

Institutionen för vattenbyggnad  
Chalmers tekniska högskola

Department of Hydraulics  
Chalmers University of Technology

**VÅGDÄMPNINGSFÖRMÅGA HOS FLYTANDE  
REKTANGULÄRA VÅGBRYTARE**  
**Numeriska försök med datorprogrammet RECT**

av

**Tomas Bähr**

---

**Adress:** Institutionen för vattenbyggnad  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 GÖTEBORG

**Telefon:** 031-772 10 00

**Fax:** 031-772 21 28



## Förord

Denna studie av flytande rektangulära vågbrytare har genomförts vid Institutionen för vattenbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola. Studien är genomförd som ett examensarbete ingående i civilingenjörsutbildningen vid Väg- och Vattenbyggnad, Chalmers tekniska högskola.

Jag vill tacka personalen på Institutionen för vattenbyggnad som hjälpt och stöttat mig i mitt arbete, speciellt vill jag tacka min handledare Prof. Lars Bergdahl och civ.ing. Larry Berggren.

Göteborg April 1993 Tomas Bähr.

## Innehållsförteckning

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| Sammanfattning.....                                 | 1  |
| Summary .....                                       | 3  |
| 1 Bakgrund .....                                    | 5  |
| 2 Mål.....                                          | 5  |
| 3 Metodik.....                                      | 5  |
| 4 Allmänt om vågbrytare .....                       | 6  |
| 4.1 Översikt över olika vågbrytare.....             | 6  |
| 4.2 Pontoner.....                                   | 7  |
| 4.3 A-ram.....                                      | 7  |
| 4.4 Bildäcksvågbrytare .....                        | 7  |
| 4.5 Förankring.....                                 | 8  |
| 4.6 Material.....                                   | 8  |
| 4.7 Leder.....                                      | 9  |
| 5 Teori .....                                       | 12 |
| 5.1 Fortskridande svängande sinusvågor .....        | 12 |
| 5.2 Oregelbundna vågor .....                        | 13 |
| 5.3 Transmissionskoefficient.....                   | 15 |
| 5.4 Rörelser.....                                   | 15 |
| 6 Programvaran.....                                 | 17 |
| 7 Numeriska försök 1 .....                          | 18 |
| 7.1 Konstant displacement.....                      | 18 |
| 7.2 Transmissionsberäkning, regelbundna vågor.....  | 19 |
| 7.3 Diskussion av resultaten.....                   | 20 |
| 7.4 Transmissionsberäkning, oregelbundna vågor..... | 21 |
| 7.5 Diskussion av resultaten.....                   | 22 |
| 7.6 Slutsatser.....                                 | 23 |
| 8 Numeriska försök 2 .....                          | 24 |
| 8.1 Omfördelning av tvärsnittets massor .....       | 24 |
| 8.2 Transmissionsberäkning, regelbundna vågor.....  | 25 |
| 8.3 Diskussion av resultaten.....                   | 27 |
| 8.4 Slutsatser.....                                 | 27 |

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| 9 Numeriska försök 3 .....                          | 28 |
| 9.1 Variation av displacementet.....                | 28 |
| 9.2 Transmissionsberäkning, regelbundna vågor.....  | 28 |
| 9.3 Diskussion av resultaten.....                   | 29 |
| 9.4 Transmissionsberäkning, oregelbundna vågor..... | 29 |
| 9.5 Diskussion av resultaten.....                   | 31 |
| 9.6 Slutsatser.....                                 | 31 |

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 10 Variabellista..... | 33 |
|-----------------------|----|

## Referenser

|                                        |   |
|----------------------------------------|---|
| Bilaga 1: Tabeller vågkaraktistik..... | I |
|----------------------------------------|---|

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| Bilaga 2: Vågspektrumsdiagram ..... | VII |
|-------------------------------------|-----|

|                                                  |      |
|--------------------------------------------------|------|
| Bilaga 3: Transmissionskoefficientsdiagram ..... | XXIV |
|--------------------------------------------------|------|

## Sammanfattning

Flytande vågbrytare är ofta ett attraktivt sätt att skydda småbåtshamnar mot vågor jämfört med sprängstensvågbrytare. Detta tack vare bland annat att de är kostnads- mässigt relativt okänsliga för djupt vatten, de är flexibla med avseende på vågbrytarens layout, och att de inte är beroende av goda grundläggningsförhållanden. Deras största nackdel är att långa vågor som uppstår vid hårt väder passerar utan att nämnvärt dämpas. Flytande vågbrytare är därför begränsade till platser med relativt kort stryk- längd. Sådana platser finns det gott om i de svenska skärgårdarna.

Det som studerats i detta arbete är flytande rektangulära vågbrytare (skal av betong, kärna av cellplast) förmåga att dämpa vågor. Tre numeriska försök med olika inrikt- ningar genomfördes. Försöken genomfördes både med regelbundna och oregelbundna vågor. I försöken med regelbundna vågor beräknades transmissionskoefficienten (transmitterad våghöjd/infallande våghöjd) som funktion av vågperioden. Detta gjor- des med hjälp av ett datorprogram för rakt infallande vågor som heter "Rect". För oregelbundna vågor beräknades infallande respektive transmitterade spektrum med hjälp av Pierson-Moskowitz spektrum. Ur dessa spektrum beräknades infallande re- spektive transmitterade genomsnittliga nollgenomgångsperioder, infallande respektive transmitterade signifikanta våghöjder och transmissionskoefficienter ( $KT_s$ ) baserad på signifikanta våghöjder.

I försök 1 studerades hur förhållandet mellan bredd och sjunkdjup påverkar vågdämp- ningen för en vågbrytare där displacementet hålls konstant till  $8 \text{ m}^3$  per löpmeter. Bredden varierades från 4 till 7 m med ett steg på 0,5 m (dvs sju vågbrytare testades). Övriga data: vattendjup = 10 m, fribord = 1 m, betongens tjocklek sattes lika i botten, däck och sidor.

Slutsatser:

- Att öka bredden från 4,0 till 7,0 m och samtidigt minska sjunkdjupet för att hålla displacementet konstant till  $8,0 \text{ m}^3/\text{m}$  ger en minskning i transmitterad signifikant våghöjd, minskningen är dock liten. Minskningen är som störst (0,08 m) vid en inf- allande signifikant våghöjd på 0,35 m (den sämsta vågbrytaren ger en transmitterad signifikant våghöjd på ca 0,16 m och den bästa en på ca 0,08 m vid denna infallande signifikanta våghöjd).
- Ingen av de testade vågbrytarna är bäst i vågdämpningshänseende över hela det un- dersökta intervallet av infallande signifikant våghöjd. De tre bästa vågbrytarna är de tre bredaste ( 6 m, 6,5 m och 7 m) som var och en är bäst vid olika infallande signi- fikanta våghöjder. Skillnaden mellan dem är dock mycket liten.
- En för småbåtshamnar föreslagen maximalt acceptabel signifikant våghöjd är 0,15 m. Detta motsvarar en infallande signifikant våghöjd på 0,44 m för den bästa vågbrytaren (bredd = 6,5m) och 0,34 m för den sämsta (bredd = 4 m).
- När bredden ökas från 4,0 m till 7,0 m så ökar den infallande nollgenomgångs- perioden som motsvarar  $KT_s = 0,5$  från 2,30 s till 2,64 s.

I försök 2 studerades möjligheten att förbättra vågdämpningsegenskaperna för vågbrytarna i försök 1, genom att ändra tyngdpunktens läge respektive tröghetsradiens storlek. Dessa ändringar erhöles genom att omfördela den betong ("överskottet") som inte behövs för att erhålla minsta erforderliga betongtjocklek enligt BBK (Bestämmelser för betongkonstruktioner). Omfördelningen gjordes genom att sätta betongtjockleken i botten, på däck och på sidorna till minsta erforderliga och placera "överskottet" av betongen på vågbrytarens sidor. Detta gav samma koordinater för tyngdpunkterna som i försök 1, men större tröghetsradier. Vidare prövades att sätta allt "överskott" av betong i botten av vågbrytarna och betongtjockleken lika med minsta erforderliga enligt BBK på sidor och däck.

Slutsatser:

- Att placera "överskottet" av betong på sidorna av vågbrytaren jämfört med att fördela det jämnt på botten, däck och sidorna (som i försök 1) ger mycket små skillnader i transmissionskoefficient. Kurvorna överlappar varandra i stort sett.
- Att placera "överskottet" av betong i botten av vågbrytaren ger mycket dålig vågdämpning.

I försök 3 undersöktes hur mycket vågdämpningen förbättras genom att göra vågbrytaren stor och tung. Bredden sattes här till 8 m och sjunkdjupet ökades från 0,5 m till 4,0 m med ett steg på 0,5 m. Detta motsvarar en ökning av displacementet från 4 m<sup>3</sup>/m till 32 m<sup>3</sup>/m med ett steg på 4 m<sup>3</sup>/m. Övriga data: djup = 10 m, fribord = 1 m, betongens tjocklek är lika i botten, på däck och sidor.

Slutsatser:

- Till skillnad från försök 1 där bredden ökades (utan att förändra displacementet) så blir det en större förbättring i vågdämpningshänseende när displacementet ökas genom att göra sjunkdjupet större.
- Ingen av de testade vågbrytarna är bäst i vågdämpningshänseende över hela det undersökta intervallet av infallande signifikant våghöjd. En ökning av sjunkdjupet medför en förbättring för vissa "högre" infallande vågor men samtidigt en liten försämring för andra "lägre" infallande vågor.
- När sjunkdjupet ökas från 0,5 m till 4,0 m:
  - så ökar den infallande nollgenomgångsperioden som motsvarar  $KT_s = 0,5$  från 1,84 s till 3,43 s.
  - så ökar den infallande signifikanta våghöjden som motsvarar en transmitterad signifikant våghöjd på 0,15 m från 0,28 m till 0,42 m (Högst infallande signifikant våghöjd (0,49m) fås för ett sjunkdjup på 2 m).
  - så ökar den infallande signifikanta våghöjden som motsvarar en transmitterad signifikant våghöjd på 0,40 m från 0,5 m till 0,85 m.

## Summary

Floating breakwaters are often an attractive solution for sheltering small craft harbours from waves, compared to a rubble mound breakwater. This thanks to, among other things, their being relatively cost insensitive to deep water, their layout being flexible and that they are not depended on good foundation. Their greatest disadvantage is that long waves, generated in stormy weather, passes without any significant wave reduction. Floating breakwaters are therefore limited to places with relatively short fetch. Such places are common in the Swedish archipelagos.

The studied subject of this work is the wave attenuation ability of rectangular floating concrete/styrofoam breakwaters. Three numerical experiments with different approach have been carried out in both regular and irregular waves. In the experiments with regular waves the transmission coefficient (transmitted wave height/incident wave height) was calculated with a computer program called "Rect" as a function of wave period. For irregular waves incident and transmitted spectrum were calculated with Pierson-Moskowitz spectrum. Out of these spectrums incident and transmitted zero up-crossing period, incident and transmitted significant wave height and transmission coefficient based on significant wave height  $KT_s$  were calculated.

In experiment 1 the effect of the relation between width and draught on the ability of the breakwaters to attenuate waves was studied. The displacement was fixed to  $8 \text{ m}^3$  and the width was increased from 4 m to 7 m by steps of 0,5 m. Other data: water depth = 10 m, freeboard = 1 m, the thickness of the concrete was equal in sides, bottom and deck.

### Conclusions:

- Increasing the width from 4 m to 7 m and simultaneously decreasing the draught of the breakwater to retain the displacement to  $8 \text{ m}^3/\text{m}$  results in a reduction of the transmitted wave height. The reduction is, however, small.
- No one of the breakwaters is best in regard to wave attenuation over the whole investigated period interval. The three best breakwaters are the three widest (6, 6,5 and 7 m), where each one is best in different wave periods.
- One suggested maximum acceptable significant wave height for small craft harbours is 15 cm. This corresponds to a incident wave height of 0,44 m for the best breakwater (width = 6,5 m) and 0,34 m for the worst (width = 4 m).
- When the width is increased from 4 to 7 m, the zero up-crossing period corresponding to a transmission coefficient of 0,5 is increased from 2,30 to 2,64 s.



In experiment 2 the possibility of improving the wave attenuation of the breakwaters tested in experiment 1 was studied, by changing the position of the centre of gravity and increasing the pitch radius of gyration. These changes were obtained by reallocation of the concrete not necessary to obtain the minimum thickness of the concrete recommended by the norm (BBK). The reallocation was done by setting the concrete thickness in the bottom, and in the deck to the minimum acceptable by the norm and the remaining concrete on the sides. This gave the same coordinate for the centre of gravity but a greater pitch radius of gyration. Further the effect of putting the remaining concrete in the bottom of the breakwater was tested.

#### Conclusions:

- To reallocate the remaining of concrete on the sides of the breakwater compared to locate it equal to all four sides gives very little differences in transmission coefficient. The curves almost overlap.
- To reallocate the remainder of concrete in the bottom of the breakwater results in very poor wave attenuation.

In experiment 3 the improvement of wave attenuation was studied by making the breakwater large and heavy. The width was fixed to 8 m and the draft of the breakwater was increased from 0,5 m to 4,0 m by steps of 0,5 m. This corresponds to an increase in displacement from 4 m<sup>3</sup>/m to 32 m<sup>3</sup>/m by steps of 4 m<sup>3</sup>/m. Other data: water depth = 10 m, freeboard = 1 m, the thickness of the concrete is equal in sides, bottom and deck.

#### Conclusions:

- The improvement in wave attenuation when increasing the draft of the breakwater (with fixed width) is much greater than the improvement obtained in experiment 1 when the width was increased (with fixed displacement).
- No one of the breakwaters is best in regard to wave attenuation over the whole investigated zero up-crossing period interval. An increased displacement gave an improvement in high waves and at the same time a change for the worse in smaller waves.
- When the draft is increased from 0,5 m to 4,0 m:
  - the incident significant wave period corresponding to  $KT_s = 0,5$  increased from 1,84s to 3,43 s.
  - the incident significant wave height corresponding to a transmitted significant wave height of 0,15 increases from 0,28 m to 0,42 m.
  - the incident significant wave height corresponding to a transmitted wave height of 0,40 m increases from 0,5 to 0,85 m.

## 1 Bakgrund

Flytande vågbrytare är ofta ett attraktivt sätt att skydda småbåtshamnar mot vågor jämfört med sprängstensvågbrytare. Detta tack vare bland annat att de är kostnads- mässigt relativt okänsliga för djupare vatten, de är flexibla med avseende på vågbrytar- nas layout, och att de inte är beroende av goda grundläggningsförhållanden. Deras största nackdel är att långa vågor som uppstår vid hårt väder passerar utan att näm- värt dämpas. Användningen av flytande vågbrytare är därför begränsad till platser med relativt kort stryklängd. Sådana platser finns det gott om i de svenska skärgårdarna.

## 2 Mål

Målet med detta arbete var att studera flytande rektangulära vågbrytares (skal av be- tong, kärna av cellplast) förmåga att dämpa vågor. Olika utformningar av tvärsek- tionen hos vågbrytarna studerades. Hur förhållandet mellan bredd och sjunkdjup påverkar vågdämpningen för en vågbrytare där displacementet hålls konstant till 8 m<sup>3</sup>/m. Vidare skulle möjligheten att förbättra vågdämpningen genom att ändra tyngdpunktens läge och tröghetsradiens storlek studeras. Samt hur vågdämpningen påverkas genom att göra vågbrytaren stor och tung genom att öka sjunkdjupet.

## 3 Metodik

Det första som gjordes var en litteraturundersökning i ämnet. Därefter bestämdes de yttre måtten på vågbrytarna som skulle studeras och deras data (tyngdpunkt, tröghets- radie mm) beräknades med hjälp av Excel. Nästa steg var att beräkna transmissions- koefficienten för regelbundna vågor. Detta gjordes med datorprogrammet "Rect" som är ett radiation/diffraktions program för rakt infallande vågor. Sedan gjordes beräkning- ar för oregelbundna vågor i Excel med hjälp av Pierson-Moskowitz spektrum. Det som beräknades var olika vågperioder ( $T_{1i}$ ,  $T_{2i}$ ,  $T_{1t}$ ,  $T_{2t}$ ,  $T_{ci}$  och  $T_{ct}$ ), transmitterad signifikant våghöjd  $H_{st}$  och transmissionskoefficienten  $KT_s$  (baserad på signifikant våghöjd) för olika infallande signifikanta våghöjder  $H_{si}$ . Resultaten presenteras i grafer och tabeller.

## 4 Allmänt om vågbrytare

### 4.1 Översikt över olika vågbrytare

Många platser där en hamn är önskvärd har inte den naturliga topografi som är nödvändig för att skydda mot skadliga vågor. Sådana platser måste förses med vågbrytare, fasta eller flytande. Fasta vågbrytare finns i många olika utföranden och tillverkas av olika material till exempel sprängsten och betongblock. Dessa fasta vågbrytare måste bäras upp av havsbotten vilket medför att de blir dyra vid djupt vatten. Fasta vågbrytare kan orsaka miljöproblem genom att de stör vattencirkulationen vilket kan medföra att sediment och föroreningar stängs inne och täcker botten och dess organismer. Med tiden kan vattendjupet minska varpå muddring kan bli nödvändigt. Vågbrytare förekommer även för att minska vågbildning vid kanalinlopp och för att förhindra stranderosion (Moore 1986).

Flytande vågbrytare är ofta ett bra alternativ till den traditionella sprängstensvågbrytaren för att skydda småbåtshamnar. Några faktorer som talar för flytande vågbrytare är:

- Dåliga grundläggningsförhållanden. - Flytande vågbrytare kan vara enda möjligheten när dåliga grundläggningsförhållanden medför att botten inte förmår att bära en traditionell sprängstensvågbrytare.
- Djupt vatten. - Flytande vågbrytare är i stort sett kostnadsmässigt okänsliga för ökat djup och vid vattendjup över ca 6,0 m är vanligen sprängstensvågbrytare dyrare än flytande vågbrytare.
- Miljön. - Flytande vågbrytare har en mindre påverkan på de kustmorfologiska och ekologiska processerna.
- Flexibilitet. - Vågbrytarnas layout kan lätt ändras om så skulle behövas till exempel vid en utbyggnad av hamnen.
- Utseende. - En flytande vågbrytare har en låg profil och skymmer på så sätt horisonten mycket lite. Detta är speciellt bra i områden med stora variationer i vattenståndet (McCartney 1985).

Deras största nackdel är att långa vågor som uppstår vid hårt väder passerar utan att nämnvärt dämpas. Flytande vågbrytare är därför begränsade till platser med relativt kort stryklängd. Sådana platser finns det gott om i de svenska skärgårdarna.

Ett stort antal flytande vågbrytare har under årens lopp konstruerats, dessa kan delas upp i form och/eller funktion. Några exempel:

- I huvudsak reflekterande system där vågbrytaren främst reducerar den inkommande vågens energi genom att reflektera tillbaka den mot sjön:

\* Pontoner, ihåliga eller fyllda med cellplast.

-Enkel rektangulär ponton, fig(1).

-Dubbel rektangulär ponton, fig(2).

-Rektangulär ponton med utliggare, fig(3).

-Rektangulär ponton med vertikala skärmar, fig(4).

- \* Oak Harbour katamaran, fig(5).
  - \* A-ram typ, fig(6).
- I huvudsak dissipativa system där vågbrytaren främst reducerar den infallande vågens energi genom att vågen bryter och bildar turbulenta virvlar.
    - \* Bildäcksvågbrytare, fig(7.1-3).
    - \* Flytande vågbrytare av typ Equiport, fig(8) (Werner 1988).

## 4.2 Pontoner

De flesta vågbrytare av pontontyp är tillverkade i moduler av armerad betong som kopplas ihop till större enheter. Fälterfarenheter av enkla rektangulära pontoner är mycket goda och livslängder på över 50 år inte är ovanliga. Haverier har varit få och har oftast hänfört sig till förankring och kopplingar. Ibland har problem med dragning på grund av underdimensionerad förankring uppstått, särskilt i samband med isrörelser. Pontonerna kan användas som brygga vid förtöjning (McCartney 1985).

Dubbla rektangulära pontoner är ett sätt att fördela en given massa för att erhålla en längre pitchperiod och en stabilare vågbrytare än vad som skulle vara fallet om samma massa användes till en enkel ponton. De extra hörnen ger extra reduktion av våg-energin genom dissipation (Richey 1974).

En annan metod att förbättra vågdämpningen är att tillverka vågbrytaren med vertikala skärmar.

## 4.3 A-ram

A-ramvågbrytaren fig(6) konstruerades för att utnyttja båda huvudmekanismerna vid reduktion av vågenergi. Den vertikala skärmen reflekterar vågorna, det lutande planet möjliggör vågbrytning. De två flyttankarna ger en stor tröghetsradie som medför en lång pitchperiod (Richey 1974).

## 4.4 Bildäcksvågbrytare

Bildäcksvågbrytare tillverkas av uttjänta bildäck som bandas ihop enligt ett visst mönster till större enheter. Dessa kan vara lämpliga att använda då man behöver ett temporärt vågskydd, t.ex. vid reparationsarbete i ett område utsatt för vågor. För att få tillräcklig flytkraft placeras flytelement av uretanskum i varje däck. De är billiga att tillverka och kräver ingen speciellt utbildad arbetskraft.

Bildäcksvågbrytare har visat sig mycket underhållskrävande och har en kort livslängd (<10 år) i isfria vatten. De är olämpliga att använda där det finns risk för isiga vintrar. De samlar åtskilligt med drivande skräp, påväxtningen av marina organismer/växter är besvärande och kräver regelbunden rensning (Van Amstel 1988).

#### 4.5 Förankring

Flytande vågbrytare hålls vanligen på plats av betongblock eller av skeppsankare fig(9), alternativt kan pålar fig(10) användas. De skeppsankare som används är en typ som gräver ner sig när de dras utefter botten, s.k. grävankare. Dessa grävankare kan användas i vilket vattendjup som helst, men fungerar bäst på sand eller lerbotten (för att kunna tränga ner i botten).

Att förankra med massiva betongblock är relativt ineffektivt om de inte kan grävas ner i botten genom till exempel jettning. Betongblocken är billiga att tillverka men de är stora och tunga att hantera.

Att använda pålar begränsar sig till vattendjup under ca 15 m och relativt goda grundförhållanden. Som pålar används vanligen H-balk eller stålrör som ytbehandlats för att erhålla erforderlig livslängd (McCartney 1985).

För att binda samman den flytande vågbrytaren och ankaret/pålen används vanligen kätting, men man kan också använda sig av nylonrep eller av vajer. Då kätting används skall längden vara så anpassad att en del av kättingen intill ankaret alltid ligger på botten, och således kraften vid ankaret alltid blir horisontell. En fördel med denna slaka förankring är att den mjukt absorberar stora krafter och rörelser (Sjöberg 1981).

#### 4.6 Material

Det vanligaste material som används till flytande vågbrytare är armerad betong, men stål och trä förekommer också.

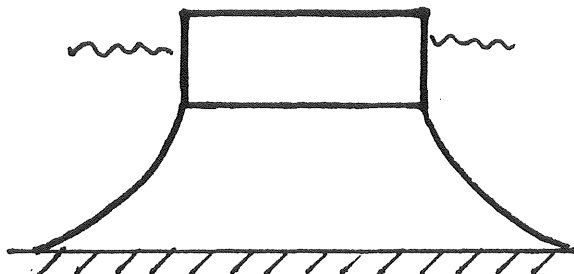
Skador på flytande vågbrytare som byggts av armerad betong har rapporterats i några fall. Det har då rört sig om spjälkning på grund av korroderande armering, frostsprängning och skador som uppstått vid våldsamma kollisioner. Korrosion av armering och frostsprängning undviks med ett yrkesmässigt förfarande vid tillverkningen och man kan få en livslängd som överstiger 50 år. Till exempel finns det en pontonvågbrytare av betong i Lysekil från 1945 som fortfarande fungerar utmärkt. Denna är ihålig och tydligen har läckage inte varit något problem. Dock finns det fördelar med att fylla hålrummet med cellplast. Om läckage uppstår så kommer cellplasten att förhindra att vågbrytaren sjunker. Skadade betongvågbrytare kan repareras med sprutbetong efter sandblästring (Werner 1988).

Då stål används brukar det skyddas mot korrosion genom till exempel galvanisering, målning eller med hjälp av offeranoder. Vågbrytare som byggs i trä måste skyddas mot skeppsmask om den skall användas i salt vatten.

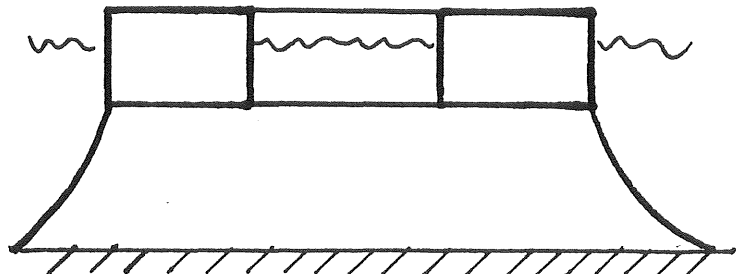
#### 4.7 Leder

Det är sällan som en flytande vågbrytare kan byggas i en enda stor enhet. Oftast fästs flera mindre enheter samman på ett eller annat sätt, till exempel med en stel led, vilket medför att vågbrytaren uppträder som om den vore kontinuerlig. Mjuka leder används också, de tillåter böjning i vertikala planet men begränsar horisontell böjning och vridning.

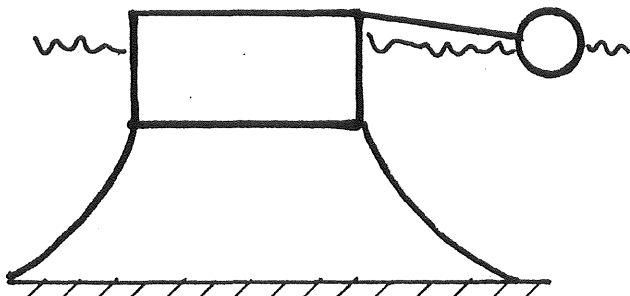
Man kan också bygga vågbrytarna utan koppling. Det vill säga att vågbrytaren består av ett antal fristående enheter som antingen är separerade med någon typ av fendorar eller så ligger enheterna tillräckligt långt ifrån varandra för att inte kollidera (Werner 1988).



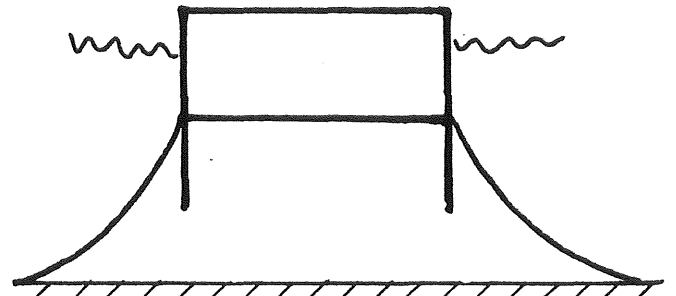
Fig(1) Enkel rektangulär ponton.



