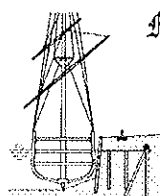


Grundejerforeningerne ved Karrebæksminde Ndr. diger

Revurdering af dige-sikkerheden 2019

4. juni 2019 (rev. 1)



M.S. Rosbæk ApS.
Rådgivende ingeniører / Consulting Engineers
E.R.I.
Færgevej 4, 5700 Svendborg, Denmark

Tlf. +45 6221 5021
Mob. +45 2029 4021
Private. +45 6222 5596
rosbaek@rosbaek.dk

1. Rapporteringens årsag og omfang.

Vi har tidligere været Rådgivende Ingeniør på følgende opgaver i Karrebæksminde.

- Det Nordre dige, anlagt i strandkanten nord for "Søfronten".
- Dige / spuns omkring Søfronten.
- Dige omkring 3F, (tidligere 3F).

Senest i maj 2008 er der udført en lignende rapport for 3F, nu: benævnt "Højvandet ved Karrebæksminde".

I den forløbne tid har flere højvande peget på, at der muligvis er en klimatologisk udvikling i gang.

Samtidig er pågået en omfattende diskussion i dagspressen om hvorledes de klimatologisk betingede vandspejlsstigninger skal tolkes.

Vi er i denne sammenhæng blevet bedt om at revurdere digernes sikkerhed.

2. Bølgerne ved Nordre dige.

Højvandet 1-2. november 2006 var usædvanligt. Højvandet blev genereret af en længere varende Nordlig vind der begyndte som stærk storm fra Nord. Da vinden aftog langsomt, gik vinden over i en mere Nordvestlig retning. Vandstanden var derpå maksimum ved en aftaget, samtidig vind.

Dette er nyt og usædvanligt. Tidligere var det kendt, at man aldrig havde egentlige bølger fra vestlige retninger, - samtidig med højvande.

Det vil sige, at vi skal finde det kritiske skæringspunkt for:

- Faldende vindstyrker
- Drejende vindretning
- Faldende højvande

Forholdene ved Omø er kendte og mere enkle.

Forholdene ved Karrebæksminde Nordstrand kompliceres, idet bølgedannelsen ikke sker direkte, altså mere vinkelret på kysten.

Omø / Agersø / Glænø vil give læ og en betragtelig begrænsning i bølgedannelsen.

Vi vil mene, at Karrebæksminde Ndr. diges bølger skal vurderes som:

- En typisk forudgående nordlig storm der danner fralandsvindsbølger, det vil sige en *dønning*, helt ude fra Storebælt, lig små bølger på erfaringsmæssigt 30 – 40 cm.
- Med retning WNW, udgangspunkt Agersø, dannes samtidigt overlejrende bølger, mere kyst-parrallet langs Glænø til et fiktivt valgt punkt ca. 1,75 km SW for Karrebæksminde Nordstrand.
Fra dette fiktive punkt vil bølgerne udbrede sig sideværts mod Karrebæksminde Nordstrand i form af *dønninger*.

Det svære er at vurdere hvor stor faktisk vindstyrke der overhovedet er set, - højvands-samtidigt, i denne retning 275⁰ (Vest = 270⁰ Nord 360⁰). Blot få grader nordligere vinde giver læ og dermed fralandsvind. Endelig må vurderes om fremtidig vindudvikling

overhovedet kan tænkes at generere mere vestlige vinde kombineret med højvande. Det er muligt at fastlægge bølgedannelsen mere præcist via en større numerisk model (Mike 21 eller 3D). (Hvorvidt modellen kan tolke det bevægelige bølge/ vindfelt i kombination med variabelt højvande vides ikke).

Vindforholdene Omø 1. november 2006 typen:

Klokken	Vind fra	m/s
6:00	346 ⁰	17
7:30	356 ⁰	22,1
10:00	06 ⁰	19,3
14:10	386 ⁰	16
21:30	0 ⁰	16,2

Vind Karrebæksminde:

Vind fra	m/s
293 ⁰	2,5
290 ⁰	2,5
326 ⁰	2,3
10 ⁰	4,2
340 ⁰	3

Højvandets maksimum omkring den 2. november 2016:

1/11 kl. 19	Gniben	max 1,67
2/11 kl. 21:30	Omø	max 1,75
2/11 kl. 00:30	Karrebæksminde	max 1,65 (1,80)

Det ses at højvandets maksimum i 2006 forskød sig fra Gniben til Karrebæksminde over et helt døgn.

Det ses, at vinden i 2006 *ikke* kom så langt til vest (c 265⁰), at Karrebæksminde overhovedet kunne få direkte bølger.

Man skal altså tænke sig en yderligere, tidligere ikke observeret, mere vestlig vind – og dertil også en ikke observeret samtidig større vindstyrke, før der kan genereres bølger ved Karrebæksminde. Ved højvandets max i 2006 var der kun svag vind.

Vi har fundet / vurderet bølger efter SPM bølgediagrammer for et vægtet fritstræk med vindfelt + ÷ 12 grader, omkring en nullinje.

Selve dønningsudbredelsen vurderes at kunne estimeres via en refraktionsfane udgående fra nullinjen.

Nedenstående er set på to vindsituationer, dels en mere tænkt vind 27 m/s (2070) eller en mere lignende Omø 2006 fremskrevet til 2070 til 17 m/s.

For Nordstranden findes da følgende data: H_s er gennemsnittet af den største tredjedelsbølger.

d m	V m/s	Fra	H _{middel} m	H _s m	H ₁₀ m	H ₂ m	L ₀ m	L _a m	T _{middel} sec	F km
12	17	WNW	0,47	0,74	0,88	1,11	17,6	13	3,45	13
12	27	WNW	0,68	1,09	1,27	1,52	31,7	18,6	4,85	13

Skema 1 Vurderede bølgedata (på d = 2 m)

Forudsat refraktion (Decay) fra punkt 1,75 km. SW for Karrebæksminde Nordstrand.

For 17 m/s fås da for $H_{\text{dønning}} \sim 0,4$ m før WNW vind:

$$H_s 17 = (0,74^2 + 0,4^2)^{0,5} = \underline{0,84 \text{ m}}$$

For 27 m/s fås da for $H_{\text{dønning}} \sim 0,4$ m før WNW vind

$$H_s 27 = (1,09^2 + 0,4^2)^{0,5} = \underline{1,16 \text{ m}}$$

Det ses at bølgehøjden på diget øges væsentligt fra tidligere 30-40 cm til nu 84 eller 116 cm afhængigt af hvilken vindstyrke man vil påregne samtidigt med max højvande.

Ved en evt. udførelse bør også ses på den helt sædvanlige, men ikke endnu kendte situation, nemlig mere ren vestenvind, måske lidt til SW *inklusive* et vist højvande – og klimahævet vandspejl.

Ved storm ses altid normal vande eller derunder, hvorfor man må nøjes med et bedste skøn før samtidig storm. Vi vil foreslå at vælge:

- Vandstand inklusive set up og klima 50 år : 1,0 kote
- Samtidig vind Vest 2070 : 20 m/s

Dette er umiddelbart ikke farligt for diget, thi bølgerne vil brydes på forstranden.

