2720 | .2872 | 1.804 | .9473 | 2.956 | 3.120 | .9396 | .3205 | 3.610 | 18.46 | 18.49 | .5928 | .5663 | 5.499 |
| .2730 | .2880 | 1.810 | .9478 | 2.973 | 3.136 | .9400 | .3189 | 3.620 | 18.65 | 18.67 | .5931 | .5659 | 5.493 |
| .2740 | .2889 | 1.815 | .9484 | 2.990 | 3.153 | .9403 | .3172 | 3.631 | 18.86 | 18.89 | .5933 | .5655 | 5.486 |
| .2750 | .2898 | 1.821 | .9490 | 3.008 | 3.170 | .9406 | .3155 | 3.642 | 19.07 | 19.10 | .5935 | .5651 | 5.480 |
| .2760 | .2907 | 1.826 | .9495 | 3.025 | 3.186 | .9410 | .3139 | 3.653 | 19.28 | 19.30 | .5937 | .5647 | 5.474 |
| .2770 | .2916 | 1.832 | .9500 | 3.043 | 3.203 | .9413 | .3122 | 3.664 | 19.49 | 19.51 | .5940 | .5643 | 5.468 |
| .2780 | .2924 | 1.837 | .9505 | 3.061 | 3.220 | .9416 | .3106 | 3.675 | 19.71 | 19.74 | .5942 | .5639 | 5.462 |
| .2790 | .2933 | 1.843 | .9511 | 3.079 | 3.237 | .9420 | .3089 | 3.686 | 19.93 | 19.96 | .5945 | .5635 | 5.456 |
| .2800 | .2942 | 1.849 | .9516 | 3.097 | 3.254 | .9423 | .3073 | 3.697 | 20.16 | 20.18 | .5947 | .5631 | 5.450 |
| .2810 | .2951 | 1.854 | .9521 | 3.115 | 3.272 | .9426 | .3057 | 3.709 | 20.39 | 20.41 | .5949 | .5627 | 5.444 |
| .2820 | .2960 | 1.860 | .9526 | 3.133 | 3.289 | .9430 | .3040 | 3.720 | 20.62 | 20.64 | .5952 | .5623 | 5.438 |
| .2830 | .2969 | 1.866 | .9532 | 3.152 | 3.307 | .9433 | .3024 | 3.731 | 20.85 | 20.87 | .5955 | .5619 | 5.432 |
| .2840 | .2978 | 1.871 | .9537 | 3.171 | 3.325 | .9436 | .3008 | 3.742 | 21.09 | 21.11 | .5957 | .5615 | 5.426 |
| .2850 | .2987 | 1.877 | .9542 | 3.190 | 3.343 | .9440 | .2992 | 3.754 | 21.33 | 21.35 | .5960 | .5611 | 5.420 |
| .2860 | .2996 | 1.882 | .9547 | 3.209 | 3.361 | .9443 | .2976 | 3.765 | 21.57 | 21.59 | .5963 | .5607 | 5.414 |
| .2870 | .3005 | 1.888 | .9552 | 3.228 | 3.379 | .9446 | .2959 | 3.776 | 21.82 | 21.84 | .5966 | .5603 | 5.409 |
| .2880 | .3014 | 1.893 | .9557 | 3.246 | 3.396 | .9449 | .2944 | 3.787 | 22.05 | 22.07 | .5969 | .5600 | 5.403 |
| .2890 | .3022 | 1.899 | .9562 | 3.264 | 3.414 | .9452 | .2929 | 3.798 | 22.30 | 22.32 | .5972 | .5596 | 5.397 |
| .2900 | .3031 | 1.905 | .9567 | 3.284 | 3.433 | .9456 | .2913 | 3.809 | 22.54 | 22.57 | .5975 | .5592 | 5.392 |
| .2910 | .3040 | 1.910 | .9572 | 3.303 | 3.451 | .9459 | .2898 | 3.821 | 22.81 | 22.83 | .5978 | .5588 | 5.386 |
| .2920 | .3049 | 1.916 | .9577 | 3.323 | 3.471 | .9463 | .2882 | 3.832 | 23.07 | 23.09 | .5981 | .5584 | 5.380 |
| .2930 | .3058 | 1.922 | .9581 | 3.343 | 3.490 | .9466 | .2866 | 3.843 | 23.33 | 23.35 | .5984 | .5580 | 5.375 |
| .2940 | .3067 | 1.927 | .9585 | 3.362 | 3.508 | .9469 | .2851 | 3.855 | 23.60 | 23.62 | .5987 | .5576 | 5.371 |
| .2950 | .3076 | 1.933 | .9590 | 3.382 | 3.527 | .9473 | .2835 | 3.866 | 23.86 | 23.88 | .5990 | .5572 | 5.366 |
| .2960 | .3085 | 1.938 | .9594 | 3.402 | 3.546 | .9476 | .2820 | 3.877 | 24.12 | 24.15 | .5993 | .5568 | 5.361 |
| .2970 | .3094 | 1.944 | .9599 | 3.422 | 3.565 | .9480 | .2805 | 3.888 | 24.40 | 24.42 | .5996 | .5564 | 5.356 |
| .2980 | .3103 | 1.950 | .9603 | 3.442 | 3.585 | .9483 | .2790 | 3.900 | 24.68 | 24.70 | .5999 | .5560 | 5.351 |
| .2990 | .3112 | 1.955 | .9607 | 3.462 | 3.604 | .9486 | .2775 | 3.911 | 24.96 | 24.98 | .6002 | .5556 | 5.347 |
| .3000 | .3121 | 1.961 | .9611 | 3.483 | 3.624 | .9490 | .2760 | 3.922 | 25.24 | 25.26 | .6005 | .5552 | 5.342 |
| .3010 | .3130 | 1.967 | .9616 | 3.503 | 3.643 | .9493 | .2745 | 3.933 | 25.53 | 25.55 | .6008 | .5549 | 5.337 |
| .3020 | .3139 | 1.972 | .9620 | 3.524 | 3.663 | .9496 | .2730 | 3.945 | 25.82 | 25.83 | .6011 | .5545 | 5.332 |
| .3030 | .3148 | 1.978 | .9624 | 3.545 | 3.683 | .9499 | .2715 | 3.956 | 26.12 | 26.14 | .6014 | .5541 | 5.328 |
| .3040 | .3157 | 1.984 | .9629 | 3.566 | 3.703 | .9502 | .2700 | 3.968 | 26.42 | 26.44 | .6017 | .5538 | 5.323 |
| .3050 | .3166 | 1.989 | .9633 | 3.587 | 3.724 | .9505 | .2685 | 3.979 | 26.72 | 26.74 | .6020 | .5534 | 5.318 |
| .3060 | .3175 | 1.995 | .9637 | 3.609 | 3.745 | .9509 | .2670 | 3.990 | 27.02 | 27.04 | .6023 | .5530 | 5.314 |
| .3070 | .3184 | 2.001 | .9641 | 3.630 | 3.765 | .9512 | .2656 | 4.002 | 27.33 | 27.35 | .6026 | .5527 | 5.309 |
| .3080 | .3193 | 2.007 | .9645 | 3.651 | 3.786 | .9515 | .2641 | 4.013 | 27.65 | 27.66 | .6029 | .5523 | 5.305 |
| .3090 | .3202 | 2.012 | .9649 | 3.673 | 3.806 | .9518 | .2627 | 4.024 | 27.96 | 27.98 | .6032 | .5519 | 5.300 |
| .3100 | .3211 | 2.018 | .9653 | 3.694 | 3.827 | .9522 | .2613 | 4.036 | 28.28 | 28.30 | .6035 | .5515 | 5.296 |
| .3110 | .3220 | 2.023 | .9656 | 3.716 | 3.848 | .9525 | .2599 | 4.047 | 28.60 | 28.62 | .6038 | .5511 | 5.292 |
| .3120 | .3230 | 2.029 | .9660 | 3.738 | 3.870 | .9528 | .2584 | 4.058 | 28.93 | 28.95 | .6041 | .5507 | 5.288 |
| .3130 | .3239 | 2.035 | .9664 | 3.760 | 3.891 | .9531 | .2570 | 4.070 | 29.27 | 29.28 | .6044 | .5504 | 5.284 |
| .3140 | .3248 | 2.041 | .9668 | 3.782 | 3.912 | .9535 | .2556 | 4.081 | 29.60 | 29.62 | .6047 | .5500 | 5.280 |
| .3150 | .3257 | 2.046 | .9672 | 3.805 | 3.934 | .9538 | .2542 | 4.093 | 29.94 | 29.96 | .6050 | .5497 | 5.276 |
| .3160 | .3266 | 2.052 | .9676 | 3.828 | 3.956 | .9541 | .2528 | 4.104 | 30.29 | 30.31 | .6053 | .5494 | 5.272 |
| .3170 | .3275 | 2.058 | .9679 | 3.851 | 3.978 | .9544 | .2514 | 4.116 | 30.64 | 30.65 | .6056 | .5490 | 5.268 |
| .3180 | .3284 | 2.063 | .9682 | 3.873 | 4.000 | .9547 | .2500 | 4.127 | 30.99 | 31.00 | .6059 | .5486 | 5.264 |
| .3190 | .3294 | 2.069 | .9686 | 3.896 | 4.022 | .9550 | .2486 | 4.139 | 31.35 | 31.37 | .6062 | .5483 | 5.260 |
| .3200 | .3302 | 2.075 | .9690 | 3.919 | 4.045 | .9553 | .2472 | 4.150 | 31.71 | 31.72 | .6065 | .5479 | 5.256 |
| .3210 | .3311 | 2.081 | .9693 | 3.943 | 4.068 | .9556 | .2459 | 4.161 | 32.07 | 32.08 | .6068 | .5476 | 5.252 |
| .3220 | .3321 | 2.086 | .9696 | 3.966 | 4.090 | .9559 | .2445 | 4.173 | 32.44 | 32.46 | .6071 | .5472 | 5.249 |
| .3230 | .3330 | 2.092 | .9700 | 3.990 | 4.114 | .9562 | .2431 | 4.185 | 32.83 | 32.84 | .6074 | .5468 | 5.245 |
| .3240 | .3339 | 2.098 | .9703 | 4.014 | 4.136 | .9565 | .2418 | 4.196 | 33.20 | 33.22 | .6077 | .5465 | 5.241 |
| .3250 | .3349 | 2.104 | .9707 | 4.038 | 4.160 | .9568 | .2404 | 4.208 | 33.60 | 33.61 | .6080 | .5462 | 5.237 |
| .3260 | .3357 | 2.110 | .9710 | 4.061 | 4.183 | .9571 | .2391 | 4.219 | 33.97 | 33.99 | .6083 | .5458 | 5.234 |
| .3270 | .3367 | 2.115 | .9713 | 4.085 | 4.206 | .9574 | .2378 | 4.231 | 34.37 | 34.38 | .6086 | .5455 | 5.231 |
| .3280 | .3376 | 2.121 | .9717 | 4.110 | 4.230 | .9577 | .2364 | 4.242 | 34.77 | 34.79 | .6089 | .5451 | 5.227 |
| .3290 | .3385 | 2.127 | .9720 | 4.135 | 4.254 | .9580 | .2351 | 4.254 | 35.18 | 35.19 | .6092 | .5448 | 5.223 |