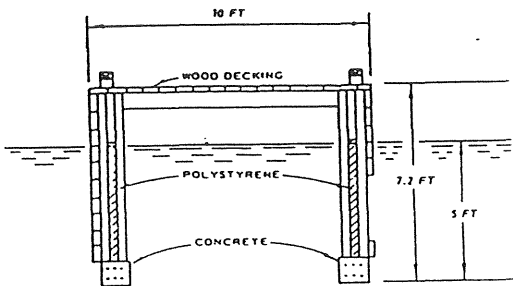
Fig(2) Dubbel rektangulär ponton.



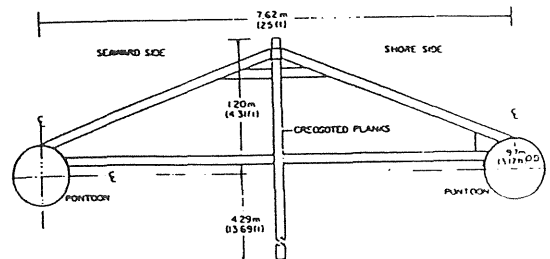
Fig(3) Rektangulär ponton med utliggare.



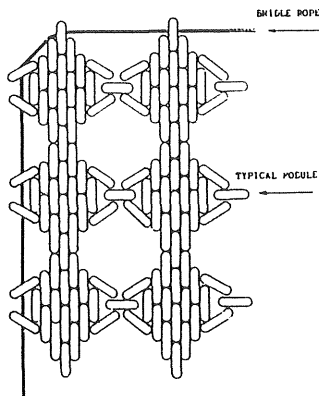
Fig(4) Rektangulär ponton med vertikala skärmar.



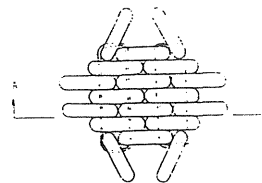
Fig(5) Oak Harbour katamaran.



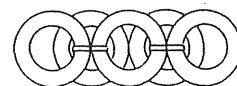
Fig(6) A-ram.



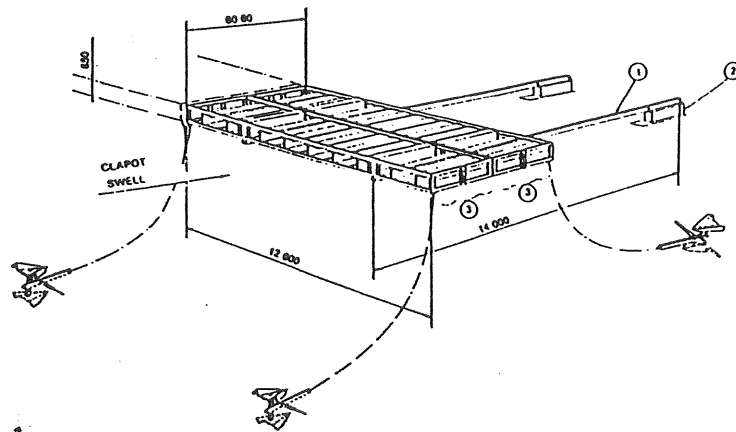
Fig(7.1) Bildäcksvåg brytare, plan-vy av ett hörn.



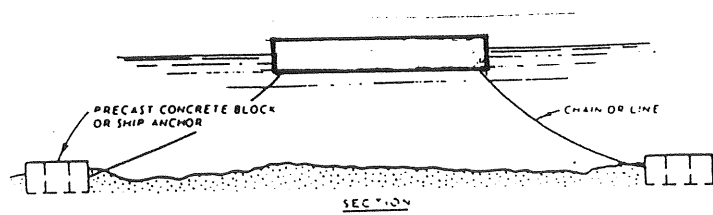
Fig(7.2) Plan-vy av en modul.



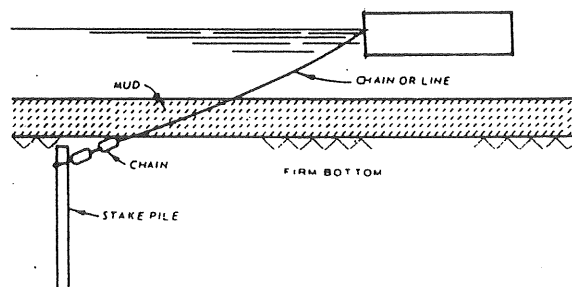
Fig(7.3) Sektion A-A av en modul.



Fig(8) Vågbrytare typ Equiport.



Fig(9) Förankring med betongblock eller skeppsankare.



Fig(10) Förankring med pålar.

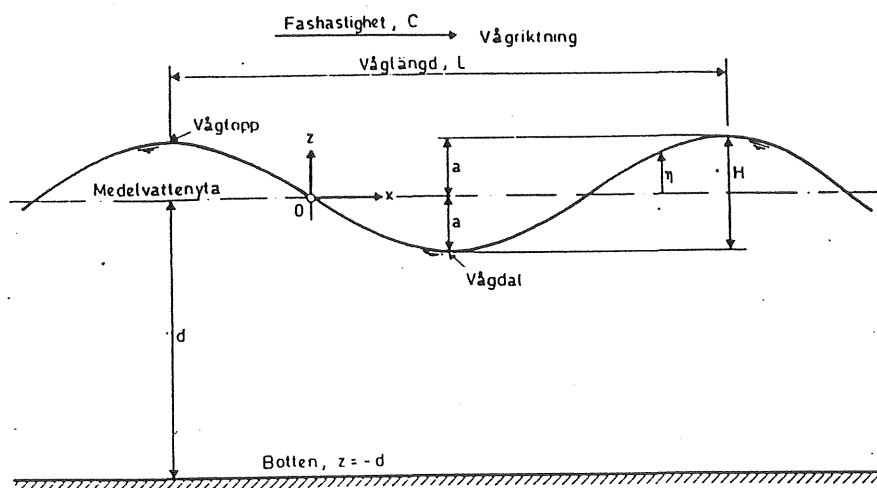


## 5 Teori

### 5.1 Svängande fortkridande sinusvågor

En svängande fortkridande våg karakteriseras av att den förflyttas framåt i vindriktningen och de definieras med hjälp av följande parametrar:

$L$  = Våglängd                       $C$  = Fashastighet                       $a$  = amplitud  
 $H$  = Våghöjd                       $f$  = Frekvens =  $1/T$   
 $d$  = Vattendjup                       $T$  = Vågperiod = tiden som åtgår för två successiva vågtoppar  
att passera en given punkt.



Fig(11) Definition av karakteristiska parametrar för en svängande fortkridande sinusvåg.

Den hastighet med vilken vågen fortplantar sig benämns fashastigheten,  $C$ , och definieras av sambandet

$$C = \frac{L}{T}$$

och är en funktion av våglängd och vattendjup enligt formeln

$$C = \left( \frac{gL}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \right)^{1/2}$$

Ur ekvationerna ovan kan man härleda ett uttryck för våglängden som funktion av vågperiod och vattendjup.

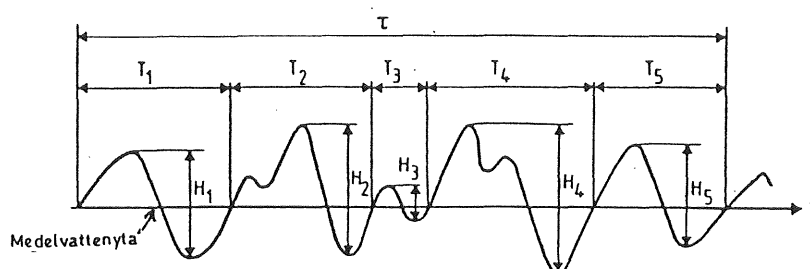
$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \left( \frac{2\pi d}{L} \right)$$

Då vattendjupet är lika med halva våglängden eller större blir  $\tanh 2\pi/d \approx 1$ .  
Fas hastigheten på "djupt vatten" ( $d/L > 0,5$ ) fås då till

$$C = \left( \frac{g}{2\pi} L \right)^{1/2} \approx 1,25(L)^{1/2} \approx 1,56 T \quad [\text{m/s}] \quad \text{där } T \text{ är i sekunder}$$

och våglängden  $L = \frac{g}{2\pi} T^2 = 1,56 T^2 \quad [\text{m}]$  där  $T$  är i sekunder.

## 5.2 Oregelbundna vågor



Fig(12) Exempel på möjlig vågregistrering, oregelbundna vågor.

Verkliga vindgenererade vågor uppvisar inte den regelbundenhet som den svängande sinusvågen har. De är nämligen oregelbundna vad gäller höjd, längd, hastighet osv, se fig(12). Vågorna kan definieras med följande statistiska parametrar:

- Nollgenomgångsperioden = tiden mellan två på varandra följande skärningar (nollgenomgångar) uppåt av medelvattenytans nivå.
- Den genomsnittliga nollgenomgångsperioden  $T_z$  för ett vågtåg är medelvärdet av alla nollgenomgångsperioder i vågtåget.
- Ett annat möjligt sätt är att definiera vågperioden som tiden mellan två på varandra följande vågtoppar (vågtoppsperioden). Den genomsnittliga vågtoppsperioden  $T_c$  är medelvärdet av alla vågtoppsperioder.
- En vid tekniska tillämpningar ofta utnyttjad designparameter är  $H_s$  = signifikanta våghöjden = medelvärdet av de  $N/3$  högsta våghöjderna i en serie om  $N$  vågor. Erfarenheten har visat att  $H_s$  är ungefär lika med den våghöjd som visuellt uppskattas av en erfaren observatör.

Ett lämpligt sätt att beskriva oregelbundna vågor för att kunna jämföra olika vågklimat är att bestämma vågornas energiinnehåll. Vanligen använder man sig av energitätheten  $S(f)$  vid olika frekvenser. Vid beräkningar då man ej har något uppmätt vågenergispektrum kan man använda sig av standardspektrum. Det som använts i detta arbete är Pierson-Moskowitz spektrum, vilket representerar "fullt utbildad sjö".

$$S(f) = (2\pi)^{-4} \alpha g^2 f^{-5} \exp(-1,25(f/f_0)^{-4}) \quad [\text{m}^2\text{s}]$$

$$\alpha = 0,0081$$

$$g = 9,81 \quad [\text{m/s}^2]$$

$$f = \text{frekvensen} \quad [1/\text{s}]$$

$$f_0 = ((0,161 \text{ g}/H_s)^{1/2} / 2\pi) \quad \text{frekvensen för spektrumets maximala energi}$$

där  $H_s$  är signifikanta våghöjden i meter

Som indata ges  $H_s$ , som bestämmer spektrumet entydigt till form, storlek och placering på frekvensaxeln.

För att beskriva spektrets form används det så kallade momentet kring origo av  $S(f)$ . Det n:te momentet skrivs :

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

Ju högre moment som bildas desto större vikt läggs vid energin i de höga frekvenserna. Moment bildas vanligen för  $n = 0, 1, 2$  och  $4$ . Dessa kan sedan användas vid uppskattning av vågkaraktäristiska så som:

- Signifikant våghöjd:  $H_s = 4,00\sqrt{m_0}$
- Nollgenomgångsperiod:  $T_z$  där  $T_2 = \sqrt{m_0/m_2} < T_z < m_0/m_1 = T_1$

Vid ett brett spektrum (dyningsdominerad sjö) används  $T_1$ , för ett smalare spektrum (vindvågor) används  $T_2$ .

- Vågtopperperioden:  $T_c = \sqrt{m_2/m_4}$
- Medelvåghöjd:  $H_m = 2,50\sqrt{m_0}$

Det transmitterade spektrumet fås genom att multiplicera det infallande vågspektrumet med transmissionskoefficienten i kvadrat, ty vågenergin är proportionell mot våghöjden i kvadrat.

### 5.3 Transmissionskoefficient

Tre principiellt olika mekanismer för vågdämpning av en flytande vågbrytare uppträder antingen i kombination eller var för sig, nämligen:

- Reflektion såsom från ett fast hinder.
- Generering av vågrörelse på grund av konstruktionens egna rörelse i vågorna. Den genererade vågen sammanlagras med den inkommande och kan då resultera i våghöjdsreduktion på grund av sk ur-fasdämpning.
- Dissipation av vågenergi genom vågbrott och virvelbildning.

Som ett mått på den sammanlagda effekten brukar man använda begreppet transmissionskoefficient  $KT$ , det vill säga förhållandet mellan transmitterad våghöjd  $H_t$  och infallande våghöjd  $H_i$ .

$$KT = \frac{H_t}{H_i} \quad \text{för regelbundna vågor, samt}$$

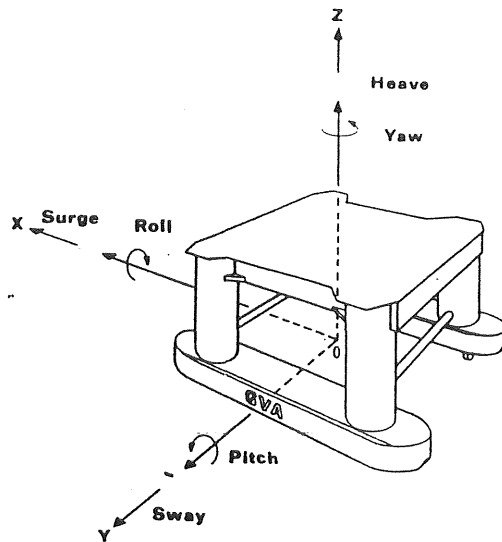
$$KT_s = \frac{H_{st}}{H_{si}} \quad \text{för oregelbundna vågor, där index s står för signifikant.}$$

### 5.4 Rörelser

Rörelserna hos en flytande kropp som befinner sig i ett vågsystem, kan beskrivas genom att använda skeppsterminologins sex frihetsgrader:

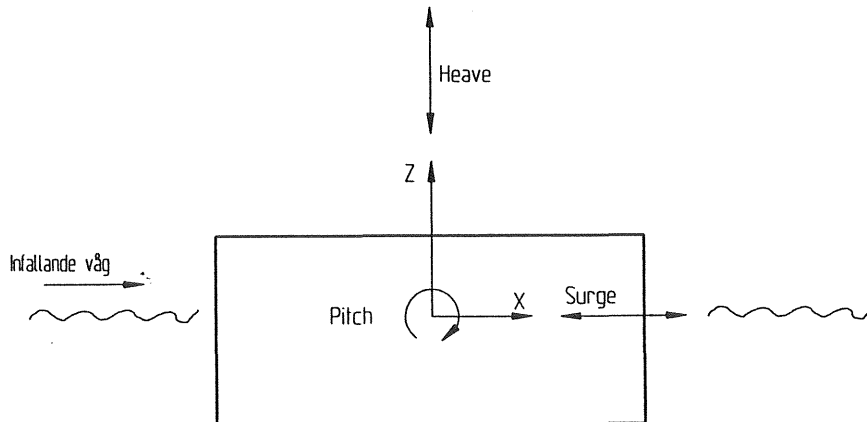
|                  |              |         |             |
|------------------|--------------|---------|-------------|
| 3 translationer: | i x-led      | (surge) | -           |
|                  | i y-led      | (sway)  | -           |
|                  | i z-led      | (heave) | (hävning)   |
| 3 rotationer:    | runt x-axeln | (roll)  | (rullning)  |
|                  | runt y-axeln | (pitch) | (stampning) |
|                  | runt z-axeln | (yaw)   | -           |

Dessa sex frihetsgrader illustreras i fig(13).



Fig(13) Definition av koordinatsystem och rörelsemoder, 3 - dimensionellt problem.

En mot vågbrytaren rakt infallande våg i x-led ger ett 2-dimensionellt problem med 2 translationer, heave och surge, samt en rotation, pitch se fig(14).



Fig(14) Definition av koordinatsystem och rörelsemoder, 2 - dimensionellt problem.

## 6 Programvaran

Programmet som använts i arbetet heter "Rect", och är ett 2-dimensionellt radiation/diffraktions program för analys av flytande vågbrytare med rektangulär tvärsnitt. Programmet är konstruerat av Mickey Johansson vid hans utbildning till teknisk doktor på institutionen för vattenbyggnad vid CTH.

Följande kan beräknas med detta program:

- Hydrodynamisk tilläggs massa och dämpningskoefficienter.
- Exciterande krafter och moment från vågen mot vågbrytaren.
- Rörelser för fritt flytande och förankrade vågbrytare.
- Transmitterade och reflekterade vågor.

Rect löser den partiella differentialekvationen som bestämmer problemet (Laplace ekvation), genom att använda metoden "matched eigenfunktion expansions". Denna metod ger snabba beräkningar men begränsar problemet till enkla geometriska former.

Indata i "rect" är bland annat:

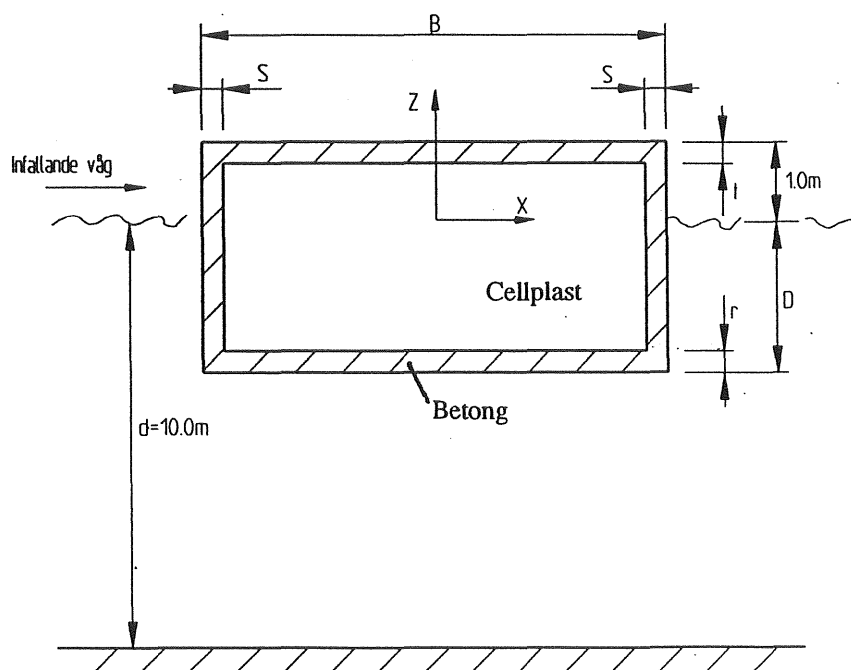
- vågbrytarens bredd  $B$
- vågbrytarens sjunkdjup  $D$
- vattendjupet  $d$
- tyngdpunktens  $z$ -koordinat  $ZG$
- tröghetsradien  $PR$  (runt  $y$ -axeln)
- vågperioderna att beräkna  $T$

(Johansson 1991)

## 7 Numeriska försök 1

### 7.1 Konstant displacement

Här har sju stycken olika vågbrytare testats (V6-V12), alla med samma massa  $m=8000$  kg (eller displacement =  $8$  m<sup>3</sup>) per löpmeter. Det som har varierats är förhållandet mellan bredd (B) och sjunkdjup (D). Vågbrytarna är av betong med en kärna av cellplast. Däck, botten och sidor har samma betongtjocklek ( $t = r = s$ ). Fribordet är valt till  $1,0$  m och vattendjupet till  $10$  m för alla vågbrytarna,  $\rho_{\text{btg}}=2400$  kg/m<sup>3</sup>,  $\rho_{\text{cp}}=15$  kg/m<sup>3</sup>. Övriga data se tab(1).



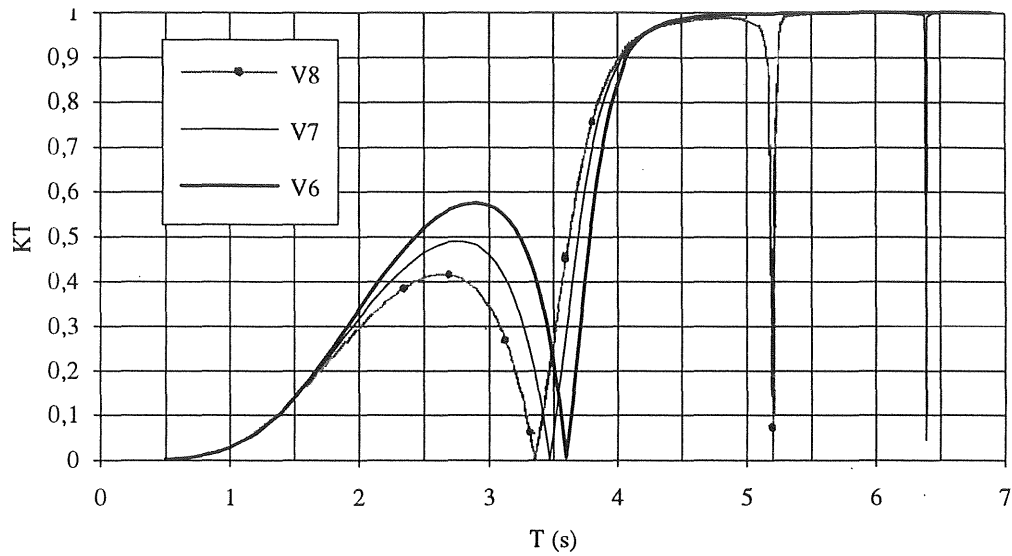
Fig(15) Vågbrytarens geometriska variabler.

Tab(1) Data för vågbrytarna.

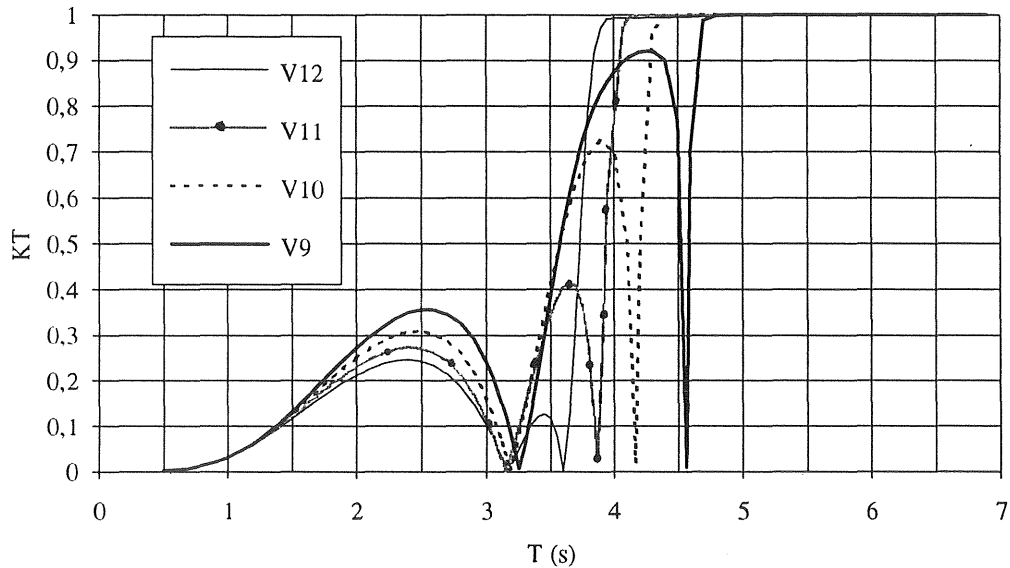
|             | V6     | V7     | V8     | V9     | V10    | V11    | V12    |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| B (m)       | 4,0    | 4,5    | 5,0    | 5,5    | 6,0    | 6,5    | 7,0    |
| D (m)       | 2,00   | 1,78   | 1,60   | 1,45   | 1,33   | 1,23   | 1,14   |
| t, r, s (m) | 0,252  | 0,241  | 0,229  | 0,217  | 0,206  | 0,195  | 0,186  |
| ZG (m)      | -0,500 | -0,389 | -0,300 | -0,227 | -0,166 | -0,115 | -0,071 |
| PR (m)      | 1,937  | 1,990  | 2,078  | 2,176  | 2,285  | 2,400  | 2,524  |

## 7.2 Transmissionsberäkning, regelbundna vågor

Det primära med beräkningarna med "Rect" var att erhålla transmissionskoefficienten (KT) som funktionen av vågperioden (T) för regelbundna vågor. Beräkningarna utfördes i ett vågperiodsintervall från 0,5 s till 7,0 s, med ett tidssteg på 0,1 s. Där kurvorna har en brant lutning valdes ett mindre tidssteg för att få kurvorna jämnare. Resultaten av datorberäkningarna presenteras i fig(16) och fig(17).



Fig(16) Transmissionskoefficienten som funktion av vågperioden, regelbundna vågor.



Fig(17) Transmissionskoefficienten som funktion av vågperioden, regelbundna vågor.



### 7.3 Diskussion av resultaten

Fig(16) visar att kurvorna har en buk som förskjuts nedåt då bredden ökas. Fig(17) visar samma sak, samt att ytterligare en buk lite längre upp i periodintervallet börjar växa fram som även den förskjuts nedåt med ökad bredd.

Vågbrytarna transmitterar mindre än 25% av vågenergin (kvadraten av transmissionskoefficienten är proportionell mot den av vågbrytaren transmitterade energin,  $0,5^2=0,25 \Rightarrow 25\%$ ) upp till en viss våglängd (L) eller vågperiod (T) enligt tab(2) nedan. Denna våglängd eller period kan användas för att jämföra de olika vågbrytarnas vågdämpningsförmåga.

Tab(2) Våglängd och motsvarande vågperiod för 25% transmission av vågenergin.

|       | V6 <sup>1</sup> | V7   | V8   | V9   | V10  | V11  | V12  |
|-------|-----------------|------|------|------|------|------|------|
| L (m) | 22,3            | 21,4 | 20,4 | 19,9 | 19,9 | 24,2 | 21,7 |
| T (s) | 3,78            | 3,7  | 3,62 | 3,57 | 3,57 | 3,94 | 3,73 |

Av tab(2) framgår att denna våglängd blir kortare med ökad bredd, förutom för de två sista vågbrytarna (V11,V12)

De minima ( $T_{\min}$ ) för respektive kurva som ligger längst upp i periodintervallet sammanfaller med resonansperioden i pitch ( $T_p$ ). Speciellt gäller detta för V8, V9, V10 och V11 se tab(3).