Nordligst må stenkastningen revurderes og stenene må nok øges svarende til påvirkningen.

Muligvis må bølgerne på sigt dæmpes via anlæg af høfder der kan sikre en vis forstrand på den nordligste strækning.

Stuvnings tillæg ved land / diget.

Når bølgen når land vil den øge højvandet på grund af:

1. Bølgens brydning ("Set up")
2. Bølgens fysiske opløb på diget (konstruktionsafhængigt) ("Run up")
3. Dertil øges vandspejlets højde grundet simpel vindfriktion fra højvandets registreringssted. (Omø)

Man skal således vælge det bedste højvands-registrerings sted.

Karrebæksmindes højvandsmåler sidder ved broens sydøstside. Dette giver en upræcis måling, idet vandstrømmens hastighed er stor og dertil altid østgående ved større højvande. Dette giver et vandspejlsdrop netop under broen.

Fejlen giver skønsmæssigt en 15 – 20 cm for lav måling.

Ser vi nu på Omø, da haves registreret:

År	Slipshavn DVR	Korsør DVR	Omø DVR	Vind m/s	Vindretning fra	Klokken
2006	0,80	0,52	0,557	20,4 13,7	N 4 ⁰	10:30 19:30
2006	1,78 1,76	1,62	1,75	16,2	N 355 ⁰ N 1 ⁰	21 21:30
01.01.1922			1,06	19	NW	
1872			2,26	24,4	NØ	14

Skema 2 Samtidig vind / højvande ved Omø

Stormens varighed var:

Fra Max Til
Kote 1,44 kote 1,65 kote 1,44 Højvande ved Karrebæksminde

Varigheden var da = 4 timer

Efter Kystdirektoratets højvandsstatistik 2017 fås i DVR:

Gentagelses hyppighed 1 x pr. år	20	50	100	
	143	153	160	Karrebæksminde
	137	149	156	Korsør

Ser vi nærmere på Karrebæksminde fås for 50 års hyppigheden:

$$\begin{aligned} &+ 205 \\ 153 \text{ cm} & \\ &\div 130 \end{aligned}$$

Idet forskellen er lig usikkerheden på grund af kort måleperiode.

2. november 2006 oplyses 165 cm som maksimum i Karrebæksminde. Det vides dog at vandstanden lokalt var netop 1,80 m ved Søfronten. Dette passer med at der forefindes et vandspejlsfald på grund af strømmen = 0,15 m.

Vandstanden ved Søfronten var altså 180 cm i 2006.

Nærmeste realistiske station er Omø, hvor vandstanden kendes præcist i 2006, nemlig nivelleret kote 1,75 DVR.

Hertil må lægges vindstuvningen mod Karrebæksminde og fratrækkes et skønnet fradrag, nemlig vandstandens generelle fald syd/ øst for Omø.

Dette giver følgende:

Vandstand Omø m	Surge m	Vandspejlsfald skøn m	Vandstand Karrebæksminde Ndr. ved diget	Vind WNW t = 4/1 grad luft/ vand
1,75	0,25	÷ 0,2	1,8	Ved 17 m/s
1,75	0,65	÷ 0,35	2,05	Ved 27 m/s

Skema 3. Vandstande Omø / Karrebæksminde

Det ses, at disse betragtninger passer nøje med de registrerede 1,80 ved Søfronten og måske lidt mere for Ndr. dige.

Klimatillæg:

Der foreligger flere videnskabelige arbejder der d.d. alle peger på at vandspejlet stiger.

I flere år har det for alm. diger været brugt at tillægge 0,5 cm pr. år, idet er set på en 50 års fremtidig hændelse.

Nyere undersøgelser vil postulere 2 m vandspejlsstigning fra 2020 til 2100 eller 2,5 cm pr. år som oplyses at forventes med 90% sandsynlighed, hvis de nuværende temperaturstigninger ikke dæmpes.

Ser vi på de tilgængelige målinger (Kystdirektoratet), da kan man for Korsør se på de sidste 5 x 5 års statistikker for 50 henholdsvis 100 års sandsynligt højvande. Derved kan man vurdere *udviklingen i højvandshændelserne* incl. landhævninger m.v.

Dette er udført af MSR for Korsør. Resultatet er højvandsstigninger på 0,8 cm pr. år.

Der er altså belæg for at stigningstakten er større end 0,5 cm/år. Vi vil foreslå at anvende mindst 0,8 cm/ år og da se på en 50 års hændelse.

Bølgestuvningen:

Bølgerne vil være langt overvejende være *dønning*, det vil sige bølger der generes mere parallelt med kysten. Dette giver principielt *ingen* bølgestuvning.

Luftrykket:

Et lavtryk der centrerer over Karrebæksminde, vil hæve vandspejlet lokalt. Det er her igen svært, at sammenholde risikoen for maksimalt lavtryksug med samhørende max højvande/ vind. Ser vi på 2006, da ser det ud til at lavtrykket *ikke* er max der hvor højvandet er max (Omø). En måde at tage hensyn til denne usikkerhed kan være at tillægge et mindre antal cm.

Bølgeopløb:

Bølgen brydes på diget og får da et vist opløb.

Er diget groft (stenbelagt), da er opløbet typisk 0,5 Hs. Er diget græsbelagt, da er opløbet typisk 1,0 Hs, - begge resulterende i et acceptabelt *overløb*.

(Vi har ikke detailvurderet på overløb / opløb i nærværende skitsearbejde. Dette skal medtages efter en beslutning om hvilken type dige der ønskes udført).

Endeligt forslag til dige koter.

Vi vil foreslå at gå ud fra det sidst kendte højvande og som minimum påregne:

- Digeoverflade	:	Glat	sten	glat	sten
- Vindstyrken	:	17 m/s		27 m/s	
- Vandspejl før diget	:	+ 1,85	1,85	2,05	2,05
- Klimatillæg	:	0,40	0,40	0,40	0,55
- Bølgeopløb	:	0,74 /	0,37	1,15 /	0,55
- Lufttryk og usikkerhed i bølger	:	<u>0,11 /</u>	<u>0,08</u>	<u>0,11 /</u>	<u>0,08</u>
- Dige kronekote		<u>3,10</u>	<u>2,70</u>	<u>3,71</u>	<u>3,13</u>
<u>Ved Søfronten</u>	:	1,8		1,8	
- Klima	:	0,4		0,4	
- Småbølger	:	0,05		0,05	
- Lufttryk, usikkerhed	:	<u>0,05</u>		<u>0,05</u>	
		<u>2,30</u>		<u>2,30</u>	

Oversigt revurderede 50 års nødvendige digekoter:			
		kote	
- Ved Ndr. strand havdiget, med stenspålæg	:	2,70	forhøjelse 60 cm
- Ved Ndr. strand havdige kun græs / armeret	:	3,1	” 110 cm
- Søfrontens spunsdige hæves til praktisk ”siddehøjde” min 2,3, praktisk højde dog	:	2,45	” 63 cm
- 3F's indkørsel ”bumpet”	:	2,30	” 43 cm
- 3F's jorddiger mod havet	:	2,30	” 43 cm
- Grusdiget og telefonboks og mod købmanden	:	2,30	” var 0 - 30 cm

Konstruktive overvejelser:

Det ses at belastningen på havdiget vil være $H_s = 0,74$ m (eller 1,09 m evt. ved valgt større design vindstyrke). Med $H_s \sim 0,74$ m er det kun muligt at benytte et græsdykket dige hvis:

- Hældningen er svag ~ 1 på 4,5
- Varigheden er mindre end 4 timer

ellers må der disponeres stenpålæg på digets forside. Vælges det at se på 2006 situationen, da vurderes det forsvarligt at antage 40-80 cm bølger i 4 timer, hvorfor at et græsdykket dige netop går an. Vælges det at se på større vindstyrker, da skal der ubetinget være stenpålægning på diget.