Table C-1 - Continued

| d/L | d/L | 2π d/L | L _{WH} 2π d/L | S _{WH} 2π d/L | C _{WH} 2π d/L | H, % | K | L _{TC/L} | S _{WH} L _{TC/L} | C _{WH} L _{TC/L} | n | C _{g/C_o} | M |
|-------|-------|--------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------|-------|-------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------|------------------------------|-------|
| .3300 | .3394 | 2.133 | .9723 | 4.159 | 4.277 | .9583 | .2338 | 4.265 | 35.58 | 35.59 | .5599 | .5444 | 5.220 |
| .3310 | .3403 | 2.138 | .9726 | 4.164 | 4.301 | .9586 | .2325 | 4.277 | 35.99 | 36.00 | .5594 | .5441 | 5.217 |
| .3320 | .3413 | 2.144 | .9729 | 4.209 | 4.326 | .9589 | .2312 | 4.288 | 36.42 | 36.43 | .5589 | .5438 | 5.214 |
| .3330 | .3422 | 2.150 | .9732 | 4.234 | 4.350 | .9592 | .2299 | 4.300 | 36.84 | 36.85 | .5584 | .5434 | 5.210 |
| .3340 | .3431 | 2.156 | .9735 | 4.259 | 4.375 | .9595 | .2286 | 4.311 | 37.25 | 37.27 | .5578 | .5431 | 5.207 |
| .3350 | .3440 | 2.161 | .9738 | 4.284 | 4.399 | .9598 | .2273 | 4.323 | 37.70 | 37.72 | .5573 | .5427 | 5.204 |
| .3360 | .3449 | 2.167 | .9741 | 4.310 | 4.424 | .9601 | .2260 | 4.335 | 38.14 | 38.15 | .5568 | .5424 | 5.201 |
| .3370 | .3459 | 2.173 | .9744 | 4.336 | 4.450 | .9604 | .2247 | 4.346 | 38.59 | 38.60 | .5563 | .5421 | 5.198 |
| .3380 | .3468 | 2.179 | .9747 | 4.361 | 4.474 | .9607 | .2235 | 4.358 | 39.02 | 39.04 | .5558 | .5417 | 5.194 |
| .3390 | .3477 | 2.185 | .9750 | 4.388 | 4.500 | .9610 | .2222 | 4.369 | 39.48 | 39.49 | .5553 | .5414 | 5.191 |
| .3400 | .3488 | 2.190 | .9753 | 4.413 | 4.525 | .9613 | .2210 | 4.381 | 39.95 | 39.96 | .5548 | .5411 | 5.188 |
| .3410 | .3495 | 2.196 | .9756 | 4.439 | 4.550 | .9615 | .2198 | 4.392 | 40.40 | 40.41 | .5543 | .5408 | 5.185 |
| .3420 | .3504 | 2.202 | .9758 | 4.466 | 4.576 | .9618 | .2185 | 4.404 | 40.87 | 40.89 | .5539 | .5405 | 5.182 |
| .3430 | .3514 | 2.208 | .9761 | 4.492 | 4.602 | .9621 | .2173 | 4.416 | 41.36 | 41.37 | .5534 | .5402 | 5.179 |
| .3440 | .3523 | 2.214 | .9764 | 4.521 | 4.630 | .9623 | .2160 | 4.427 | 41.85 | 41.84 | .5529 | .5399 | 5.176 |
| .3450 | .3532 | 2.220 | .9767 | 4.547 | 4.656 | .9626 | .2148 | 4.439 | 42.33 | 42.34 | .5524 | .5396 | 5.173 |
| .3460 | .3542 | 2.225 | .9769 | 4.575 | 4.682 | .9629 | .2136 | 4.451 | 42.83 | 42.84 | .5519 | .5392 | 5.171 |
| .3470 | .3551 | 2.231 | .9772 | 4.602 | 4.709 | .9632 | .2124 | 4.462 | 43.34 | 43.35 | .5515 | .5389 | 5.168 |
| .3480 | .3560 | 2.237 | .9775 | 4.629 | 4.736 | .9635 | .2111 | 4.474 | 43.85 | 43.86 | .5510 | .5386 | 5.165 |
| .3490 | .3570 | 2.243 | .9777 | 4.657 | 4.763 | .9638 | .2099 | 4.486 | 44.37 | 44.40 | .5505 | .5383 | 5.162 |
| .3500 | .3579 | 2.249 | .9780 | 4.685 | 4.791 | .9640 | .2087 | 4.498 | 44.89 | 44.90 | .5501 | .5380 | 5.159 |
| .3510 | .3588 | 2.255 | .9782 | 4.713 | 4.818 | .9643 | .2076 | 4.509 | 45.42 | 45.43 | .5496 | .5377 | 5.157 |
| .3520 | .3598 | 2.260 | .9785 | 4.741 | 4.845 | .9646 | .2064 | 4.521 | 45.95 | 45.96 | .5492 | .5374 | 5.154 |
| .3530 | .3607 | 2.266 | .9787 | 4.770 | 4.873 | .9648 | .2052 | 4.533 | 46.50 | 46.51 | .5487 | .5371 | 5.152 |
| .3540 | .3616 | 2.272 | .9790 | 4.798 | 4.901 | .9651 | .2040 | 4.544 | 47.03 | 47.04 | .5483 | .5368 | 5.149 |
| .3550 | .3625 | 2.278 | .9792 | 4.827 | 4.929 | .9654 | .2029 | 4.556 | 47.59 | 47.60 | .5479 | .5365 | 5.147 |
| .3560 | .3635 | 2.284 | .9795 | 4.856 | 4.957 | .9657 | .2017 | 4.568 | 48.15 | 48.16 | .5474 | .5362 | 5.144 |
| .3570 | .3644 | 2.290 | .9797 | 4.885 | 4.987 | .9659 | .2005 | 4.579 | 48.72 | 48.73 | .5470 | .5359 | 5.141 |
| .3580 | .3653 | 2.296 | .9799 | 4.914 | 5.015 | .9662 | .1994 | 4.591 | 49.29 | 49.30 | .5466 | .5356 | 5.139 |
| .3590 | .3663 | 2.301 | .9801 | 4.944 | 5.044 | .9665 | .1983 | 4.603 | 49.88 | 49.89 | .5461 | .5353 | 5.137 |
| .3600 | .3672 | 2.307 | .9804 | 4.974 | 5.072 | .9667 | .1972 | 4.615 | 50.47 | 50.48 | .5457 | .5350 | 5.134 |
| .3610 | .3682 | 2.313 | .9806 | 5.004 | 5.103 | .9670 | .1960 | 4.627 | 51.08 | 51.09 | .5453 | .5347 | 5.132 |
| .3620 | .3691 | 2.319 | .9808 | 5.034 | 5.132 | .9673 | .1949 | 4.638 | 51.67 | 51.67 | .5449 | .5344 | 5.130 |
| .3630 | .3700 | 2.325 | .9811 | 5.063 | 5.161 | .9675 | .1938 | 4.650 | 52.27 | 52.28 | .5445 | .5342 | 5.127 |
| .3640 | .3709 | 2.331 | .9813 | 5.094 | 5.191 | .9677 | .1926 | 4.661 | 52.89 | 52.90 | .5441 | .5339 | 5.125 |
| .3650 | .3719 | 2.337 | .9815 | 5.124 | 5.221 | .9680 | .1915 | 4.673 | 53.52 | 53.53 | .5437 | .5336 | 5.123 |
| .3660 | .3728 | 2.342 | .9817 | 5.155 | 5.251 | .9683 | .1904 | 4.685 | 54.15 | 54.16 | .5433 | .5333 | 5.121 |
| .3670 | .3737 | 2.348 | .9819 | 5.186 | 5.281 | .9686 | .1894 | 4.697 | 54.78 | 54.79 | .5429 | .5330 | 5.118 |
| .3680 | .3747 | 2.354 | .9821 | 5.217 | 5.312 | .9688 | .1883 | 4.708 | 55.42 | 55.43 | .5425 | .5327 | 5.116 |
| .3690 | .3756 | 2.360 | .9823 | 5.248 | 5.343 | .9690 | .1872 | 4.720 | 56.09 | 56.10 | .5421 | .5325 | 5.114 |
| .3700 | .3766 | 2.366 | .9825 | 5.280 | 5.374 | .9693 | .1861 | 4.732 | 56.76 | 56.77 | .5417 | .5322 | 5.112 |
| .3710 | .3775 | 2.372 | .9827 | 5.312 | 5.406 | .9696 | .1850 | 4.744 | 57.43 | 57.44 | .5413 | .5319 | 5.110 |
| .3720 | .3785 | 2.378 | .9830 | 5.345 | 5.438 | .9698 | .1839 | 4.756 | 58.13 | 58.14 | .5409 | .5317 | 5.107 |
| .3730 | .3794 | 2.384 | .9832 | 5.377 | 5.469 | .9700 | .1828 | 4.768 | 58.82 | 58.83 | .5405 | .5314 | 5.105 |
| .3740 | .3804 | 2.390 | .9834 | 5.410 | 5.502 | .9702 | .1818 | 4.780 | 59.52 | 59.53 | .5402 | .5312 | 5.103 |
| .3750 | .3813 | 2.396 | .9835 | 5.443 | 5.534 | .9705 | .1807 | 4.792 | 60.24 | 60.25 | .5398 | .5309 | 5.101 |
| .3760 | .3822 | 2.402 | .9837 | 5.475 | 5.566 | .9707 | .1797 | 4.803 | 60.95 | 60.95 | .5394 | .5306 | 5.099 |
| .3770 | .3832 | 2.408 | .9839 | 5.508 | 5.598 | .9709 | .1786 | 4.815 | 61.68 | 61.68 | .5390 | .5304 | 5.097 |
| .3780 | .3841 | 2.413 | .9841 | 5.541 | 5.631 | .9712 | .1776 | 4.827 | 62.41 | 62.42 | .5387 | .5301 | 5.095 |
| .3790 | .3850 | 2.419 | .9843 | 5.572 | 5.661 | .9714 | .1766 | 4.838 | 63.13 | 63.14 | .5383 | .5299 | 5.093 |
| .3800 | .3860 | 2.425 | .9845 | 5.609 | 5.697 | .9717 | .1756 | 4.851 | 63.91 | 63.91 | .5380 | .5296 | 5.091 |
| .3810 | .3869 | 2.431 | .9847 | 5.643 | 5.731 | .9719 | .1745 | 4.862 | 64.67 | 64.67 | .5376 | .5294 | 5.090 |
| .3820 | .3879 | 2.437 | .9848 | 5.677 | 5.765 | .9721 | .1735 | 4.875 | 65.45 | 65.46 | .5372 | .5291 | 5.088 |
| .3830 | .3888 | 2.443 | .9850 | 5.712 | 5.798 | .9724 | .1725 | 4.885 | 66.26 | 66.17 | .5369 | .5288 | 5.086 |
| .3840 | .3898 | 2.449 | .9852 | 5.746 | 5.833 | .9726 | .1715 | 4.898 | 67.02 | 67.03 | .5365 | .5286 | 5.084 |
| .3850 | .3907 | 2.455 | .9854 | 5.780 | 5.866 | .9728 | .1705 | 4.910 | 67.80 | 67.81 | .5362 | .5284 | 5.082 |
| .3860 | .3917 | 2.461 | .9855 | 5.814 | 5.900 | .9730 | .1695 | 4.922 | 68.61 | 68.62 | .5359 | .5281 | 5.081 |
| .3870 | .3926 | 2.467 | .9857 | 5.850 | 5.935 | .9732 | .1685 | 4.934 | 69.45 | 69.46 | .5355 | .5279 | 5.079 |
| .3880 | .3936 | 2.473 | .9859 | 5.886 | 5.970 | .9735 | .1675 | 4.946 | 70.28 | 70.29 | .5352 | .5276 | 5.077 |
| .3890 | .3945 | 2.479 | .9860 | 5.921 | 6.005 | .9737 | .1665 | 4.958 | 71.12 | 71.13 | .5349 | .5274 | 5.076 |

