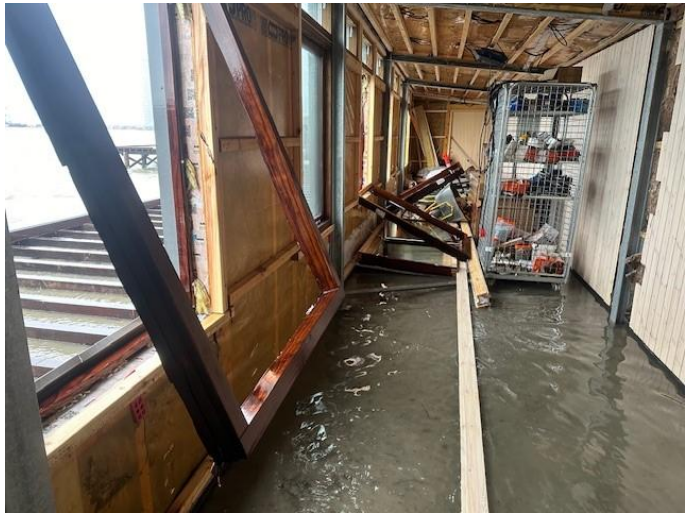
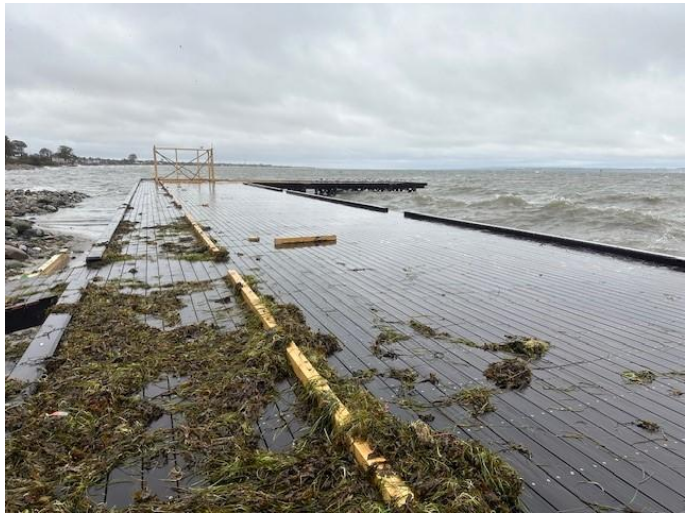
Kystbeskyttelse ved Den Permanente