Diget, lig spunsvæggen langs *Søfronten*, kan nemt og æstetisk hæves via en ekstra Azobe-topspuns der boltes på toppen. Udsynet generes ikke væsentligt – men indsynet minimeres til det bedre for Søfrontens beboere.

Søfronten har en spunsset ca. 1,2 m høj bølgeskærm mod vest. Denne bør på sigt også hæves når det genelle vandspejl er hævet. Det vil sige hævnings ca. 40 cm. Det vurderes ikke nødvendigt at udføre denne hævnings før egentlige bølgeoverslags-gener måtte opstå i fremtiden. Et bedste skøn er at vente i ca. 20-25 år før forhøjelserne vil være påkrævet.

Desværre vil et vandspejl over kote $\sim 1,85$ få vandet til at løbe bag-ind, - over Brovejen ved købmanden. Det ses, at der ved beslutning om digeforøgelse også må besluttes et lavt *vejdige*, - f.eks. et hævet fortov – eller et mini dige hvor der langs fortovet i vestsiden nedrammes / støbes en lille mur. Alternativt et minidige med et forløb vest om købmanden.

Beslutningen om øgelse af digesikkerheden vil således involvere flere interesserede ved Brovejen.

De enkelte områders løsningsforslag, skal ikke besluttes i nærværende. Vi vedlægger dog tre tværsnit til diskussion, visende dels det hævdede havdige – og Søfrontens hævdede spunsvæg. Nordligst bør overvejes at anlægge 2 – 3 mindre stenhøfder, idet den kendte materialevandring mod syd kunne udnyttes til at vedligeholde en mindre, men for bølgebrydningen, - nødvendig forstrand foran den nu øgede stenpåkastning.

Økonomi:

Før et endeligt overslag kan opstilles som, forventede anlægsudgifter før udbud, da må digelagene / grundejerforeningerne / interessenterne beslutte til hvilket niveau der skal beskyttes mod højvande / bølger.

- Først og fremmest må besluttes: er det tilstrækkeligt at vælge 50 års fremtid med hensyn til klimatologisk betingede øgede vandspejl. I så fald anvendes $50 \times 0,8 = 40$ cm vandspejlstillæg.
- Dernæst må vurderes på tidligere tiders erfaringer, der viser, at det aldrig har været større højvande i kombination med stærk vind direkte på kysten. Værste situation er da en hændelse lig 2006, hvor der ikke opstår egentlige pålandsbølger ved Karrebæksminde. Det bedst bud på bølgedannelsen ved Karrebæksminde er da en lidt værre vinddrejning mod vest med udgangspunkt Agersø syd. Alt efter længerevarende nordlig storm. Dette indikerer at der skal forventes bølger (dønning) på:

$H_s \sim \underline{0,74}$ m over 4 timer

På møde 3. juni 2019 blev besluttet at se på 50 års udvikling, inkluderende den forventede højvandssamtidige 50 års vind 17 m/s:

Under disse valgte forudsætninger opstilles *overslag* som følger:

Nordstranden:

Diget øges i højden fra 2,05 til 3,1 via lerfyld. Forsiderne gøres fladere. Kronetoppen indskrænkes til bredde 1,5 m.

Nordligst øges digehøjden kun til 2,70 idet stenkastningen på digets forside øges i lagtykkelsen. Der tilføjes 3 små høfder til at holde på forstrandens sandmængder og dermed begrænse bølgestørrelsen på stenkastningen.

Søfronten:

”Søfronten’s” spunsvæg øges via Azobe-bræddevæg som højvandsværn.

3F:

3F’s jorddige øges til kote 2,30. Det må diskuteres om der skal vælges en forhøjelse i jord eller som en lodret f.eks. Azobevæg. Mod syd nødvendiggøres en spuns grundet pladsmangel.

Vejen:

Vejdiget mod købmanden på Brovejen sikres mod højvande kote + 2,30. Dette vil kræve mini-dige i form af fortovs kantforhøjelse / vejhævninger eller et minidige-forløb vest om købmanden. Placeringen er kompliceret.

Idet der tidligere var tale om delte projektudførelser, - da opstilles overslaget stræk for stræk. (Ved udførelse er der fordel i at udbyde det hele samlet for derefter at fordele udgiften efter strækningernes proportionerede udgifter).

Overslag udførelse vinter 2019/ 2020.

Nordstranden, Nordligst med sten (103 lbm)

- Byggeplads, mob, drift, demob	:	28.000, - kr.
- Rømning af muld til stak / muld retur (græs)	:	35.000, - kr.
- Lerfyld komprimeret incl. opgravning forstrand	:	95.000, - kr.
- Enkamat i top muld incl. grusfyld	:	48.000, - kr.
- Stenfyld nordligst	:	180.000, - kr.
- Høfder 3 stk	:	38.000, - kr.
- Uforudseelige udgifter, pt. ~ 6%	:	25.000, - kr.
- Forundersøgelser / landinspektør / biolog	:	1.000, - kr.
- Rådg. Ing./ projekt / udbud / tilsyn	:	<u>35.000, - kr.</u>
(4709 kr./m)	(Excl. moms) overslag før udbud	: <u><u>485.000, - kr.</u></u>

Nordstranden, jorddige med græs (852 m nord overgangen)

- Byggeplads, mob, drift, demob	:	70.000, - kr.
- Rømning af muld / muld retur (græs)	:	260.000, - kr.
- Lerfyld at levere/ komprimere udgravning i strandfladen	:	1.495.000, - kr.
- Fodsten	:	220.000, - kr.
- Græsarmering i havfladen	:	495.000, - kr.
- Overgange	:	280.000, - kr.
- Uforudseelige udgifter	:	280.000, - kr.
- Landinspektør/ biolog screenings fauna/ dyr	:	100.000, - kr.
- Rådg. Ing./ projekt / udbud / tilsyn	:	<u>200.000, - kr.</u>

(3991 kr./m) (Excl. moms) overslag før udbud : 3,4 mill. kr.