Table C 1 Continued

| d/L _o | d/L | 2π d/L | TANH 2π d/L | SINH 2π d/L | COSH 2π d/L | H/H _o | K | 4π d/L | SINH 4π d/L | COSH 4π d/L | n | c _G /c _o | M |
|------------------|-------|--------|----------------|----------------|----------------|------------------|-------|--------|----------------|----------------|-------|--------------------------------|-------|
| .3900 | .3955 | 2.485 | .9862 | 5.957 | 6.040 | .9739 | .1656 | 4.970 | 71.97 | 71.98 | .5345 | .5271 | 5.074 |
| .3910 | .3964 | 2.491 | .9864 | 5.993 | 6.076 | .9741 | .1646 | 4.982 | 72.85 | 72.86 | .5342 | .5269 | 5.072 |
| .3920 | .3974 | 2.497 | .9865 | 6.029 | 6.112 | .9743 | .1636 | 4.993 | 73.72 | 73.72 | .5339 | .5267 | 5.071 |
| .3930 | .3983 | 2.503 | .9867 | 6.066 | 6.148 | .9745 | .1627 | 5.005 | 74.58 | 74.59 | .5336 | .5265 | 5.069 |
| .3940 | .3993 | 2.509 | .9869 | 6.103 | 6.185 | .9748 | .1617 | 5.017 | 75.48 | 75.49 | .5332 | .5262 | 5.067 |
| .3950 | .4002 | 2.515 | .9870 | 6.140 | 6.221 | .9750 | .1608 | 5.029 | 76.40 | 76.40 | .5329 | .5260 | 5.066 |
| .3960 | .4012 | 2.521 | .9872 | 6.177 | 6.258 | .9752 | .1598 | 5.041 | 77.31 | 77.32 | .5326 | .5258 | 5.064 |
| .3970 | .4021 | 2.527 | .9873 | 6.215 | 6.295 | .9754 | .1589 | 5.053 | 78.24 | 78.24 | .5323 | .5255 | 5.063 |
| .3980 | .4031 | 2.532 | .9874 | 6.252 | 6.332 | .9756 | .1579 | 5.065 | 79.19 | 79.19 | .5320 | .5253 | 5.062 |
| .3990 | .4040 | 2.538 | .9876 | 6.290 | 6.369 | .9758 | .1570 | 5.077 | 80.13 | 80.13 | .5317 | .5251 | 5.060 |
| .4000 | .4050 | 2.544 | .9877 | 6.329 | 6.407 | .9761 | .1561 | 5.089 | 81.12 | 81.12 | .5314 | .5248 | 5.058 |
| .4010 | .4059 | 2.550 | .9879 | 6.367 | 6.445 | .9763 | .1552 | 5.101 | 82.07 | 82.07 | .5311 | .5246 | 5.056 |
| .4020 | .4069 | 2.556 | .9880 | 6.406 | 6.483 | .9765 | .1542 | 5.113 | 83.06 | 83.06 | .5308 | .5244 | 5.055 |
| .4030 | .4078 | 2.562 | .9882 | 6.444 | 6.521 | .9766 | .1533 | 5.125 | 84.07 | 84.07 | .5305 | .5242 | 5.053 |
| .4040 | .4088 | 2.568 | .9883 | 6.484 | 6.561 | .9768 | .1524 | 5.137 | 85.11 | 85.12 | .5302 | .5240 | 5.052 |
| .4050 | .4098 | 2.575 | .9885 | 6.525 | 6.601 | .9770 | .1515 | 5.149 | 86.14 | 86.14 | .5299 | .5238 | 5.050 |
| .4060 | .4107 | 2.581 | .9886 | 6.564 | 6.640 | .9772 | .1506 | 5.161 | 87.17 | 87.17 | .5296 | .5236 | 5.049 |
| .4070 | .4116 | 2.586 | .9887 | 6.603 | 6.679 | .9774 | .1497 | 5.173 | 88.19 | 88.20 | .5293 | .5234 | 5.048 |
| .4080 | .4126 | 2.592 | .9889 | 6.644 | 6.718 | .9776 | .1488 | 5.185 | 89.28 | 89.28 | .5290 | .5232 | 5.046 |
| .4090 | .4136 | 2.598 | .9890 | 6.684 | 6.758 | .9778 | .1480 | 5.197 | 90.38 | 90.39 | .5287 | .5229 | 5.045 |
| .4100 | .4145 | 2.604 | .9891 | 6.725 | 6.799 | .9780 | .1471 | 5.209 | 91.44 | 91.44 | .5285 | .5227 | 5.044 |
| .4110 | .4155 | 2.610 | .9892 | 6.766 | 6.839 | .9782 | .1462 | 5.221 | 92.54 | 92.55 | .5282 | .5225 | 5.043 |
| .4120 | .4164 | 2.616 | .9894 | 6.806 | 6.879 | .9784 | .1454 | 5.233 | 93.67 | 93.67 | .5279 | .5223 | 5.041 |
| .4130 | .4174 | 2.623 | .9895 | 6.849 | 6.921 | .9786 | .1445 | 5.245 | 94.83 | 94.83 | .5277 | .5221 | 5.040 |
| .4140 | .4183 | 2.629 | .9896 | 6.890 | 6.963 | .9788 | .1436 | 5.257 | 95.95 | 95.96 | .5274 | .5219 | 5.039 |
| .4150 | .4193 | 2.635 | .9898 | 6.932 | 7.004 | .9790 | .1428 | 5.269 | 97.13 | 97.13 | .5271 | .5217 | 5.037 |
| .4160 | .4203 | 2.641 | .9899 | 6.974 | 7.046 | .9792 | .1419 | 5.281 | 98.29 | 98.30 | .5269 | .5215 | 5.036 |
| .4170 | .4212 | 2.647 | .9900 | 7.018 | 7.088 | .9794 | .1411 | 5.294 | 99.52 | 99.52 | .5266 | .5213 | 5.035 |
| .4180 | .4222 | 2.653 | .9901 | 7.060 | 7.130 | .9795 | .1403 | 5.305 | 100.7 | 100.7 | .5263 | .5211 | 5.034 |
| .4190 | .4231 | 2.659 | .9902 | 7.102 | 7.173 | .9797 | .1394 | 5.317 | 101.9 | 101.9 | .5261 | .5209 | 5.033 |
| .4200 | .4241 | 2.665 | .9904 | 7.146 | 7.215 | .9798 | .1386 | 5.329 | 103.1 | 103.1 | .5258 | .5208 | 5.031 |
| .4210 | .4251 | 2.671 | .9905 | 7.190 | 7.259 | .9800 | .1378 | 5.341 | 104.4 | 104.4 | .5256 | .5206 | 5.030 |
| .4220 | .4260 | 2.677 | .9906 | 7.234 | 7.303 | .9802 | .1369 | 5.353 | 105.7 | 105.7 | .5253 | .5204 | 5.029 |
| .4230 | .4270 | 2.683 | .9907 | 7.279 | 7.349 | .9804 | .1361 | 5.366 | 107.0 | 107.0 | .5251 | .5202 | 5.028 |
| .4240 | .4280 | 2.689 | .9908 | 7.325 | 7.392 | .9806 | .1353 | 5.378 | 108.3 | 108.3 | .5248 | .5200 | 5.027 |
| .4250 | .4289 | 2.695 | .9909 | 7.371 | 7.438 | .9808 | .1345 | 5.390 | 109. | 109.7 | .5246 | .5198 | 5.026 |
| .4260 | .4298 | 2.701 | .9910 | 7.412 | 7.479 | .9810 | .1337 | 5.402 | 110.9 | 110.9 | .5244 | .5196 | 5.025 |
| .4270 | .4308 | 2.707 | .9911 | 7.457 | 7.524 | .9811 | .1329 | 5.414 | 112.2 | 112.2 | .5241 | .5195 | 5.024 |
| .4280 | .4318 | 2.713 | .9912 | 7.503 | 7.570 | .9812 | .1321 | 5.426 | 113.6 | 113.6 | .5239 | .5193 | 5.023 |
| .4290 | .4328 | 2.719 | .9913 | 7.550 | 7.616 | .9814 | .1313 | 5.438 | 115.0 | 115.0 | .5237 | .5191 | 5.022 |
| .4300 | .4337 | 2.725 | .9914 | 7.595 | 7.661 | .9816 | .1305 | 5.450 | 116.4 | 116.4 | .5234 | .5189 | 5.021 |
| .4310 | .4347 | 2.731 | .9915 | 7.642 | 7.707 | .9818 | .1298 | 5.462 | 117.8 | 117.8 | .5232 | .5187 | 5.020 |
| .4320 | .4356 | 2.737 | .9916 | 7.688 | 7.753 | .9819 | .1290 | 5.474 | 119.2 | 119.3 | .5230 | .5186 | 5.019 |
| .4330 | .4366 | 2.743 | .9917 | 7.735 | 7.800 | .9821 | .1282 | 5.486 | 120.7 | 120.7 | .5227 | .5184 | 5.018 |
| .4340 | .4376 | 2.749 | .9918 | 7.783 | 7.847 | .9823 | .1274 | 5.499 | 122.2 | 122.2 | .5225 | .5182 | 5.017 |
| .4350 | .4385 | 2.755 | .9919 | 7.831 | 7.895 | .9824 | .1267 | 5.511 | 123.7 | 123.7 | .5223 | .5181 | 5.016 |
| .4360 | .4395 | 2.762 | .9920 | 7.880 | 7.943 | .9826 | .1259 | 5.523 | 125.2 | 125.2 | .5221 | .5179 | 5.015 |
| .4370 | .4405 | 2.768 | .9921 | 7.922 | 7.991 | .9828 | .1251 | 5.535 | 126.7 | 126.7 | .5218 | .5177 | 5.014 |
| .4380 | .4414 | 2.774 | .9922 | 7.975 | 8.035 | .9829 | .1244 | 5.547 | 128.3 | 128.3 | .5216 | .5176 | 5.013 |
| .4390 | .4424 | 2.780 | .9923 | 8.026 | 8.088 | .9830 | .1236 | 5.560 | 129.9 | 129.9 | .5214 | .5174 | 5.012 |
| .4400 | .4434 | 2.786 | .9924 | 8.075 | 8.136 | .9832 | .1229 | 5.572 | 131.4 | 131.4 | .5212 | .5172 | 5.011 |
| .4410 | .4443 | 2.792 | .9925 | 8.124 | 8.185 | .9833 | .1222 | 5.584 | 133.0 | 133.0 | .5210 | .5171 | 5.010 |
| .4420 | .4453 | 2.798 | .9926 | 8.175 | 8.236 | .9835 | .1214 | 5.596 | 134.7 | 134.7 | .5208 | .5169 | 5.009 |
| .4430 | .4463 | 2.804 | .9927 | 8.228 | 8.285 | .9836 | .1207 | 5.608 | 136.3 | 136.3 | .5206 | .5168 | 5.008 |
| .4440 | .4472 | 2.810 | .9928 | 8.274 | 8.334 | .9838 | .1200 | 5.620 | 137.9 | 137.9 | .5204 | .5166 | 5.007 |
| .4450 | .4482 | 2.816 | .9929 | 8.326 | 8.387 | .9839 | .1192 | 5.632 | 139.6 | 139.7 | .5202 | .5165 | 5.006 |
| .4460 | .4492 | 2.822 | .9930 | 8.379 | 8.438 | .9841 | .1185 | 5.644 | 141.4 | 141.4 | .5200 | .5163 | 5.005 |
| .4470 | .4501 | 2.828 | .9930 | 8.427 | 8.486 | .9843 | .1178 | 5.657 | 143.1 | 143.1 | .5198 | .5161 | 5.005 |
| .4480 | .4511 | 2.834 | .9931 | 8.481 | 8.540 | .9844 | .1171 | 5.669 | 144.8 | 144.8 | .5196 | .5160 | 5.004 |
| .4490 | .4521 | 2.840 | .9932 | 8.532 | 8.590 | .9846 | .1164 | 5.681 | 146.6 | 146.6 | .5194 | .5158 | 5.003 |