Vikingeklubben Jomsborg

Ver. 1.0

Vikingeklubben Jomsborg

Skader ved stormfloden 20. og 21. oktober 2023

Kystbeskyttelse af Den Permanente

Vikingeklubben Jomsborg

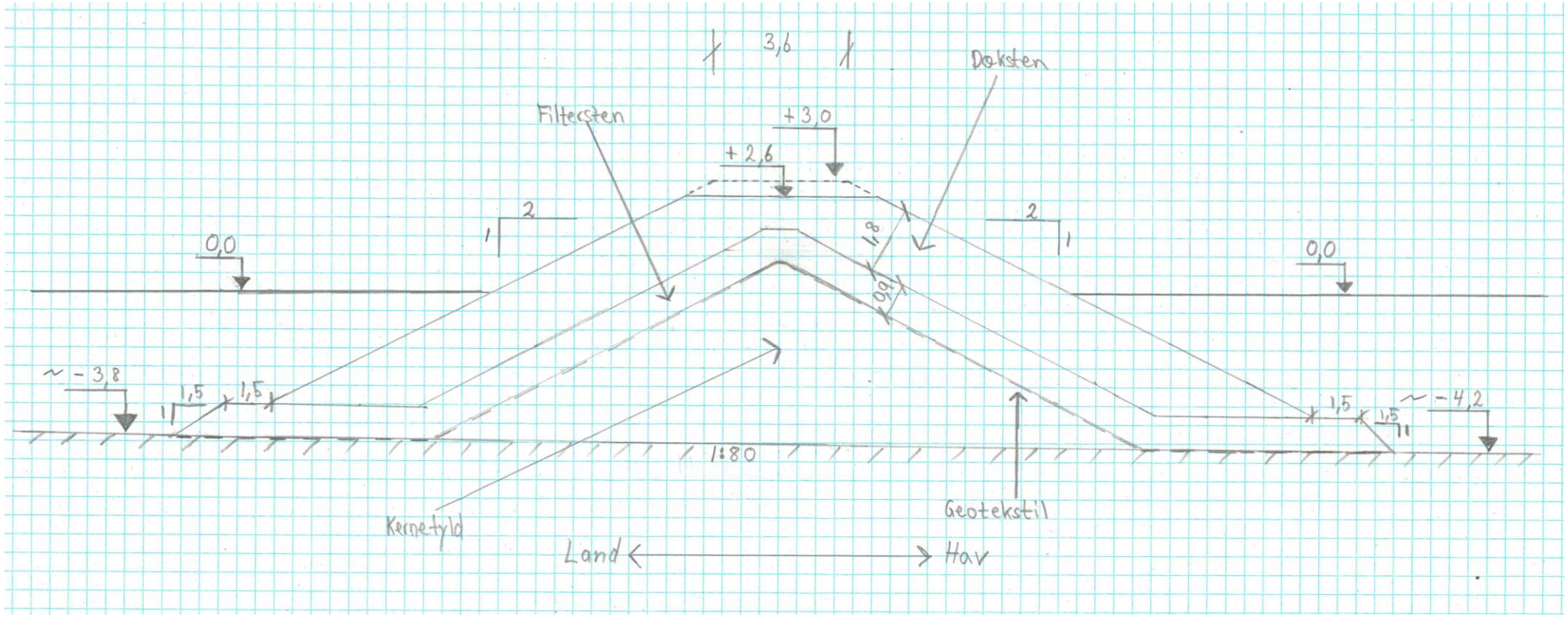
konklusion fra tidligere studier

- Skråningsbeskyttelse af sten foran spunsmuren reducerer bølgeoverskyllet
- Tømmerkister kan kun beskytte enderne af broerne
- Bølgebrydere kan beskytte badeanlæg mod bølger
- Bølgebrydere skal anlægges foran badeanlæg, hvor der er forholdsvis stor vanddybde
- Bølgebrydere og skråningsbeskyttelser påvirker udsyn mod havet
- Bølgebrydere og skråningsbeskyttelse kan dimensioneres til at modstå bølgeoverskyl
- Skråningsbeskyttelserne skal være meget høje for at kunne beskytte bygninger mod bølgeoverskyl
- Bølgebrydere kan være lavere end skråningsbeskyttelserne, da afstanden til bygningerne er betydeligt større
- Højeste bølgeoverskyl opstår i forbindelse med de største bølger og reduceret stormflodsvandstand.
- Mindre bølger i forbindelse med højeste stormflodsvandstand resulterer generelt i mindre bølgeoverskyl.
- Sokkelkoten på bygningerne på Den Permanente er så lav, at bygningerne oversvømmes ved ekstreme vandstande.
- Bølgebrydere, skråningsbeskyttelser og tømmerkister er generelt dyre at anlægge som følge af stor vanddybde.
- Alle stenkonstruktionerne kan medvirke til at skabe attraktive marine habitater i og med de opbygges af forholdsvis store dæksten yderst, der skaber huler og gemmesteder, samt en hård og stabil overflade.
- Det anbefales at arbejde videre med en løsning med bølgebrydere for at beskytte de mest sårbare dele af Den Permanente, såfremt der kan skaffes økonomi hertil.
- Højde og længde af konstruktionerne skal optimeres i næste fase

Vikingeklubben Jomsborg

Principsnit af bølgebryder/stenrev

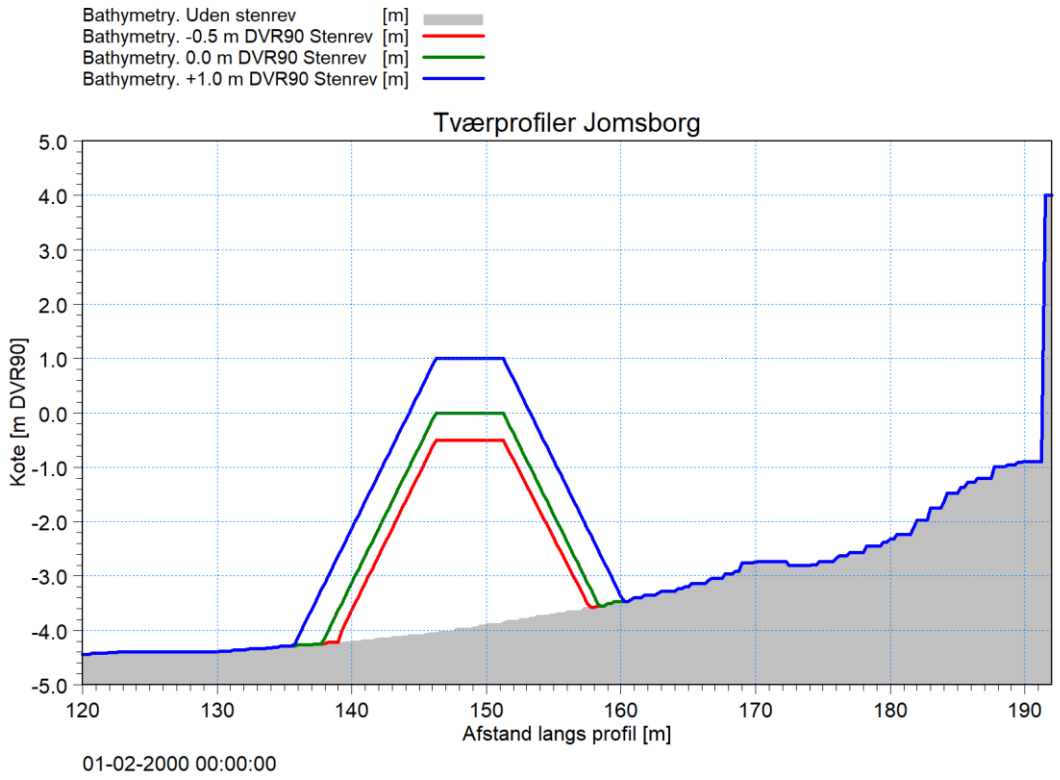
Hvad skal topkoten af stenrevet/bølgebryderen være? -0,5m, 0,0m, +1,0m eller højere?