Søfronten

- Byggeplads, mob, drift, demob	:	50.000, - kr.
- Jordfyld vest	:	kr.
- Opgravninger, støbninger imod spuns	:	480.000, -kr.
- Azobetæ med hammer/ trappetrin	:	580.000, - kr.
- Rampe ved SW hjørnet, spuns jord	:	160.000, - kr.
- Over udsejl	:	130.000, - kr.
- Rådg. Ing./ projekt / udbud / tilsyn	:	<u>120.000, - kr.</u>

(Excl. moms) overslag før udbud : 1,52 mill. kr.

3F:

- Byggeplads, mob, drift, demob	:	35.000, - kr.
- Afrømning af muld / græs /retur	:	20.000, - kr.
- Tilførsel, profilering ler	:	118.000, - kr.
- Kloak afsat	:	25.000, - kr.
- Spuns mod syd / forstøjning + sten mod syd	:	300.000, - kr.
- Hævning af asfalt bump	:	140.000, - kr.
- Uforudseelige udgifter	:	50.000, - kr.
- Landinspektør, geotek	:	1.000, - kr.
- Rådg. Ing./ projekt / udbud / tilsyn	:	<u>56.000, - kr.</u>

(Excl. moms) overslag før udbud : 0,75 mill. kr.

Vejdiget

- Byggeplads, mob, drift, demob	:	10.000, - kr.
- Landinspektør / geoteknik / rør?	:	2.000, - kr.
- Mini-dige betonspuns / Azobe?	:	150.000, - kr.
- Øgning af eks. jorddige, ændres til landspunse? Beton eller Azobe eller plast?	:	100.000, - kr.
- Tillæg diverse overkørsler	:	50.000, - kr.
- Uforudseelige udgifter	:	68.000, - kr.
- Rådg. Ing./ projekt / udbud / tilsyn (kompliceret stræk)	:	<u>40.000, - kr.</u>

(Excl. moms) overslag før udbud : 0,42 mill. kr.

Det videre arbejde:

De pt. involverede parter må endeligt beslutte hvorvidt – og i hvilket omfang der skal besluttes tiltag til forøgelse af sigesikkerheden i området Karrebæksminde Ndr.

Det ses, at det er nødvendigt at alle parter deltager med hver deres sikringsarbejde, thi ellers vil højvandet kunne finde vej fra syd / østsiden.

Svendborg i juni 2019

MSR 

Bilag:

- 1: Fritstræk WNW vind
- 2: ” beregning
- 3: bølger lex SPM
- 4 til 7: Vindstuvning Omø til Karrebæksminde
- 8a til d: Højvandets varighed Karrebæksminde 2016
- 9: Græsdækkede digers stabilitet
- 10: Sten på dige 1:1,8 $H_s = 0,88$ m

Effective Fetch old edition / 10 power as "SPM"

Fetches in meters measured under dependence of reffs or low water fields

$i := 1, 2.. 15$

windangel measured measurementfactor 1 to dm := 70000

$v_i :=$	$cem_i :=$
-0·deg	0
-0·deg	0
-0·deg	0
-12·deg	13.5
-9·deg	14.5
-6·deg	16.5
-3·deg	20
0·deg	30
3·deg	55
6·deg	40
9·deg	41.6
12·deg	43
0·deg	0
0·deg	0
0·deg	0

$Fe_i = \blacksquare$

$Fe_i := dm \cdot cem_i$ part-fetches in meters

$$F_{real} := \sum_{i=1}^{15} [Fe_i \cdot \cos(|v_i|)] \cdot \left[\sum_{i=1}^{15} \cos(|v_i|) \right]^{-1} \cdot 10^{-2}$$

$F_{real} = 1.275 \times 10^4$ metres old edition

$$F_{new} := \sum_{i=1}^{15} [Fe_i \cdot \cos(|v_i|)^{10}] \cdot \left[\sum_{i=1}^{15} \cos(|v_i|)^{10} \right]^{-1} \cdot 10^{-2}$$

$F_{new} = 1.286 \times 10^4$ 10 power methode

$$F_{jonswap} := 10^{-2} \cdot \sum_{i=4}^{12} [Fe_i \cdot \cos(|v_i|)^{10}] \cdot \left[\sum_{i=4}^{12} \cos(|v_i|)^{10} \right]^{-1}$$

$F_{jonswap} = 2.151 \times 10^4$

10 power methode
on a small spread of centerangel
for jonswap only

nnv karrebæk nordstrand dønningsbase

dybde ca 12 m

B. 1. 15 2

Resulting Waves:

$U_{10} = 17$ ms d average $d = 12$ $F = 1.3778 \times 10^4$ meters included

$F_j = 1.4837 \times 10^4$ jonswapfetch

From

$\beta_a = 3 \cdot \text{deg}$ to $d_{act} = 6$ $k_r = 0.9999$
refraction and shoaling $k_s = 0.9877$

only for coastparallel primary reduction
dephtcontours

$k_{3d} = 1$ factor for crossingwaves

reduction to $d_{str} = 2$ $\beta_s = 0 \cdot \text{deg}$ $k_{rstr} = 1$

$k_c = 1$ currentfactor

d_{act} to d_{str} $k_{sstr} = 0.9408$
 $k_{ri} = 0.6086$

$k_{cl} = 1$ currentfactor L
sec refraction

$d_{act} = 6$ to $d_{str} = 2$ $d_{pf} = 1750$ m $k_{f2} = 0.9924$ frict plus percolatio
 $d_f = 1.0598$ added free

Jonswap $\gamma = 2.15$

Duration by iteration to F Dur = 5400

unrefracted we have

at site on depht $d_{act} = 6$ we

JONSWAP	SPM	Average	JONSWAP	SPM	Average
$H_{usj} = 1.3282$	$H_{s0} = 1.2121$	$H_{asj} = 1.2702$	$H_{sj} = 1.3116$	$H_{sact} = 1.197$	$H_{sa} = 1.2543$
$T_{maxj} = 3.564$			$L_{actj} = 13.7485$	$L_{act} = 20.2912$	$L_{sa} = 17.0198$
$T_{hsj} = 2.981$	$T_s = 3.6954$	$T_{asj} = 3.3382$	$T_{hsj} = 2.981$	$T_s = 3.6954$	$T_{sa} = 3.3382$
$L_{sj} = 13.8631$	$L_s = 21.3034$	$L_{asj} = 17.5833$	on $d_{act} = 6$	$H_{sbr} = 2.6171$	

$H_{aj} = 0.8222$	$H_{ave} = 0.749$	$H_{avea} = 0.7856$
$H_{10j} = 1.4053$	$H_{10act} = 1.5202$	$H_{10a} = 1.4628$
$H_{2j} = 1.8325$	$H_{2act} = 1.8429$	$H_{2a} = 1.8377$
$H_{1j} = 1.9884$	$H_{1act} = 1.999$	$H_{1a} = 1.9937$
$H_{mj} = 2.4339$	$H_{ma} = 2.282$	$H_{maa} = 2.358$

$H_{usj} \cdot H_{s0}^{-1} = 1.0957$ jons to Bretsc
 $\gamma_j = 1.0475$ josw red depth

$H_{asj} \cdot (g \cdot T_{asj}^2)^{-1} = 0.0116$ $d_{str} \cdot (g \cdot T_{sa}^2)^{-1} = 0.0183$ $s_{op} = 0.0569$ steepness

xx

At constuction site we have:

$b_m = 27$ incom $b_i = 10$ both equal if refractionfan not known
waverun to shore $d_{pf} = 1750$ metrs secundare fric percola in $d_{str} = 2$

RESULTS All as average Jonswap and SPM

$H_{aveastrc} = 0.4723$	$H_{sastrc} = 0.7542$	$H_{10astrc} = 0.8795$	$H_{2astrc} = 1.1049$
	$H_{1astrc} = 1.1987$	$H_{sbs} = 1.4008$	Breakermax at $d_{str} = 2$
$L_{astr} = 12.9748$	$T_{sa} = 3.3382$	$T_{maxj} = 3.564$	<u>windduration min</u> $t_{ssw} = 4037.9148$

B.T. 3

Vindstuvning

$i := 1, 2, \dots, 8$

Vindstuvningen beregnes for følgende mulige *variable*:

- L indsat i meter for indtil 8 frie stræk
- Ho middel- vanddybden på de tilsvarende 8 frie stræk
- vindstyrkerne middel pr stræk i meter pr sec
- lufttemperatur pr de frie stræk i deg celcius

stuvningen grundet vindens friktion på overfaden
(excl bølgestuvningen og opskyl grundet selve konstruktionens udformning)

C_d er en dragkoefficient der følger grafer for afhængigheden af vindstyrken og temperaturen

Data: $g_w := 9.81$ kg pr m3 kg pr m3

$\rho_{air} := 1.25$ $\rho_{wat} := 1022$

	stræk meter	vind m pr sec	dybder m	tempair deg C	tempsea deg C
	$LL_i :=$	$U10_i :=$	$h_i :=$	$t_{air_i} :=$	$t_{sea_i} :=$
Første stræk	1400	18	7	4	1
	2100	19	30	4	1
	7000	19.5	6.5	4	1
	7000	19	9	4	1
	7400	19	11	4	1
	300	19	5.5	4	1
	00	55	3	4	1
stræk no 8	00	65	4	4	1

$$dT_i := 1.06 \cdot (t_{air_i} - t_{sea_i}) \cdot (U10_i)^{-2}$$

$$C_{d_i} := \begin{cases} 0.003 & \text{if } U10_i \leq 0 \\ \left[0.0015 \cdot \left[1 + \exp\left[-(U10_i - 12.5) \cdot 1.56^{-1}\right]\right]^{-1} + 0.00104 - [0.001 \cdot (dT)]_i \right] & \text{if } 0 < U10_i < 12 \\ \left[0.001 \cdot \left[0.49 + 0.07 \cdot U10_i + 2.58 \cdot \left[(U10_i)^{-1} \right] - 1.06 \cdot (t_{air_i} - t_{sea_i}) \cdot (U10_i)^{-2} \right] \right] & \text{if } 12 \leq U10_i < 3 \\ 0.0027 & \text{if } 30 \leq U10_i < 35 \\ \left[0.0027 - (U10_i - 35) \cdot 0.00009 \right] & \text{if } 35 \leq U10_i < 45 \\ \left[0.0018 - (U10_i - 45) \cdot 0.00004 \right] & \text{if } 45 \leq U10_i < 65 \\ 0.001 & \text{if } U10_i \geq 65 \end{cases}$$

$$dH_i := (C_d)_i \cdot \rho_{air} \cdot (U10_i)^2 \cdot LL_i \cdot (g \cdot \rho_{wat} \cdot h_i)^{-1}$$

Vindstuvning

Vindstuvningen beregnes for følgende mulige *variable*:

$g = 9.81$
 kg pr m³ kg pr m³
 $\rho_{air} = 1.25$ $\rho_{wat} = 1022$

- L indsat i meter for indtil 8 frie stræk
- Ho middel- vanddybden på de tilsvarende 8 frie stræk
- vindstyrkerne middel pr stræk i meter pr sec
- lufttemperatur pr de frie stræk i deg celsius

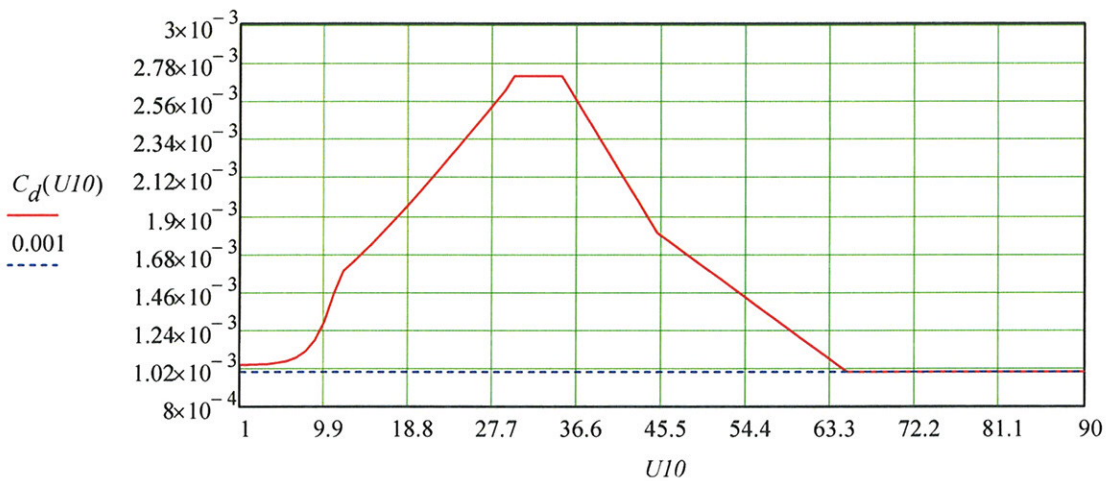
stuvningen grundet vindens friktion på overfaden er som følger:
 (excl bølgestuvningen og opskyl grundet selve konstruktionens udformning)

$$\Delta H = C_d \times \rho_{air} \times U_{10}^2 \times L (g \times \rho_{water} \times h_0)^{-1}$$

C_d er en dragkoefficient der følger grafen for afhængigheden af vindstyrken og temperaturen $i := 1, 2.. 8$

frie stræk	vind	dybder	coefficient	stuvning pr stræk
m	m pr sec	m	drag	m
$LL_i = \blacksquare$	$U10_i =$	$h_i =$	$C_{d_i} =$	$dH_i =$

$$surge := \sum_i dH_i \quad surge = 0.2543 \quad meter \quad fetch := \sum_i LL_i \quad fetch = 25200 \quad meter \quad U10 := 0, 1.. 90$$



Drag coefficient lex De Vries les than 12 m/s then Klapstrov until 33 m/s then Donelan 2004 for hurricane wind

Vindstuvning

$i := 1, 2, \dots, 8$

Vindstuvningen beregnes for følgende mulige *variable*:

- L indsat i meter for indtil 8 frie stræk
- Ho middel- vanddybden på de tilsvarende 8 frie stræk
- vindstyrkerne middel pr stræk i meter pr sec
- lufttemperatur pr de frie stræk i deg celcius

stuvningen grundet vindens friktion på overfaden
(excl bølgestuvningen og opskyl grundet selve konstruktionens udformning)