Table C-1 Continued

| d/L _o | d/L | 2 ⁿ d/L | TANH 2 ⁿ d/L | SINH 2 ⁿ d/L | COSH 2 ⁿ d/L | K/H _o | K | L ⁿ d/L | SINH L ⁿ d/L | COSH L ⁿ d/L | n | C _o /C _o | K |
|------------------|-------|--------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|--------|--------------------|----------------------------|----------------------------|-------|--------------------------------|-------|
| .4500 | .4531 | 2.847 | .9933 | 8.585 | 8.643 | .9847 | .1157 | 5.693 | 148.4 | 148.4 | .5192 | .5157 | 5.002 |
| .4510 | .4540 | 2.853 | .9934 | 8.638 | 8.695 | .9848 | .1150 | 5.705 | 150.2 | 150.2 | .5190 | .5156 | 5.001 |
| .4520 | .4550 | 2.859 | .9935 | 8.693 | 8.750 | .9849 | .1143 | 5.717 | 152.1 | 152.1 | .5188 | .5154 | 5.000 |
| .4530 | .4560 | 2.865 | .9935 | 8.747 | 8.804 | .9851 | .1136 | 5.730 | 154.0 | 154.0 | .5186 | .5152 | 5.000 |
| .4540 | .4569 | 2.871 | .9936 | 8.797 | 8.854 | .9852 | .1129 | 5.742 | 155.9 | 155.9 | .5184 | .5151 | 4.999 |
| .4550 | .4579 | 2.877 | .9937 | 8.853 | 8.910 | .9853 | .1122 | 5.754 | 157.7 | 157.7 | .5182 | .5150 | 4.998 |
| .4560 | .4589 | 2.883 | .9938 | 8.910 | 8.965 | .9855 | .1115 | 5.766 | 159.7 | 159.7 | .5181 | .5148 | 4.997 |
| .4570 | .4599 | 2.890 | .9938 | 8.965 | 9.021 | .9857 | .1109 | 5.779 | 161.7 | 161.7 | .5179 | .5146 | 4.997 |
| .4580 | .4608 | 2.896 | .9939 | 9.016 | 9.072 | .9858 | .1102 | 5.791 | 163.6 | 163.6 | .5177 | .5145 | 4.996 |
| .4590 | .4618 | 2.902 | .9940 | 9.074 | 9.129 | .9859 | .1095 | 5.803 | 165.6 | 165.6 | .5175 | .5144 | 4.995 |
| .4600 | .4628 | 2.908 | .9941 | 9.132 | 9.186 | .9860 | .1089 | 5.815 | 167.7 | 167.7 | .5173 | .5143 | 4.994 |
| .4610 | .4637 | 2.914 | .9941 | 9.183 | 9.238 | .9862 | .1083 | 5.827 | 169.7 | 169.7 | .5172 | .5141 | 4.994 |
| .4620 | .4647 | 2.920 | .9942 | 9.242 | 9.296 | .9863 | .1076 | 5.840 | 171.8 | 171.8 | .5170 | .5140 | 4.993 |
| .4630 | .4657 | 2.926 | .9943 | 9.301 | 9.354 | .9864 | .1069 | 5.852 | 173.9 | 173.9 | .5168 | .5139 | 4.992 |
| .4640 | .4666 | 2.932 | .9944 | 9.353 | 9.406 | .9865 | .1063 | 5.864 | 176.0 | 176.0 | .5167 | .5138 | 4.991 |
| .4650 | .4676 | 2.938 | .9944 | 9.413 | 9.466 | .9867 | .1056 | 5.876 | 178.2 | 178.2 | .5165 | .5136 | 4.991 |
| .4660 | .4686 | 2.944 | .9945 | 9.472 | 9.525 | .9868 | .1050 | 5.888 | 180.4 | 180.4 | .5163 | .5135 | 4.990 |
| .4670 | .4695 | 2.951 | .9946 | 9.533 | 9.585 | .9869 | .1043 | 5.900 | 182.6 | 182.6 | .5162 | .5134 | 4.989 |
| .4680 | .4705 | 2.957 | .9946 | 9.586 | 9.638 | .9871 | .1037 | 5.912 | 184.8 | 184.8 | .5160 | .5132 | 4.989 |
| .4690 | .4715 | 2.963 | .9947 | 9.647 | 9.699 | .9872 | .1031 | 5.925 | 187.2 | 187.2 | .5158 | .5131 | 4.988 |
| .4700 | .4725 | 2.969 | .9947 | 9.709 | 9.760 | .9873 | .1025 | 5.937 | 189.5 | 189.5 | .5157 | .5129 | 4.988 |
| .4710 | .4735 | 2.975 | .9948 | 9.770 | 9.821 | .9874 | .1018 | 5.949 | 191.8 | 191.8 | .5155 | .5128 | 4.987 |
| .4720 | .4744 | 2.981 | .9949 | 9.826 | 9.877 | .9875 | .1012 | 5.962 | 194.2 | 194.2 | .5154 | .5127 | 4.986 |
| .4730 | .4754 | 2.987 | .9949 | 9.888 | 9.938 | .9876 | .1006 | 5.974 | 196.5 | 196.5 | .5152 | .5126 | 4.986 |
| .4740 | .4764 | 2.993 | .9950 | 9.951 | 10.00 | .9877 | .1000 | 5.986 | 199.0 | 199.0 | .5150 | .5125 | 4.985 |
| .4750 | .4774 | 2.999 | .9951 | 10.01 | 10.07 | .9878 | .09942 | 5.999 | 201.4 | 201.4 | .5149 | .5124 | 4.984 |
| .4760 | .4783 | 3.005 | .9951 | 10.07 | 10.12 | .9880 | .09882 | 6.011 | 203.9 | 203.9 | .5147 | .5122 | 4.984 |
| .4770 | .4793 | 3.012 | .9952 | 10.13 | 10.18 | .9881 | .09820 | 6.023 | 206.5 | 206.5 | .5146 | .5121 | 4.983 |
| .4780 | .4803 | 3.018 | .9952 | 10.20 | 10.25 | .9882 | .09759 | 6.036 | 209.0 | 209.0 | .5144 | .5120 | 4.983 |
| .4790 | .4813 | 3.024 | .9953 | 10.26 | 10.31 | .9883 | .09698 | 6.048 | 211.7 | 211.7 | .5143 | .5119 | 4.982 |
| .4800 | .4822 | 3.030 | .9953 | 10.32 | 10.37 | .9885 | .09641 | 6.060 | 214.2 | 214.2 | .5142 | .5117 | 4.982 |
| .4810 | .4832 | 3.036 | .9954 | 10.39 | 10.43 | .9886 | .09583 | 6.072 | 216.8 | 216.8 | .5140 | .5116 | 4.981 |
| .4820 | .4842 | 3.042 | .9955 | 10.45 | 10.50 | .9887 | .09523 | 6.085 | 219.5 | 219.5 | .5139 | .5115 | 4.980 |
| .4830 | .4852 | 3.049 | .9955 | 10.52 | 10.57 | .9888 | .09464 | 6.097 | 222.2 | 222.2 | .5137 | .5114 | 4.980 |
| .4840 | .4862 | 3.055 | .9956 | 10.59 | 10.63 | .9889 | .09405 | 6.109 | 225.0 | 225.0 | .5136 | .5113 | 4.979 |
| .4850 | .4871 | 3.061 | .9956 | 10.65 | 10.69 | .9890 | .09352 | 6.121 | 228.3 | 228.3 | .5134 | .5112 | 4.979 |
| .4860 | .4881 | 3.067 | .9957 | 10.71 | 10.76 | .9891 | .09294 | 6.134 | 230.6 | 230.6 | .5133 | .5111 | 4.978 |
| .4870 | .4891 | 3.073 | .9957 | 10.78 | 10.83 | .9892 | .09236 | 6.146 | 233.5 | 233.5 | .5132 | .5110 | 4.978 |
| .4880 | .4901 | 3.079 | .9958 | 10.85 | 10.90 | .9893 | .09178 | 6.159 | 236.4 | 236.4 | .5130 | .5109 | 4.977 |
| .4890 | .4911 | 3.086 | .9958 | 10.92 | 10.96 | .9895 | .09121 | 6.171 | 239.6 | 239.6 | .5129 | .5107 | 4.977 |
| .4900 | .4920 | 3.092 | .9959 | 10.99 | 11.03 | .9896 | .09064 | 6.183 | 242.3 | 242.3 | .5128 | .5106 | 4.976 |
| .4910 | .4930 | 3.098 | .9959 | 11.05 | 11.09 | .9897 | .09010 | 6.195 | 245.2 | 245.2 | .5126 | .5105 | 4.976 |
| .4920 | .4940 | 3.104 | .9960 | 11.12 | 11.16 | .9898 | .08956 | 6.208 | 248.3 | 248.3 | .5125 | .5104 | 4.975 |
| .4930 | .4950 | 3.110 | .9960 | 11.19 | 11.24 | .9899 | .08901 | 6.220 | 251.3 | 251.3 | .5124 | .5103 | 4.975 |
| .4940 | .4960 | 3.117 | .9961 | 11.26 | 11.31 | .9899 | .08845 | 6.232 | 254.5 | 254.5 | .5122 | .5102 | 4.974 |
| .4950 | .4969 | 3.122 | .9961 | 11.32 | 11.37 | .9900 | .08793 | 6.245 | 257.6 | 257.6 | .5121 | .5101 | 4.974 |
| .4960 | .4979 | 3.128 | .9962 | 11.40 | 11.44 | .9901 | .08741 | 6.257 | 260.8 | 260.8 | .5120 | .5100 | 4.973 |
| .4970 | .4989 | 3.135 | .9962 | 11.47 | 11.51 | .9902 | .08691 | 6.269 | 264.0 | 264.0 | .5119 | .5099 | 4.973 |
| .4980 | .4999 | 3.141 | .9963 | 11.54 | 11.59 | .9903 | .08637 | 6.282 | 267.3 | 267.3 | .5118 | .5098 | 4.972 |
| .4990 | .5009 | 3.147 | .9963 | 11.61 | 11.65 | .9904 | .08584 | 6.294 | 270.6 | 270.6 | .5116 | .5097 | 4.972 |
| .5000 | .5018 | 3.153 | .9964 | 11.68 | 11.72 | .9905 | .08530 | 6.306 | 274.0 | 274.0 | .5115 | .5096 | 4.971 |
| .5010 | .5028 | 3.159 | .9964 | 11.75 | 11.80 | .9906 | .08477 | 6.319 | 277.5 | 277.5 | .5114 | .5095 | 4.971 |
| .5020 | .5038 | 3.166 | .9964 | 11.83 | 11.87 | .9907 | .08424 | 6.331 | 280.8 | 280.8 | .5113 | .5094 | 4.971 |
| .5030 | .5048 | 3.172 | .9965 | 11.91 | 11.95 | .9908 | .08371 | 6.343 | 284.3 | 284.3 | .5112 | .5093 | 4.970 |
| .5040 | .5058 | 3.178 | .9965 | 11.98 | 12.02 | .9909 | .08320 | 6.356 | 287.9 | 287.9 | .5110 | .5092 | 4.970 |
| .5050 | .5067 | 3.184 | .9966 | 12.05 | 12.09 | .9909 | .08270 | 6.368 | 291.4 | 291.4 | .5109 | .5092 | 4.969 |
| .5060 | .5077 | 3.190 | .9966 | 12.12 | 12.16 | .9910 | .08220 | 6.380 | 295.0 | 295.0 | .5108 | .5091 | 4.969 |
| .5070 | .5087 | 3.196 | .9967 | 12.20 | 12.24 | .9911 | .08169 | 6.393 | 298.7 | 298.7 | .5107 | .5090 | 4.968 |
| .5080 | .5097 | 3.203 | .9967 | 12.28 | 12.32 | .9912 | .08119 | 6.405 | 302.4 | 302.4 | .5106 | .5089 | 4.968 |
| .5090 | .5107 | 3.209 | .9968 | 12.35 | 12.39 | .9913 | .08068 | 6.417 | 306.2 | 306.2 | .5105 | .5088 | 4.967 |

Table C 1 Continued

| d/L _o | d/L | 2π d/L | TANH 2π d/L | SINH 2π d/L | COSH 2π d/L | H/H _o | K | 4π d/L | SINH 4π d/L | COSH 4π d/L | n | C _G /C _o | M |
|------------------|-------|--------|----------------|----------------|----------------|------------------|---------|--------|----------------|----------------|-------|--------------------------------|-------|
| .5700 | .5709 | 3.587 | .9985 | 18.05 | 18.08 | .9953 | .05532 | 7.174 | 652.4 | 652.4 | .5055 | .5047 | L.950 |
| .5710 | .5719 | 3.593 | .9985 | 18.16 | 18.19 | .9953 | .05497 | 7.186 | 660.5 | 660.5 | .5054 | .5047 | L.950 |
| .5720 | .5729 | 3.600 | .9985 | 18.28 | 18.31 | .9954 | .05463 | 7.199 | 668.8 | 668.8 | .5054 | .5046 | L.950 |
| .5730 | .5738 | 3.606 | .9985 | 18.39 | 18.42 | .9954 | .05430 | 7.211 | 677.2 | 677.2 | .5053 | .5046 | L.950 |
| .5740 | .5748 | 3.612 | .9985 | 18.50 | 18.53 | .9955 | .05396 | 7.224 | 685.6 | 685.6 | .5053 | .5045 | L.950 |
| .5750 | .5758 | 3.618 | .9986 | 18.62 | 18.64 | .9955 | .05363 | 7.236 | 694.3 | 694.3 | .5052 | .5045 | L.949 |
| .5760 | .5768 | 3.624 | .9986 | 18.73 | 18.76 | .9956 | .05330 | 7.249 | 703.2 | 703.2 | .5052 | .5044 | L.949 |
| .5770 | .5778 | 3.630 | .9986 | 18.85 | 18.88 | .9956 | .05297 | 7.261 | 711.9 | 711.9 | .5051 | .5044 | L.949 |
| .5780 | .5788 | 3.637 | .9986 | 18.97 | 19.00 | .9957 | .05264 | 7.274 | 720.8 | 720.8 | .5051 | .5043 | L.949 |
| .5790 | .5798 | 3.643 | .9986 | 19.09 | 19.12 | .9957 | .05231 | 7.286 | 729.9 | 729.9 | .5050 | .5043 | L.949 |
| .5800 | .5808 | 3.649 | .9987 | 19.21 | 19.24 | .9957 | .05198 | 7.298 | 739.0 | 739.0 | .5049 | .5043 | L.948 |
| .5810 | .5818 | 3.656 | .9987 | 19.33 | 19.36 | .9958 | .05166 | 7.311 | 748.1 | 748.1 | .5049 | .5042 | L.948 |
| .5820 | .5828 | 3.662 | .9987 | 19.45 | 19.48 | .9958 | .05134 | 7.323 | 757.5 | 757.5 | .5048 | .5042 | L.948 |
| .5830 | .5838 | 3.668 | .9987 | 19.58 | 19.60 | .9959 | .05102 | 7.336 | 767.0 | 767.0 | .5048 | .5041 | L.948 |
| .5840 | .5848 | 3.674 | .9987 | 19.70 | 19.73 | .9959 | .05070 | 7.348 | 776.7 | 776.7 | .5047 | .5041 | L.948 |
| .5850 | .5858 | 3.680 | .9987 | 19.81 | 19.84 | .9960 | .05040 | 7.361 | 786.5 | 786.5 | .5047 | .5040 | L.948 |
| .5860 | .5867 | 3.686 | .9987 | 19.94 | 19.96 | .9960 | .05009 | 7.373 | 796.4 | 796.4 | .5046 | .5040 | L.948 |
| .5870 | .5877 | 3.693 | .9988 | 20.06 | 20.09 | .9960 | .04978 | 7.386 | 806.5 | 806.5 | .5046 | .5040 | L.947 |
| .5880 | .5887 | 3.699 | .9988 | 20.19 | 20.21 | .9961 | .04947 | 7.398 | 816.5 | 816.5 | .5045 | .5039 | L.947 |
| .5890 | .5897 | 3.705 | .9988 | 20.32 | 20.34 | .9961 | .04916 | 7.411 | 826.7 | 826.7 | .5045 | .5039 | L.947 |
| .5900 | .5907 | 3.712 | .9988 | 20.45 | 20.47 | .9962 | .04885 | 7.423 | 837.1 | 837.1 | .5044 | .5038 | L.947 |
| .5910 | .5917 | 3.718 | .9988 | 20.57 | 20.60 | .9962 | .04855 | 7.436 | 847.6 | 847.6 | .5044 | .5038 | L.947 |
| .5920 | .5927 | 3.724 | .9988 | 20.70 | 20.73 | .9963 | .04824 | 7.448 | 858.2 | 858.2 | .5043 | .5037 | L.947 |
| .5930 | .5937 | 3.730 | .9989 | 20.83 | 20.86 | .9963 | .04794 | 7.460 | 868.9 | 868.9 | .5043 | .5037 | L.946 |
| .5940 | .5947 | 3.737 | .9989 | 20.97 | 20.99 | .9963 | .04764 | 7.473 | 879.8 | 879.8 | .5043 | .5037 | L.946 |
| .5950 | .5957 | 3.743 | .9989 | 21.10 | 21.12 | .9964 | .04733 | 7.485 | 890.8 | 890.8 | .5042 | .5036 | L.946 |
| .5960 | .5967 | 3.749 | .9989 | 21.23 | 21.25 | .9964 | .04706 | 7.498 | 901.9 | 901.9 | .5042 | .5036 | L.946 |
| .5970 | .5977 | 3.755 | .9989 | 21.35 | 21.37 | .9964 | .04677 | 7.510 | 913.4 | 913.4 | .5041 | .5036 | L.946 |
| .5980 | .5987 | 3.761 | .9989 | 21.49 | 21.51 | .9965 | .04648 | 7.523 | 925.0 | 925.0 | .5041 | .5035 | L.946 |
| .5990 | .5996 | 3.767 | .9989 | 21.62 | 21.64 | .9965 | .04619 | 7.535 | 936.5 | 936.5 | .5040 | .5035 | L.946 |
| .6000 | .6006 | 3.774 | .9990 | 21.76 | 21.78 | .9965 | .04591 | 7.548 | 948.1 | 948.1 | .5040 | .5035 | L.945 |
| .6100 | .6106 | 3.836 | .9991 | 23.17 | 23.19 | .9969 | .04313 | 7.673 | 1,074 | 1,074 | .5036 | .5031 | L.944 |
| .6200 | .6205 | 3.899 | .9992 | 24.66 | 24.68 | .9972 | .04052 | 7.798 | 1,217 | 1,217 | .5032 | .5028 | L.943 |
| .6300 | .6305 | 3.961 | .9993 | 26.25 | 26.27 | .9975 | .03806 | 7.923 | 1,379 | 1,379 | .5029 | .5025 | L.942 |
| .6400 | .6404 | 4.024 | .9994 | 27.95 | 27.97 | .9977 | .03576 | 8.048 | 1,527 | 1,527 | .5026 | .5023 | L.941 |
| .6500 | .6504 | 4.086 | .9994 | 29.75 | 29.77 | .9980 | .03359 | 8.173 | 1,771 | 1,771 | .5023 | .5020 | L.940 |
| .6600 | .6603 | 4.149 | .9995 | 31.68 | 31.69 | .9982 | .03155 | 8.298 | 2,008 | 2,008 | .5021 | .5018 | L.940 |
| .6700 | .6703 | 4.212 | .9996 | 33.73 | 33.74 | .9983 | .02964 | 8.423 | 2,275 | 2,275 | .5019 | .5017 | L.939 |
| .6800 | .6803 | 4.274 | .9996 | 35.90 | 35.92 | .9985 | .02784 | 8.548 | 2,579 | 2,579 | .5017 | .5015 | L.939 |
| .6900 | .6902 | 4.337 | .9997 | 38.23 | 38.24 | .9987 | .02615 | 8.674 | 2,923 | 2,923 | .5015 | .5013 | L.938 |
| .7000 | .7002 | 4.400 | .9997 | 40.71 | 40.72 | .9988 | .02456 | 8.799 | 3,314 | 3,314 | .5013 | .5012 | L.938 |
| .7100 | .7102 | 4.462 | .9997 | 43.34 | 43.35 | .9989 | .02307 | 8.925 | 3,757 | 3,757 | .5012 | .5011 | L.937 |
| .7200 | .7202 | 4.525 | .9998 | 46.14 | 46.15 | .9990 | .02167 | 9.050 | 4,258 | 4,258 | .5011 | .5010 | L.937 |
| .7300 | .7302 | 4.588 | .9998 | 49.13 | 49.14 | .9991 | .02035 | 9.175 | 4,828 | 4,828 | .5010 | .5009 | L.937 |
| .7400 | .7401 | 4.650 | .9998 | 52.31 | 52.32 | .9992 | .01911 | 9.301 | 5,473 | 5,473 | .5009 | .5008 | L.937 |
| .7500 | .7501 | 4.713 | .9998 | 55.70 | 55.71 | .9993 | .01795 | 9.426 | 6,204 | 6,204 | .5008 | .5007 | L.936 |
| .7600 | .7601 | 4.776 | .9999 | 59.31 | 59.31 | .9994 | .01686 | 9.552 | 7,034 | 7,034 | .5007 | .5006 | L.936 |
| .7700 | .7701 | 4.839 | .9999 | 63.15 | 63.16 | .9995 | .01583 | 9.677 | 7,976 | 7,976 | .5006 | .5005 | L.936 |
| .7800 | .7801 | 4.902 | .9999 | 67.24 | 67.25 | .9996 | .01487 | 9.803 | 9,042 | 9,042 | .5005 | .5004 | L.936 |
| .7900 | .7901 | 4.964 | .9999 | 71.60 | 71.60 | .9996 | .01397 | 9.929 | 10,250 | 10,250 | .5005 | .5004 | L.936 |
| .8000 | .8001 | 5.027 | .9999 | 76.24 | 76.24 | .9996 | .01312 | 10.05 | 11,620 | 11,620 | .5004 | .5004 | L.936 |
| .8100 | .8101 | 5.090 | .9999 | 81.18 | 81.19 | .9996 | .01232 | 10.18 | 13,180 | 13,180 | .5004 | .5004 | L.936 |
| .8200 | .8201 | 5.153 | .9999 | 86.44 | 86.44 | .9997 | .01157 | 10.31 | 14,940 | 14,940 | .5003 | .5003 | L.935 |
| .8300 | .8301 | 5.215 | .9999 | 92.04 | 92.05 | .9997 | .01086 | 10.43 | 17,340 | 17,340 | .5003 | .5003 | L.935 |
| .8400 | .8400 | 5.278 | 1.000 | 98.00 | 98.01 | .9997 | .01020 | 10.56 | 19,210 | 19,210 | .5003 | .5003 | L.935 |
| .8500 | .8500 | 5.341 | 1.000 | 104.4 | 104.4 | .9996 | .009582 | 10.68 | 21,780 | 21,780 | .5002 | .5002 | L.935 |
| .8600 | .8600 | 5.404 | 1.000 | 111.1 | 111.1 | .9998 | .009000 | 10.81 | 24,690 | 24,690 | .5002 | .5002 | L.935 |
| .8700 | .8700 | 5.467 | 1.000 | 118.3 | 118.3 | .9998 | .008451 | 10.93 | 28,000 | 28,000 | .5002 | .5002 | L.935 |
| .8800 | .8800 | 5.529 | 1.000 | 126.0 | 126.0 | .9998 | .007934 | 11.06 | 31,750 | 31,750 | .5002 | .5002 | L.935 |
| .8900 | .8900 | 5.592 | 1.000 | 134.2 | 134.2 | .9998 | .007454 | 11.18 | 36,000 | 36,000 | .5002 | .5002 | L.935 |