Tab(3) Perioder för resonans i pitch och heave.

|                | V6   | V7   | V8   | V9   | V10  | V11  | V12  |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| $T_p$ (s)      | 10,6 | 6,6  | 5,25 | 4,57 | 4,16 | 3,9  | 3,8  |
| $T_h$ (s)      | 3,75 | 3,76 | 3,68 | 3,67 | 3,67 | 3,69 | 3,7  |
| $T_{\min}$ (s) | -    | -    | 5,24 | 4,56 | 4,16 | 3,87 | 3,16 |

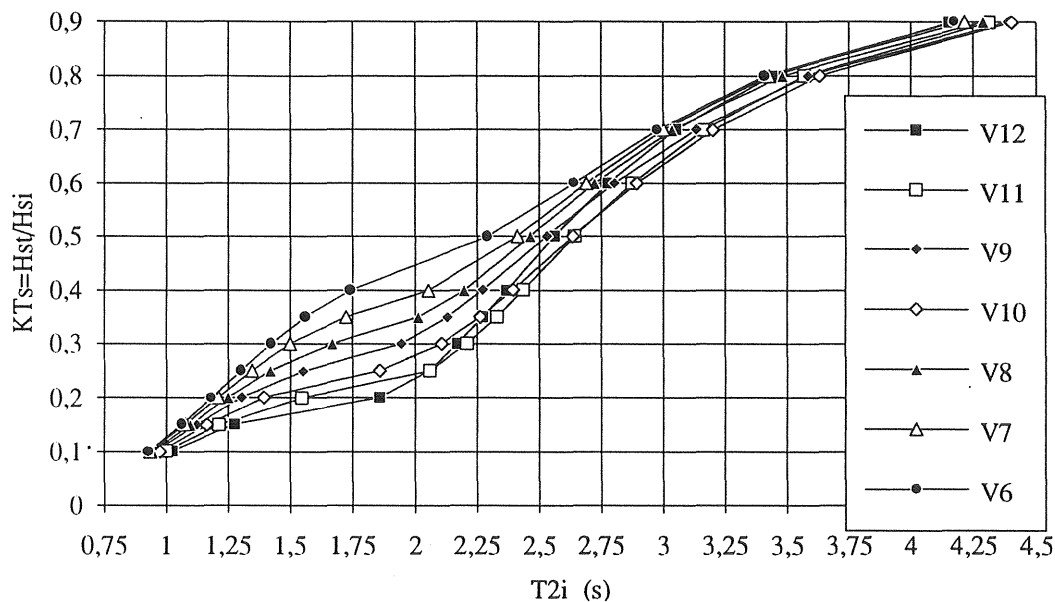
Av tabellen framgår också att ökad bredd även medför att resonansperioden i pitch ( $T_p$ ) blir kortare. Resonansperioden i heave ( $T_h$ ) ligger stabilt på ungefär 3,7s.

<sup>1</sup>V6 transmitterar mer än 25% (upp till 33%) i intervallet 9,2-16,5 m (2,43-3,25 s).

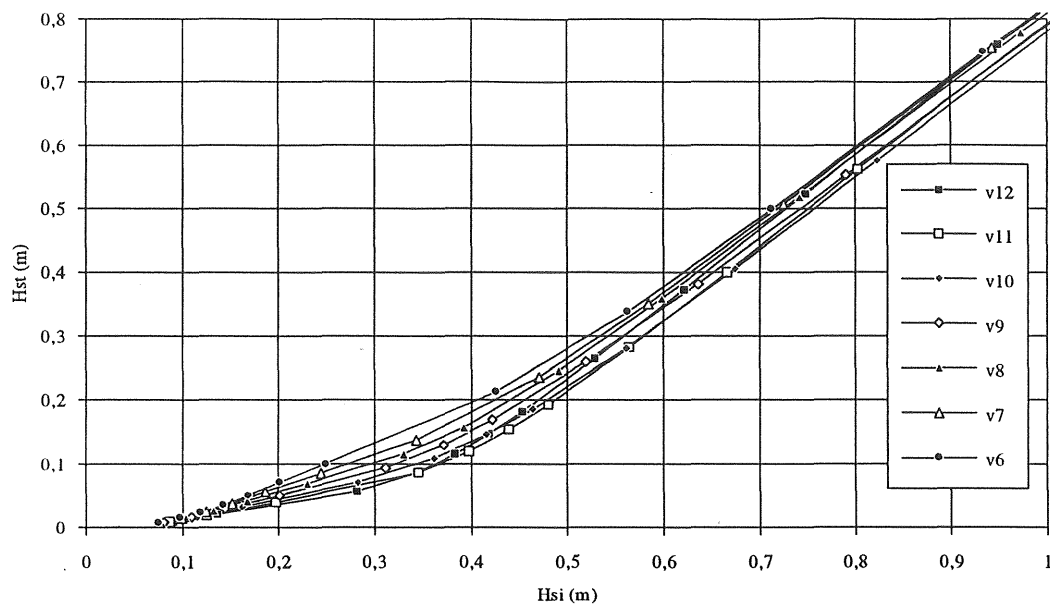
## 7.4 Transmissionsberäkning, oregelbundna vågor

Här har beräkningar gjorts för oregelbundna vågor med hjälp av Pierson-Moskowitz spektrum. Det som beräknats är perioderna  $T_{1i}$ ,  $T_{2i}$ ,  $T_{1t}$ ,  $T_{2t}$ ,  $T_c$ , transmitterad våghöjd  $H_{st}$  och transmissionskoefficient  $KT_s$  vid olika infallande signifikanta våghöjder  $H_{si}$ . Resultaten finns presenterade i  $KT_s$ - $T_{2i}$  diagram fig(18) och  $H_{st}$ - $H_{si}$  diagram fig(19). Infallande och transmitterat spektrum finns i diagram för  $H_{st} = 0,15$  m och  $H_{st} = 0,40$  m som är gräns för maximalt acceptabel signifikant våghöjd för småbåtshamnar resp fiskebåtshamnar föreslaget av Thoresen (Thoresen 1988), se bilaga(2). Acceptabel signifikant våghöjd är en subjektiv bedömning som varierar med typ av båtar, fördelningen av båtarnas storlek och med dess orientering i förhållande till infallande vågor. Författarens rekommendationer varierar också, t.ex. nämns ofta en acceptabel signifikant våghöjd på 20-30 cm för småbåtshamnar och 30-60 cm för kommersiella fartyg.

Tabeller över exakta värden på  $H_m$ ,  $H_s$ ,  $T_c$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $KT_s$ ,  $f_o$ ,  $T_o$  infallande och transmitterande finns för alla vågbrytarna i bilaga(1).



Fig(18) Transmissionskoefficienten som funktion av vågperioden, oregelbundna vågor.



Fig(19) Transmitterad våghöjd som funktion av infallande våghöjd, oregelbundna vågor.

### 7.5 Diskussion av resultaten

Som fig(18) visar är kurvorna för transmissionskoefficienten ( $KT_s$ ) som funktion av infallande nollgenomgångsperiod ( $T_{2i}$ ) lätt s-formade. Kurvorna visar en vågtransmission på maximalt 25-45% vid vågperioder på upp till 2 s. Transmissionen ökar sedan snabbt till 63-71% vid 3 s för att sedan plana ut till 85-88% eller mer vid en nollgenomgångsperiod över 4 s. Kurvorna för V6-V10 visar att då bredden (B) ökas från 4 m till 6 m så erhålls en förbättrad vågdämpning i hela det undersökta periodintervallet. Transmissionskoefficienten förbättras från 0,45 till 0,28 vid en vågperiod på 2 s respektive från 0,7 till 0,63 s vid 3 s. De övriga kurvorna visar att då bredden (B) ökas ytterligare så erhålls en förbättrad vågdämpning endast i en del av det undersökta periodintervallet. Kurvan för V11 visar att då bredden ökas från 6 m till 6,5 m så erhålls en förbättrad vågdämpning för vågperioder upp till 2,6 s, för längre vågperioder än 2,6 s blir vågdämpningen sämre. På samma sätt visar kurvan för V12 att då bredden ökas från 6,5 till 7m så erhålls en förbättrad vågdämpning för vågperioder upp till 2,1 s. För längre vågperioder än 2,1 s blir dämpningen sämre och försämringen är större än då bredden ökades från 6 till 6,5 m. Skillnaderna är dock små.

För  $KT_s = 0,5$  så varierar vågperioden ( $T_{2i}$ ) mellan 2,30 s och 2,64 s (eller  $L_{2i}$  mellan 6,4 m och 8,4m) vilket motsvarar ett förhållande mellan bredd och infallande våglängd (B/L) på mellan 0,48 och 0,68. Medelvärde av B/L för alla vågbrytarna är 0,56.

Av fig(19) framgår att skillnaden mellan transmitterad signifikant våghöjd inte är speciellt stor mellan de olika vågbrytarna. Skillnaden är som störst (ca 8 cm) vid  $H_{si} \approx 0,35$  m för att sedan bli mindre vid ökad våghöjd. Den för småbåtshamnar föreslagna maximala signifikanta våghöjden på 15 cm, motsvarar en infallande signifikant våghöjd på 0,44 m för den bästa (V11) vågbrytaren och 0,34 m för den sämsta (V6) vågbrytaren. Den för fiskebåtshamnar föreslagna maximala signifikanta våghöjden på 40 cm, motsvarar en infallande signifikant våghöjd på 0,67 m för den bästa (V10) vågbrytaren och 0,62 m för den sämsta (V6) vågbrytaren. V12 är bäst för infallande signifikanta våghöjder upp till 0,35 m, mellan 0,35 m och 0,56 m är V11 bäst och för infallande signifikanta våghöjder över 0,56 m är V10 bäst.

## 7.6 Slutsatser

- Att öka bredden från 4 m till 7 m och samtidigt minska sjunkdjupet för att hålla displacementen konstant till 8 m<sup>3</sup>/m, ger en minskning i transmitterad signifikant våghöjd, den är dock liten. Minskning är som störst (ca 8 cm) vid en infallande signifikant våghöjd på 0,35 m (den sämsta vågbrytaren ger en transmitterad signifikant våghöjd på ca 0,16 m, den bästa en på ca 0,08 m vid denna infallande signifikanta våghöjd).
- När bredden ökas från 4,0 m till 7,0 m så ökar den infallande vågperioden ( $T_{2i}$ ) som motsvarar  $KT_s = 0,5$  från 2,30 s till 2,64 s.
- Den för småbåtshamnar föreslagna maximala signifikanta våghöjden på 15 cm motsvarar en infallande signifikant våghöjd på 0,44 m för bästa (B = 6,5 m) respektive 0,34 m för sämsta (B = 4 m).
- Ingen av de testade vågbrytarna är bäst i vågdämpningshänseende över hela det undersökta intervallet av infallande signifikant våghöjd. De tre bästa är de tre bredaste (6 m, 6,5 m och 7 m) som var och en är bäst vid olika infallande signifikanta våghöjder. Skillnaden dem emellan är dock mycket liten.

## 8 Numeriska försök 2

### 8.1 Omfördelning av tvärsnittets massor

I de tidigare försöket sattes betongens tjocklek på sidorna, botten och däck lika. Här har omfördelning av massorna gjorts för de tidigare prövade tvärsnitten. Betongens tjocklek sattes så liten som möjligt<sup>1</sup> på däck och sidor ( $t = s = 75$  mm). Allt överskott av betong placerades i botten. Detta medför att tröghetsradien (PR) minskar lite för alla vågbrytare utom V6h och tyngdpunktens läge förskjuts nedåt (ZG blir mer negativt) se tab(4), övriga data är samma som i "numeriska försök 1".

Tab(4) Data för vågbrytarna.

|        | V6h    | V7h    | V8h    | V9h    | V10h   | V11h   | V12h   |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| B (m)  | 4,0    | 4,5    | 5,0    | 5,5    | 6,0    | 6,5    | 7,0    |
| D (m)  | 2,00   | 1,78   | 1,60   | 1,45   | 1,33   | 1,23   | 1,14   |
| r (m)  | 0,660  | 0,582  | 0,519  | 0,467  | 0,424  | 0,386  | 0,354  |
| ZG (m) | -1,260 | -1,086 | -0,944 | -0,826 | -0,724 | -0,636 | -0,559 |
| PR (m) | 1,991  | 1,972  | 1,999  | 2,060  | 2,114  | 2,245  | 2,358  |

Vidare prövades också att sätta betongtjockleken så liten som möjligt på däck och botten ( $t = r = 75$  mm). Allt överskott av betong placerades på sidorna. Detta ger samma läge av tyngdpunkten men en större tröghetsradie (PR) jämfört med tvärsnitten där botten, sidor och däck är lika tjocka (numeriska försök 1), se tab(5).

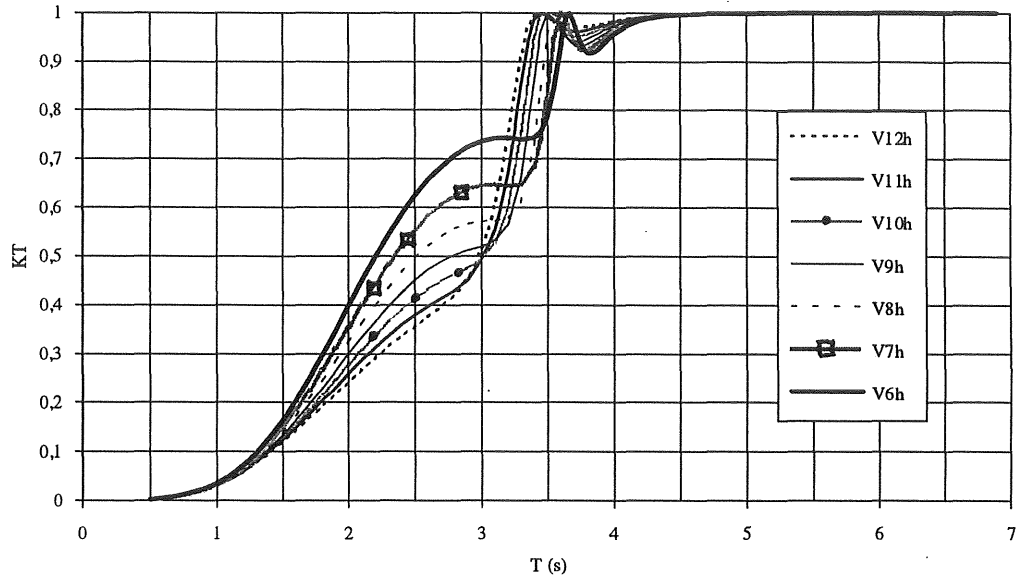
Tab(5) Data för vågbrytarna.

|        | V6l   | V7l    | V8l   | V9l    | V10l   | V11l   | V12l   |
|--------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| B (m)  | 4,0   | 4,5    | 5,0   | 5,5    | 6,0    | 6,5    | 7,0    |
| D (m)  | 2,00  | 1,78   | 1,60  | 1,45   | 1,33   | 1,23   | 1,14   |
| s (m)  | 0,470 | 0,499  | 0,515 | 0,530  | 0,542  | 0,550  | 0,554  |
| ZG (m) | -0,5  | -0,389 | -0,3  | -0,227 | -0,166 | -0,115 | -0,071 |
| PR (m) | 1,990 | 2,117  | 2,269 | 2,436  | 2,611  | 2,790  | 2,970  |

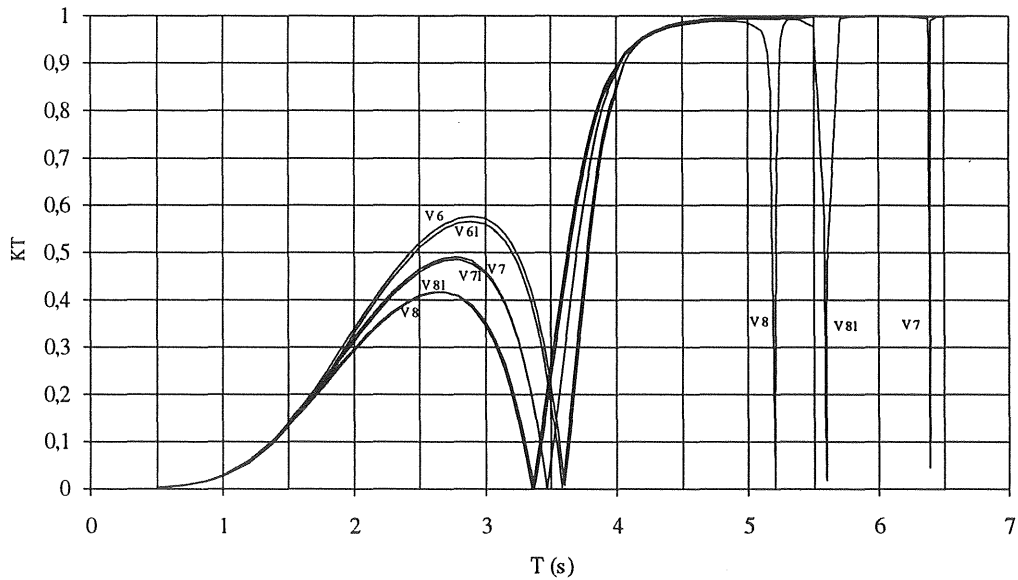
<sup>1</sup>Minsta erforderliga betongtjocklek enl. BBK

## 8.2 Transmissionsberäkning, regelbundna vågor

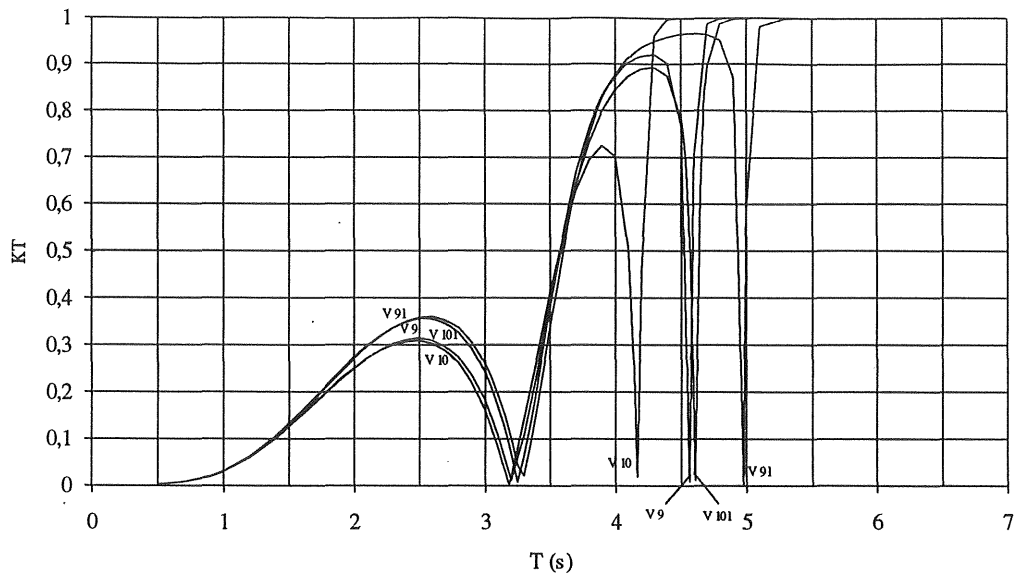
Beräkningarna gjordes på samma sätt som tidigare, dvs för vågperioder ( $T$ ) mellan 0,5 och 7,0 s med ett tidssteg på minst 0,1 s. Resultatet av beräkningarna presenteras i fig(20) och fig(21).



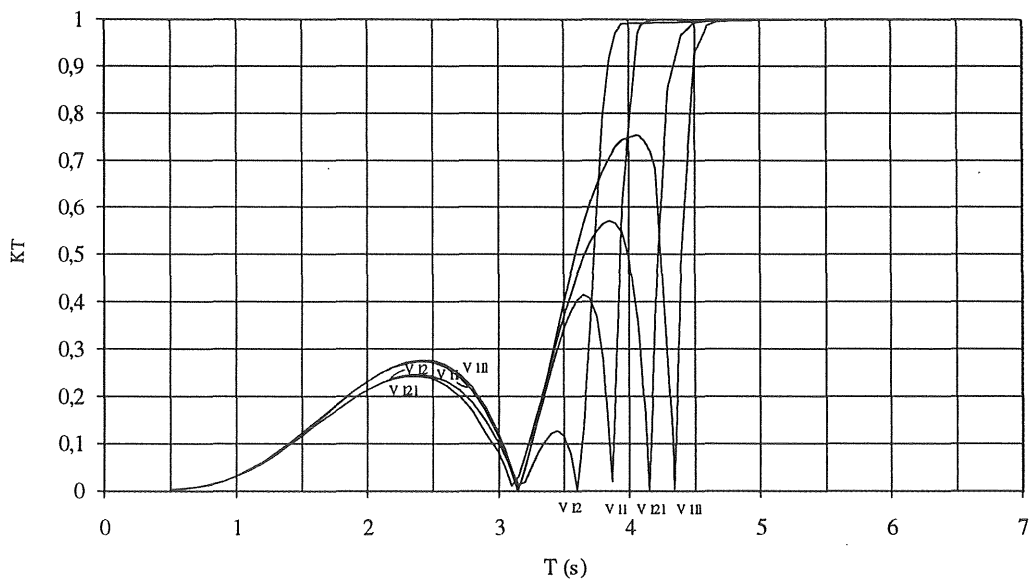
Fig(20) Transmissionskoefficienten som funktion av vågperioden, regelbundna vågor.



Fig(21) Transmissionskoefficienten som funktion av vågperioden, regelbundna vågor.



Fig(22) Transmissionskoefficienten som funktion av vågperioden, regelbundna vågor.



Fig(23) Transmissionskoefficienten som funktion av vågperioden, regelbundna vågor.

### 8.3 Diskussion av resultaten

Fig(20) visar att det är olämpligt att placera tyngdpunkten (överskottet av betong) långt ner i vågbrytaren. Vågbrytarna med index  $h$  har en transmissionskoefficient som är större än motsvarande (den med samma  $B$  och  $D$ ) vågbrytare med index  $l$  och de utan index  $l$ , i hela periodintervallet.

Fig(21), fig(22) och fig(23) visar att kurvorna för transmissionskoefficienten för vågbrytarna med jämnt fördelad betong (V6-V12) praktiskt taget överlappar kurvorna för vågbrytarna med överskottet av betong fördelad på sidorna (V6l-V12l) fram till första minimum. Från första minimum och uppåt på periodaxeln är det vissa skillnader. Då bredden ökas, ökas också skillnaden i tröghetsradie ( $PR$ ) mellan vågbrytarna med index  $l$  och de utan index. Detta medför att skillnaden i transmissionskoefficient också ökar med ökad bredd. Fig(21) och fig(22) visar att denna skillnad är mycket liten och försumbar med avseende på vågdämpningen mellan V6 och V6l, V7 och V7l, V8 och V8l, V9 och V9l samt mellan V10 och V10l. Ur fig(23) framgår att skillnaden är lite större mellan V11 och V11l respektive mellan V12 och V12l. Vågbrytarna med massan jämnt fördelad (V11 och V12) är lite bättre med avseende på vågdämpningen än vågbrytarna med massan fördelad på sidorna. Detta tack vare att maximum för den andra buken är lite lägre för V11 och V12 än för motsvarande vågbrytare med index  $l$ .

Eftersom förändringen av transmissionskoefficienten är liten eller till det sämre för vågbrytare med index  $l$  respektive  $h$  genomförs inga beräkningar för oregelbundna vågor.

### 8.4 Slutsatser

- Att placera överskottet av betong (de som ej åtgår för att erhålla minsta erforderlig betongtjocklek enl. BBK) i botten, ger mycket dålig vågdämpning jämfört med att fördela det jämnt på däck, botten och sidor.
- Att placera överskottet av betong (det som ej åtgår för att erhålla minsta erforderlig betongtjocklek enl. BBK) på sidorna jämfört med att fördela det jämnt på däck, botten och sidor ger försumbar skillnad i transmissionskoefficient för alla utom de två bredaste (6,5 m och 7,0 m) vågbrytarna. För dessa är det bäst att placera överskottet av betong jämnt på däck, botten och sidor. Trots att detta ger mindre tröghetsradie.



## 9 Numeriska försök 3

### 9.1 Variation av displacementet

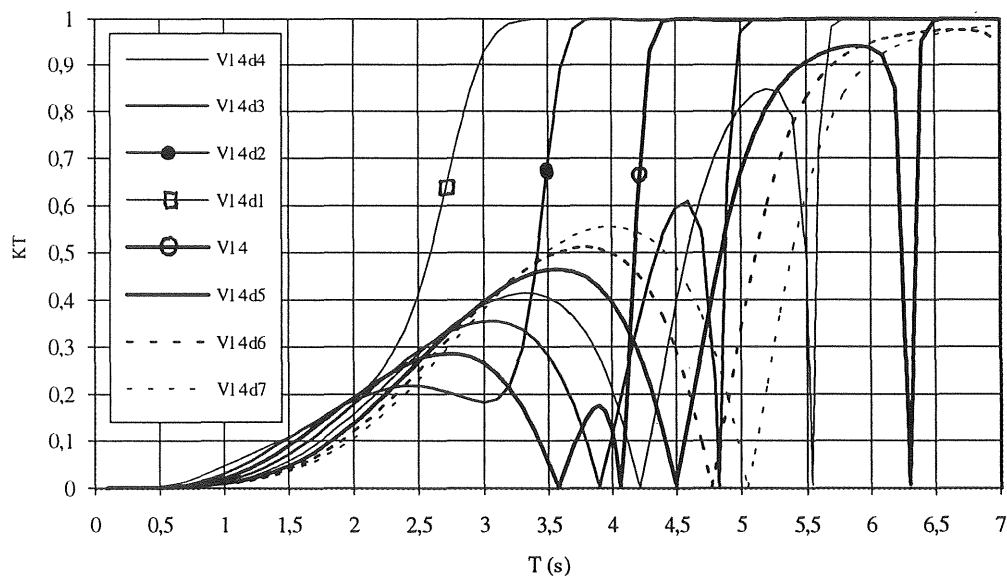
Här har ytterligare åtta vågbrytare testats, alla med samma bredd ( $B = 8,0\text{m}$ ). Det som har varierats är sjunkdjupet ( $D$ ), dvs. displacementet (eller massan  $m$ ) har ökat. Sjunkdjupet ökades från  $0,5\text{ m}$  till  $4,0\text{ m}$  med ett steg på  $0,5\text{ m}$ . Vågbrytarna är som förut av betong med en kärna av cellplast, däck botten och sidor har alla samma tjocklek ( $t = r = s$ ). Fribordet, vattendjupet och densiteterna på betong respektive cellplast är även de som förut dvs  $1,0\text{ m}$ ,  $10,0\text{ m}$ ,  $2400\text{ kg/m}^3$  och  $15\text{ kg/m}^3$ . Övriga data se tab(6).

Tab(6) Vågbrytarnas data.

|             | V14d1 | V14d2 | V14   | V14d3 | V14d4 | V14d5 | V14d6 | V14d7 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| B (m)       | 8,0   | 8,0   | 8,0   | 8,0   | 8,0   | 8,0   | 8,0   | 8,0   |
| D (m)       | 0,5   | 1,0   | 1,5   | 2,0   | 2,5   | 3,0   | 3,5   | 4,0   |
| m (kg/m)    | 4000  | 8000  | 12000 | 16000 | 20000 | 24000 | 28000 | 32000 |
| t, r, s (m) | 0,086 | 0,168 | 0,245 | 0,316 | 0,382 | 0,444 | 0,500 | 0,554 |
| ZG (m)      | 0,25  | 0,00  | -0,25 | -0,50 | -0,75 | -1,0  | -1,25 | -1,50 |
| PR (m)      | 2,690 | 2,779 | 2,893 | 3,029 | 3,185 | 3,359 | 3,548 | 3,749 |

### 9.2 Transmissionsberäkning, regelbundna vågor.

Beräkningarna gjordes på samma sätt som tidigare, dvs för vågperioder ( $T$ ) mellan  $0,5\text{ s}$  och  $7,0\text{ s}$  med ett tidssteg på minst  $0,1\text{ s}$ . Resultatet av datorberäkningarna presenteras i fig(24).