C_d er en dragkoefficient der følger grafer for afhængigheden af vindstyrken og temperaturen

<u>Data</u> :	$g_w := 9.81$	kg pr m3	kg pr m3		
		$\rho_{air} := 1.25$	$\rho_{wat} := 1022$		
	stræk meter	vind m pr sec	dybder m	tempair deg C	tempsea deg C
	$LL_i :=$	$U10_i :=$	$h_i :=$	$t_{air_i} :=$	$t_{sea_i} :=$
Første stræk	1400	26	7	4	1
	2100	27	30	4	1
	7000	27.5	6.5	4	1
	7000	27	9	4	1
	7400	27	11	4	1
	300	27	5.5	4	1
	00	1	33	4	1
stræk no 8	00	1	43	4	1

$$dT_i := 1.06 \cdot (t_{air_i} - t_{sea_i}) \cdot (U10_i)^{-2}$$

$$C_{d_i} := \begin{cases} 0.003 & \text{if } U10_i \leq 0 \\ \left[0.0015 \cdot \left[1 + \exp\left[-(U10_i - 12.5) \cdot 1.56^{-1}\right]\right]^{-1} + 0.00104 - [0.001 \cdot (dT)]_i \right] & \text{if } 0 < U10_i < 12 \\ \left[0.001 \cdot \left[0.49 + 0.07 \cdot U10_i + 2.58 \cdot \left[(U10_i)^{-1} \right] - 1.06 \cdot (t_{air_i} - t_{sea_i}) \cdot (U10_i)^{-2} \right] \right] & \text{if } 12 \leq U10_i < 3 \\ 0.0027 & \text{if } 30 \leq U10_i < 35 \\ \left[0.0027 - (U10_i - 35) \cdot 0.00009 \right] & \text{if } 35 \leq U10_i < 45 \\ \left[0.0018 - (U10_i - 45) \cdot 0.00004 \right] & \text{if } 45 \leq U10_i < 65 \\ 0.001 & \text{if } U10_i \geq 65 \end{cases}$$

$$dH_i := (C_d)_i \cdot \rho_{air} \cdot (U10_i)^2 \cdot LL_i \cdot (g \cdot \rho_{wat} \cdot h_i)^{-1}$$

Vindstuvning

Vindstuvningen beregnes for følgende mulige variable:

$g = 9.81$
 kg pr m3 kg pr m3
 $\rho_{air} = 1.25$ $\rho_{wat} = 1022$

- L indsat i meter for indtil 8 frie stræk
- Ho middel- vanddybden på de tilsvarende 8 frie stræk
- vindstyrkerne middel pr stræk i meter pr sec
- lufttemperatur pr de frie stræk i deg celcius

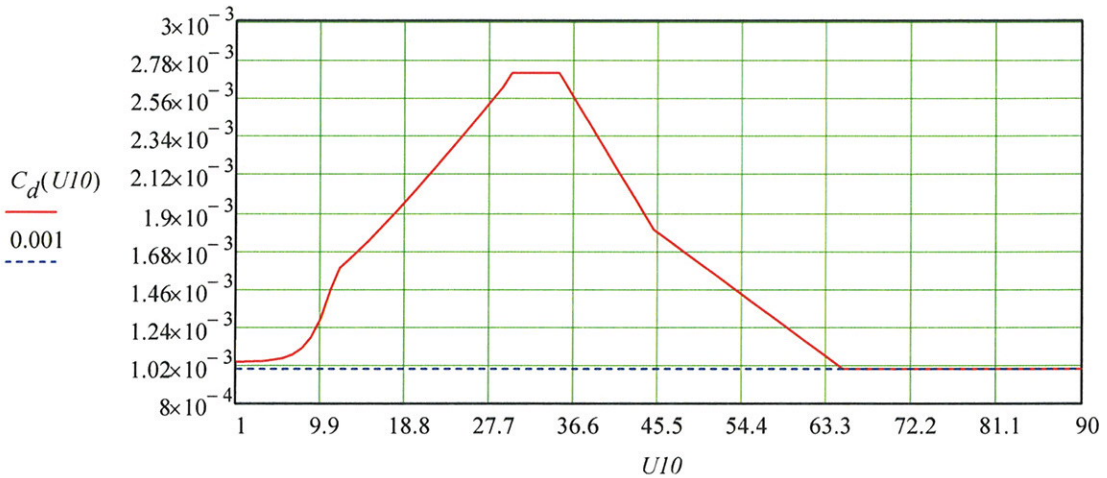
stuvningen grundet vindens friktion på overfaden er som følger:
 (excl bølgestuvningen og opskyl grundet selve konstruktionens udformning)

$$\Delta H = C_d \times \rho_{air} \times U_{10}^2 \times L (g \times \rho_{water} \times h_0)^{-1}$$

C_d er en dragkoefficient der følger grafen for afhængigheden af vindstyrken og temperaturen $i := 1, 2.. 8$

frie stræk	vind	dybder	coefficient	stuvning pr stræk
m	m pr sec	m	drag	m
$LL_i =$	$U10_i =$	$h_i =$	$C_{d_i} =$	$dH_i =$

$$surge := \sum_i dH_i \quad surge = 0.6486 \quad meter \quad fetch := \sum_i LL_i \quad fetch = 25200 \quad meter \quad U10 := 0, 1..90$$



Drag coefficient lex De Vries les than 12 m/s then Klapstrov until 33 m/s then Donelan 2004 for hurricane wind

30101_0610311

HARRINGTON

30101	2006-11-01	09:50	12
30101	2006-11-01	10:00	15
30101	2006-11-01	10:10	17
30101	2006-11-01	10:20	15
30101	2006-11-01	10:30	17
30101	2006-11-01	10:40	19
30101	2006-11-01	10:50	21
30101	2006-11-01	11:00	22
30101	2006-11-01	11:10	23
30101	2006-11-01	11:20	22
30101	2006-11-01	11:30	25
30101	2006-11-01	11:40	27
30101	2006-11-01	11:50	26
30101	2006-11-01	12:00	28
30101	2006-11-01	12:10	30
30101	2006-11-01	12:20	31
30101	2006-11-01	12:30	32
30101	2006-11-01	12:40	33
30101	2006-11-01	12:50	35
30101	2006-11-01	13:00	37
30101	2006-11-01	13:10	38
30101	2006-11-01	13:20	40
30101	2006-11-01	13:30	42
30101	2006-11-01	13:40	42
30101	2006-11-01	13:50	44
30101	2006-11-01	14:00	45
30101	2006-11-01	14:10	46
30101	2006-11-01	14:20	46
30101	2006-11-01	14:30	48
30101	2006-11-01	14:40	49
30101	2006-11-01	14:50	50
30101	2006-11-01	15:00	53
30101	2006-11-01	15:10	54
30101	2006-11-01	15:20	55
30101	2006-11-01	15:30	54
30101	2006-11-01	15:40	55
30101	2006-11-01	15:50	57
30101	2006-11-01	16:00	58
30101	2006-11-01	16:10	59
30101	2006-11-01	16:20	60
30101	2006-11-01	16:30	62
30101	2006-11-01	16:40	63
30101	2006-11-01	16:50	65
30101	2006-11-01	17:00	65
30101	2006-11-01	17:10	67
30101	2006-11-01	17:20	69
30101	2006-11-01	17:30	71
30101	2006-11-01	17:40	71
30101	2006-11-01	17:50	73
30101	2006-11-01	18:00	76
30101	2006-11-01	18:10	76
30101	2006-11-01	18:20	78
30101	2006-11-01	18:30	80
30101	2006-11-01	18:40	82
30101	2006-11-01	18:50	83
30101	2006-11-01	19:00	85
30101	2006-11-01	19:10	87
30101	2006-11-01	19:20	89
30101	2006-11-01	19:30	91
30101	2006-11-01	19:40	93
30101	2006-11-01	19:50	94
30101	2006-11-01	20:00	97
30101	2006-11-01	20:10	100
30101	2006-11-01	20:20	103
30101	2006-11-01	20:30	105
30101	2006-11-01	20:40	107
30101	2006-11-01	20:50	110
30101	2006-11-01	21:00	113