Table C-1 Continued

| d/L _o | d/L | 2π d/L | TANH 2π d/L | SINH 2π d/L | COSH 2π d/L | H/H _o | K | 4π d/L | SINH 4π d/L | COSH 4π d/L | n | C _G /C _o | η |
|------------------|-------|--------|----------------|----------------|----------------|------------------|--------|--------|----------------|----------------|-------|--------------------------------|-------|
| .5100 | .5117 | 3.215 | .9968 | 12.43 | 12.47 | .9914 | .08022 | 6.430 | 310.0 | 310.0 | .5104 | .5087 | 4.967 |
| .5110 | .5126 | 3.221 | .9968 | 12.50 | 12.54 | .9915 | .07972 | 6.442 | 313.8 | 313.8 | .5103 | .5086 | 4.967 |
| .5120 | .5136 | 3.227 | .9969 | 12.58 | 12.62 | .9915 | .07922 | 6.454 | 317.7 | 317.7 | .5102 | .5086 | 4.966 |
| .5130 | .5146 | 3.233 | .9969 | 12.66 | 12.70 | .9916 | .07873 | 6.467 | 321.7 | 321.7 | .5101 | .5085 | 4.966 |
| .5140 | .5156 | 3.240 | .9970 | 12.74 | 12.78 | .9917 | .07824 | 6.479 | 325.7 | 325.7 | .5100 | .5084 | 4.965 |
| .5150 | .5166 | 3.246 | .9970 | 12.82 | 12.86 | .9918 | .07776 | 6.491 | 329.7 | 329.7 | .5098 | .5083 | 4.965 |
| .5160 | .5176 | 3.252 | .9970 | 12.90 | 12.94 | .9919 | .07729 | 6.504 | 333.8 | 333.8 | .5097 | .5082 | 4.965 |
| .5170 | .5185 | 3.258 | .9971 | 12.98 | 13.02 | .9919 | .07682 | 6.516 | 337.9 | 337.9 | .5096 | .5082 | 4.964 |
| .5180 | .5195 | 3.264 | .9971 | 13.06 | 13.10 | .9920 | .07634 | 6.529 | 342.2 | 342.2 | .5095 | .5081 | 4.964 |
| .5190 | .5205 | 3.270 | .9971 | 13.14 | 13.18 | .9921 | .07587 | 6.541 | 346.4 | 346.4 | .5094 | .5080 | 4.964 |
| .5200 | .5215 | 3.277 | .9972 | 13.22 | 13.26 | .9922 | .07540 | 6.553 | 350.7 | 350.7 | .5093 | .5079 | 4.963 |
| .5210 | .5225 | 3.283 | .9972 | 13.31 | 13.35 | .9923 | .07494 | 6.566 | 355.1 | 355.1 | .5092 | .5078 | 4.963 |
| .5220 | .5235 | 3.289 | .9972 | 13.39 | 13.43 | .9924 | .07449 | 6.578 | 359.6 | 359.6 | .5092 | .5077 | 4.963 |
| .5230 | .5244 | 3.295 | .9973 | 13.47 | 13.51 | .9924 | .07404 | 6.590 | 364.0 | 364.0 | .5091 | .5077 | 4.962 |
| .5240 | .5254 | 3.301 | .9973 | 13.55 | 13.59 | .9925 | .07358 | 6.603 | 368.5 | 368.5 | .5090 | .5076 | 4.962 |
| .5250 | .5264 | 3.308 | .9973 | 13.64 | 13.68 | .9926 | .07312 | 6.615 | 373.1 | 373.1 | .5089 | .5075 | 4.962 |
| .5260 | .5274 | 3.314 | .9974 | 13.73 | 13.76 | .9927 | .07266 | 6.628 | 377.8 | 377.8 | .5088 | .5074 | 4.961 |
| .5270 | .5284 | 3.320 | .9974 | 13.81 | 13.85 | .9927 | .07221 | 6.640 | 382.5 | 382.5 | .5087 | .5074 | 4.961 |
| .5280 | .5294 | 3.326 | .9974 | 13.90 | 13.94 | .9928 | .07177 | 6.652 | 387.3 | 387.3 | .5086 | .5073 | 4.961 |
| .5290 | .5304 | 3.333 | .9975 | 13.99 | 14.02 | .9929 | .07134 | 6.665 | 392.2 | 392.2 | .5085 | .5072 | 4.960 |
| .5300 | .5314 | 3.339 | .9975 | 14.07 | 14.10 | .9930 | .07091 | 6.677 | 397.0 | 397.0 | .5084 | .5071 | 4.960 |
| .5310 | .5323 | 3.345 | .9975 | 14.16 | 14.19 | .9931 | .07047 | 6.690 | 402.0 | 402.0 | .5083 | .5070 | 4.960 |
| .5320 | .5333 | 3.351 | .9976 | 14.25 | 14.28 | .9931 | .07003 | 6.702 | 406.9 | 406.9 | .5082 | .5070 | 4.959 |
| .5330 | .5343 | 3.357 | .9976 | 14.34 | 14.37 | .9932 | .06959 | 6.714 | 412.0 | 412.0 | .5082 | .5069 | 4.959 |
| .5340 | .5353 | 3.363 | .9976 | 14.43 | 14.46 | .9933 | .06915 | 6.727 | 417.2 | 417.2 | .5081 | .5068 | 4.959 |
| .5350 | .5363 | 3.370 | .9976 | 14.52 | 14.55 | .9933 | .06872 | 6.739 | 422.4 | 422.4 | .5080 | .5068 | 4.959 |
| .5360 | .5373 | 3.376 | .9977 | 14.61 | 14.64 | .9934 | .06829 | 6.752 | 427.7 | 427.7 | .5079 | .5067 | 4.958 |
| .5370 | .5383 | 3.382 | .9977 | 14.70 | 14.73 | .9935 | .06787 | 6.764 | 433.1 | 433.1 | .5078 | .5066 | 4.958 |
| .5380 | .5393 | 3.388 | .9977 | 14.79 | 14.82 | .9935 | .06746 | 6.776 | 438.5 | 438.5 | .5077 | .5066 | 4.958 |
| .5390 | .5402 | 3.394 | .9977 | 14.88 | 14.91 | .9936 | .06705 | 6.789 | 444.0 | 444.0 | .5077 | .5065 | 4.958 |
| .5400 | .5412 | 3.401 | .9978 | 14.97 | 15.01 | .9936 | .06664 | 6.801 | 449.5 | 449.5 | .5076 | .5065 | 4.957 |
| .5410 | .5422 | 3.407 | .9978 | 15.07 | 15.10 | .9937 | .06623 | 6.814 | 455.1 | 455.1 | .5075 | .5064 | 4.957 |
| .5420 | .5432 | 3.413 | .9978 | 15.16 | 15.19 | .9938 | .06582 | 6.826 | 460.7 | 460.7 | .5074 | .5063 | 4.957 |
| .5430 | .5442 | 3.419 | .9979 | 15.25 | 15.29 | .9938 | .06542 | 6.838 | 466.4 | 466.4 | .5073 | .5063 | 4.956 |
| .5440 | .5452 | 3.426 | .9979 | 15.35 | 15.38 | .9939 | .06501 | 6.851 | 472.2 | 472.2 | .5073 | .5062 | 4.956 |
| .5450 | .5461 | 3.432 | .9979 | 15.45 | 15.48 | .9940 | .06461 | 6.863 | 478.1 | 478.1 | .5072 | .5061 | 4.956 |
| .5460 | .5471 | 3.438 | .9979 | 15.54 | 15.58 | .9941 | .06420 | 6.876 | 484.3 | 484.3 | .5071 | .5060 | 4.956 |
| .5470 | .5481 | 3.444 | .9980 | 15.64 | 15.67 | .9941 | .06380 | 6.888 | 490.3 | 490.3 | .5070 | .5060 | 4.955 |
| .5480 | .5491 | 3.450 | .9980 | 15.74 | 15.77 | .9942 | .06341 | 6.901 | 496.4 | 496.4 | .5070 | .5059 | 4.955 |
| .5490 | .5501 | 3.456 | .9980 | 15.84 | 15.87 | .9942 | .06302 | 6.913 | 502.5 | 502.5 | .5069 | .5059 | 4.955 |
| .5500 | .5511 | 3.463 | .9980 | 15.94 | 15.97 | .9942 | .06263 | 6.925 | 508.7 | 508.7 | .5068 | .5058 | 4.955 |
| .5510 | .5521 | 3.469 | .9981 | 16.04 | 16.07 | .9942 | .06224 | 6.937 | 515.0 | 515.0 | .5067 | .5058 | 4.954 |
| .5520 | .5531 | 3.475 | .9981 | 16.14 | 16.17 | .9943 | .06186 | 6.950 | 521.6 | 521.6 | .5067 | .5057 | 4.954 |
| .5530 | .5541 | 3.481 | .9981 | 16.24 | 16.27 | .9944 | .06148 | 6.962 | 528.1 | 528.1 | .5066 | .5056 | 4.954 |
| .5540 | .5551 | 3.488 | .9981 | 16.34 | 16.37 | .9944 | .06110 | 6.975 | 534.8 | 534.8 | .5065 | .5056 | 4.954 |
| .5550 | .5560 | 3.494 | .9982 | 16.44 | 16.47 | .9945 | .06073 | 6.987 | 541.4 | 541.4 | .5065 | .5056 | 4.953 |
| .5560 | .5570 | 3.500 | .9982 | 16.54 | 16.57 | .9945 | .06035 | 7.000 | 548.1 | 548.1 | .5064 | .5055 | 4.953 |
| .5570 | .5580 | 3.506 | .9982 | 16.65 | 16.68 | .9946 | .05997 | 7.012 | 554.9 | 554.9 | .5063 | .5054 | 4.953 |
| .5580 | .5590 | 3.512 | .9982 | 16.75 | 16.78 | .9947 | .05960 | 7.025 | 562.0 | 562.0 | .5063 | .5053 | 4.953 |
| .5590 | .5600 | 3.519 | .9982 | 16.85 | 16.88 | .9947 | .05923 | 7.037 | 569.1 | 569.1 | .5062 | .5053 | 4.953 |
| .5600 | .5610 | 3.525 | .9983 | 16.96 | 16.99 | .9947 | .05887 | 7.050 | 576.1 | 576.1 | .5061 | .5053 | 4.952 |
| .5610 | .5620 | 3.531 | .9983 | 17.06 | 17.09 | .9948 | .05850 | 7.062 | 583.3 | 583.3 | .5061 | .5052 | 4.952 |
| .5620 | .5630 | 3.537 | .9983 | 17.17 | 17.20 | .9949 | .05814 | 7.074 | 590.7 | 590.7 | .5060 | .5051 | 4.952 |
| .5630 | .5640 | 3.543 | .9983 | 17.28 | 17.31 | .9949 | .05778 | 7.087 | 598.0 | 598.0 | .5059 | .5051 | 4.952 |
| .5640 | .5649 | 3.550 | .9984 | 17.38 | 17.41 | .9950 | .05743 | 7.099 | 605.0 | 605.0 | .5059 | .5050 | 4.951 |
| .5650 | .5659 | 3.556 | .9984 | 17.49 | 17.52 | .9950 | .05707 | 7.112 | 613.2 | 613.2 | .5058 | .5050 | 4.951 |
| .5660 | .5669 | 3.562 | .9984 | 17.60 | 17.63 | .9951 | .05672 | 7.124 | 620.8 | 620.8 | .5057 | .5049 | 4.951 |
| .5670 | .5679 | 3.568 | .9984 | 17.71 | 17.74 | .9951 | .05637 | 7.136 | 628.5 | 628.5 | .5057 | .5049 | 4.951 |
| .5680 | .5689 | 3.575 | .9984 | 17.82 | 17.85 | .9952 | .05602 | 7.149 | 636.4 | 636.4 | .5056 | .5048 | 4.951 |
| .5690 | .5699 | 3.581 | .9985 | 17.94 | 17.97 | .9952 | .05567 | 7.161 | 644.3 | 644.3 | .5056 | .5048 | 4.950 |