Fig(24) Transmissionskoefficienten som funktion av vågperioden, regelbundna vågor

### 9.3 Diskussion av resultaten

Fig(24) visar att då sjunkdjupet är "tillräckligt" litet (som för V14d1 och V14d2) så erhålls inte någon utvecklad buk, det fås däremot för de övriga vågbrytarna. Bukens maximum förskjuts snett upp åt höger i diagrammet med ökat sjunkdjup (Vilket också är fallet för V6-V12).

Vågbrytaren transmitterar mindre än 25% av vågenergin upp till en viss våglängd (L) eller period (T) enligt tab(7) nedan.

Tab(7) Våglängd och motsvarande vågperiod för 25% transmission av vågenergin.

|       | V14d1 | V14d2 | V14  | V14d3 | V14d4 | V14d5 | V14d6 | V14d7 |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| L (m) | 10,5  | 18,0  | 27,5 | 30,2  | 33,0  | 35,9  | 40,6  | 45,5  |
| T (s) | 2,6   | 3,4   | 4,2  | 4,4   | 4,6   | 4,8   | 5,1   | 5,4   |

Av tab(7) framgår att denna våglängd blir längre med ökat sjunkdjup.

För V14 sammanfaller de minima ( $T_{\min}$ ) som ligger längst upp i frekvensområdet med resonansperioden i heave. För V14d3, V14d4 och V14d5 sammanfaller minimat någorlunda med resonansperioden i pitch, se tab(8).

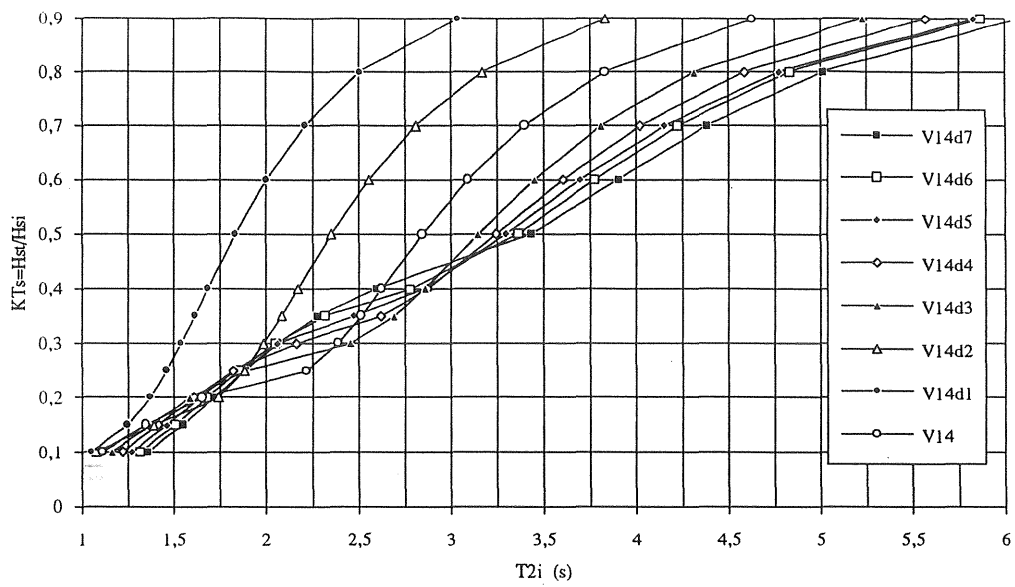
Tab(8) Perioder för resonans i pitch och heave.

|                | V14d1 | V14d2 | V14  | V14d3 | V14d4 | V14d5 | V14d6 | V14d7 |
|----------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $T_p$ (s)      | 3,25  | 3,70  | 4,20 | 4,87  | 5,65  | 6,57  | 7,69  | 9,02  |
| $T_h$ (s)      | 3,57  | 3,78  | 4,06 | 4,35  | 4,65  | 5,02  | 5,32  | 5,59  |
| $T_{\min}$ (s) | -     | -     | 4,07 | 4,83  | 5,54  | 6,30  | -     | -     |

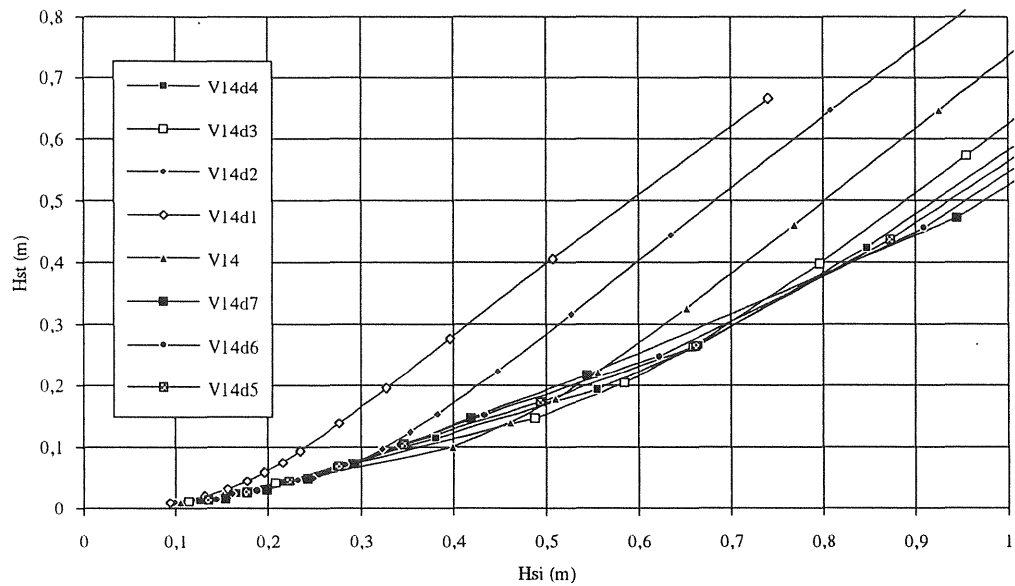
Av tabellen framgår också att både  $T_p$  och  $T_h$  blir längre då sjunkdjupet ökas.

### 9.4 Transmissionsberäkning, oregelbundna vågor.

Här har beräkningar gjorts för oregelbundna vågor med hjälp av Pierson-Moskowitz spektrum. Det som beräknats är perioderna  $T_{1i}$ ,  $T_{2i}$ ,  $T_{1t}$ ,  $T_{2t}$ , transmitterad våghöjd  $H_{st}$  och transmissionskoefficient  $KT_s$  vid olika infallande signifikanta våghöjder  $H_{si}$ . Resultaten finns presenterade i  $KT_s$ - $T_{2i}$  diagram fig(25) och  $H_{st}$ - $H_{si}$  diagram fig(26). Infallande och transmitterat spektrum finns i diagram för  $H_{st} = 0,15$  m och  $H_{st} = 0,40$  m som är gräns för maximalt acceptabel signifikant våghöjd för småbåtshamnar respektive fiskebåtshamnar föreslaget av Thoresen (Thoresen 1988), se bilaga(2). Tabeller med exakta värden på  $H_m$ ,  $H_s$ ,  $T_c$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $KT_s$ ,  $f_o$ ,  $T_o$  infallande och transmitterande finns för alla vågbrytarna i bilaga(1).



Fig(25) Transmissionskoefficienten som funktion av vågperioden, oregelbundna vågor



Fig(26) Transmitterad våghöjd som funktion av infallande våghöjd, oregelbundna vågor.

## 9.5 Diskussion av resultaten

Som fig(25) visar är även dessa kurvor för transmissionskoefficienten  $KT_s$  som funktion av infallande nollgenomgångsperioden  $T_{2i}$  lätt s-formade. Till skillnad från då displacementet hölls konstant så uppvisar kurvorna nu en mycket större spridning. För  $KT_s = 0,5$  så varierar vågperioden  $T_{2i}$  mellan 1,84 s och 3,43 s, vilket kan jämföras med 2,30 s och 2,64 s då displacementet hölls konstant. Förhållandet mellan vågbrytarens bredd och infallande våglängd ( $B/L$ ) vid en transmissionskoefficient på 0,5 varierade här mellan 1,53 och 0,44 (medelvärde för alla vågbrytare är 0,68). Denna spridning av ( $B/L$ ) indikerar att det är mindre bra att använda denna kvot vid konstruktionsarbete av flytande vågbrytare.

Av fig(26) framgår att skillnaden mellan transmitterad våghöjd  $H_{st}$  för de olika vågbrytarna nu är större än då displacementet hölls konstant. Kurvorna följs åt i en flack lutning upp till en viss infallande våghöjd  $H_{si}$  för att sedan anta en brantare lutning. Denna övergång till en brantare lutning sker vid en högre infallande våghöjd då displacementet ökas. Skillnaden i transmitterad våghöjd mellan bästa och sämsta vågbrytare är ca 0,15m vid en infallande våghöjd på 0,35 m. Skillnaden ökar sedan till ca 0,35 m vid en infallande våghöjd på 0,75 m för att sedan vara ganska konstant i resten av det undersökta intervallet.

Den infallande våghöjden som motsvarar en transmitterad våghöjd på 0,15 m respektive 0,40 m (föreslagen maximal signifikant våghöjd för småbåtshamnar respektive fiskebåtshamnar) finns i tab(9).

Tab(9) Infallande signifikanta våghöjder (i m) som motsvarar transmitterade signifikanta våghöjder på 0,15 respektive 0,40 m.

|                   | V14d1 | V14d2 | V14  | V14d3 | V14d4 | V14d5 | V14d6 | V14d7 |
|-------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $H_{st}=0,15$ m   | 0,28  | 0,38  | 0,47 | 0,49  | 0,46  | 0,44  | 0,43  | 0,42  |
| $H_{st} = 0,40$ m | 0,50  | 0,60  | 0,72 | 0,80  | 0,82  | 0,83  | 0,84  | 0,85  |

## 9.6 Slutsatser

- Till skillnad från försöken då displacementet hölls konstant (numeriska försök 1 och 2) så blir det större skillnader i vågdämpning när displacementet ökas genom att göra sjunkdjupet större.
- Ingen av de testade vågbrytarna är bäst i vågdämpningshänseende över hela det undersökta intervallet av infallande signifikant våghöjd. En ökning av sjunkdjupet medför en förbättring för vissa infallande våghöjder men samtidigt en liten försämring för andra infallande våghöjder.

- När sjunkdjupet ökas från 0,5 m till 4,0 m:
  - så ökar den infallande nollgenomgångsperioden ( $T_{2i}$ ) som motsvarar  $KT_s = 0,5$  från 1,84 s till 3,43 s.
  - så ökar den infallande signifikanta våghöjden ( $H_{si}$ ) som motsvarar en transmitterad signifikant våghöjd ( $H_{st}$ ) på 0,15 m från 0,28 m till 0,42 m (högst infallande signifikant våghöjd (0,49 m) fås för ett sjunkdjup på 2 m).
  - så ökar den infallande signifikanta våghöjden ( $H_{si}$ ) som motsvarar en transmitterad signifikant våghöjd ( $H_{st}$ ) på 0,40 m från 0,5 m till 0,85 m.

## 10 Variabellista

|              |                                                          |
|--------------|----------------------------------------------------------|
| $\alpha$     | Phillips parameter (=0,0081)                             |
| $\rho_{big}$ | Densitet, betong ( $\text{kg/m}^3$ )                     |
| $\rho_{cp}$  | Densitet, cellplast ( $\text{kg/m}^3$ )                  |
| $a$          | Amplitud (m)                                             |
| $B$          | Vågbrytarens bredd (m)                                   |
| $C$          | Fashastighet (m/s)                                       |
| $d$          | Vattendjup (m)                                           |
| $D$          | Vågbrytarens sjunkdjup (m)                               |
| $f$          | Frekvens (1/s)                                           |
| $f_0$        | Frekvens för spektrumets maximala energi (1/s)           |
| $H_{mi}$     | Infallande medelvåghöjd (m)                              |
| $H_{mt}$     | Transmitterad medelvåghöjd (m)                           |
| $H_s$        | signifikant våghöjd (m)                                  |
| $H_{si}$     | Infallande signifikant våghöjd (m)                       |
| $H_{st}$     | Transmitterad signifikant våghöjd (m)                    |
| $H_t$        | Transmitterad våghöjd (m)                                |
| $KT$         | Transmissionskoefficient                                 |
| $KT_s$       | Transmissionskoefficient, baserad på signifikant våghöjd |
| $L$          | Våglängd (m)                                             |
| $L_{2i}$     | Våglängd baserad på $T_{2i}$ (m)                         |
| $m$          | Vågbrytarens massa (kg/m)                                |
| $m_n$        | Spektrrets n:te moment, $n = 0,1,2, \text{ och } 4$      |
| $PR$         | Vågbrytarens tröghetsradie (m)                           |
| $r$          | Betongens tjocklek, botten (m)                           |
| $s$          | Betongens tjocklek, sidorna (m)                          |
| $S(f)$       | Energitäthet, (spektraltäthet) ( $\text{m}^2\text{s}$ )  |
| $t$          | Betongens tjocklek, däck (m)                             |

|          |                                                                             |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------|
| $T$      | Vågperiod (s)                                                               |
| $T_0$    | Period för spektrumets maximala energi (s)                                  |
| $T_1$    | Genomsnittlig nollgenomgångsperiod, dyningsdominerad sjö (s)                |
| $T_{1i}$ | Infallande genomsnittlig nollgenomgångsperiod, dyningsdominerad sjö (s)     |
| $T_{1t}$ | Transmitterad genomsnittlig nollgenomgångsperiod, dyningsdominerad sjö (s)  |
| $T_2$    | Genomsnittlig nollgenomgångsperiod, vindvågsdominerad sjö (s)               |
| $T_{2i}$ | Infallande genomsnittlig nollgenomgångsperiod, vindvågsdominerad sjö (s)    |
| $T_{2t}$ | Transmitterad genomsnittlig nollgenomgångsperiod, vindvågsdominerad sjö (s) |
| $T_c$    | Vågtoppsperiod (s)                                                          |
| $T_{ci}$ | Infallande vågtoppsperiod (s)                                               |
| $T_{ct}$ | Transmitterad vågtoppsperiod (s)                                            |
| $T_h$    | Resonansperiod i heave (s)                                                  |
| $T_p$    | Resonansperiod i pitch (s)                                                  |
| $T_z$    | Nollgenomgångsperiod (s)                                                    |
| ZG       | Tyngdpunktens z-koordinat (m)                                               |

## Referenser

- Bergdahl Lars, Vågor och vågkrafter, Institutionen för vattenbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola, 1992
- Institutionen för vattenbyggnad Chalmers Tekniska Högskola, Vattenbyggnad fk för V4/V5 undervisningsskrift nr1991:4, 1991.
- Johansson Mickey, Barrier-Type Breakwaters. Transmission, Reflection and Forces, Institutionen för vattenbyggnad Chalmers Tekniska Högskola, Report series A:19, 1989.
- Johansson Mickey, Rect a radiation diffraction program for the analysis of floating breakwaters with rectangular cross-section, Institutionen för vattenbyggnad Chalmers Tekniska Högskola, Report series C:35, 1991.
- McCartney Bruce L, Floating breakwater design, Journal of Waterways, Ports, Coastal and Ocean Engineering, vol. nr 111, 1985, 304-318,
- Moore Walter L, Sethness E Douglas, Design concepts for floating breakwaters, Ports '86, Oakland, CA, USA, May 19-21, 1986, 179-191.
- Ricey E P, Nece R E, Floating Breakwaters-state of the art, 1974 Floating breakwaters conference, Newport, Rhode Island, USA, April 23-25, 1974, 1-20.
- Sjöberg Anders, Bergdahl Lars, Förankringar och förankringskrafter, Institutionen för vattenbyggnad Chalmers Tekniska Högskola, Rapport B:30, 1981.
- Thoresen Carl A, Port design guidelines and recommendations, Trondheim, Norge, Tapier Publishers, 1988.
- Van Amstel Nicholas H, A review of the floating tyre breakwater in Durban harbour, P.I.A.N.C-A.I.P.C.N, No 63, 1988, 19-21.
- Werner Gösta, Experiences with floating breakwaters a literature review, P.I.A.N.C-A.I.P.C.N, No 63, 1988, 23-29.





## **Bilagor**

Bilaga 1: Vågkaraktistik för vågbrytare V6-V12, V14-V14d7, (Tab(1.1)-Tab(1.15)).

Bilaga 2: Vågspektrum för vågbrytare V6-V12, V14-V14d7, (Fig(2.1)-Fig(2.30)).

Bilaga 3: Transmissionskoefficientsdiagram för vågbrytare V6-V12, V6h-V12h,  
V6l-V12l.

## Bilaga 1.

Tab(1.1) Vågkaraktistik vågbrytare V6

| INFALLANDE.    |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Hmi            | 0,047        | 0,061        | 0,074        | 0,089        | 0,106        | 0,126        | 0,156        | 0,266        | 0,352        | 0,445        | 0,584        | 0,871        | 0,209        | 0,389        |
| Hsi            | <b>0,075</b> | <b>0,097</b> | <b>0,118</b> | <b>0,142</b> | <b>0,169</b> | <b>0,202</b> | <b>0,249</b> | <b>0,426</b> | <b>0,563</b> | <b>0,713</b> | <b>0,934</b> | <b>1,393</b> | <b>0,335</b> | <b>0,622</b> |
| Tci            | 0,412        | 0,458        | 0,499        | 0,539        | 0,580        | 0,627        | 0,687        | 0,871        | 0,987        | 1,097        | 1,240        | 1,488        | 0,783        | 1,032        |
| Tli            | 1,031        | 1,179        | 1,307        | 1,436        | 1,568        | 1,717        | 1,912        | 2,508        | 2,886        | 3,248        | 3,722        | 4,548        | 2,220        | 3,035        |
| T2i            | <b>0,930</b> | <b>1,066</b> | <b>1,184</b> | <b>1,303</b> | <b>1,425</b> | <b>1,562</b> | <b>1,742</b> | <b>2,292</b> | <b>2,641</b> | <b>2,976</b> | <b>3,412</b> | <b>4,175</b> | <b>2,027</b> | <b>2,779</b> |
| KTs            | <b>0,100</b> | <b>0,151</b> | <b>0,199</b> | <b>0,250</b> | <b>0,300</b> | <b>0,350</b> | <b>0,399</b> | <b>0,499</b> | <b>0,600</b> | <b>0,700</b> | <b>0,800</b> | <b>0,900</b> | <b>0,448</b> | <b>0,642</b> |
| fo             | 0,732        | 0,644        | 0,582        | 0,531        | 0,487        | 0,446        | 0,401        | 0,307        | 0,267        | 0,237        | 0,207        | 0,169        | 0,346        | 0,254        |
| To             | 1,366        | 1,554        | 1,718        | 1,883        | 2,053        | 2,244        | 2,495        | 3,262        | 3,750        | 4,219        | 4,831        | 5,901        | 2,891        | 3,943        |
| TRANSMITTERAD. |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Hmt            | 0,005        | 0,009        | 0,015        | 0,022        | 0,032        | 0,044        | 0,062        | 0,133        | 0,211        | 0,312        | 0,467        | 0,784        | 0,094        | 0,250        |
| Hst            | <b>0,008</b> | <b>0,015</b> | <b>0,024</b> | <b>0,036</b> | <b>0,051</b> | <b>0,071</b> | <b>0,100</b> | <b>0,213</b> | <b>0,338</b> | <b>0,498</b> | <b>0,747</b> | <b>1,254</b> | <b>0,150</b> | <b>0,400</b> |
| Tct            | 1,433        | 1,604        | 1,740        | 1,866        | 1,984        | 2,104        | 2,238        | 2,609        | 2,946        | 3,298        | 3,714        | 4,309        | 2,417        | 3,092        |
| T1t            | 1,555        | 1,737        | 1,885        | 2,024        | 2,156        | 2,290        | 2,441        | 3,016        | 3,564        | 4,019        | 4,498        | 5,224        | 2,678        | 3,763        |
| T2t            | 1,533        | 1,712        | 1,858        | 1,994        | 2,124        | 2,255        | 2,403        | 2,930        | 3,439        | 3,886        | 4,361        | 5,065        | 2,626        | 3,633        |

Tab(1.2) Vågkaraktistik vågbrytare V7

| INFALLANDE.    |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Hmi            | 0,047        | 0,062        | 0,077        | 0,095        | 0,117        | 0,153        | 0,215        | 0,294        | 0,365        | 0,453        | 0,589        | 0,888        | 0,228        | 0,394        |
| Hsi            | <b>0,076</b> | <b>0,099</b> | <b>0,124</b> | <b>0,152</b> | <b>0,187</b> | <b>0,244</b> | <b>0,344</b> | <b>0,471</b> | <b>0,584</b> | <b>0,725</b> | <b>0,943</b> | <b>1,421</b> | <b>0,364</b> | <b>0,630</b> |
| Tci            | 0,413        | 0,463        | 0,508        | 0,554        | 0,606        | 0,681        | 0,792        | 0,911        | 1,003        | 1,106        | 1,245        | 1,501        | 0,813        | 1,038        |
| Tli            | 1,035        | 1,193        | 1,338        | 1,485        | 1,651        | 1,892        | 2,249        | 2,637        | 2,940        | 3,277        | 3,739        | 4,594        | 2,317        | 3,053        |
| T2i            | <b>0,933</b> | <b>1,079</b> | <b>1,212</b> | <b>1,348</b> | <b>1,501</b> | <b>1,724</b> | <b>2,053</b> | <b>2,411</b> | <b>2,691</b> | <b>3,003</b> | <b>3,428</b> | <b>4,217</b> | <b>2,116</b> | <b>2,796</b> |
| KTs            | <b>0,099</b> | <b>0,150</b> | <b>0,200</b> | <b>0,250</b> | <b>0,299</b> | <b>0,350</b> | <b>0,400</b> | <b>0,500</b> | <b>0,600</b> | <b>0,700</b> | <b>0,800</b> | <b>0,900</b> | <b>0,413</b> | <b>0,636</b> |
| fo             | 0,730        | 0,636        | 0,569        | 0,514        | 0,463        | 0,405        | 0,341        | 0,292        | 0,262        | 0,235        | 0,206        | 0,168        | 0,332        | 0,252        |
| To             | 1,370        | 1,573        | 1,757        | 1,945        | 2,159        | 2,469        | 2,929        | 3,429        | 3,821        | 4,257        | 4,853        | 5,959        | 3,016        | 3,967        |
| TRANSMITTERAD. |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Hmt            | 0,005        | 0,009        | 0,015        | 0,024        | 0,035        | 0,053        | 0,086        | 0,147        | 0,219        | 0,317        | 0,471        | 0,799        | 0,094        | 0,250        |
| Hst            | <b>0,008</b> | <b>0,015</b> | <b>0,025</b> | <b>0,038</b> | <b>0,056</b> | <b>0,085</b> | <b>0,137</b> | <b>0,235</b> | <b>0,351</b> | <b>0,508</b> | <b>0,754</b> | <b>1,279</b> | <b>0,150</b> | <b>0,401</b> |
| Tct            | 1,425        | 1,602        | 1,748        | 1,883        | 2,018        | 2,179        | 2,392        | 2,738        | 3,075        | 3,431        | 3,839        | 4,432        | 2,441        | 3,199        |
| T1t            | 1,547        | 1,738        | 1,898        | 2,048        | 2,199        | 2,380        | 2,705        | 3,310        | 3,755        | 4,141        | 4,567        | 5,282        | 2,797        | 3,896        |
| T2t            | 1,525        | 1,713        | 1,870        | 2,017        | 2,165        | 2,342        | 2,640        | 3,192        | 3,628        | 4,019        | 4,446        | 5,135        | 2,722        | 3,770        |

Bilaga 1.