Side

Billy Sa

30101_0610311

MARK W.

30101	2006-11-01	21:10	116
30101	2006-11-01	21:20	119
30101	2006-11-01	21:30	122
30101	2006-11-01	21:40	124
30101	2006-11-01	21:50	127
30101	2006-11-01	22:00	130
30101	2006-11-01	22:10	133
30101	2006-11-01	22:20	135
30101	2006-11-01	22:30	138
30101	2006-11-01	22:40	143
30101	2006-11-01	22:50	145
30101	2006-11-01	23:00	147
30101	2006-11-01	23:10	149
30101	2006-11-01	23:20	152
30101	2006-11-01	23:30	154
30101	2006-11-01	23:40	157
30101	2006-11-01	23:50	158
30101	2006-11-02	00:00	160
30101	2006-11-02	00:10	162
30101	2006-11-02	00:20	164
30101	2006-11-02	00:30	165
30101	2006-11-02	00:40	165
30101	2006-11-02	00:50	165
30101	2006-11-02	01:00	165
30101	2006-11-02	01:10	164
30101	2006-11-02	01:20	161
30101	2006-11-02	01:30	159
30101	2006-11-02	01:40	157
30101	2006-11-02	01:50	154
30101	2006-11-02	02:00	152
30101	2006-11-02	02:10	149
30101	2006-11-02	02:20	144
30101	2006-11-02	02:30	143
30101	2006-11-02	02:40	141
30101	2006-11-02	02:50	137
30101	2006-11-02	03:00	136
30101	2006-11-02	03:10	135
30101	2006-11-02	03:20	133
30101	2006-11-02	03:30	130
30101	2006-11-02	03:40	127
30101	2006-11-02	03:50	124
30101	2006-11-02	04:00	121
30101	2006-11-02	04:10	117
30101	2006-11-02	04:20	116
30101	2006-11-02	04:30	112
30101	2006-11-02	04:40	110
30101	2006-11-02	04:50	109
30101	2006-11-02	05:00	107
30101	2006-11-02	05:10	105
30101	2006-11-02	05:20	107
30101	2006-11-02	05:30	102
30101	2006-11-02	05:40	101
30101	2006-11-02	05:50	100
30101	2006-11-02	06:00	99
30101	2006-11-02	06:10	99
30101	2006-11-02	06:20	96
30101	2006-11-02	06:30	94
30101	2006-11-02	06:40	93
30101	2006-11-02	06:50	92
30101	2006-11-02	07:00	91
30101	2006-11-02	07:10	88
30101	2006-11-02	07:20	89
30101	2006-11-02	07:30	88
30101	2006-11-02	07:40	88
30101	2006-11-02	07:50	88
30101	2006-11-02	08:00	86
30101	2006-11-02	08:10	85
30101	2006-11-02	08:20	83

22¹⁵

dt = 4 time

← *MAK*

22¹⁵

Side

30101_0610311

30101	2006-11-02	08:30	82
30101	2006-11-02	08:40	81
30101	2006-11-02	08:50	80
30101	2006-11-02	09:00	80
30101	2006-11-02	09:10	79
30101	2006-11-02	09:20	78
30101	2006-11-02	09:30	76
30101	2006-11-02	09:40	75
30101	2006-11-02	09:50	73
30101	2006-11-02	10:00	71
30101	2006-11-02	10:10	70
30101	2006-11-02	10:20	68
30101	2006-11-02	10:30	66
30101	2006-11-02	10:40	65
30101	2006-11-02	10:50	64
30101	2006-11-02	11:00	62
30101	2006-11-02	11:10	60
30101	2006-11-02	11:20	59
30101	2006-11-02	11:30	57
30101	2006-11-02	11:40	55
30101	2006-11-02	11:50	53
30101	2006-11-02	12:00	51
30101	2006-11-02	12:10	50
30101	2006-11-02	12:20	48
30101	2006-11-02	12:30	46
30101	2006-11-02	12:40	44
30101	2006-11-02	12:50	42
30101	2006-11-02	13:00	40
30101	2006-11-02	13:10	39
30101	2006-11-02	13:20	36
30101	2006-11-02	13:30	34
30101	2006-11-02	13:40	37
30101	2006-11-02	13:50	37
30101	2006-11-02	14:00	34
30101	2006-11-02	14:10	36
30101	2006-11-02	14:20	34
30101	2006-11-02	14:30	33
30101	2006-11-02	14:40	32
30101	2006-11-02	14:50	29
30101	2006-11-02	15:00	29
30101	2006-11-02	15:10	28
30101	2006-11-02	15:20	25
30101	2006-11-02	15:30	23
30101	2006-11-02	15:40	23
30101	2006-11-02	15:50	21
30101	2006-11-02	16:00	20
30101	2006-11-02	16:10	20
30101	2006-11-02	16:20	18
30101	2006-11-02	16:30	18
30101	2006-11-02	16:40	16
30101	2006-11-02	16:50	15
30101	2006-11-02	17:00	15
30101	2006-11-02	17:10	13
30101	2006-11-02	17:20	13
30101	2006-11-02	17:30	11
30101	2006-11-02	17:40	12
30101	2006-11-02	17:50	12
30101	2006-11-02	18:00	12
30101	2006-11-02	18:10	12
30101	2006-11-02	18:20	14
30101	2006-11-02	18:30	12
30101	2006-11-02	18:40	11
30101	2006-11-02	18:50	12
30101	2006-11-02	19:00	11
30101	2006-11-02	19:10	11
30101	2006-11-02	19:20	12
30101	2006-11-02	19:30	11
30101	2006-11-02	19:40	12

Handwritten signature

side

pc

30101_0610311

30101	2006-11-02	19:50	14
30101	2006-11-02	20:00	14
30101	2006-11-02	20:10	14
30101	2006-11-02	20:20	15
30101	2006-11-02	20:30	14
30101	2006-11-02	20:40	15
30101	2006-11-02	20:50	17
30101	2006-11-02	21:00	16
30101	2006-11-02	21:10	16
30101	2006-11-02	21:20	16
30101	2006-11-02	21:30	16
30101	2006-11-02	21:40	17
30101	2006-11-02	21:50	18
30101	2006-11-02	22:00	17
30101	2006-11-02	22:10	17
30101	2006-11-02	22:20	19
30101	2006-11-02	22:30	19
30101	2006-11-02	22:40	19
30101	2006-11-02	22:50	20
30101	2006-11-02	23:00	20
30101	2006-11-02	23:10	20
30101	2006-11-02	23:20	21
30101	2006-11-02	23:30	22
30101	2006-11-02	23:40	21
30101	2006-11-02	23:50	22
30101	2006-11-03	00:00	24

side

8d

Digehædningen indgår endnu ikke i nedenstående, - Pilarczyk, men bør være mindst 1 på og fladere des mere udsat diget er.