Table C-1 Continued

| d/L ₀ | d/L | 2π d/L | TANH 2π d/L | SINH 2π d/L | COSH 2π d/L | H/H ₀ | κ | 4π d/L | SINH 4π d/L | COSH 4π d/L | n | C _g /C ₀ | M |
|------------------|-------|--------|----------------|----------------|----------------|------------------|---------|--------|----------------|----------------|-------|--------------------------------|-------|
| .9000 | .9000 | 5.655 | 1.000 | 142.9 | 142.9 | .9999 | .007000 | 11.31 | 40,810 | 40,810 | .5001 | .5001 | 4.935 |
| .9100 | .9100 | 5.718 | 1.000 | 152.1 | 152.1 | .9999 | .006574 | 11.44 | 46,280 | 46,280 | .5001 | .5001 | 4.935 |
| .9200 | .9200 | 5.781 | 1.000 | 162.0 | 162.0 | .9999 | .006173 | 11.56 | 52,470 | 52,470 | .5001 | .5001 | 4.935 |
| .9300 | .9300 | 5.844 | 1.000 | 172.5 | 172.5 | .9999 | .005797 | 11.69 | 59,500 | 59,500 | .5001 | .5001 | 4.935 |
| .9400 | .9400 | 5.906 | 1.000 | 183.7 | 183.7 | .9999 | .005445 | 11.81 | 67,470 | 67,470 | .5001 | .5001 | 4.935 |
| .9500 | .9500 | 5.969 | 1.000 | 195.6 | 195.6 | .9999 | .005114 | 11.94 | 76,490 | 76,490 | .5001 | .5001 | 4.935 |
| .9600 | .9600 | 6.032 | 1.000 | 208.2 | 208.2 | .9999 | .004802 | 12.06 | 86,740 | 86,740 | .5001 | .5001 | 4.935 |
| .9700 | .9700 | 6.095 | 1.000 | 221.7 | 221.7 | .9999 | .004510 | 12.19 | 98,340 | 98,340 | .5001 | .5001 | 4.935 |
| .9800 | .9800 | 6.158 | 1.000 | 236.1 | 236.1 | .9999 | .004235 | 12.32 | 111,500 | 111,500 | .5001 | .5001 | 4.935 |
| .9900 | .9900 | 6.220 | 1.000 | 251.4 | 251.4 | 1.000 | .003977 | 12.44 | 126,500 | 126,500 | .5000 | .5000 | 4.935 |
| 1.000 | 1.000 | 6.283 | 1.000 | 267.7 | 267.7 | 1.000 | .003735 | 12.57 | 143,400 | 143,400 | .5000 | .5000 | 4.935 |

after Wiegell, R. L., "Oscillatory Waves," U.S. Army, Beach Erosion Board, Bulletin, Special Issue No. 1, July 1948.

Table C-2. Functions of d/L for Even Increments of d/L. (from 0.0001 to 1.000)

| d/L | d/L ₀ | 2π d/L | TANH 2π d/L | SINH 2π d/L | COSH 2π d/L | H/H ₀ | κ | 4π d/L | SINH 4π d/L | COSH 4π d/L | n | C _g /C ₀ | M |
|----------|------------------|----------|----------------|----------------|----------------|------------------|-------|---------|----------------|----------------|-------|--------------------------------|------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.0000 | ∞ | 1.000 | 0 | 0 | 1.000 | 1.000 | 0 | ∞ |
| .0001000 | .0000000 6283 | .0006283 | .0006283 | .0006283 | 1.0000 | 28.21 | 1.000 | .001257 | .001257 | 1.000 | 1.000 | .0006283 | 12,500,000 |
| .0002000 | .0000000 2514 | .001257 | .001257 | .001257 | 1.0000 | 19.95 | 1.000 | .002513 | .002513 | 1.000 | 1.000 | .001257 | 3,125,000 |
| .0003000 | .0000000 5655 | .001885 | .001885 | .001885 | 1.0000 | 16.29 | 1.000 | .003770 | .003770 | 1.000 | 1.000 | .001885 | 1,389,000 |
| .0004000 | .0000000 1005 | .002513 | .002513 | .002513 | 1.0000 | 14.10 | 1.000 | .005027 | .005027 | 1.000 | 1.000 | .002513 | 781,300 |
| .0005000 | .0000000 1571 | .003142 | .003142 | .003142 | 1.0000 | 12.62 | 1.000 | .006283 | .006283 | 1.000 | 1.000 | .003142 | 500,000 |
| .0006000 | .0000000 2262 | .003770 | .003770 | .003770 | 1.0000 | 11.52 | 1.000 | .007540 | .007540 | 1.000 | 1.000 | .003770 | 347,200 |
| .0007000 | .0000000 3079 | .004398 | .004398 | .004398 | 1.0000 | 10.66 | 1.000 | .008796 | .008797 | 1.000 | 1.000 | .004398 | 255,100 |
| .0008000 | .0000000 4022 | .005027 | .005027 | .005027 | 1.0000 | 9.974 | 1.000 | .01005 | .01005 | 1.000 | 1.000 | .005026 | 195,300 |
| .0009000 | .0000000 5070 | .005655 | .005655 | .005655 | 1.0000 | 9.403 | 1.000 | .01131 | .01131 | 1.000 | 1.000 | .005655 | 154,300 |
| .001000 | .0000000 6283 | .006283 | .006283 | .006283 | 1.0000 | 8.921 | 1.000 | .01257 | .01257 | 1.000 | 1.000 | .006283 | 125,000 |
| .001100 | .0000000 7603 | .006912 | .006912 | .006912 | 1.0000 | 8.506 | 1.000 | .01382 | .01382 | 1.000 | 1.000 | .006912 | 103,300 |
| .001200 | .0000000 9048 | .007540 | .007540 | .007540 | 1.0000 | 8.144 | 1.000 | .01508 | .01508 | 1.000 | 1.000 | .007540 | 86,810 |
| .001300 | .00001062 | .008168 | .008168 | .008168 | 1.0000 | 7.824 | 1.000 | .01634 | .01634 | 1.000 | 1.000 | .008168 | 73,970 |
| .001400 | .00001231 | .008796 | .008796 | .008797 | 1.0000 | 7.539 | 1.000 | .01759 | .01759 | 1.000 | 1.000 | .008796 | 63,780 |
| .001500 | .00001414 | .009425 | .009425 | .009425 | 1.0000 | 7.284 | 1.000 | .01885 | .01885 | 1.000 | 1.000 | .009424 | 55,560 |
| .001600 | .00001608 | .01005 | .01005 | .01005 | 1.0001 | 7.052 | .9999 | .02011 | .02011 | 1.000 | 1.000 | .01005 | 48,830 |
| .001700 | .00001816 | .01068 | .01068 | .01068 | 1.0001 | 6.842 | .9999 | .02136 | .02136 | 1.000 | 1.000 | .01068 | 43,260 |
| .001800 | .00002036 | .01131 | .01131 | .01131 | 1.0001 | 6.649 | .9999 | .02262 | .02262 | 1.000 | 1.000 | .01131 | 38,580 |
| .001900 | .00002269 | .01194 | .01194 | .01194 | 1.0001 | 6.472 | .9999 | .02388 | .02388 | 1.000 | 1.000 | .01194 | 34,630 |

TABLE 7-1

Diffraction coefficient for incident wave (α_1) and reflected wave ($360^\circ - 2\theta + \alpha_1$)¹

| α° | R/L $K \times 1000$ | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 15 | 20 |
| 0 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| 2 | 476 | 466 | 459 | 453 | 448 | 443 | 435 | 428 | 413 | 402 |
| 4 | 453 | 435 | 422 | 411 | 402 | 393 | 379 | 367 | 344 | 325 |
| 6 | 431 | 406 | 388 | 373 | 361 | 350 | 332 | 317 | 288 | 266 |
| 8 | 411 | 379 | 357 | 340 | 325 | 313 | 292 | 275 | 244 | 222 |
| 10 | 392 | 355 | 329 | 310 | 294 | 280 | 258 | 241 | 210 | 188 |
| 12 | 373 | 332 | 304 | 283 | 267 | 253 | 230 | 213 | 182 | 162 |
| 14 | 356 | 311 | 282 | 260 | 243 | 229 | 207 | 190 | 161 | 141 |
| 16 | 340 | 292 | 262 | 240 | 222 | 208 | 187 | 170 | 143 | 125 |
| 18 | 325 | 275 | 244 | 221 | 204 | 191 | 170 | 154 | 128 | 112 |
| 20 | 310 | 259 | 228 | 205 | 189 | 175 | 155 | 140 | 116 | 101 |
| 25 | 278 | 225 | 194 | 173 | 157 | 145 | 127 | 115 | 94 | 82 |
| 30 | 251 | 197 | 168 | 148 | 134 | 123 | 107 | 96 | 79 | 69 |
| 35 | 228 | 175 | 147 | 129 | 116 | 107 | 93 | 83 | 68 | 59 |
| 40 | 208 | 157 | 131 | 115 | 103 | 94 | 82 | 73 | 60 | 52 |
| 45 | 191 | 142 | 118 | 103 | 92 | 84 | 73 | 66 | 54 | 46 |
| 50 | 176 | 130 | 107 | 93 | 84 | 77 | 66 | 59 | 49 | 42 |
| 55 | 164 | 120 | 99 | 86 | 77 | 70 | 61 | 54 | 44 | 39 |
| 60 | 153 | 111 | 91 | 79 | 71 | 65 | 56 | 50 | 41 | 36 |
| 65 | 143 | 104 | 85 | 74 | 66 | 60 | 52 | 47 | 38 | 33 |
| 70 | 135 | 97 | 80 | 69 | 62 | 57 | 49 | 44 | 36 | 31 |
| 75 | 128 | 92 | 75 | 65 | 58 | 53 | 46 | 41 | 34 | 29 |
| 80 | 122 | 87 | 71 | 62 | 55 | 51 | 44 | 39 | 32 | 28 |
| 85 | 116 | 83 | 68 | 59 | 53 | 48 | 42 | 37 | 30 | 26 |
| 90 | 111 | 79 | 65 | 56 | 50 | 46 | 40 | 36 | 29 | 25 |
| 95 | 107 | 76 | 62 | 54 | 48 | 44 | 38 | 34 | 28 | 24 |
| 100 | 103 | 73 | 60 | 52 | 46 | 42 | 37 | 33 | 27 | 23 |
| 105 | 99 | 71 | 58 | 50 | 45 | 41 | 35 | 32 | 26 | 22 |
| 110 | 96 | 69 | 56 | 49 | 43 | 40 | 34 | 31 | 25 | 22 |
| 115 | 94 | 67 | 54 | 47 | 42 | 39 | 33 | 30 | 24 | 21 |
| 120 | 91 | 65 | 53 | 46 | 41 | 38 | 32 | 29 | 24 | 21 |
| 125 | 89 | 63 | 52 | 45 | 40 | 37 | 32 | 28 | 23 | 20 |
| 130 | 87 | 62 | 51 | 44 | 39 | 36 | 31 | 28 | 23 | 20 |
| 135 | 86 | 61 | 50 | 43 | 39 | 35 | 30 | 27 | 22 | 19 |
| 140 | 84 | 60 | 49 | 42 | 38 | 35 | 30 | 27 | 22 | 19 |
| 145 | 83 | 59 | 48 | 42 | 37 | 34 | 29 | 26 | 22 | 19 |
| 150 | 82 | 58 | 48 | 41 | 37 | 34 | 29 | 26 | 21 | 18 |
| 160 | 80 | 57 | 47 | 40 | 36 | 33 | 29 | 26 | 21 | 18 |
| 170 | 80 | 56 | 46 | 40 | 36 | 33 | 28 | 25 | 21 | 18 |
| 180 | 79 | 56 | 46 | 40 | 36 | 32 | 28 | 25 | 21 | 18 |