Tab(1.3) Vågkaraktistik vågbrytare V8

| INFALLANDE.    |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Hmi            | 0,048        | 0,064        | 0,082        | 0,105        | 0,144        | 0,207        | 0,245        | 0,307        | 0,374        | 0,463        | 0,608        | 0,919        | 0,239        | 0,397        |
| Hsi            | <b>0,077</b> | <b>0,103</b> | <b>0,132</b> | <b>0,168</b> | <b>0,230</b> | <b>0,331</b> | <b>0,393</b> | <b>0,491</b> | <b>0,598</b> | <b>0,741</b> | <b>0,973</b> | <b>1,471</b> | <b>0,382</b> | <b>0,635</b> |
| Tc             | 0,417        | 0,470        | 0,521        | 0,578        | 0,664        | 0,778        | 0,840        | 0,928        | 1,014        | 1,117        | 1,263        | 1,525        | 0,830        | 1,042        |
| Tli            | 1,046        | 1,216        | 1,380        | 1,562        | 1,836        | 2,206        | 2,405        | 2,694        | 2,975        | 3,314        | 3,799        | 4,674        | 2,373        | 3,066        |
| T2l            | <b>0,943</b> | <b>1,100</b> | <b>1,251</b> | <b>1,419</b> | <b>1,672</b> | <b>2,013</b> | <b>2,198</b> | <b>2,464</b> | <b>2,724</b> | <b>3,036</b> | <b>3,483</b> | <b>4,291</b> | <b>2,168</b> | <b>2,807</b> |
| KTs            | <b>0,100</b> | <b>0,150</b> | <b>0,200</b> | <b>0,250</b> | <b>0,300</b> | <b>0,349</b> | <b>0,400</b> | <b>0,500</b> | <b>0,600</b> | <b>0,699</b> | <b>0,800</b> | <b>0,900</b> | <b>0,390</b> | <b>0,629</b> |
| fo             | 0,722        | 0,625        | 0,552        | 0,489        | 0,417        | 0,348        | 0,319        | 0,286        | 0,259        | 0,232        | 0,203        | 0,165        | 0,324        | 0,251        |
| To             | 1,384        | 1,601        | 1,812        | 2,045        | 2,397        | 2,873        | 3,131        | 3,502        | 3,866        | 4,304        | 4,930        | 6,063        | 3,089        | 3,983        |
| TRANSMITTERAD. |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Hmt            | 0,005        | 0,010        | 0,016        | 0,026        | 0,043        | 0,072        | 0,098        | 0,154        | 0,224        | 0,324        | 0,486        | 0,827        | 0,093        | 0,250        |
| Hst            | <b>0,008</b> | <b>0,015</b> | <b>0,026</b> | <b>0,042</b> | <b>0,069</b> | <b>0,115</b> | <b>0,157</b> | <b>0,246</b> | <b>0,359</b> | <b>0,518</b> | <b>0,778</b> | <b>1,324</b> | <b>0,149</b> | <b>0,399</b> |
| Tct            | 1,426        | 1,607        | 1,765        | 1,917        | 2,100        | 2,329        | 2,515        | 2,861        | 3,206        | 3,564        | 3,973        | 4,560        | 2,481        | 3,309        |
| T1t            | 1,549        | 1,745        | 1,920        | 2,091        | 2,297        | 2,671        | 3,016        | 3,515        | 3,886        | 4,227        | 4,646        | 5,378        | 2,957        | 3,984        |
| T2t            | 1,526        | 1,720        | 1,891        | 2,058        | 2,260        | 2,599        | 2,910        | 3,390        | 3,768        | 4,119        | 4,536        | 5,233        | 2,855        | 3,870        |

Tab(1.4) Vågkaraktistik vågbrytare V9

| INFALLANDE.    |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Hmi            | 0,050        | 0,068        | 0,090        | 0,126        | 0,195        | 0,232        | 0,264        | 0,325        | 0,397        | 0,494        | 0,645        | 0,964        | 0,250        | 0,408        |
| Hsi            | <b>0,080</b> | <b>0,109</b> | <b>0,144</b> | <b>0,201</b> | <b>0,312</b> | <b>0,372</b> | <b>0,422</b> | <b>0,520</b> | <b>0,636</b> | <b>0,791</b> | <b>1,033</b> | <b>1,543</b> | <b>0,399</b> | <b>0,653</b> |
| Tci            | 0,425        | 0,483        | 0,544        | 0,626        | 0,758        | 0,819        | 0,866        | 0,951        | 1,040        | 1,147        | 1,295        | 1,554        | 0,846        | 1,053        |
| Tli            | 1,057        | 1,243        | 1,438        | 1,707        | 2,136        | 2,336        | 2,491        | 2,769        | 3,065        | 3,421        | 3,913        | 4,786        | 2,422        | 3,106        |
| T2l            | <b>0,955</b> | <b>1,125</b> | <b>1,304</b> | <b>1,551</b> | <b>1,947</b> | <b>2,131</b> | <b>2,274</b> | <b>2,530</b> | <b>2,803</b> | <b>3,132</b> | <b>3,586</b> | <b>4,391</b> | <b>2,211</b> | <b>2,842</b> |
| KTs            | <b>0,100</b> | <b>0,150</b> | <b>0,200</b> | <b>0,249</b> | <b>0,300</b> | <b>0,349</b> | <b>0,400</b> | <b>0,500</b> | <b>0,600</b> | <b>0,700</b> | <b>0,800</b> | <b>0,900</b> | <b>0,377</b> | <b>0,613</b> |
| fo             | 0,711        | 0,608        | 0,528        | 0,447        | 0,359        | 0,328        | 0,308        | 0,278        | 0,251        | 0,225        | 0,197        | 0,161        | 0,317        | 0,248        |
| To             | 1,407        | 1,645        | 1,895        | 2,238        | 2,789        | 3,046        | 3,246        | 3,603        | 3,985        | 4,445        | 5,080        | 6,210        | 3,157        | 4,039        |
| TRANSMITTERAD. |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Hmt            | 0,005        | 0,010        | 0,018        | 0,031        | 0,058        | 0,081        | 0,106        | 0,162        | 0,238        | 0,346        | 0,516        | 0,868        | 0,094        | 0,250        |
| Hst            | <b>0,008</b> | <b>0,016</b> | <b>0,029</b> | <b>0,050</b> | <b>0,094</b> | <b>0,130</b> | <b>0,169</b> | <b>0,260</b> | <b>0,381</b> | <b>0,553</b> | <b>0,826</b> | <b>1,389</b> | <b>0,150</b> | <b>0,400</b> |
| Tct            | 1,421        | 1,616        | 1,792        | 1,985        | 2,250        | 2,445        | 2,638        | 3,008        | 3,369        | 3,731        | 4,137        | 4,718        | 2,550        | 3,415        |
| T1t            | 1,554        | 1,765        | 1,960        | 2,172        | 2,596        | 2,962        | 3,255        | 3,682        | 4,029        | 4,374        | 4,800        | 5,526        | 3,129        | 4,072        |
| T2t            | 1,530        | 1,737        | 1,929        | 2,137        | 2,522        | 2,853        | 3,132        | 3,564        | 3,921        | 4,271        | 4,691        | 5,382        | 3,010        | 3,965        |

## Bilaga 1.

Tab(1.5) Vågkaraktistik vågbrytare V10

| INFALLANDE.    |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Hmi            | 0,051        | 0,072        | 0,101        | 0,177        | 0,226        | 0,260        | 0,290        | 0,351        | 0,421        | 0,515        | 0,661        | 0,969        | 0,263        | 0,419        |
| Hsi            | <b>0,082</b> | <b>0,115</b> | <b>0,162</b> | <b>0,283</b> | <b>0,362</b> | <b>0,416</b> | <b>0,464</b> | <b>0,562</b> | <b>0,674</b> | <b>0,823</b> | <b>1,058</b> | <b>1,550</b> | <b>0,422</b> | <b>0,670</b> |
| Tci            | 0,428        | 0,492        | 0,570        | 0,726        | 0,810        | 0,862        | 0,905        | 0,986        | 1,070        | 1,171        | 1,312        | 1,562        | 0,867        | 1,067        |
| T1i            | 1,082        | 1,287        | 1,537        | 2,038        | 2,309        | 2,477        | 2,619        | 2,882        | 3,159        | 3,493        | 3,962        | 4,798        | 2,494        | 3,149        |
| T2i            | <b>0,977</b> | <b>1,166</b> | <b>1,396</b> | <b>1,858</b> | <b>2,109</b> | <b>2,264</b> | <b>2,395</b> | <b>2,638</b> | <b>2,894</b> | <b>3,201</b> | <b>3,634</b> | <b>4,405</b> | <b>2,279</b> | <b>2,884</b> |
| KTs            | <b>0,100</b> | <b>0,149</b> | <b>0,200</b> | <b>0,250</b> | <b>0,300</b> | <b>0,350</b> | <b>0,400</b> | <b>0,500</b> | <b>0,600</b> | <b>0,699</b> | <b>0,800</b> | <b>0,899</b> | <b>0,356</b> | <b>0,596</b> |
| fo             | 0,699        | 0,591        | 0,497        | 0,376        | 0,333        | 0,310        | 0,294        | 0,267        | 0,244        | 0,220        | 0,195        | 0,161        | 0,308        | 0,244        |
| To             | 1,431        | 1,693        | 2,012        | 2,657        | 3,007        | 3,223        | 3,406        | 3,746        | 4,105        | 4,535        | 5,141        | 6,224        | 3,245        | 4,091        |
| TRANSMITTERAD. |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Hmt            | 0,005        | 0,011        | 0,020        | 0,044        | 0,068        | 0,091        | 0,116        | 0,176        | 0,253        | 0,360        | 0,529        | 0,871        | 0,094        | 0,250        |
| Hst            | <b>0,008</b> | <b>0,017</b> | <b>0,032</b> | <b>0,071</b> | <b>0,109</b> | <b>0,146</b> | <b>0,186</b> | <b>0,281</b> | <b>0,404</b> | <b>0,576</b> | <b>0,846</b> | <b>1,394</b> | <b>0,150</b> | <b>0,399</b> |
| Tct            | 1,440        | 1,640        | 1,842        | 2,139        | 2,379        | 2,590        | 2,793        | 3,180        | 3,544        | 3,899        | 4,289        | 4,834        | 2,613        | 3,531        |
| T1t            | 1,568        | 1,789        | 2,014        | 2,424        | 2,895        | 3,235        | 3,500        | 3,903        | 4,223        | 4,533        | 4,916        | 5,580        | 3,268        | 4,212        |
| T2t            | 1,544        | 1,762        | 1,982        | 2,365        | 2,785        | 3,105        | 3,368        | 3,782        | 4,117        | 4,435        | 4,815        | 5,448        | 3,137        | 4,106        |

Tab(1.6) Vågkaraktistik vågbrytare V11

| INFALLANDE.    |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Hmi            | 0,054        | 0,078        | 0,124        | 0,216        | 0,249        | 0,275        | 0,300        | 0,353        | 0,416        | 0,502        | 0,639        | 0,930        | 0,272        | 0,416        |
| Hsi            | <b>0,086</b> | <b>0,125</b> | <b>0,198</b> | <b>0,346</b> | <b>0,398</b> | <b>0,440</b> | <b>0,480</b> | <b>0,565</b> | <b>0,666</b> | <b>0,803</b> | <b>1,022</b> | <b>1,488</b> | <b>0,435</b> | <b>0,666</b> |
| Tci            | 0,436        | 0,509        | 0,621        | 0,794        | 0,845        | 0,884        | 0,919        | 0,988        | 1,064        | 1,158        | 1,292        | 1,533        | 0,879        | 1,065        |
| T1i            | 1,108        | 1,341        | 1,700        | 2,256        | 2,422        | 2,548        | 2,664        | 2,889        | 3,140        | 3,450        | 3,895        | 4,701        | 2,532        | 3,140        |
| T2i            | <b>1,000</b> | <b>1,215</b> | <b>1,546</b> | <b>2,060</b> | <b>2,213</b> | <b>2,329</b> | <b>2,436</b> | <b>2,644</b> | <b>2,876</b> | <b>3,162</b> | <b>3,572</b> | <b>4,316</b> | <b>2,315</b> | <b>2,876</b> |
| KTs            | <b>0,101</b> | <b>0,150</b> | <b>0,199</b> | <b>0,250</b> | <b>0,300</b> | <b>0,350</b> | <b>0,400</b> | <b>0,500</b> | <b>0,600</b> | <b>0,699</b> | <b>0,800</b> | <b>0,899</b> | <b>0,343</b> | <b>0,600</b> |
| fo             | 0,683        | 0,568        | 0,450        | 0,340        | 0,317        | 0,302        | 0,289        | 0,266        | 0,245        | 0,223        | 0,198        | 0,164        | 0,304        | 0,245        |
| To             | 1,463        | 1,762        | 2,222        | 2,938        | 3,151        | 3,314        | 3,464        | 3,755        | 4,079        | 4,480        | 5,054        | 6,098        | 3,294        | 4,080        |
| TRANSMITTERAD. |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Hmt            | 0,005        | 0,012        | 0,025        | 0,054        | 0,075        | 0,096        | 0,120        | 0,176        | 0,250        | 0,351        | 0,511        | 0,836        | 0,093        | 0,250        |
| Hst            | <b>0,009</b> | <b>0,019</b> | <b>0,039</b> | <b>0,086</b> | <b>0,119</b> | <b>0,154</b> | <b>0,192</b> | <b>0,282</b> | <b>0,400</b> | <b>0,562</b> | <b>0,818</b> | <b>1,338</b> | <b>0,149</b> | <b>0,400</b> |
| Tct            | 1,452        | 1,668        | 1,918        | 2,269        | 2,490        | 2,704        | 2,915        | 3,305        | 3,658        | 3,988        | 4,341        | 4,839        | 2,677        | 3,659        |
| T1t            | 1,583        | 1,826        | 2,103        | 2,772        | 3,196        | 3,495        | 3,722        | 4,046        | 4,299        | 4,551        | 4,882        | 5,495        | 3,462        | 4,300        |
| T2t            | 1,559        | 1,796        | 2,069        | 2,659        | 3,047        | 3,343        | 3,580        | 3,932        | 4,207        | 4,469        | 4,797        | 5,377        | 3,309        | 4,208        |

Bilaga 1.

Tab(1.7) Vågkaraktistik vågbrytare V12

| INFALLANDE.    |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Hmi            | 0,056        | 0,085        | 0,176        | 0,215        | 0,240        | 0,262        | 0,283        | 0,331        | 0,388        | 0,467        | 0,593        | 0,862        | 0,264        | 0,403        |
| Hsi            | <b>0,090</b> | <b>0,136</b> | <b>0,282</b> | <b>0,344</b> | <b>0,383</b> | <b>0,419</b> | <b>0,454</b> | <b>0,529</b> | <b>0,621</b> | <b>0,748</b> | <b>0,949</b> | <b>1,379</b> | <b>0,422</b> | <b>0,644</b> |
| Tci            | 0,445        | 0,532        | 0,729        | 0,796        | 0,836        | 0,869        | 0,901        | 0,965        | 1,037        | 1,127        | 1,256        | 1,489        | 0,872        | 1,054        |
| Tli            | 1,135        | 1,407        | 2,035        | 2,251        | 2,378        | 2,486        | 2,588        | 2,797        | 3,032        | 3,328        | 3,752        | 4,526        | 2,496        | 3,088        |
| T2i            | <b>1,027</b> | <b>1,278</b> | <b>1,857</b> | <b>2,057</b> | <b>2,174</b> | <b>2,274</b> | <b>2,368</b> | <b>2,561</b> | <b>2,778</b> | <b>3,050</b> | <b>3,441</b> | <b>4,155</b> | <b>2,283</b> | <b>2,829</b> |
| KTs            | <b>0,100</b> | <b>0,150</b> | <b>0,200</b> | <b>0,250</b> | <b>0,300</b> | <b>0,350</b> | <b>0,400</b> | <b>0,500</b> | <b>0,600</b> | <b>0,700</b> | <b>0,800</b> | <b>0,899</b> | <b>0,355</b> | <b>0,621</b> |
| fo             | 0,669        | 0,542        | 0,377        | 0,341        | 0,323        | 0,309        | 0,297        | 0,275        | 0,254        | 0,231        | 0,205        | 0,170        | 0,308        | 0,249        |
| To             | 1,496        | 1,844        | 2,652        | 2,931        | 3,094        | 3,234        | 3,365        | 3,635        | 3,940        | 4,322        | 4,869        | 5,871        | 3,247        | 4,012        |
| TRANSMITTERAD. |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Hmt            | 0,006        | 0,013        | 0,035        | 0,054        | 0,072        | 0,092        | 0,113        | 0,165        | 0,233        | 0,327        | 0,474        | 0,775        | 0,094        | 0,250        |
| Hst            | <b>0,009</b> | <b>0,020</b> | <b>0,056</b> | <b>0,086</b> | <b>0,115</b> | <b>0,147</b> | <b>0,181</b> | <b>0,265</b> | <b>0,373</b> | <b>0,523</b> | <b>0,759</b> | <b>1,240</b> | <b>0,150</b> | <b>0,400</b> |
| Tct            | 1,459        | 1,701        | 2,074        | 2,312        | 2,532        | 2,747        | 2,953        | 3,328        | 3,650        | 3,945        | 4,258        | 4,714        | 2,768        | 3,714        |
| T1t            | 1,600        | 1,870        | 2,389        | 2,937        | 3,290        | 3,538        | 3,720        | 3,986        | 4,197        | 4,419        | 4,720        | 5,299        | 3,558        | 4,241        |
| T2t            | 1,574        | 1,838        | 2,320        | 2,798        | 3,137        | 3,394        | 3,593        | 3,890        | 4,121        | 4,350        | 4,646        | 5,191        | 3,416        | 4,168        |

Tab(1.8) Vågkaraktistik vågbrytare V14

| INFALLANDE.    |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Hmi            | 0,066        | 0,095        | 0,141        | 0,249        | 0,288        | 0,319        | 0,347        | 0,408        | 0,480        | 0,578        | 0,736        | 1,071        | 0,298        | 0,448        |
| Hsi            | <b>0,105</b> | <b>0,151</b> | <b>0,226</b> | <b>0,399</b> | <b>0,461</b> | <b>0,510</b> | <b>0,556</b> | <b>0,652</b> | <b>0,768</b> | <b>0,926</b> | <b>1,177</b> | <b>1,713</b> | <b>0,477</b> | <b>0,716</b> |
| Tci            | 0,475        | 0,553        | 0,658        | 0,846        | 0,903        | 0,944        | 0,981        | 1,054        | 1,135        | 1,235        | 1,378        | 1,635        | 0,916        | 1,100        |
| Tli            | 1,231        | 1,483        | 1,817        | 2,425        | 2,610        | 2,745        | 2,867        | 3,107        | 3,374        | 3,704        | 4,180        | 5,043        | 2,653        | 3,257        |
| T2i            | <b>1,113</b> | <b>1,346</b> | <b>1,654</b> | <b>2,216</b> | <b>2,387</b> | <b>2,511</b> | <b>2,624</b> | <b>2,845</b> | <b>3,091</b> | <b>3,396</b> | <b>3,835</b> | <b>4,631</b> | <b>2,427</b> | <b>2,984</b> |
| KTs            | <b>0,101</b> | <b>0,150</b> | <b>0,199</b> | <b>0,249</b> | <b>0,300</b> | <b>0,350</b> | <b>0,400</b> | <b>0,500</b> | <b>0,600</b> | <b>0,699</b> | <b>0,800</b> | <b>0,899</b> | <b>0,315</b> | <b>0,558</b> |
| fo             | 0,617        | 0,515        | 0,422        | 0,317        | 0,295        | 0,280        | 0,268        | 0,248        | 0,228        | 0,208        | 0,184        | 0,153        | 0,290        | 0,236        |
| To             | 1,620        | 1,943        | 2,372        | 3,156        | 3,395        | 3,569        | 3,727        | 4,037        | 4,381        | 4,809        | 5,424        | 6,545        | 3,451        | 4,230        |
| TRANSMITTERAD. |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Hmt            | 0,007        | 0,014        | 0,028        | 0,062        | 0,086        | 0,112        | 0,139        | 0,204        | 0,288        | 0,405        | 0,589        | 0,963        | 0,094        | 0,250        |
| Hst            | <b>0,011</b> | <b>0,023</b> | <b>0,045</b> | <b>0,099</b> | <b>0,138</b> | <b>0,178</b> | <b>0,222</b> | <b>0,326</b> | <b>0,461</b> | <b>0,647</b> | <b>0,942</b> | <b>1,540</b> | <b>0,150</b> | <b>0,400</b> |
| Tct            | 1,618        | 1,854        | 2,105        | 2,474        | 2,710        | 2,935        | 3,156        | 3,572        | 3,948        | 4,298        | 4,672        | 5,203        | 2,778        | 3,795        |
| T1t            | 1,760        | 2,026        | 2,307        | 2,952        | 3,429        | 3,759        | 4,005        | 4,356        | 4,625        | 4,891        | 5,243        | 5,896        | 3,540        | 4,517        |
| T2t            | 1,733        | 1,993        | 2,269        | 2,844        | 3,274        | 3,597        | 3,852        | 4,233        | 4,526        | 4,805        | 5,153        | 5,771        | 3,380        | 4,409        |

## Bilaga 1.

Tab(1.9) Vågkaraktistik vågbrytare V14d1

| INFALLANDE.    |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Hmi            | 0,059        | 0,082        | 0,098        | 0,111        | 0,123        | 0,135        | 0,146        | 0,173        | 0,204        | 0,248        | 0,317        | 0,463        | 0,179        | 0,314        |
| <b>Hsi</b>     | <b>0,094</b> | <b>0,131</b> | <b>0,157</b> | <b>0,178</b> | <b>0,197</b> | <b>0,215</b> | <b>0,234</b> | <b>0,276</b> | <b>0,327</b> | <b>0,396</b> | <b>0,507</b> | <b>0,741</b> | <b>0,287</b> | <b>0,502</b> |
| Tci            | 0,453        | 0,521        | 0,562        | 0,593        | 0,620        | 0,645        | 0,669        | 0,719        | 0,775        | 0,844        | 0,942        | 1,117        | 0,731        | 0,937        |
| Tli            | 1,162        | 1,378        | 1,509        | 1,609        | 1,694        | 1,774        | 1,851        | 2,013        | 2,194        | 2,417        | 2,737        | 3,312        | 2,052        | 2,723        |
| <b>T2i</b>     | <b>1,050</b> | <b>1,249</b> | <b>1,370</b> | <b>1,462</b> | <b>1,541</b> | <b>1,615</b> | <b>1,686</b> | <b>1,836</b> | <b>2,002</b> | <b>2,209</b> | <b>2,504</b> | <b>3,035</b> | <b>1,871</b> | <b>2,491</b> |
| KTs            | 0,100        | 0,150        | 0,200        | 0,251        | 0,300        | 0,350        | 0,399        | 0,500        | 0,600        | 0,699        | 0,800        | 0,899        | 0,522        | 0,796        |
| fo             | 0,653        | 0,553        | 0,506        | 0,475        | 0,452        | 0,431        | 0,414        | 0,381        | 0,350        | 0,318        | 0,281        | 0,232        | 0,374        | 0,282        |
| To             | 1,533        | 1,808        | 1,976        | 2,105        | 2,214        | 2,318        | 2,417        | 2,625        | 2,858        | 3,146        | 3,559        | 4,302        | 2,675        | 3,541        |
| TRANSMITTERAD. |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Hmt            | 0,006        | 0,012        | 0,020        | 0,028        | 0,037        | 0,047        | 0,058        | 0,086        | 0,123        | 0,173        | 0,253        | 0,416        | 0,094        | 0,250        |
| <b>Hst</b>     | <b>0,009</b> | <b>0,020</b> | <b>0,031</b> | <b>0,045</b> | <b>0,059</b> | <b>0,075</b> | <b>0,093</b> | <b>0,138</b> | <b>0,196</b> | <b>0,277</b> | <b>0,406</b> | <b>0,666</b> | <b>0,150</b> | <b>0,400</b> |
| Tct            | 1,388        | 1,656        | 1,869        | 2,048        | 2,197        | 2,327        | 2,439        | 2,632        | 2,799        | 2,963        | 3,160        | 3,474        | 2,671        | 3,152        |
| Tlt            | 1,577        | 1,931        | 2,190        | 2,378        | 2,516        | 2,627        | 2,719        | 2,880        | 3,030        | 3,198        | 3,432        | 3,871        | 2,913        | 3,422        |
| T2t            | 1,542        | 1,879        | 2,132        | 2,321        | 2,463        | 2,579        | 2,674        | 2,840        | 2,991        | 3,156        | 3,381        | 3,791        | 2,874        | 3,371        |

Tab(1.10) Vågkaraktistik vågbrytare V14d2

| INFALLANDE.    |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Hmi            | 0,062        | 0,101        | 0,156        | 0,182        | 0,202        | 0,221        | 0,239        | 0,280        | 0,329        | 0,397        | 0,505        | 0,736        | 0,238        | 0,374        |
| <b>Hsi</b>     | <b>0,099</b> | <b>0,162</b> | <b>0,249</b> | <b>0,291</b> | <b>0,323</b> | <b>0,354</b> | <b>0,383</b> | <b>0,448</b> | <b>0,527</b> | <b>0,635</b> | <b>0,808</b> | <b>1,177</b> | <b>0,380</b> | <b>0,598</b> |
| Tci            | 0,462        | 0,569        | 0,687        | 0,735        | 0,770        | 0,802        | 0,831        | 0,891        | 0,958        | 1,042        | 1,161        | 1,378        | 0,828        | 1,014        |
| Tli            | 1,190        | 1,533        | 1,911        | 2,067        | 2,179        | 2,283        | 2,376        | 2,571        | 2,791        | 3,065        | 3,460        | 4,179        | 2,366        | 2,973        |
| <b>T2i</b>     | <b>1,076</b> | <b>1,393</b> | <b>1,741</b> | <b>1,885</b> | <b>1,989</b> | <b>2,084</b> | <b>2,170</b> | <b>2,351</b> | <b>2,554</b> | <b>2,807</b> | <b>3,171</b> | <b>3,834</b> | <b>2,162</b> | <b>2,722</b> |
| KTs            | 0,100        | 0,149        | 0,200        | 0,250        | 0,299        | 0,351        | 0,400        | 0,500        | 0,600        | 0,699        | 0,800        | 0,899        | 0,395        | 0,669        |
| fo             | 0,638        | 0,498        | 0,401        | 0,371        | 0,352        | 0,336        | 0,323        | 0,299        | 0,276        | 0,251        | 0,223        | 0,184        | 0,325        | 0,259        |
| To             | 1,568        | 2,008        | 2,493        | 2,695        | 2,839        | 2,972        | 3,092        | 3,345        | 3,628        | 3,983        | 4,493        | 5,423        | 3,080        | 3,864        |
| TRANSMITTERAD. |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Hmt            | 0,006        | 0,015        | 0,031        | 0,045        | 0,060        | 0,078        | 0,096        | 0,140        | 0,198        | 0,278        | 0,404        | 0,661        | 0,094        | 0,250        |
| <b>Hst</b>     | <b>0,010</b> | <b>0,024</b> | <b>0,050</b> | <b>0,073</b> | <b>0,097</b> | <b>0,124</b> | <b>0,153</b> | <b>0,224</b> | <b>0,316</b> | <b>0,444</b> | <b>0,646</b> | <b>1,058</b> | <b>0,150</b> | <b>0,400</b> |
| Tct            | 1,500        | 1,783        | 2,088        | 2,316        | 2,523        | 2,724        | 2,897        | 3,206        | 3,466        | 3,706        | 3,972        | 4,377        | 2,880        | 3,633        |
| Tlt            | 1,646        | 1,974        | 2,463        | 2,846        | 3,109        | 3,309        | 3,452        | 3,677        | 3,866        | 4,068        | 4,351        | 4,890        | 3,439        | 4,002        |
| T2t            | 1,619        | 1,938        | 2,384        | 2,739        | 3,000        | 3,208        | 3,362        | 3,606        | 3,806        | 4,012        | 4,285        | 4,791        | 3,348        | 3,946        |

Bilaga 1.