Vikingeklubben Jomsborg

Kystprofil til modellering af stenrev

Stenrev med topkote i -0,5, 0 og +1,0 m DVR90
Topbredde 3 m



Kystbeskyttelse af Den Permanente

Vikingeklubben Jomsborg

Hydrauliske randbetingelser / scenariematrix

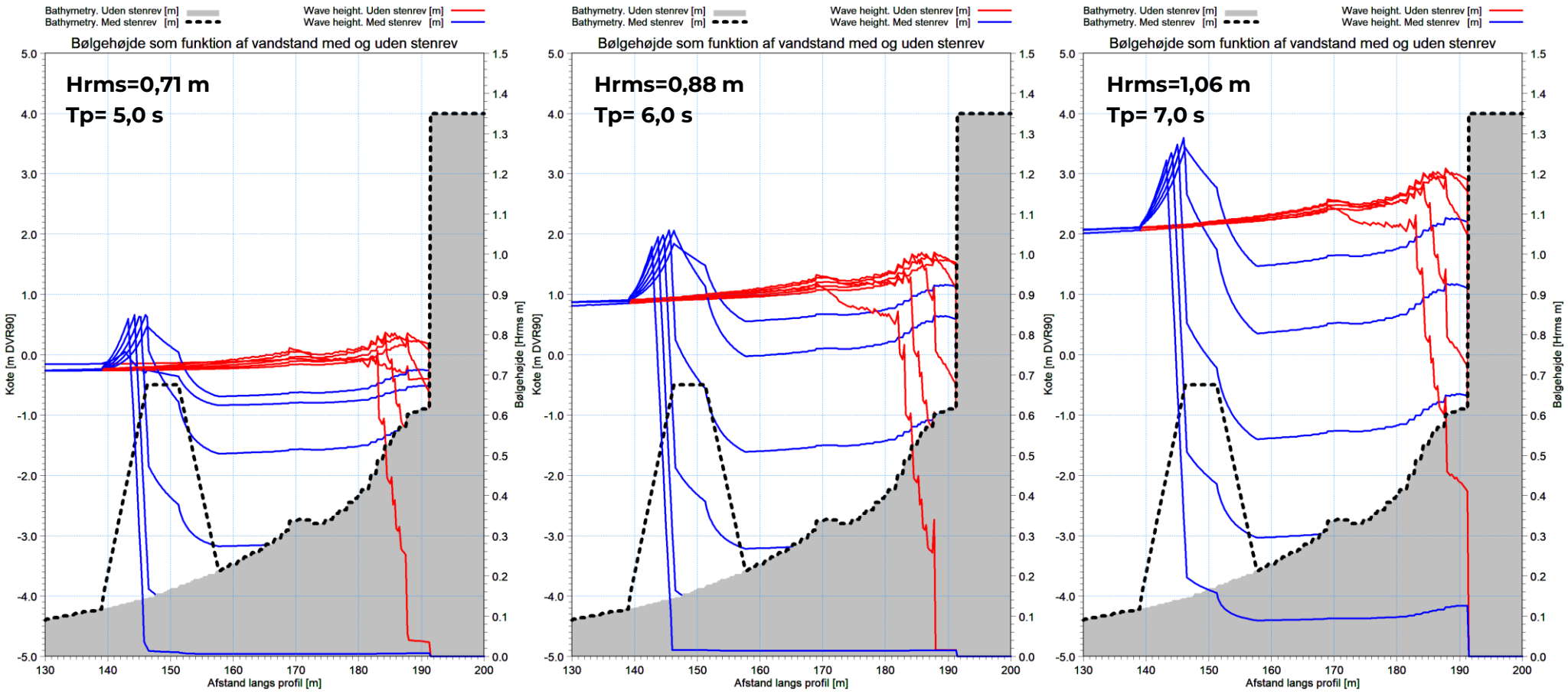
Normale og ekstreme forhold

Bølge- og vandstandsscenarier (med og uden stenrev) I alt 72 scenarier (18 pr. profil): • Uden stenrev • Stenrev: -0,5 m DVR90 • Stenrev: 0,0 m DVR90 • Stenrev: +1,0 m DVR90		**Vandstandsscenarier (m DVR90)**					
		-1,0 m	**-0,5 m**	**0,0 m**	**+0,5 m**	**+1,0 m**	**+1,5 m**
Bølgescenarier	**Hs=1,0m Hrms = 0,71 m Tp=5,0 s**	x	x	x	x	x	x
	Hs=1,25m Hrms=0,88 m Tp= 6,0 s	x	x	x	x	x	x
	Hs=1,5m Hrms=1,06 m Tp= 7,0 s	x	x	x	x	x	x

Vikingeklubben Jomsborg

Numerisk modellering af bølgeforhold med LITDRIFT

Eksempler på modellering af bølgeforhold med og uden stenrev i kote -0,5 m DVR90
LITDRIFT anvendes til at modellere bølgeforhold, når stenrevet er dækket af vand.



Kystbeskyttelse af Den Permanente

Vikingeklubben Jomsborg

Numerisk modellering af kystnære bølgeforhold med og uden stenrev med LITDRIFT

Tabellen viser, hvordan stenrev med forskellige topkoter reducerer bølgerne bagved stenrevet (Grid 641 = 160m) og foran badeanstalten (Grid 765=191m) modelleret med LITDRIFT.

Hrms=1,06m, Tp=7,0s

	Bølgehøjder (m Hrms) umiddelbart bagved stenrev - gridpunkt 641			
Vandstandskote	Uden stenrev	Med stenrev Topkote -0,5 m DVR90	Med stenrev Topkote 0,0 m DVR90	Med stenrev Topkote +1,0 m DVR90