¹ For $\theta < 60^\circ$ and $R/L < 3$, add 0.1 to K .

VÄGPERIOD = 1 s
VÄGBRYTARFRIKTION = 1,0

tab= resultat enligt Silvester.
DP= lösning enligt Redsea.

B1

INFALLSVINKEL = 15

| Vinkel bakom Vågbrytaren | 1x Våglängden | | | 2x Våglängden | | | 4x Våglängden | | | 6x Våglängden | | | 8x Våglängden | | | 10x Våglängden | | |
|--------------------------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|----------------|------|-----------|
| | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans |
| 15 grader | 0,75 | 0,73 | 0,02 | 0,70 | 0,68 | 0,02 | 0,65 | 0,62 | 0,03 | 0,62 | 0,60 | 0,02 | 0,61 | 0,59 | 0,02 | 0,60 | 0,59 | 0,01 |

INFALLSVINKEL = 30

| Vinkel bakom Vågbrytaren | 1x Våglängden | | | 2x Våglängden | | | 4x Våglängden | | | 6x Våglängden | | | 8x Våglängden | | | 10x Våglängden | | |
|--------------------------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|----------------|------|-----------|
| | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans |
| 15 grader | 0,54 | 0,53 | 0,01 | 0,44 | 0,44 | 0,00 | 0,35 | 0,35 | 0,00 | 0,30 | 0,30 | 0,00 | 0,27 | 0,27 | 0,00 | 0,25 | 0,24 | 0,01 |
| 30 grader | 0,65 | 0,63 | 0,02 | 0,61 | 0,59 | 0,02 | 0,58 | 0,56 | 0,02 | 0,57 | 0,55 | 0,02 | 0,56 | 0,54 | 0,02 | 0,55 | 0,54 | 0,01 |

INFALLSVINKEL = 45

| Vinkel bakom Vågbrytaren | 1x Våglängden | | | 2x Våglängden | | | 4x Våglängden | | | 6x Våglängden | | | 8x Våglängden | | | 10x Våglängden | | |
|--------------------------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|----------------|------|-----------|
| | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans |
| 15 grader | 0,40 | 0,40 | 0,00 | 0,31 | 0,31 | 0,00 | 0,23 | 0,23 | 0,00 | 0,19 | 0,19 | 0,00 | 0,17 | 0,16 | 0,01 | 0,15 | 0,15 | 0,00 |
| 30 grader | 0,48 | 0,47 | 0,01 | 0,39 | 0,39 | 0,00 | 0,32 | 0,31 | 0,01 | 0,27 | 0,27 | 0,00 | 0,25 | 0,24 | 0,02 | 0,25 | 0,22 | 0,33 |
| 45 grader | 0,61 | 0,59 | 0,02 | 0,58 | 0,56 | 0,02 | 0,56 | 0,54 | 0,02 | 0,55 | 0,53 | 0,02 | 0,54 | 0,53 | 0,01 | 0,54 | 0,53 | 0,01 |

INFALLSVINKEL = 60

| Vinkel bakom Vågbrytaren | 1x Våglängden | | | 2x Våglängden | | | 4x Våglängden | | | 6x Våglängden | | | 8x Våglängden | | | 10x Våglängden | | |
|--------------------------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|----------------|------|-----------|
| | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans |
| 15 grader | 0,32 | 0,32 | 0,00 | 0,23 | 0,23 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 0,13 | 0,14 | -0,01 | 0,12 | 0,12 | 0,00 | 0,11 | 0,11 | 0,00 |
| 30 grader | 0,36 | 0,36 | 0,00 | 0,28 | 0,28 | 0,00 | 0,21 | 0,20 | 0,01 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 0,15 | 0,15 | 0,00 | 0,14 | 0,13 | 0,01 |
| 45 grader | 0,45 | 0,44 | 0,01 | 0,37 | 0,37 | 0,00 | 0,30 | 0,30 | 0,00 | 0,26 | 0,26 | 0,00 | 0,24 | 0,23 | 0,01 | 0,21 | 0,21 | 0,00 |
| 60 grader | 0,59 | 0,57 | 0,02 | 0,57 | 0,55 | 0,02 | 0,55 | 0,53 | 0,02 | 0,54 | 0,53 | 0,01 | 0,53 | 0,52 | 0,01 | 0,53 | 0,52 | 0,01 |

INFALLSVINKEL = 75

| Vinkel bakom Vågbrytaren | 1x Våglängden | | | 2x Våglängden | | | 4x Våglängden | | | 6x Våglängden | | | 8x Våglängden | | | 10x Våglängden | | |
|--------------------------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|----------------|------|-----------|
| | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans |
| 15 grader | 0,26 | 0,26 | 0,00 | 0,19 | 0,19 | 0,00 | 0,14 | 0,14 | 0,00 | 0,12 | 0,11 | 0,01 | 0,10 | 0,10 | 0,00 | 0,09 | 0,09 | 0,00 |
| 30 grader | 0,29 | 0,29 | 0,00 | 0,21 | 0,21 | 0,00 | 0,15 | 0,15 | 0,00 | 0,12 | 0,13 | -0,01 | 0,11 | 0,11 | 0,00 | 0,10 | 0,10 | 0,00 |
| 45 grader | 0,34 | 0,34 | 0,00 | 0,27 | 0,26 | 0,01 | 0,20 | 0,19 | 0,01 | 0,16 | 0,16 | 0,00 | 0,14 | 0,14 | 0,00 | 0,13 | 0,13 | 0,00 |
| 60 grader | 0,44 | 0,43 | 0,01 | 0,36 | 0,36 | 0,00 | 0,29 | 0,29 | 0,00 | 0,26 | 0,25 | 0,01 | 0,23 | 0,23 | 0,00 | 0,21 | 0,21 | 0,00 |
| 75 grader | 0,58 | 0,56 | 0,02 | 0,56 | 0,54 | 0,02 | 0,54 | 0,53 | 0,01 | 0,54 | 0,52 | 0,02 | 0,53 | 0,52 | 0,01 | 0,53 | 0,52 | 0,01 |

INFALLSVINKEL = 90

| Vinkel bakom Vågbrytaren | 1x Våglängden | | | 2x Våglängden | | | 4x Våglängden | | | 6x Våglängden | | | 8x Våglängden | | | 10x Våglängden | | |
|--------------------------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|----------------|------|-----------|
| | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans |
| 15 grader | 0,23 | 0,23 | 0,00 | 0,16 | 0,16 | 0,00 | 0,12 | 0,12 | 0,00 | 0,09 | 0,09 | 0,00 | 0,09 | 0,08 | 0,01 | 0,07 | 0,07 | 0,00 |
| 30 grader | 0,24 | 0,24 | 0,00 | 0,18 | 0,18 | 0,00 | 0,13 | 0,13 | 0,00 | 0,11 | 0,10 | 0,01 | 0,09 | 0,09 | 0,00 | 0,08 | 0,08 | 0,00 |
| 45 grader | 0,28 | 0,28 | 0,00 | 0,20 | 0,20 | 0,00 | 0,14 | 0,15 | -0,01 | 0,12 | 0,12 | 0,00 | 0,10 | 0,10 | 0,00 | 0,10 | 0,09 | 0,01 |
| 60 grader | 0,33 | 0,33 | 0,00 | 0,26 | 0,25 | 0,01 | 0,19 | 0,19 | 0,00 | 0,15 | 0,16 | -0,01 | 0,14 | 0,14 | 0,00 | 0,13 | 0,12 | 0,01 |
| 75 grader | 0,43 | 0,42 | 0,01 | 0,36 | 0,35 | 0,01 | 0,29 | 0,29 | 0,00 | 0,25 | 0,25 | 0,00 | 0,23 | 0,22 | 0,01 | 0,21 | 0,20 | 0,01 |
| 90 grader | 0,58 | 0,56 | 0,02 | 0,56 | 0,54 | 0,02 | 0,54 | 0,53 | 0,01 | 0,53 | 0,52 | 0,01 | 0,53 | 0,52 | 0,01 | 0,53 | 0,52 | 0,01 |

INFALLSVINKEL = 105

| Vinkel bakom Vågbrytaren | 1x Våglängden | | | 2x Våglängden | | | 4x Våglängden | | | 6x Våglängden | | | 8x Våglängden | | | 10x Våglängden | | |
|--------------------------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|----------------|------|-----------|
| | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans |
| 15 grader | 0,20 | 0,20 | 0,00 | 0,14 | 0,14 | 0,00 | 0,10 | 0,10 | 0,00 | 0,09 | 0,08 | 0,01 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 0,07 | 0,06 | 0,01 |
| 30 grader | 0,21 | 0,21 | 0,00 | 0,15 | 0,15 | 0,00 | 0,11 | 0,11 | 0,00 | 0,09 | 0,09 | 0,00 | 0,08 | 0,08 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,00 |
| 45 grader | 0,23 | 0,23 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 0,12 | 0,12 | 0,00 | 0,10 | 0,10 | 0,00 | 0,09 | 0,09 | 0,00 | 0,08 | 0,08 | 0,00 |
| 60 grader | 0,27 | 0,27 | 0,00 | 0,20 | 0,20 | 0,00 | 0,14 | 0,14 | 0,00 | 0,11 | 0,12 | -0,01 | 0,10 | 0,10 | 0,00 | 0,10 | 0,09 | 0,01 |
| 75 grader | 0,33 | 0,33 | 0,00 | 0,26 | 0,25 | 0,01 | 0,19 | 0,19 | 0,00 | 0,15 | 0,16 | -0,01 | 0,14 | 0,14 | 0,00 | 0,13 | 0,12 | 0,01 |
| 90 grader | 0,43 | 0,42 | 0,01 | 0,36 | 0,35 | 0,01 | 0,29 | 0,27 | 0,02 | 0,25 | 0,25 | 0,00 | 0,23 | 0,22 | 0,01 | 0,21 | 0,20 | 0,01 |
| 105 grader | 0,59 | 0,56 | 0,03 | 0,56 | 0,54 | 0,02 | 0,54 | 0,53 | 0,01 | 0,54 | 0,52 | 0,02 | 0,53 | 0,52 | 0,01 | 0,53 | 0,52 | 0,01 |

INFALLSVINKEL = 120

| Vinkel bakom Vågbrytaren | 1x Våglängden | | | 2x Våglängden | | | 4x Våglängden | | | 6x Våglängden | | | 8x Våglängden | | | 10x Våglängden | | |
|--------------------------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|----------------|------|-----------|
| | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans | tab | DP | differans |
| 15 grader | 0,19 | 0,19 | 0,00 | 0,13 | 0,13 | 0,00 | 0,09 | 0,09 | 0,00 | 0,08 | 0,08 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 0,06 | 0,06 | 0,00 |
| 30 grader | 0,19 | 0,19 | 0,00 | 0,14 | 0,14 | 0,00 | 0,10 | 0,10 | 0,00 | 0,08 | 0,08 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 0,07 | 0,06 | 0,01 |
| 45 grader | 0,21 | 0,21 | 0,00 | 0,15 | 0,15 | 0,00 | 0,11 | 0,11 | 0,00 | 0,08 | 0,09 | -0,01 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,00 |
| 60 grader | 0,23 | 0,23 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 0,12 | 0,12 | 0,00 | 0,10 | 0,10 | 0,00 | 0,09 | 0,08 | 0,01 | 0,08 | 0,08 | 0,00 |
| 75 grader | 0,27 | 0,27 | 0,00 | 0,20 | 0,20 | 0,00 | 0,14 | 0,14 | 0,00 | 0,11 | 0,12 | -0,01 | 0,10 | 0,10 | 0,00 | 0,10 | 0,09 | 0,01 |
| 90 grader | 0,33 | 0,33 | 0,00 | 0,26 | 0,25 | 0,01 | 0,20 | 0,19 | 0,01 | 0,15 | 0,16 | -0,01 | 0,14 | 0,14 | 0,00 | 0,13 | 0,12 | 0,01 |
| 105 grader | 0,44 | 0,43 | 0,01 | 0,36 | 0,36 | 0,00 | 0,29 | 0,29 | 0,00 | 0,26 | 0,25 | 0,01 | 0,23 | 0,23 | 0,00 | 0,21 | 0,21 | 0,00 |
| 120 grader | 0,59 | 0,57 | 0,02 | 0,57 | 0,55 | 0,02 | 0,55 | 0,53 | 0,02 | 0,54 | 0,53 | 0,01 | 0,53 | 0,52 | 0,01 | 0,53 | 0,52 | 0,01 |