Tab(1.11) Vågkaraktistik vågbrytare V14d3

| INFALLANDE.    |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Hmi            | 0,072        | 0,098        | 0,130        | 0,183        | 0,305        | 0,365        | 0,412        | 0,498        | 0,597        | 0,726        | 0,931        | 1,369        | 0,310        | 0,499        |
| Hsi            | <b>0,115</b> | <b>0,157</b> | <b>0,208</b> | <b>0,293</b> | <b>0,488</b> | <b>0,584</b> | <b>0,659</b> | <b>0,796</b> | <b>0,955</b> | <b>1,162</b> | <b>1,489</b> | <b>2,190</b> | <b>0,497</b> | <b>0,799</b> |
| Tci            | 0,491        | 0,561        | 0,635        | 0,738        | 0,925        | 1,003        | 1,059        | 1,154        | 1,253        | 1,370        | 1,534        | 1,833        | 0,933        | 1,155        |
| Tli            | 1,285        | 1,508        | 1,743        | 2,076        | 2,684        | 2,939        | 3,124        | 3,435        | 3,762        | 4,152        | 4,702        | 5,685        | 2,709        | 3,440        |
| T2i            | <b>1,163</b> | <b>1,369</b> | <b>1,586</b> | <b>1,893</b> | <b>2,455</b> | <b>2,691</b> | <b>2,861</b> | <b>3,148</b> | <b>3,450</b> | <b>3,809</b> | <b>4,317</b> | <b>5,230</b> | <b>2,478</b> | <b>3,152</b> |
| KTs            | <b>0,100</b> | <b>0,150</b> | <b>0,200</b> | <b>0,250</b> | <b>0,300</b> | <b>0,350</b> | <b>0,400</b> | <b>0,499</b> | <b>0,600</b> | <b>0,699</b> | <b>0,800</b> | <b>0,900</b> | <b>0,303</b> | <b>0,501</b> |
| fo             | 0,592        | 0,506        | 0,439        | 0,370        | 0,286        | 0,262        | 0,246        | 0,224        | 0,205        | 0,186        | 0,164        | 0,135        | 0,284        | 0,224        |
| To             | 1,689        | 1,976        | 2,277        | 2,705        | 3,491        | 3,820        | 4,058        | 4,461        | 4,884        | 5,388        | 6,100        | 7,429        | 3,522        | 4,467        |
| TRANSMITTERAD. |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Hmt            | 0,007        | 0,015        | 0,026        | 0,046        | 0,091        | 0,128        | 0,165        | 0,248        | 0,358        | 0,508        | 0,745        | 1,232        | 0,094        | 0,250        |
| Hst            | <b>0,011</b> | <b>0,023</b> | <b>0,041</b> | <b>0,073</b> | <b>0,146</b> | <b>0,204</b> | <b>0,264</b> | <b>0,398</b> | <b>0,573</b> | <b>0,813</b> | <b>1,191</b> | <b>1,971</b> | <b>0,151</b> | <b>0,400</b> |
| Tct            | 1,729        | 1,955        | 2,164        | 2,399        | 2,756        | 3,004        | 3,240        | 3,688        | 4,131        | 4,567        | 5,045        | 5,713        | 2,775        | 3,695        |
| T1t            | 1,872        | 2,123        | 2,357        | 2,619        | 3,199        | 3,689        | 4,067        | 4,602        | 5,011        | 5,385        | 5,837        | 6,601        | 3,240        | 4,609        |
| T2t            | 1,845        | 2,091        | 2,321        | 2,578        | 3,103        | 3,542        | 3,900        | 4,440        | 4,870        | 5,260        | 5,712        | 6,449        | 3,139        | 4,447        |

Tab(1.12) Vågkaraktistik vågbrytare V14d4

| INFALLANDE.    |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Hmi            | 0,079        | 0,104        | 0,133        | 0,170        | 0,238        | 0,347        | 0,416        | 0,529        | 0,651        | 0,807        | 1,050        | 1,564        | 0,292        | 0,514        |
| Hsi            | <b>0,126</b> | <b>0,167</b> | <b>0,213</b> | <b>0,272</b> | <b>0,381</b> | <b>0,555</b> | <b>0,665</b> | <b>0,847</b> | <b>1,042</b> | <b>1,292</b> | <b>1,680</b> | <b>2,502</b> | <b>0,467</b> | <b>0,822</b> |
| Tci            | 0,511        | 0,577        | 0,642        | 0,715        | 0,829        | 0,980        | 1,064        | 1,186        | 1,303        | 1,437        | 1,621        | 1,954        | 0,908        | 1,171        |
| Tli            | 1,348        | 1,558        | 1,766        | 2,000        | 2,370        | 2,864        | 3,137        | 3,543        | 3,931        | 4,379        | 4,994        | 6,046        | 2,626        | 3,490        |
| T2i            | <b>1,222</b> | <b>1,415</b> | <b>1,608</b> | <b>1,823</b> | <b>2,165</b> | <b>2,621</b> | <b>2,873</b> | <b>3,247</b> | <b>3,606</b> | <b>4,019</b> | <b>4,586</b> | <b>5,574</b> | <b>2,402</b> | <b>3,199</b> |
| KTs            | <b>0,101</b> | <b>0,150</b> | <b>0,200</b> | <b>0,250</b> | <b>0,300</b> | <b>0,349</b> | <b>0,400</b> | <b>0,500</b> | <b>0,600</b> | <b>0,699</b> | <b>0,800</b> | <b>0,900</b> | <b>0,321</b> | <b>0,486</b> |
| fo             | 0,565        | 0,490        | 0,433        | 0,383        | 0,324        | 0,269        | 0,245        | 0,217        | 0,196        | 0,176        | 0,154        | 0,125        | 0,293        | 0,221        |
| To             | 1,770        | 2,040        | 2,308        | 2,608        | 3,085        | 3,723        | 4,076        | 4,600        | 5,102        | 5,682        | 6,480        | 8,006        | 3,416        | 4,532        |
| TRANSMITTERAD. |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Hmt            | 0,008        | 0,016        | 0,027        | 0,043        | 0,071        | 0,121        | 0,166        | 0,265        | 0,391        | 0,565        | 0,840        | 1,407        | 0,094        | 0,250        |
| Hst            | <b>0,013</b> | <b>0,025</b> | <b>0,043</b> | <b>0,068</b> | <b>0,114</b> | <b>0,194</b> | <b>0,266</b> | <b>0,423</b> | <b>0,625</b> | <b>0,904</b> | <b>1,344</b> | <b>2,252</b> | <b>0,150</b> | <b>0,400</b> |
| Tct            | 1,838        | 2,059        | 2,257        | 2,451        | 2,690        | 2,994        | 3,245        | 3,713        | 4,176        | 4,651        | 5,189        | 5,948        | 2,833        | 3,650        |
| T1t            | 1,985        | 2,229        | 2,450        | 2,666        | 2,935        | 3,448        | 3,903        | 4,571        | 5,088        | 5,565        | 6,117        | 6,959        | 3,146        | 4,492        |
| T2t            | 1,957        | 2,197        | 2,414        | 2,625        | 2,889        | 3,350        | 3,764        | 4,408        | 4,930        | 5,414        | 5,965        | 6,790        | 3,083        | 4,329        |



## Bilaga 1.

Tab(1.13) Vågkaraktistik vågbrytare V14d5

| INFALLANDE.    |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Hmi            | 0,085        | 0,111        | 0,139        | 0,172        | 0,217        | 0,309        | 0,413        | 0,546        | 0,683        | 0,861        | 1,138        | 1,725        | 0,278        | 0,520        |
| <b>Hsi</b>     | <b>0,136</b> | <b>0,178</b> | <b>0,223</b> | <b>0,275</b> | <b>0,346</b> | <b>0,494</b> | <b>0,661</b> | <b>0,873</b> | <b>1,093</b> | <b>1,378</b> | <b>1,820</b> | <b>2,759</b> | <b>0,444</b> | <b>0,832</b> |
| Tci            | 0,528        | 0,593        | 0,654        | 0,718        | 0,795        | 0,931        | 1,061        | 1,203        | 1,332        | 1,480        | 1,682        | 2,052        | 0,888        | 1,177        |
| Tli            | 1,402        | 1,609        | 1,806        | 2,010        | 2,258        | 2,702        | 3,128        | 3,597        | 4,027        | 4,523        | 5,197        | 6,311        | 2,561        | 3,511        |
| <b>T2i</b>     | <b>1,271</b> | <b>1,462</b> | <b>1,644</b> | <b>1,833</b> | <b>2,062</b> | <b>2,472</b> | <b>2,865</b> | <b>3,297</b> | <b>3,694</b> | <b>4,151</b> | <b>4,774</b> | <b>5,831</b> | <b>2,342</b> | <b>3,218</b> |
| <b>KTs</b>     | <b>0,100</b> | <b>0,150</b> | <b>0,200</b> | <b>0,250</b> | <b>0,299</b> | <b>0,350</b> | <b>0,401</b> | <b>0,500</b> | <b>0,600</b> | <b>0,699</b> | <b>0,800</b> | <b>0,900</b> | <b>0,338</b> | <b>0,480</b> |
| fo             | 0,544        | 0,475        | 0,424        | 0,381        | 0,340        | 0,285        | 0,246        | 0,214        | 0,191        | 0,170        | 0,148        | 0,118        | 0,300        | 0,219        |
| To             | 1,839        | 2,105        | 2,358        | 2,622        | 2,941        | 3,514        | 4,065        | 4,670        | 5,226        | 5,867        | 6,749        | 8,508        | 3,332        | 4,559        |
| TRANSMITTERAD. |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Hmt            | 0,009        | 0,017        | 0,028        | 0,043        | 0,065        | 0,108        | 0,166        | 0,273        | 0,410        | 0,602        | 0,910        | 1,552        | 0,094        | 0,250        |
| <b>Hst</b>     | <b>0,014</b> | <b>0,027</b> | <b>0,045</b> | <b>0,069</b> | <b>0,104</b> | <b>0,173</b> | <b>0,265</b> | <b>0,437</b> | <b>0,656</b> | <b>0,963</b> | <b>1,456</b> | <b>2,483</b> | <b>0,150</b> | <b>0,399</b> |
| Tct            | 1,927        | 2,154        | 2,350        | 2,533        | 2,721        | 2,982        | 3,267        | 3,734        | 4,210        | 4,713        | 5,294        | 6,123        | 2,905        | 3,640        |
| Tlt            | 2,081        | 2,328        | 2,544        | 2,747        | 2,955        | 3,273        | 3,789        | 4,546        | 5,129        | 5,670        | 6,299        | 7,203        | 3,166        | 4,412        |
| T2t            | 2,052        | 2,295        | 2,507        | 2,707        | 2,911        | 3,216        | 3,676        | 4,384        | 4,963        | 5,507        | 6,131        | 7,024        | 3,117        | 4,255        |

Tab(1.14) Vågkaraktistik vågbrytare V14d6

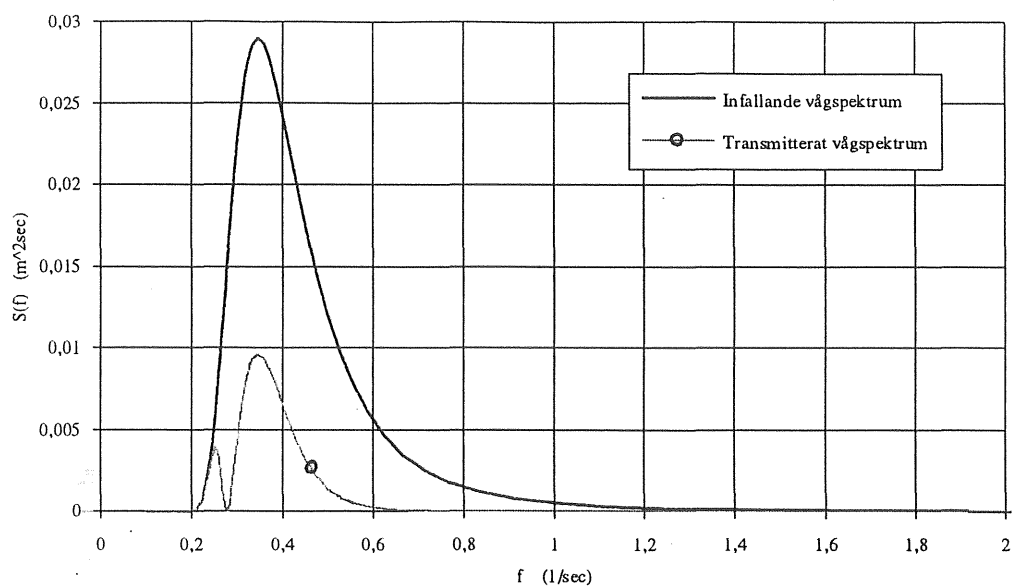
| INFALLANDE.    |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Hmi            | 0,091        | 0,118        | 0,145        | 0,177        | 0,214        | 0,271        | 0,389        | 0,568        | 0,713        | 0,891        | 1,165        | 1,751        | 0,269        | 0,528        |
| <b>Hsi</b>     | <b>0,145</b> | <b>0,189</b> | <b>0,232</b> | <b>0,283</b> | <b>0,343</b> | <b>0,434</b> | <b>0,622</b> | <b>0,909</b> | <b>1,140</b> | <b>1,425</b> | <b>1,864</b> | <b>2,801</b> | <b>0,430</b> | <b>0,845</b> |
| Tci            | 0,543        | 0,608        | 0,666        | 0,726        | 0,791        | 0,878        | 1,032        | 1,225        | 1,358        | 1,503        | 1,700        | 2,067        | 0,875        | 1,185        |
| Tli            | 1,450        | 1,658        | 1,844        | 2,037        | 2,246        | 2,531        | 3,034        | 3,671        | 4,113        | 4,600        | 5,259        | 6,351        | 2,519        | 3,539        |
| <b>T2i</b>     | <b>1,316</b> | <b>1,508</b> | <b>1,679</b> | <b>1,858</b> | <b>2,051</b> | <b>2,314</b> | <b>2,778</b> | <b>3,366</b> | <b>3,774</b> | <b>4,223</b> | <b>4,831</b> | <b>5,870</b> | <b>2,302</b> | <b>3,244</b> |
| <b>KTs</b>     | <b>0,100</b> | <b>0,150</b> | <b>0,199</b> | <b>0,250</b> | <b>0,300</b> | <b>0,350</b> | <b>0,399</b> | <b>0,501</b> | <b>0,600</b> | <b>0,699</b> | <b>0,800</b> | <b>0,900</b> | <b>0,348</b> | <b>0,473</b> |
| fo             | 0,526        | 0,461        | 0,416        | 0,376        | 0,342        | 0,304        | 0,254        | 0,210        | 0,187        | 0,168        | 0,146        | 0,116        | 0,305        | 0,218        |
| To             | 1,901        | 2,168        | 2,407        | 2,656        | 2,925        | 3,293        | 3,942        | 4,766        | 5,338        | 5,968        | 6,831        | 8,593        | 3,277        | 4,595        |
| TRANSMITTERAD. |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Hmt            | 0,009        | 0,018        | 0,029        | 0,044        | 0,064        | 0,095        | 0,155        | 0,285        | 0,428        | 0,623        | 0,932        | 1,575        | 0,094        | 0,250        |
| <b>Hst</b>     | <b>0,014</b> | <b>0,028</b> | <b>0,046</b> | <b>0,071</b> | <b>0,103</b> | <b>0,152</b> | <b>0,248</b> | <b>0,455</b> | <b>0,684</b> | <b>0,997</b> | <b>1,491</b> | <b>2,520</b> | <b>0,150</b> | <b>0,400</b> |
| Tct            | 2,006        | 2,241        | 2,432        | 2,613        | 2,786        | 2,983        | 3,263        | 3,773        | 4,244        | 4,747        | 5,334        | 6,168        | 2,975        | 3,644        |
| Tlt            | 2,165        | 2,418        | 2,628        | 2,828        | 3,020        | 3,236        | 3,622        | 4,542        | 5,195        | 5,765        | 6,388        | 7,261        | 3,228        | 4,327        |
| T2t            | 2,135        | 2,385        | 2,591        | 2,788        | 2,976        | 3,189        | 3,548        | 4,381        | 5,014        | 5,586        | 6,212        | 7,083        | 3,180        | 4,181        |

Bilaga 1.

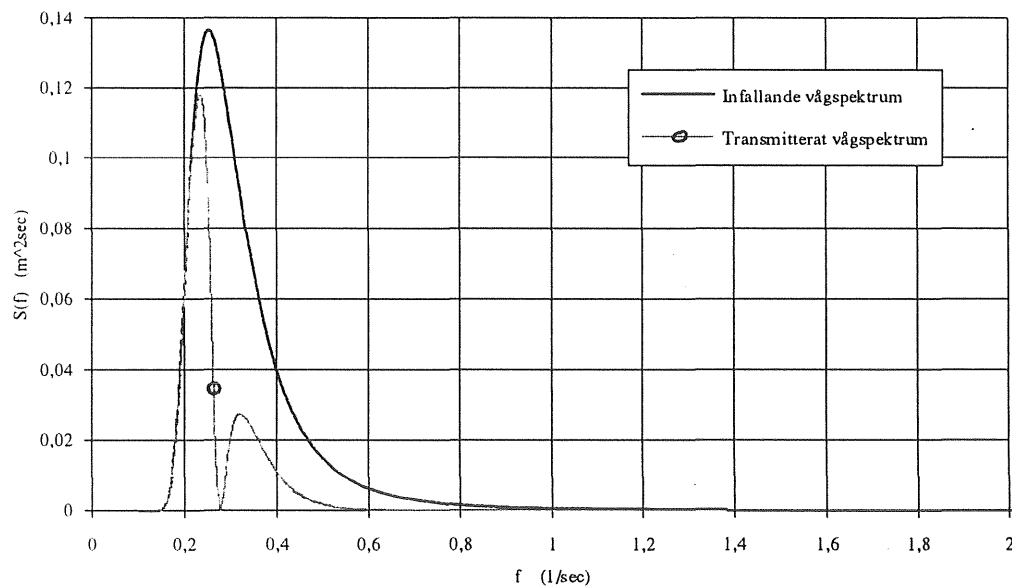
Tab(1.15) Vågkaraktistik vågbrytare V14d7

| INFALLANDE.    |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Hmi            | 0,096        | 0,124        | 0,152        | 0,182        | 0,217        | 0,262        | 0,340        | 0,591        | 0,763        | 0,958        | 1,255        | 1,887        | 0,266        | 0,532        |
| Hsi            | <b>0,154</b> | <b>0,199</b> | <b>0,243</b> | <b>0,291</b> | <b>0,347</b> | <b>0,419</b> | <b>0,544</b> | <b>0,945</b> | <b>1,221</b> | <b>1,533</b> | <b>2,008</b> | <b>3,019</b> | <b>0,425</b> | <b>0,852</b> |
| Tmi            | 1,426        | 1,627        | 1,801        | 1,978        | 2,162        | 2,380        | 2,714        | 3,587        | 4,081        | 4,576        | 5,234        | 6,309        | 2,396        | 3,404        |
| Tci            | 0,557        | 0,622        | 0,679        | 0,736        | 0,795        | 0,865        | 0,971        | 1,247        | 1,401        | 1,554        | 1,760        | 2,148        | 0,870        | 1,189        |
| T1i            | 1,495        | 1,704        | 1,885        | 2,069        | 2,261        | 2,487        | 2,835        | 3,743        | 4,257        | 4,772        | 5,454        | 6,550        | 2,504        | 3,552        |
| T2i            | <b>1,357</b> | <b>1,550</b> | <b>1,717</b> | <b>1,887</b> | <b>2,064</b> | <b>2,273</b> | <b>2,594</b> | <b>3,432</b> | <b>3,906</b> | <b>4,381</b> | <b>5,013</b> | <b>6,068</b> | <b>2,289</b> | <b>3,256</b> |
| KTs            | <b>0,100</b> | <b>0,151</b> | <b>0,199</b> | <b>0,250</b> | <b>0,300</b> | <b>0,350</b> | <b>0,400</b> | <b>0,500</b> | <b>0,601</b> | <b>0,699</b> | <b>0,800</b> | <b>0,900</b> | <b>0,353</b> | <b>0,470</b> |
| fo             | 0,511        | 0,449        | 0,407        | 0,371        | 0,340        | 0,309        | 0,271        | 0,206        | 0,181        | 0,162        | 0,141        | 0,110        | 0,307        | 0,217        |
| To             | 1,959        | 2,227        | 2,460        | 2,696        | 2,944        | 3,236        | 3,685        | 4,859        | 5,524        | 6,190        | 7,098        | 9,067        | 3,258        | 4,613        |
| TRANSMITTERAD. |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Hmt            | 0,010        | 0,019        | 0,030        | 0,046        | 0,065        | 0,092        | 0,136        | 0,295        | 0,459        | 0,670        | 1,004        | 1,697        | 0,094        | 0,250        |
| Hst            | <b>0,015</b> | <b>0,030</b> | <b>0,048</b> | <b>0,073</b> | <b>0,104</b> | <b>0,147</b> | <b>0,217</b> | <b>0,472</b> | <b>0,734</b> | <b>1,073</b> | <b>1,607</b> | <b>2,716</b> | <b>0,150</b> | <b>0,400</b> |
| Tct            | 2,074        | 2,315        | 2,507        | 2,685        | 2,854        | 3,027        | 3,242        | 3,816        | 4,312        | 4,831        | 5,448        | 6,325        | 3,039        | 3,662        |
| T1t            | 2,239        | 2,498        | 2,707        | 2,903        | 3,090        | 3,281        | 3,523        | 4,508        | 5,284        | 5,922        | 6,593        | 7,463        | 3,294        | 4,222        |
| T2t            | 2,208        | 2,464        | 2,670        | 2,862        | 3,045        | 3,233        | 3,470        | 4,359        | 5,091        | 5,724        | 6,399        | 7,281        | 3,246        | 4,102        |

Bilaga 2.

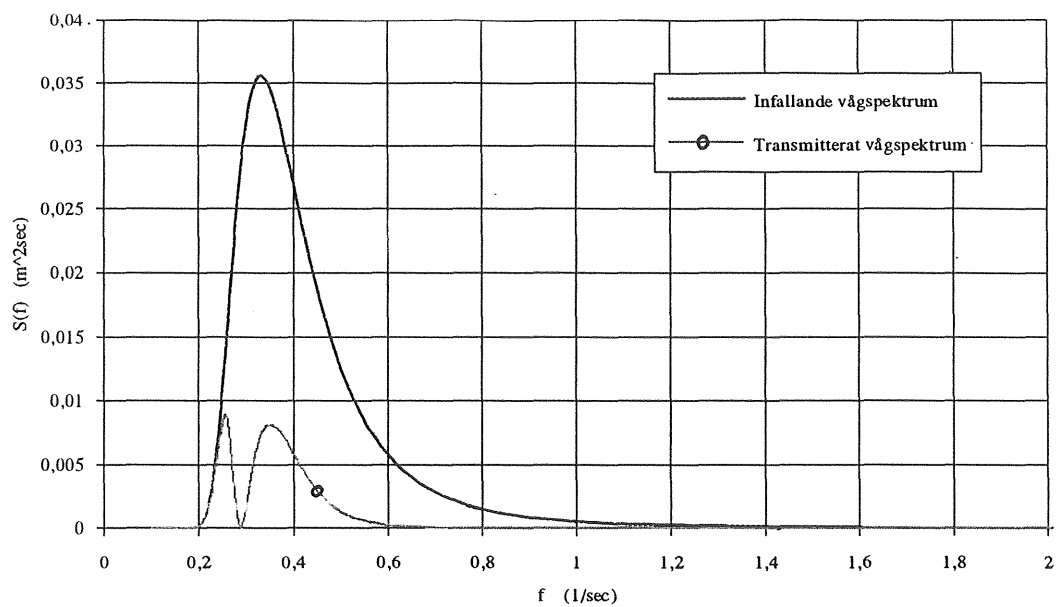


Fig(2.1) Vågbytare V6, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,34$  m,  $T_0 = 2,89$  s  
transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,15$  m

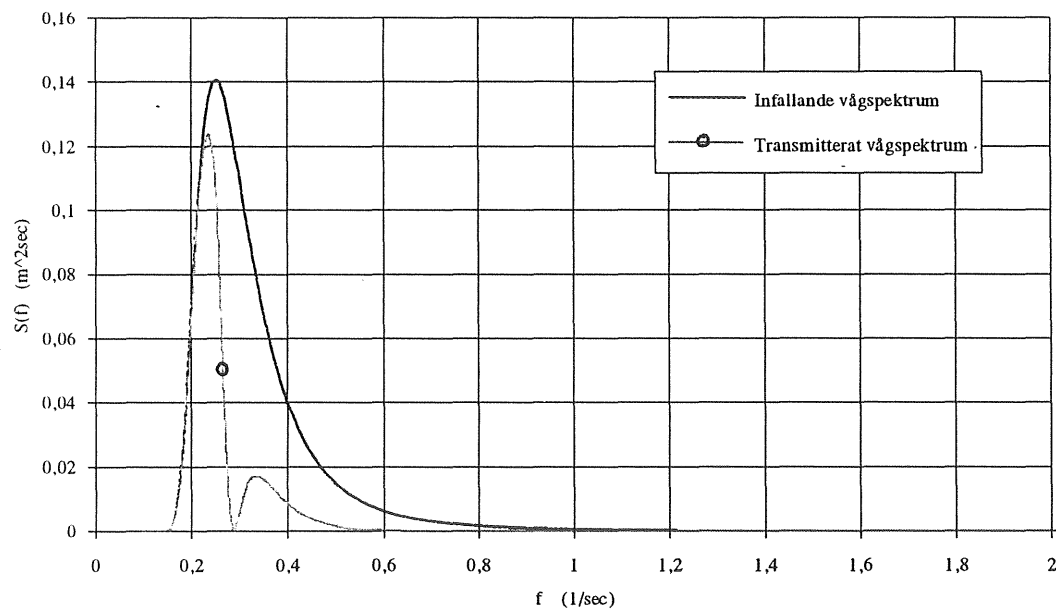


Fig(2.2) Vågbytare V6, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,62$  m,  $T_0 = 3,39$  s  
transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,40$  m

Bilaga 2.

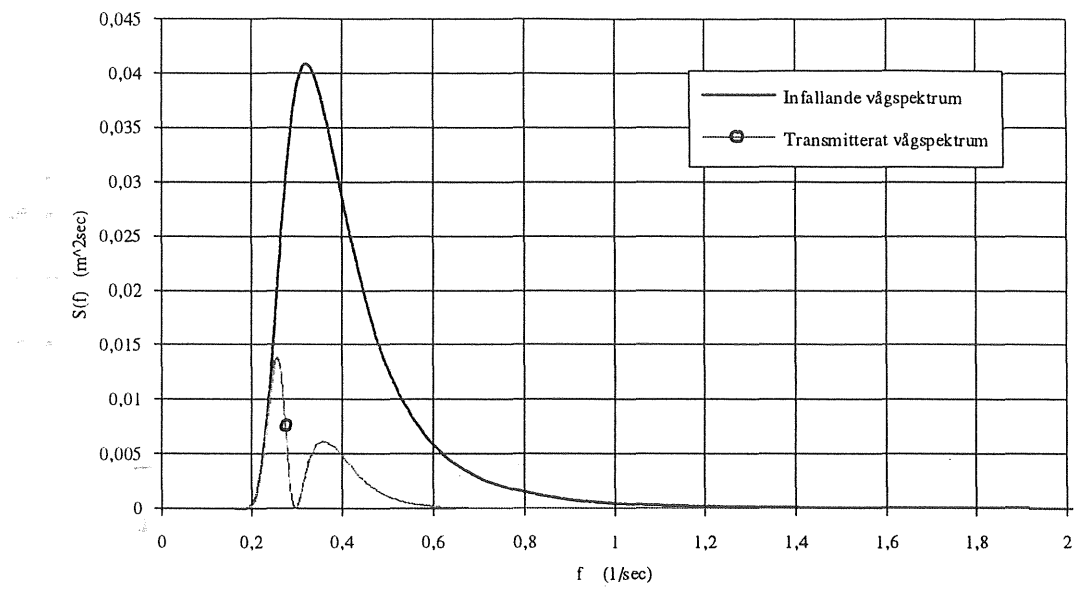


Fig(2.3) Vågbreakare V7, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,36 \text{ m}$ ,  $T_0 = 3,0 \text{ s}$   
 transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,15 \text{ m}$

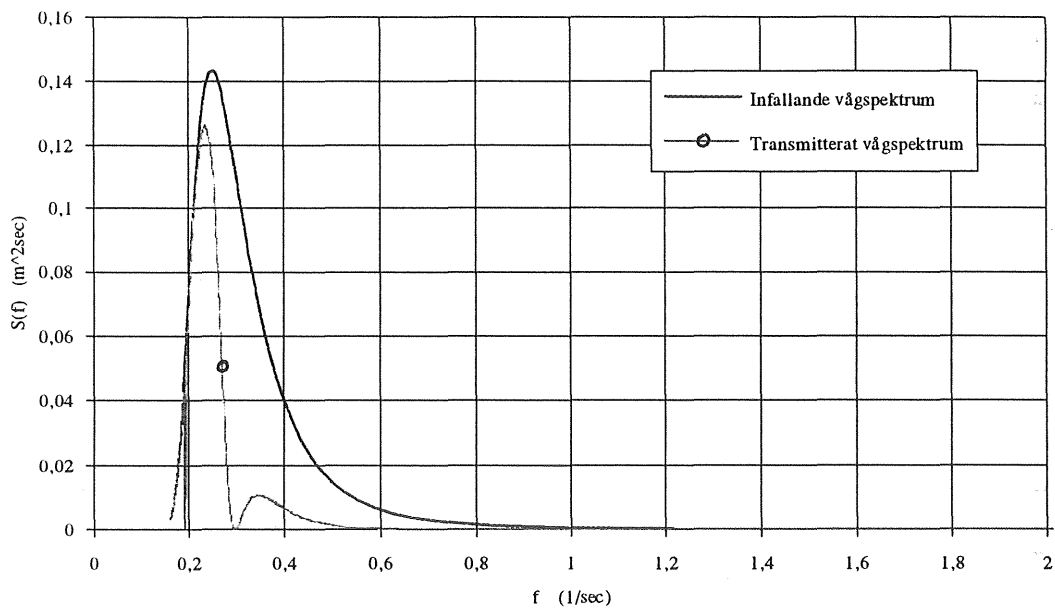


Fig(2.4) Vågbreakare V7, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,63 \text{ m}$ ,  $T_0 = 3,97 \text{ s}$   
 transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,40 \text{ m}$

Bilaga 2.