In Figure 6 the relationship between t_{max} and H_s is presented for different values of C_E . The result is comparable with the results for water flowing over grass (see Figure 2)

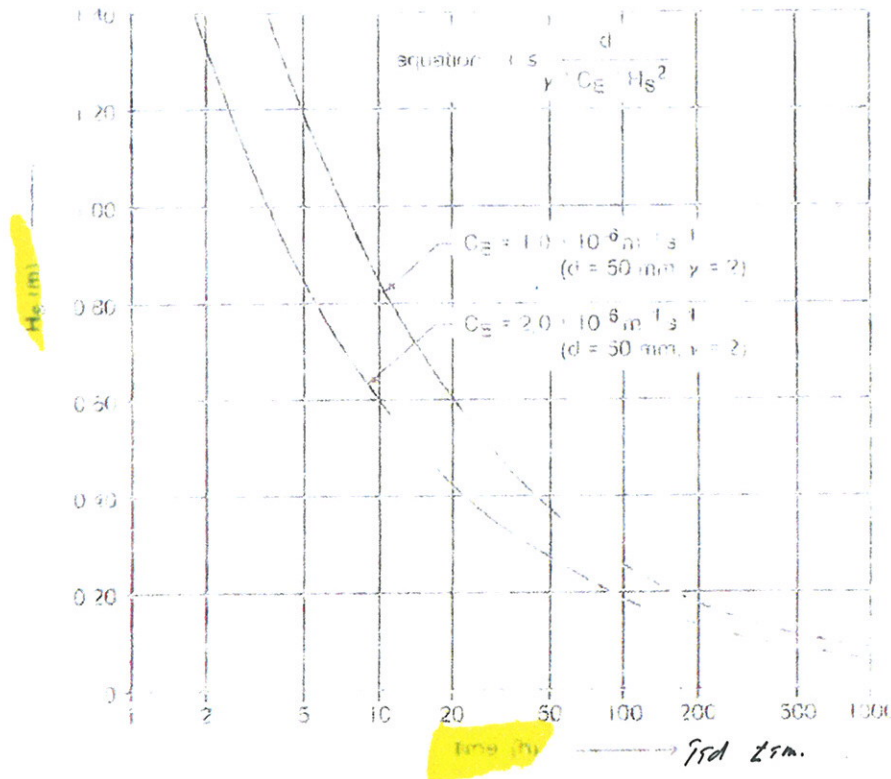


Figure 6 Maximum permissible duration of wave attack

HUDSON

RESULTS:

Waveheight $H_d = 0.88$ $w_r = 2.65$ $K_d = 4$ $nt = 2$ slope
 $w_w = 1.015$ $f_d = 1$ $k_{\Delta} = 0.9$ $ct\theta = 1.85$

if $T_{gmin} = 7.298 \times 10^{-3}$
 riprap ton $T = 0.058$ riprap $D_{sqa} = \begin{pmatrix} 0.14 \\ 0.28 \\ 0.445 \end{pmatrix}$ $D_{sfr} = \begin{pmatrix} 0.174 \\ 0.348 \\ 0.552 \end{pmatrix}$ m rounded

thickness if riprap $lwr = \begin{pmatrix} 0.561 \\ 0.234 \\ 0.086 \end{pmatrix}$ coverlayer T_{10}
 else filterlayer T_{200} core
Riprap only if H<1.5m

COVER uniform:

crestwidths $B2 = 0.841$ to $B3 = 0.841$

mtrs edged mtrs rounded ton layerthickness
 $D_{sqay} = \begin{pmatrix} 0.255 \\ 0.28 \\ 0.302 \end{pmatrix}$ $D_{sfry} = \begin{pmatrix} 0.316 \\ 0.348 \\ 0.375 \end{pmatrix}$ $T_{min} = 0.044$ $lw = \begin{pmatrix} 0.505 \\ 0.234 \\ 0.086 \end{pmatrix}$ coverlayer
 $T = 0.058$ filter $nt = 2$
 $T_{max} = 0.073$ 3 layer or

Toe breakingwaves $B_p = 0.5$ m $P_a = 0.03$ ton min $D_n = 0.224$ m

boxes

sferes

Multilayermounds

vægte kgs

$D_{sqau} = \begin{pmatrix} 0.202 \\ 0.223 \\ 0.24 \\ 0.116 \\ 0.13 \\ 0.142 \\ 0.135 \\ 0.149 \\ 0.16 \\ 0.038 \\ 0.048 \\ 0.055 \\ 0.037 \\ 0.042 \\ 0.046 \\ 0.012 \\ 0.018 \\ 0.021 \\ 0.01 \\ 0.015 \\ 0.018 \end{pmatrix}$	$D_{sfru} = \begin{pmatrix} 0.251 \\ 0.276 \\ 0.297 \\ 0.143 \\ 0.161 \\ 0.176 \\ 0.168 \\ 0.185 \\ 0.199 \\ 0.047 \\ 0.059 \\ 0.068 \\ 0.046 \\ 0.052 \\ 0.057 \\ 0.015 \\ 0.022 \\ 0.026 \\ 0.013 \\ 0.019 \\ 0.023 \end{pmatrix}$	<p>min $T \cdot 0.5$ cover, deepest max</p> <p>-----</p> <p>$T \cdot 0.1$ filterlayer 1</p> <p>-----</p> <p>$T \cdot 0.15$ filterlayer 1</p> <p>-----</p> <p>$T \cdot 0.005$ core (T₂₀₀) layer 3</p> <p>-----</p> <p>$T \cdot 0.0033$ core (T₃₀₀)</p> <p>-----</p> <p>$T \cdot 0.00025$ core (T₄₀₀₀) max</p> <p>-----</p> <p>$T \cdot 0.000167$ (T₆₀₀₀)</p> <p>core min</p>	<p>weight =</p> <p>21.895 29.193 36.491 4.087 5.839 7.59 6.568 8.758 10.947 0.146 0.292 0.438 0.136 0.195 0.253 4.379×10^{-3} 0.015 0.025 2.919×10^{-3} 9.733×10^{-3}</p>
--	--	--	--

Bly 10