INFALLSVINKEL = 15

| Vinkel bakom Vågbrytaren | 1x Våglängden | | | 2x Våglängden | | | 4x Våglängden | | | 6x Våglängden | | | 8x Våglängden | | | 10x Våglängden | | |
|--------------------------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|----------------|------|-----------|
| | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans |
| 15 grader | 0,69 | 0,73 | -0,04 | 0,64 | 0,67 | -0,03 | 0,62 | 0,62 | 0,00 | 0,60 | 0,60 | 0,00 | 0,59 | 0,59 | 0,00 | 0,59 | 0,58 | 0,01 |

INFALLSVINKEL = 30

| Vinkel bakom Vågbrytaren | 1x Våglängden | | | 2x Våglängden | | | 4x Våglängden | | | 6x Våglängden | | | 8x Våglängden | | | 10x Våglängden | | |
|--------------------------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|----------------|------|-----------|
| | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans |
| 15 grader | 0,54 | 0,53 | 0,01 | 0,46 | 0,44 | 0,02 | 0,37 | 0,35 | 0,02 | 0,33 | 0,30 | 0,03 | 0,29 | 0,27 | 0,02 | 0,24 | 0,24 | 0,00 |
| 30 grader | 0,60 | 0,63 | -0,03 | 0,58 | 0,59 | -0,01 | 0,56 | 0,56 | 0,00 | 0,56 | 0,55 | 0,01 | 0,55 | 0,54 | 0,01 | 0,54 | 0,54 | 0,00 |

INFALLSVINKEL = 45

| Vinkel bakom Vågbrytaren | 1x Våglängden | | | 2x Våglängden | | | 4x Våglängden | | | 6x Våglängden | | | 8x Våglängden | | | 10x Våglängden | | |
|--------------------------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|----------------|------|-----------|
| | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans |
| 15 grader | 0,40 | 0,40 | 0,00 | 0,32 | 0,31 | 0,01 | 0,24 | 0,23 | 0,01 | 0,19 | 0,19 | 0,00 | 0,17 | 0,16 | 0,01 | 0,15 | 0,15 | 0,00 |
| 30 grader | 0,47 | 0,47 | 0,00 | 0,38 | 0,39 | -0,01 | 0,30 | 0,31 | -0,01 | 0,28 | 0,27 | 0,01 | 0,25 | 0,24 | 0,01 | 0,23 | 0,22 | 0,01 |
| 45 grader | 0,58 | 0,59 | -0,01 | 0,55 | 0,56 | -0,01 | 0,54 | 0,54 | 0,00 | 0,54 | 0,53 | 0,01 | 0,54 | 0,53 | 0,01 | 0,54 | 0,53 | 0,01 |

INFALLSVINKEL = 60

| Vinkel bakom Vågbrytaren | 1x Våglängden | | | 2x Våglängden | | | 4x Våglängden | | | 6x Våglängden | | | 8x Våglängden | | | 10x Våglängden | | |
|--------------------------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|----------------|------|-----------|
| | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans |
| 15 grader | 0,34 | 0,32 | 0,02 | 0,25 | 0,23 | 0,02 | 0,18 | 0,17 | 0,01 | 0,14 | 0,14 | 0,00 | 0,13 | 0,12 | 0,01 | 0,11 | 0,11 | 0,00 |
| 30 grader | 0,36 | 0,36 | 0,00 | 0,28 | 0,28 | 0,00 | 0,21 | 0,20 | 0,01 | 0,18 | 0,17 | 0,01 | 0,15 | 0,15 | 0,00 | 0,13 | 0,13 | 0,00 |
| 45 grader | 0,44 | 0,44 | 0,00 | 0,37 | 0,37 | 0,00 | 0,30 | 0,30 | 0,00 | 0,27 | 0,26 | 0,01 | 0,23 | 0,23 | 0,00 | 0,22 | 0,21 | 0,01 |
| 60 grader | 0,56 | 0,57 | -0,01 | 0,55 | 0,55 | 0,00 | 0,55 | 0,53 | 0,02 | 0,53 | 0,53 | 0,00 | 0,53 | 0,52 | 0,01 | 0,53 | 0,52 | 0,01 |

INFALLSVINKEL = 75

| Vinkel bakom Vågbrytaren | 1x Våglängden | | | 2x Våglängden | | | 4x Våglängden | | | 6x Våglängden | | | 8x Våglängden | | | 10x Våglängden | | |
|--------------------------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|----------------|------|-----------|
| | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans |
| 15 grader | 0,27 | 0,26 | 0,01 | 0,20 | 0,19 | 0,01 | 0,14 | 0,14 | 0,00 | 0,11 | 0,11 | 0,00 | 0,10 | 0,10 | 0,00 | 0,09 | 0,09 | 0,00 |
| 30 grader | 0,30 | 0,29 | 0,01 | 0,23 | 0,21 | 0,02 | 0,17 | 0,15 | 0,02 | 0,13 | 0,13 | 0,00 | 0,11 | 0,11 | 0,00 | 0,10 | 0,10 | 0,00 |
| 45 grader | 0,35 | 0,34 | 0,01 | 0,25 | 0,26 | -0,01 | 0,20 | 0,19 | 0,01 | 0,17 | 0,16 | 0,01 | 0,15 | 0,14 | 0,01 | 0,13 | 0,13 | 0,00 |
| 60 grader | 0,44 | 0,43 | 0,01 | 0,37 | 0,36 | 0,01 | 0,30 | 0,29 | 0,01 | 0,26 | 0,25 | 0,01 | 0,24 | 0,23 | 0,01 | 0,22 | 0,21 | 0,01 |
| 75 grader | 0,56 | 0,56 | 0,00 | 0,56 | 0,54 | 0,02 | 0,56 | 0,53 | 0,03 | 0,55 | 0,52 | 0,03 | 0,55 | 0,52 | 0,03 | 0,54 | 0,52 | 0,02 |

INFALLSVINKEL = 90

| Vinkel bakom Vågbrytaren | 1x Våglängden | | | 2x Våglängden | | | 4x Våglängden | | | 6x Våglängden | | | 8x Våglängden | | | 10x Våglängden | | |
|--------------------------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|----------------|------|-----------|
| | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans |
| 15 grader | 0,24 | 0,23 | 0,01 | 0,17 | 0,16 | 0,01 | 0,12 | 0,12 | 0,00 | 0,10 | 0,09 | 0,01 | 0,09 | 0,08 | 0,01 | 0,08 | 0,07 | 0,01 |
| 30 grader | 0,26 | 0,24 | 0,02 | 0,18 | 0,18 | 0,00 | 0,13 | 0,13 | 0,00 | 0,11 | 0,10 | 0,01 | 0,09 | 0,09 | 0,00 | 0,08 | 0,08 | 0,00 |
| 45 grader | 0,29 | 0,28 | 0,01 | 0,20 | 0,20 | 0,00 | 0,15 | 0,15 | 0,00 | 0,12 | 0,12 | 0,00 | 0,11 | 0,10 | 0,01 | 0,09 | 0,09 | 0,00 |
| 60 grader | 0,33 | 0,33 | 0,00 | 0,26 | 0,25 | 0,01 | 0,18 | 0,19 | -0,01 | 0,16 | 0,16 | 0,00 | 0,14 | 0,14 | 0,00 | 0,13 | 0,12 | 0,01 |
| 75 grader | 0,43 | 0,42 | 0,01 | 0,36 | 0,35 | 0,01 | 0,33 | 0,29 | 0,04 | 0,28 | 0,25 | 0,03 | 0,24 | 0,22 | 0,02 | 0,22 | 0,20 | 0,02 |
| 90 grader | 0,54 | 0,56 | -0,02 | 0,53 | 0,54 | -0,01 | 0,53 | 0,53 | 0,00 | 0,54 | 0,52 | 0,02 | 0,54 | 0,52 | 0,02 | 0,54 | 0,52 | 0,02 |

INFALLSVINKEL = 105

| Vinkel bakom Vågbrytaren | 1x Våglängden | | | 2x Våglängden | | | 4x Våglängden | | | 6x Våglängden | | | 8x Våglängden | | | 10x Våglängden | | |
|--------------------------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|----------------|------|-----------|
| | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans |
| 15 grader | 0,20 | 0,20 | 0,00 | 0,14 | 0,14 | 0,00 | 0,11 | 0,10 | 0,01 | 0,08 | 0,08 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 0,06 | 0,06 | 0,00 |
| 30 grader | 0,22 | 0,21 | 0,01 | 0,15 | 0,15 | 0,00 | 0,11 | 0,11 | 0,00 | 0,10 | 0,09 | 0,01 | 0,09 | 0,08 | 0,01 | 0,08 | 0,07 | 0,01 |
| 45 grader | 0,24 | 0,23 | 0,01 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 0,13 | 0,12 | 0,01 | 0,10 | 0,10 | 0,00 | 0,09 | 0,09 | 0,00 | 0,08 | 0,08 | 0,00 |
| 60 grader | 0,27 | 0,27 | 0,00 | 0,20 | 0,20 | 0,00 | 0,15 | 0,14 | 0,01 | 0,12 | 0,12 | 0,00 | 0,11 | 0,10 | 0,01 | 0,09 | 0,09 | 0,00 |
| 75 grader | 0,33 | 0,33 | 0,00 | 0,25 | 0,25 | 0,00 | 0,20 | 0,19 | 0,01 | 0,16 | 0,16 | 0,00 | 0,14 | 0,14 | 0,00 | 0,12 | 0,12 | 0,00 |
| 90 grader | 0,42 | 0,42 | 0,00 | 0,35 | 0,35 | 0,00 | 0,29 | 0,27 | 0,02 | 0,27 | 0,25 | 0,02 | 0,23 | 0,22 | 0,01 | 0,21 | 0,20 | 0,01 |
| 105 grader | 0,57 | 0,56 | 0,01 | 0,54 | 0,54 | 0,00 | 0,53 | 0,53 | 0,00 | 0,53 | 0,52 | 0,01 | 0,53 | 0,52 | 0,01 | 0,53 | 0,52 | 0,01 |

INFALLSVINKEL = 120

| Vinkel bakom Vågbrytaren | 1x Våglängden | | | 2x Våglängden | | | 4x Våglängden | | | 6x Våglängden | | | 8x Våglängden | | | 10x Våglängden | | |
|--------------------------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|-----------|----------------|------|-----------|
| | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans | diagr. | DP | differans |
| 15 grader | 0,19 | 0,19 | 0,00 | 0,13 | 0,13 | 0,00 | 0,10 | 0,09 | 0,01 | 0,08 | 0,08 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 0,06 | 0,06 | 0,00 |
| 30 grader | 0,19 | 0,19 | 0,00 | 0,14 | 0,14 | 0,00 | 0,10 | 0,10 | 0,00 | 0,08 | 0,08 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 0,07 | 0,06 | 0,01 |
| 45 grader | 0,21 | 0,21 | 0,00 | 0,14 | 0,15 | -0,01 | 0,11 | 0,11 | 0,00 | 0,09 | 0,09 | 0,00 | 0,08 | 0,07 | 0,01 | 0,07 | 0,07 | 0,00 |
| 60 grader | 0,24 | 0,23 | 0,01 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 0,13 | 0,12 | 0,01 | 0,10 | 0,10 | 0,00 | 0,09 | 0,08 | 0,01 | 0,07 | 0,08 | -0,01 |
| 75 grader | 0,27 | 0,27 | 0,00 | 0,20 | 0,20 | 0,00 | 0,15 | 0,14 | 0,01 | 0,12 | 0,12 | 0,00 | 0,11 | 0,10 | 0,01 | 0,09 | 0,09 | 0,00 |
| 90 grader | 0,33 | 0,33 | 0,00 | 0,27 | 0,25 | 0,02 | 0,20 | 0,19 | 0,01 | 0,16 | 0,16 | 0,00 | 0,14 | 0,14 | 0,00 | 0,13 | 0,12 | 0,01 |
| 105 grader | 0,43 | 0,43 | 0,00 | 0,37 | 0,36 | 0,01 | 0,30 | 0,29 | 0,01 | 0,27 | 0,25 | 0,02 | 0,24 | 0,23 | 0,01 | 0,20 | 0,21 | -0,01 |
| 120 grader | 0,58 | 0,57 | 0,01 | 0,56 | 0,55 | 0,01 | 0,55 | 0,53 | 0,02 | 0,54 | 0,53 | 0,01 | 0,53 | 0,52 | 0,01 | 0,53 | 0,52 | 0,01 |