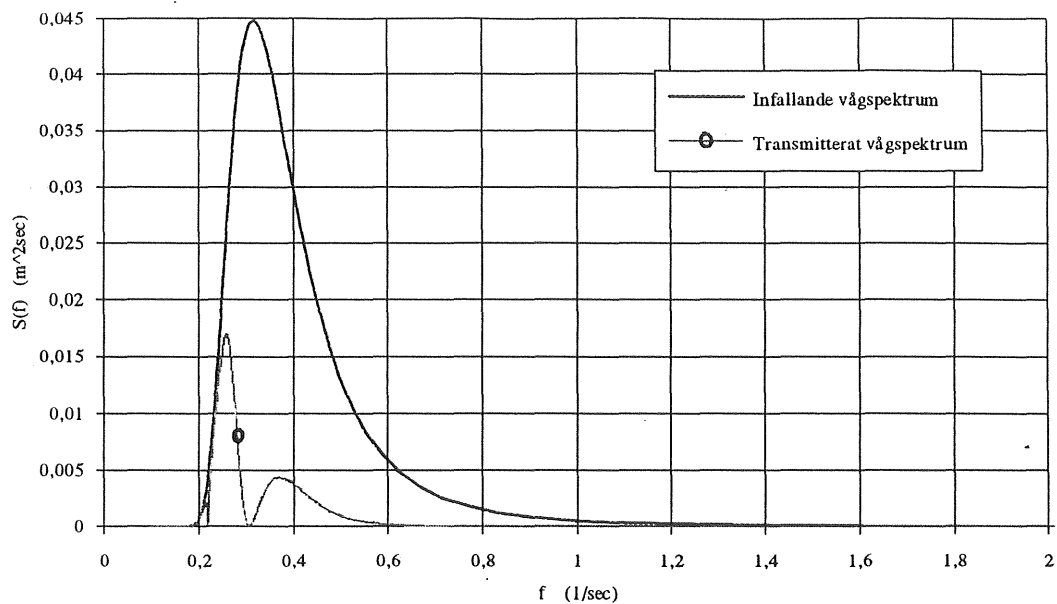


Fig(2.5) Vågbrytare V8, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,38 \text{ m}$ ,  $T_0 = 3,09 \text{ s}$   
transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,15 \text{ m}$

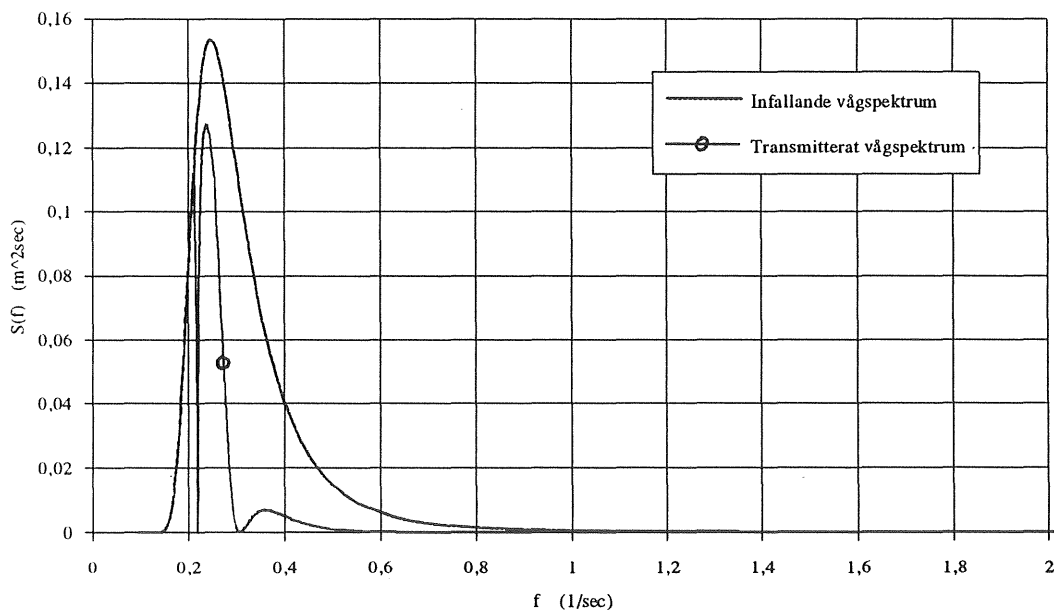


Fig(2.6) Vågbrytare V8 , infallande spektrum:  $H_{si} = 0,64 \text{ m}$ ,  $T_0 = 3,99 \text{ s}$   
transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,40 \text{ m}$

Bilaga 2.

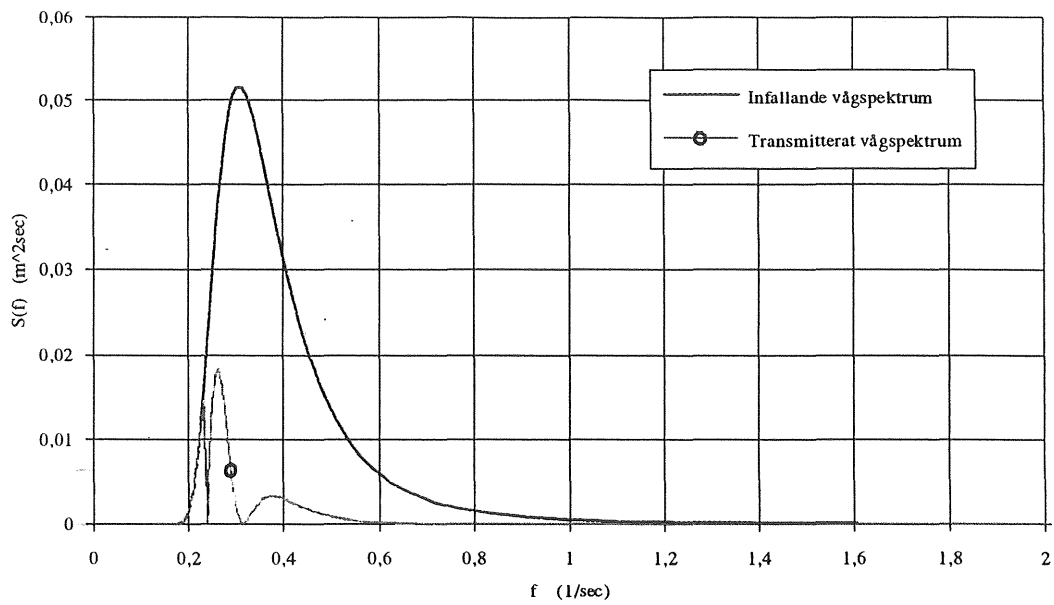


Fig(2.7) Vågbrytare V9, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,40$  m,  $T_0 = 3,16$  s  
transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,15$  m

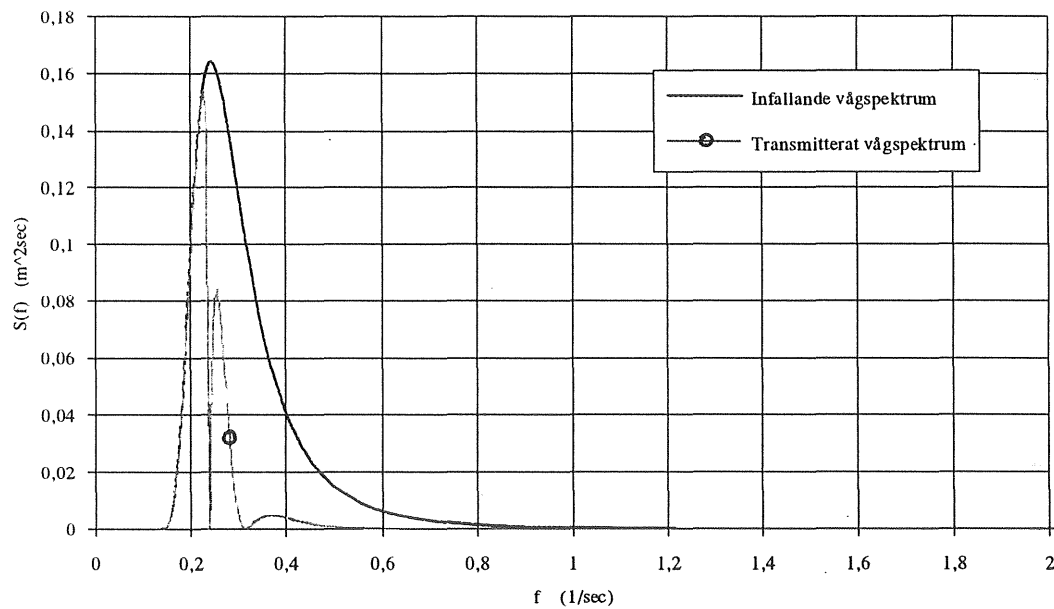


Fig(2.8) Vågbrytare V9, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,65$  m,  $T_0 = 4,04$  s  
transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,40$  m

Bilaga 2.

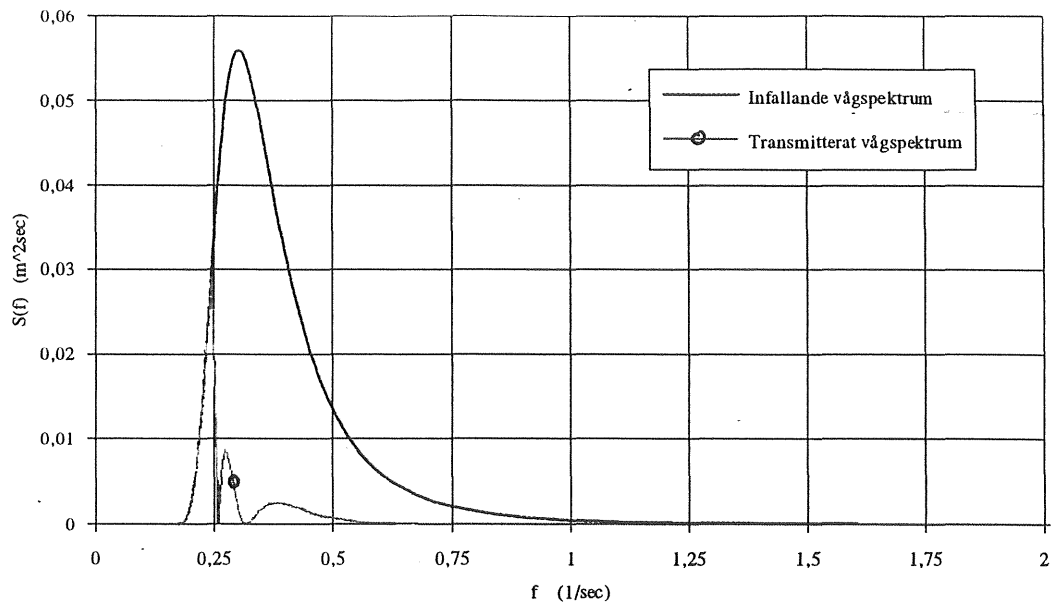


Fig(2.9) Vågbreakare V10, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,42$  m,  $T_0 = 3,24$  s  
transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,15$  m

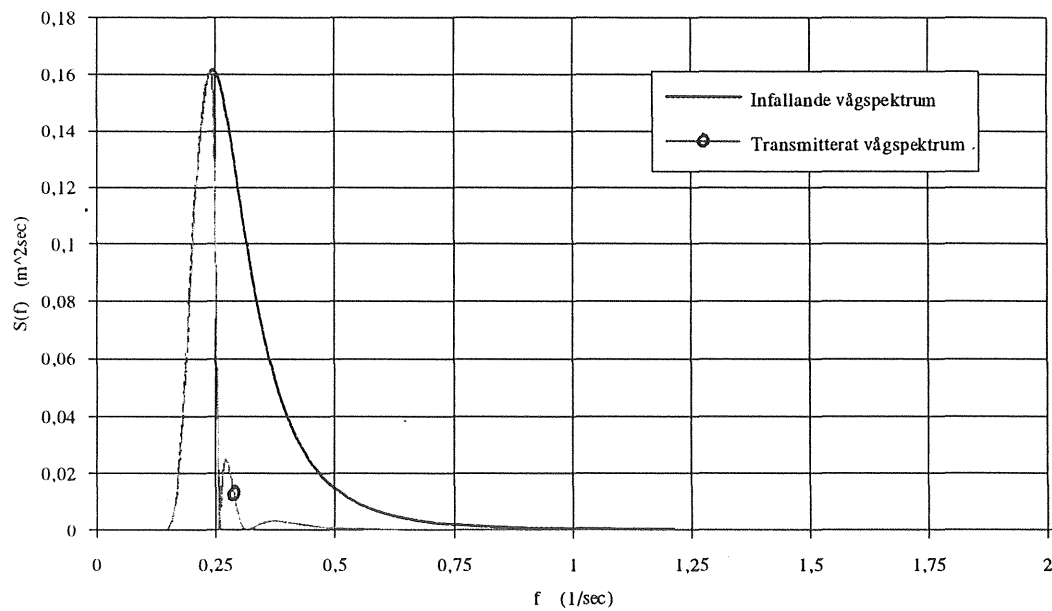


Fig(2.10) Vågbreakare V10, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,67$  m,  $T_0 = 4,1$  s  
transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,40$  m

Bilaga 2.



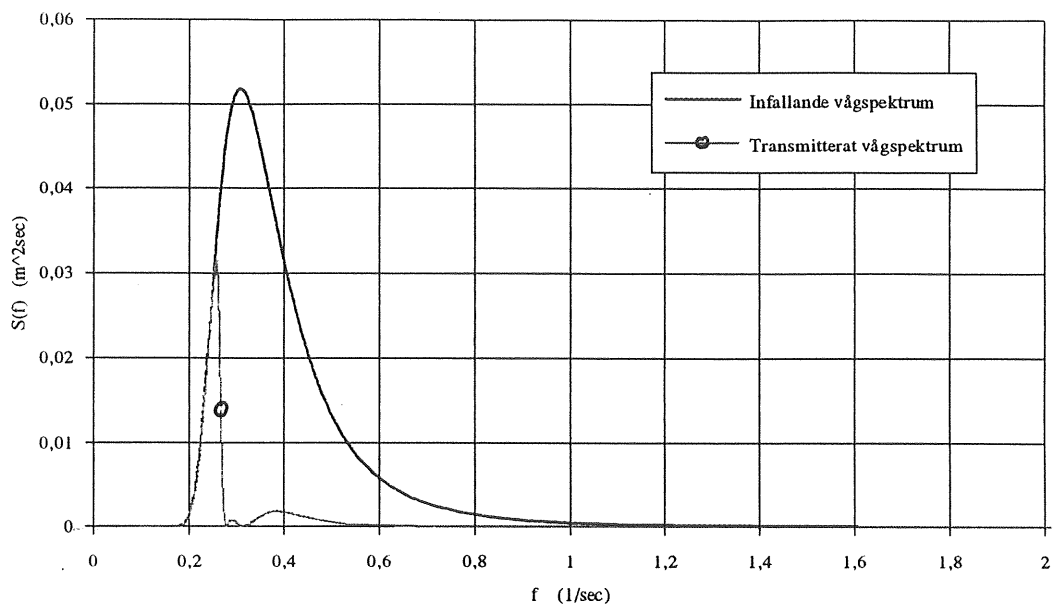
Fig(2.11) Vågbrytare V11, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,44 \text{ m}$ ,  $T_0 = 3,3 \text{ s}$   
transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,15 \text{ m}$



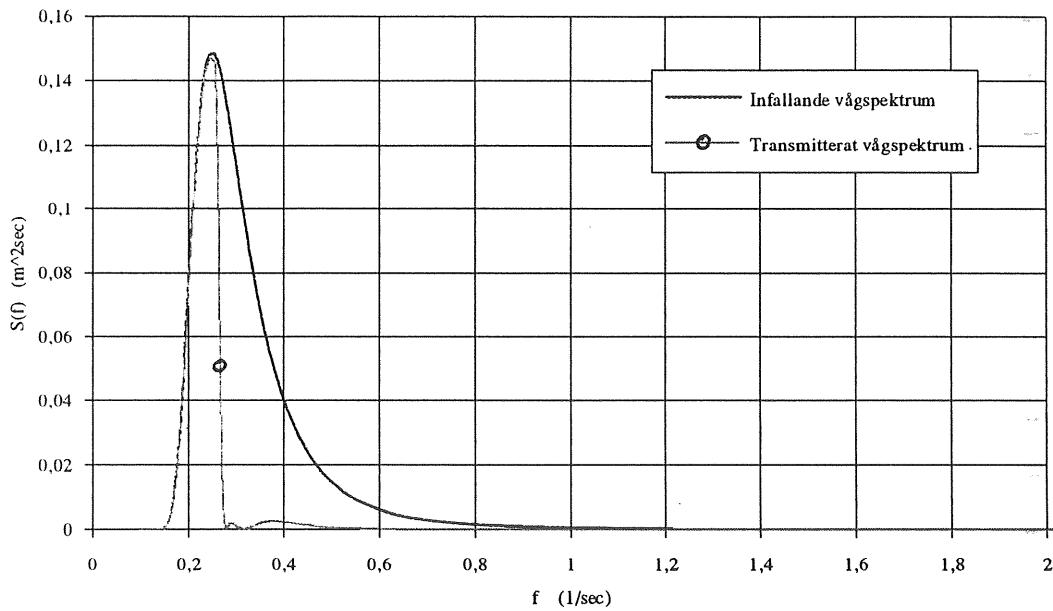
Fig(2.12) Vågbrytare V11, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,67 \text{ m}$ ,  $T_0 = 4,08 \text{ s}$   
transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,40 \text{ m}$



Bilaga 2.

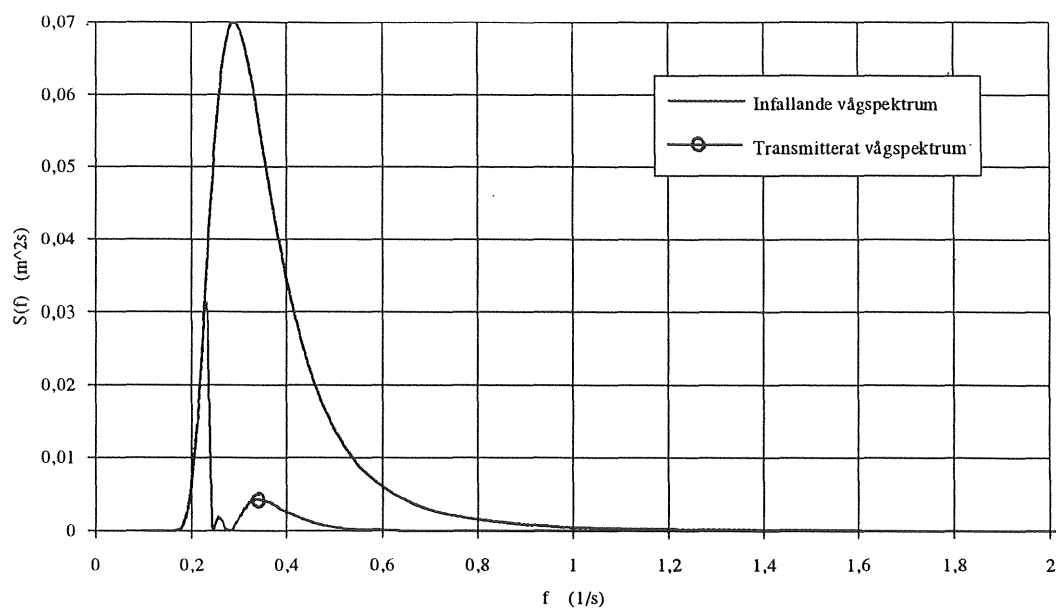


Fig(2.13) Vågbrytare V12, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,42$  m,  $T_0 = 3,25$  s  
transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,15$  m

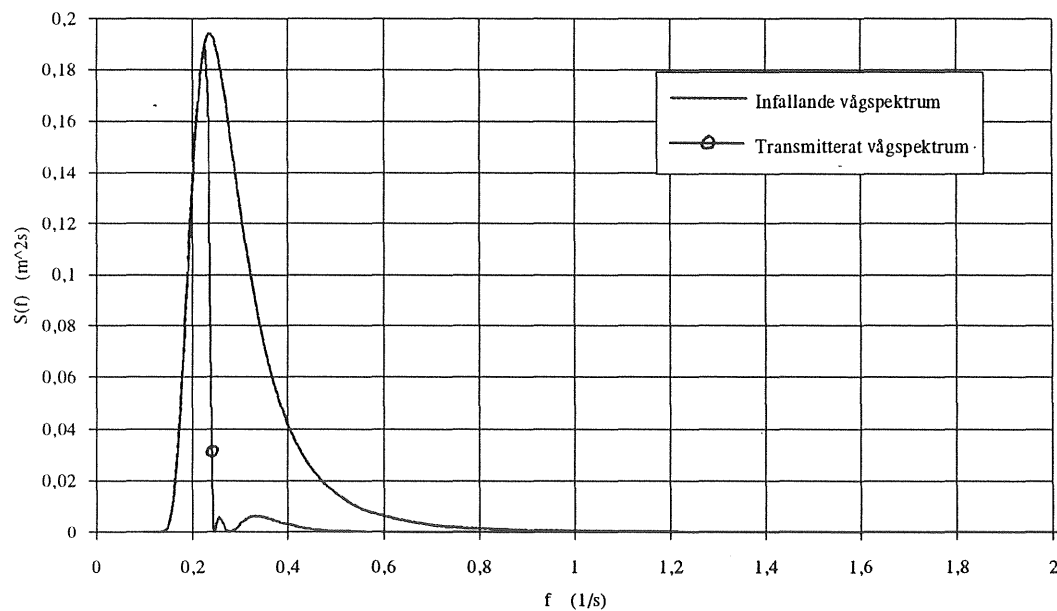


Fig(2.14) Vågbrytare V12, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,64$  m,  $T_0 = 4,01$  s  
transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,40$  m

Bilaga 2.

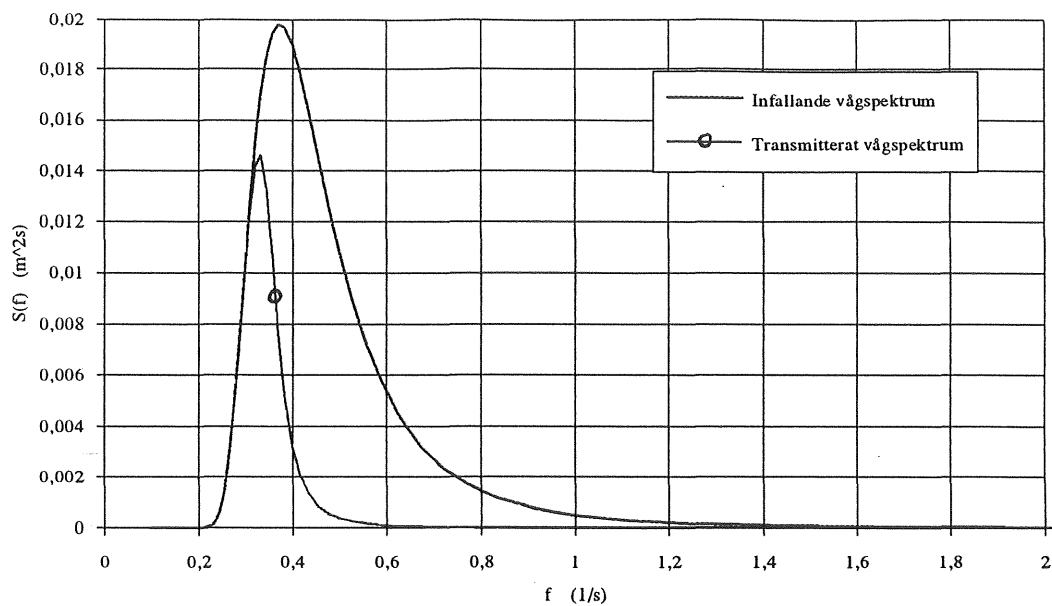


Fig(2.15) V14, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,48 \text{ m}$ ,  $T_0 = 3,45 \text{ s}$   
transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,15 \text{ m}$

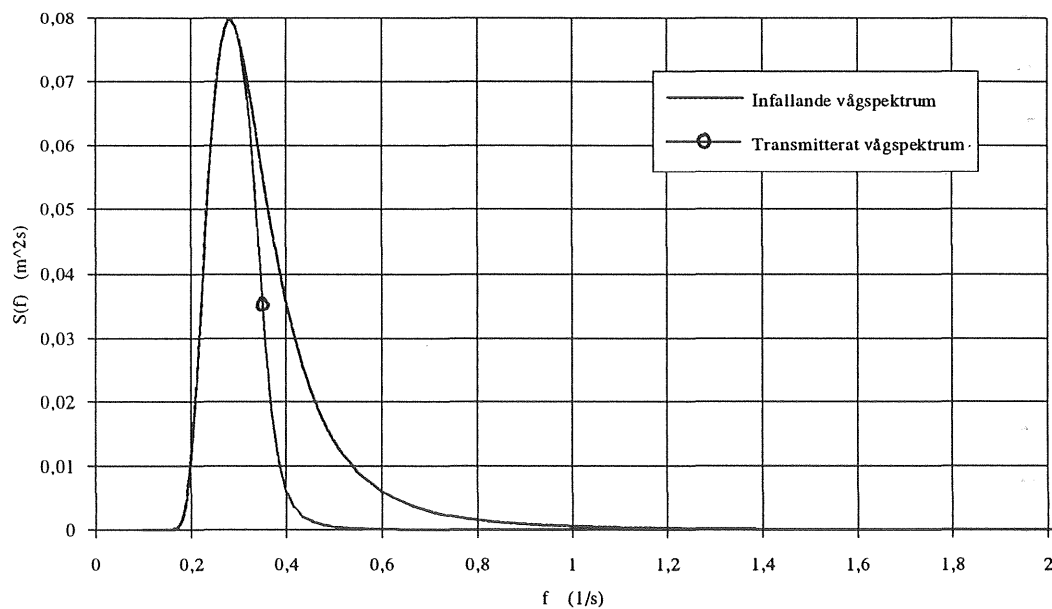


Fig(2.16) V14, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,72 \text{ m}$ ,  $T_0 = 4,23 \text{ s}$   
transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,40 \text{ m}$ ,

Bilaga 2.

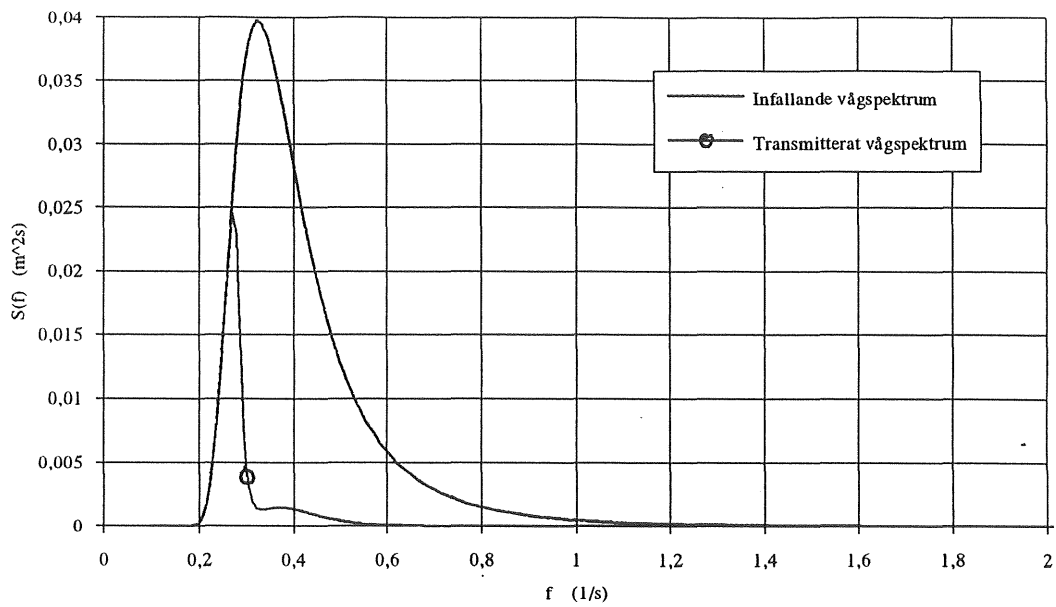


Fig(2.17) V14d1, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,29$  m,  $T_0 = 2,68$  s  
transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,15$  m

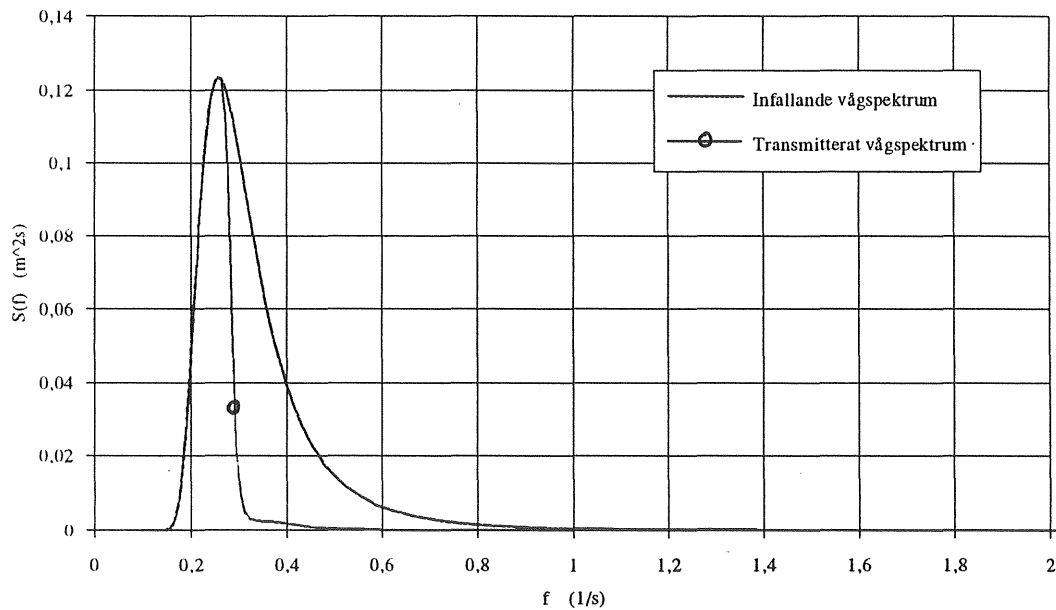


Fig(2.18) V14d1, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,50$  m,  $T_0 = 3,54$  s  
transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,40$  m

Bilaga 2.

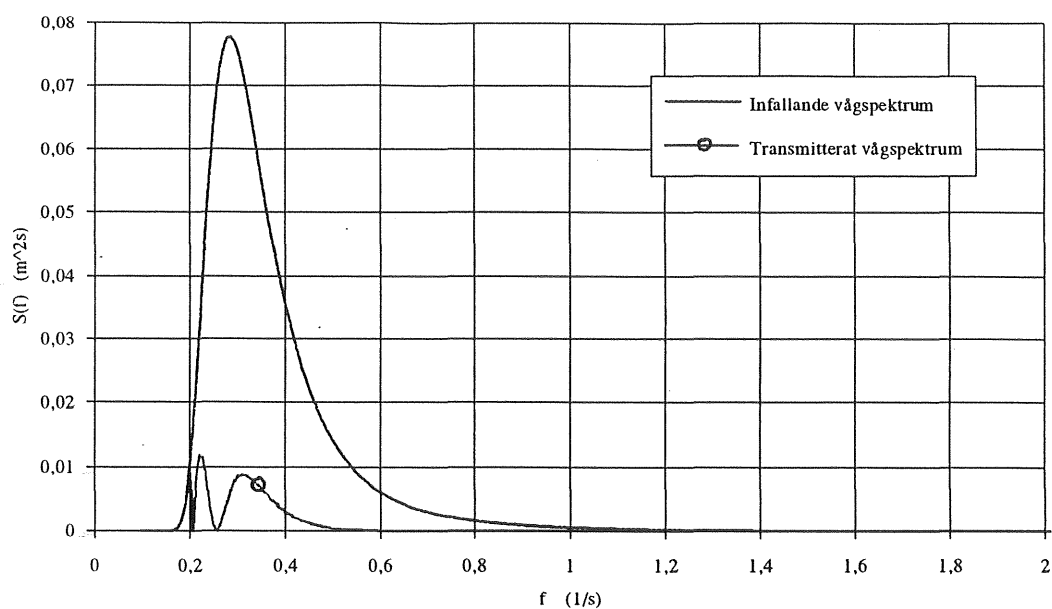


Fig(2.19) V14d2, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,38$  m,  $T_0 = 3,08$  s  
 transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,15$  m

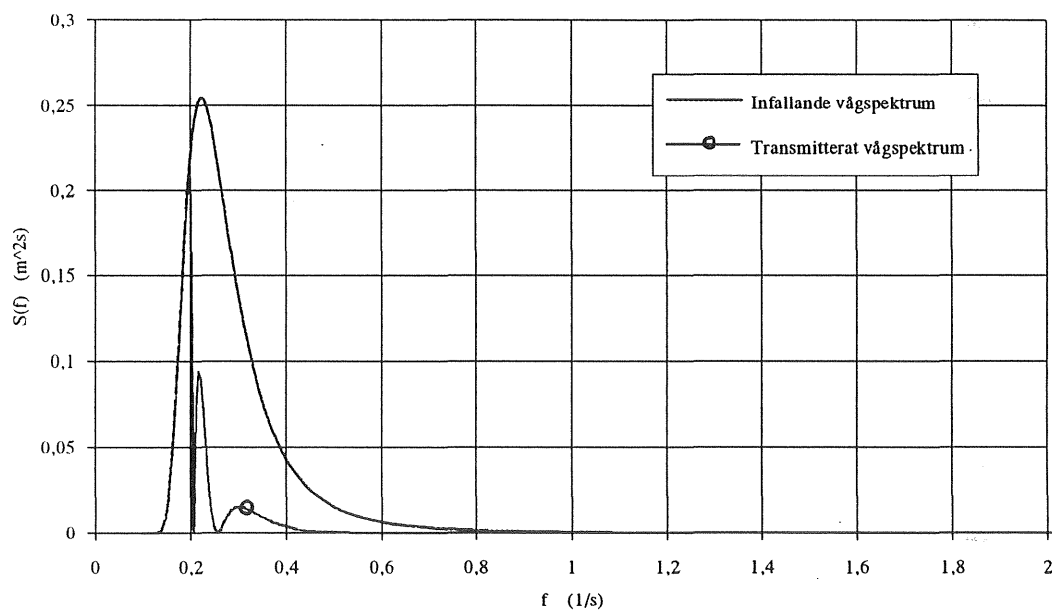


Fig(2.20) V14d2, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,60$  m,  $T_0 = 3,87$  s  
 transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,40$  m

Bilaga 2.

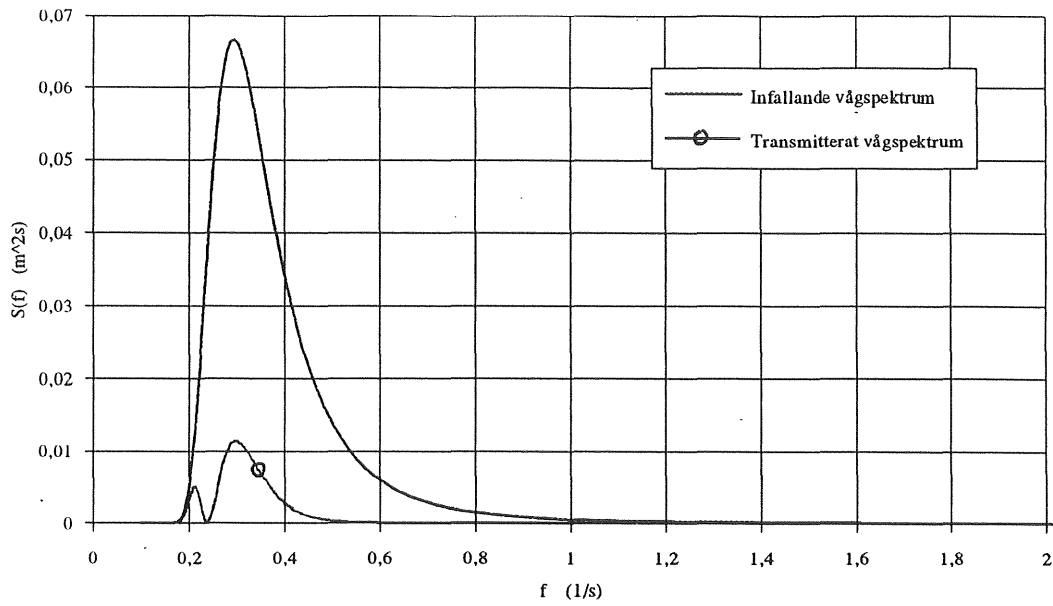


Fig(2.21) V14d3, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,50$  m,  $T_0 = 3,52$  s  
transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,15$  m

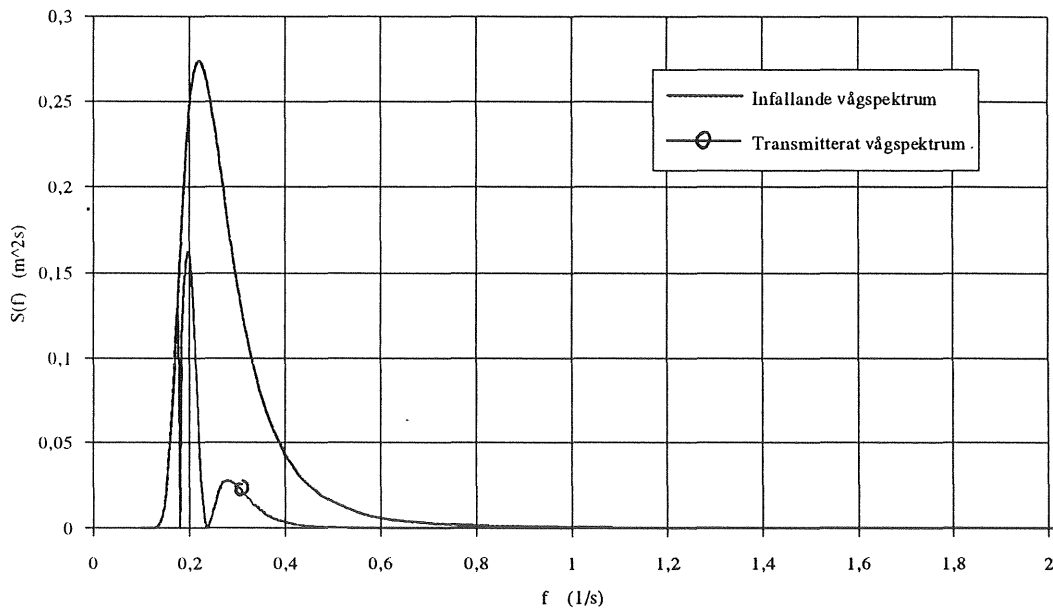


Fig(2.22) V14d3, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,80$  m,  $T_0 = 4,48$  s  
transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,40$  m

Bilaga 2.

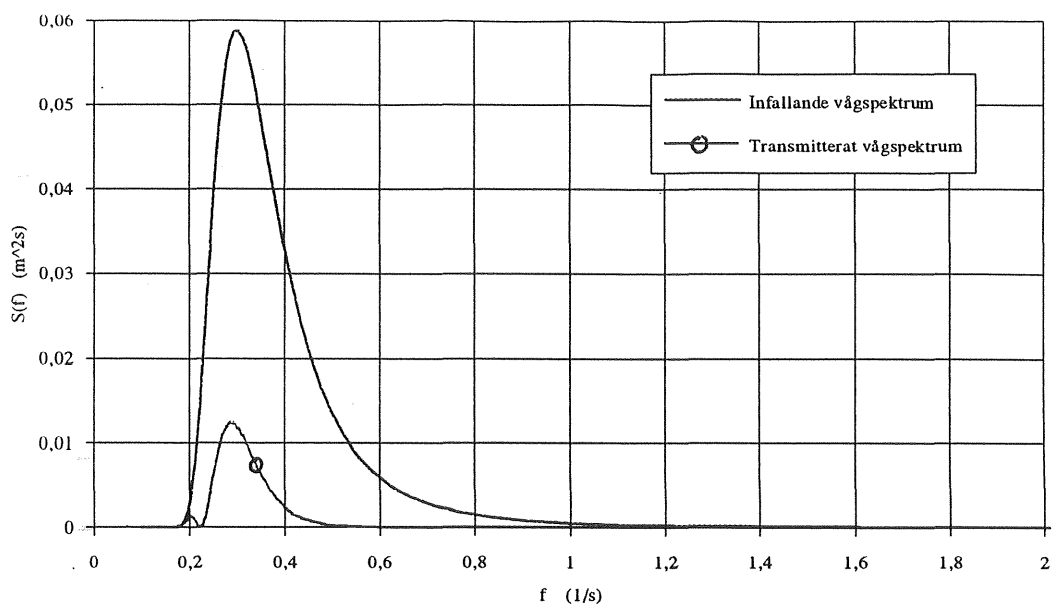


Fig(2.23) V14d4, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,47$  m,  $T_0 = 3,42$  s  
transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,15$  m

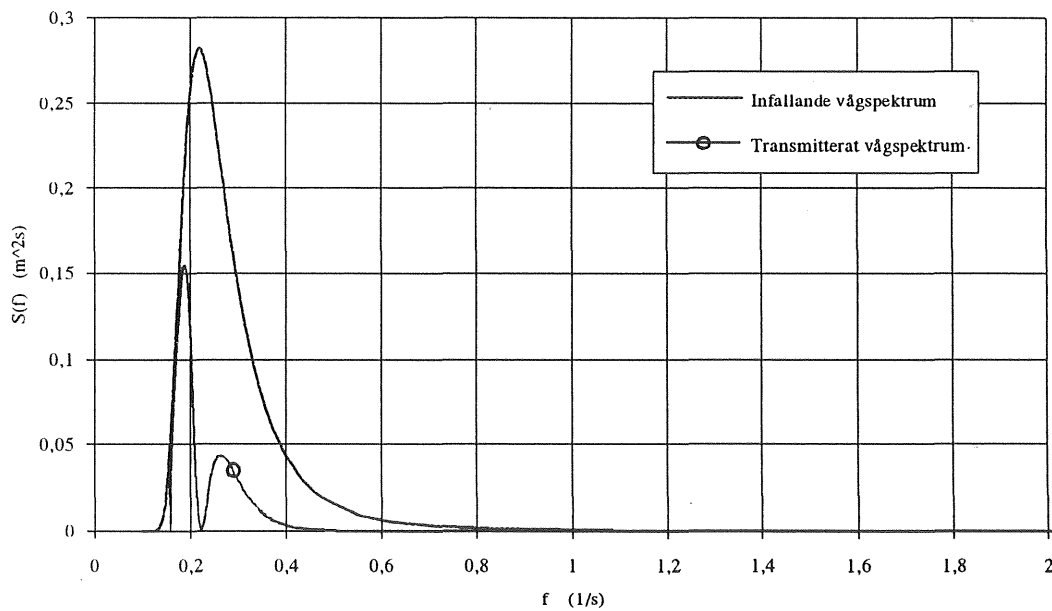


Fig(2.24) V14d4, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,82$  m,  $T_0 = 4,53$  s  
transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,40$  m

Bilaga 2.

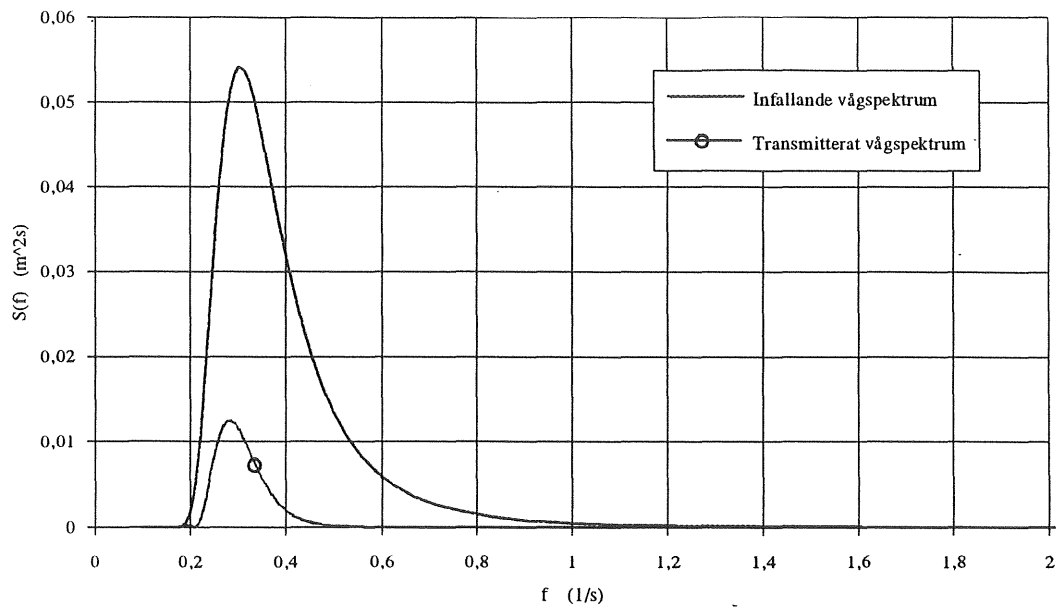


Fig(2.25) V14d5, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,44 \text{ m}$ ,  $T_0 = 3,33 \text{ s}$   
 transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,15 \text{ m}$

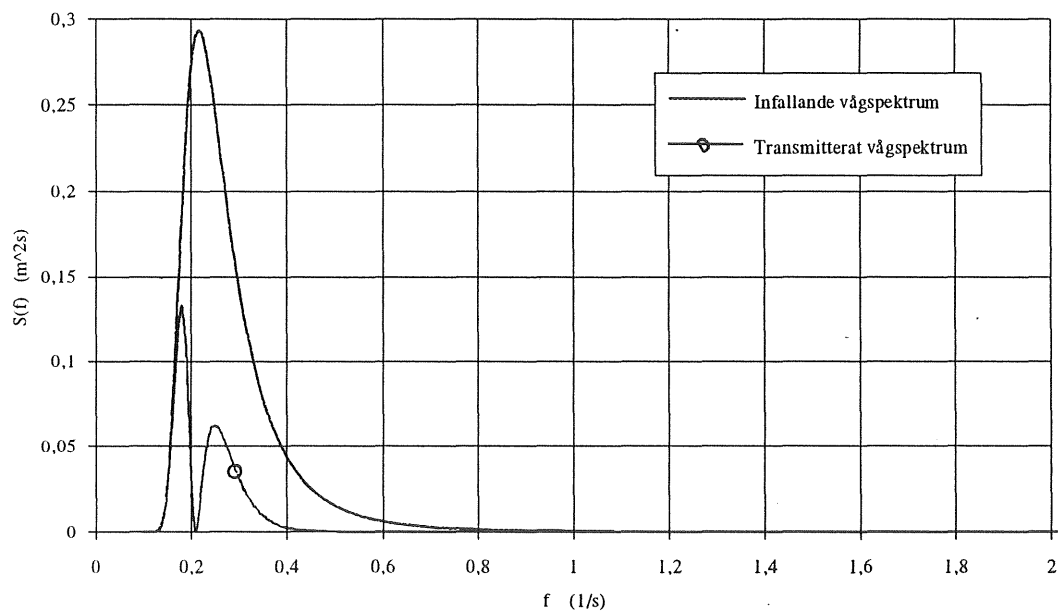


Fig(2.26) V14d5, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,83 \text{ m}$ ,  $T_0 = 4,56 \text{ s}$   
 transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,40 \text{ m}$

Bilaga 2.



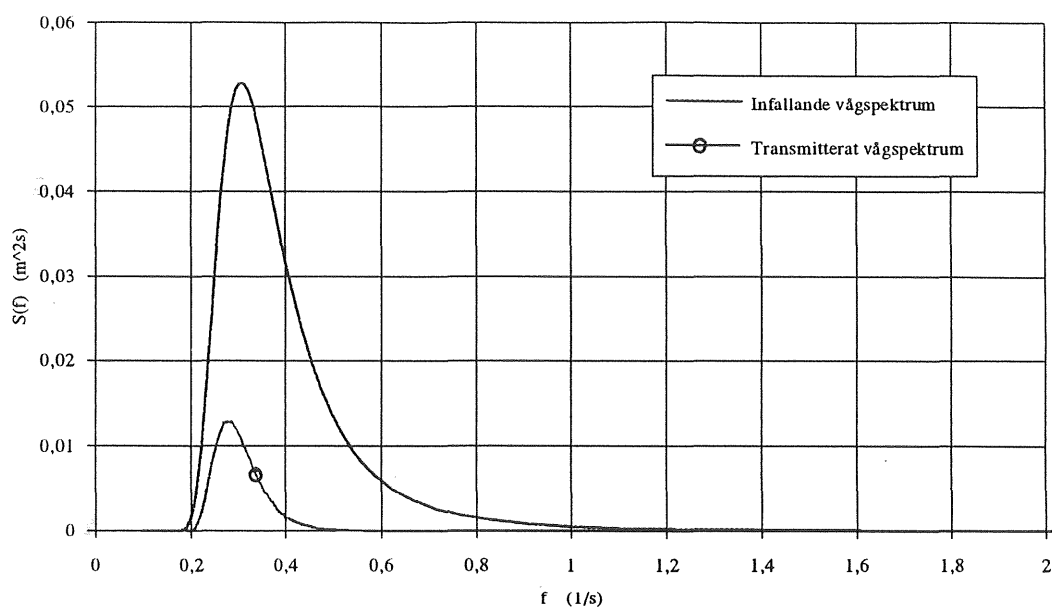
Fig(2.27) V14d6, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,43 \text{ m}$ ,  $T_0 = 3,28 \text{ s}$   
transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,15 \text{ m}$



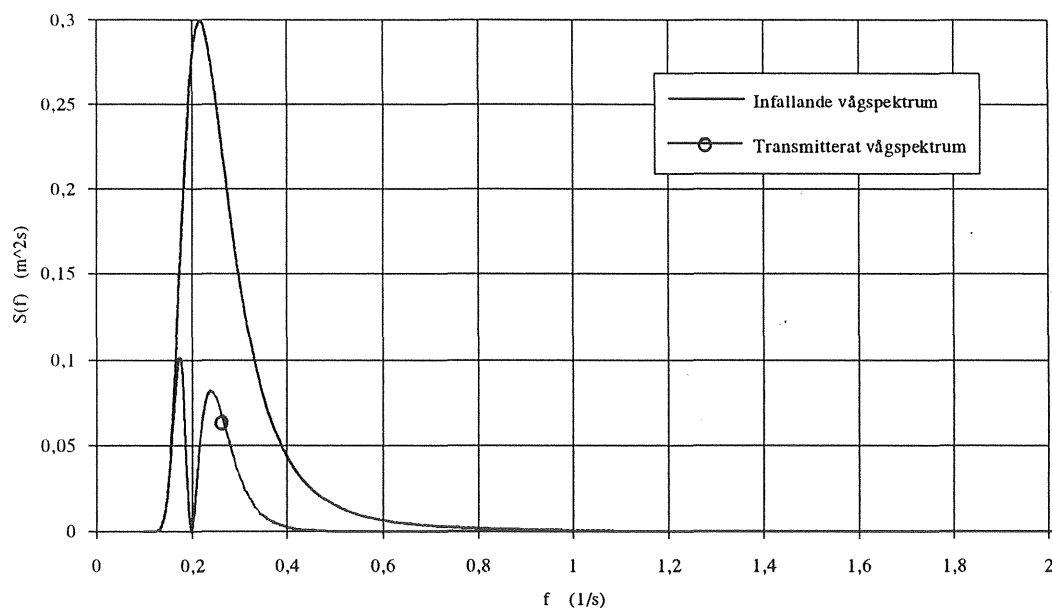
Fig(2.28) V14d6, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,84 \text{ m}$ ,  $T_0 = 4,60 \text{ s}$   
transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,40 \text{ m}$



Bilaga 2.



Fig(2.29) V14d7, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,42 \text{ m}$ ,  $T_0 = 3,26 \text{ s}$   
 transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,15 \text{ m}$



Fig(2.30) V14d7, infallande spektrum:  $H_{si} = 0,86 \text{ m}$ ,  $T_0 = 4,61 \text{ s}$   
 transmitterat spektrum:  $H_{st} = 0,40 \text{ m}$

### Bilaga 3

Transmissionskoefficienten som funktion av perioden, regelbundna vågor, vågbrytare V6-V12, V6h-V12h, V6l-V12l.