-1,0	1,05			
-0,5	1,09	0,09		
0	1,10	0,30	0,09	
0,5	1,10	0,54	0,29	
1	1,09	0,81	0,53	0,09
1,5	1,09	0,97	0,80	0,28

Hrms=0,88m, Tp=6,0s

	Uden stenrev	Med stenrev Topkote -0,5 m DVR90	Med stenrev Topkote 0,0 m DVR90	Med stenrev Topkote +1,0 m DVR90
-1,0	0,91			
-0,5	0,92	0,07		
0	0,91	0,27	0,07	
0,5	0,90	0,52	0,27	
1	0,90	0,75	0,51	0,07
1,5	0,89	0,84	0,75	0,26

Hrms=0,71m, Tp=5,0s

	Uden stenrev	Med stenrev Topkote -0,5 m DVR90	Med stenrev Topkote 0,0 m DVR90	Med stenrev Topkote +1,0 m DVR90
-1,0	0,74			
-0,5	0,73	0,06		
0	0,73	0,25	0,06	
0,5	0,72	0,49	0,25	
1	0,72	0,64	0,49	0,06
1,5	0,71	0,69	0,64	0,24

Hrms=1,06m, Tp=7,0s

	Bølgehøjder (m Hrms) umiddelbart foran Den Permanente (kystlinjen) - gridpunkt 765			
Vandstandskote	Uden stenrev	Med stenrev Topkote -0,5 m DVR90	Med stenrev Topkote 0,0 m DVR90	Med stenrev Topkote +1,0 m DVR90
-1,0	0,05			
-0,5	0,41	0,13		
0	0,72	0,38	0,11	
0,5	1,05	0,65	0,35	
1	1,16	0,92	0,62	0,10
1,5	1,18	1,08	0,90	0,32

Hrms=0,88m, Tp=6,0s

	Uden stenrev	Med stenrev Topkote -0,5 m DVR90	Med stenrev Topkote 0,0 m DVR90	Med stenrev Topkote +1,0 m DVR90
-1,0	0,00			
-0,5	0,38	0,10		
0	0,68	0,34	0,09	
0,5	0,92	0,61	0,32	
1	0,97	0,84	0,58	0,08
1,5	0,98	0,92	0,83	0,29

Hrms=0,71m, Tp=5,0s

	Uden stenrev	Med stenrev Topkote -0,5 m DVR90	Med stenrev Topkote 0,0 m DVR90	Med stenrev Topkote +1,0 m DVR90
-1,0	0,00			
-0,5	0,35	0,08		
0	0,64	0,31	0,07	
0,5	0,76	0,56	0,29	
1	0,78	0,71	0,54	0,06
1,5	0,77	0,75	0,69	0,26

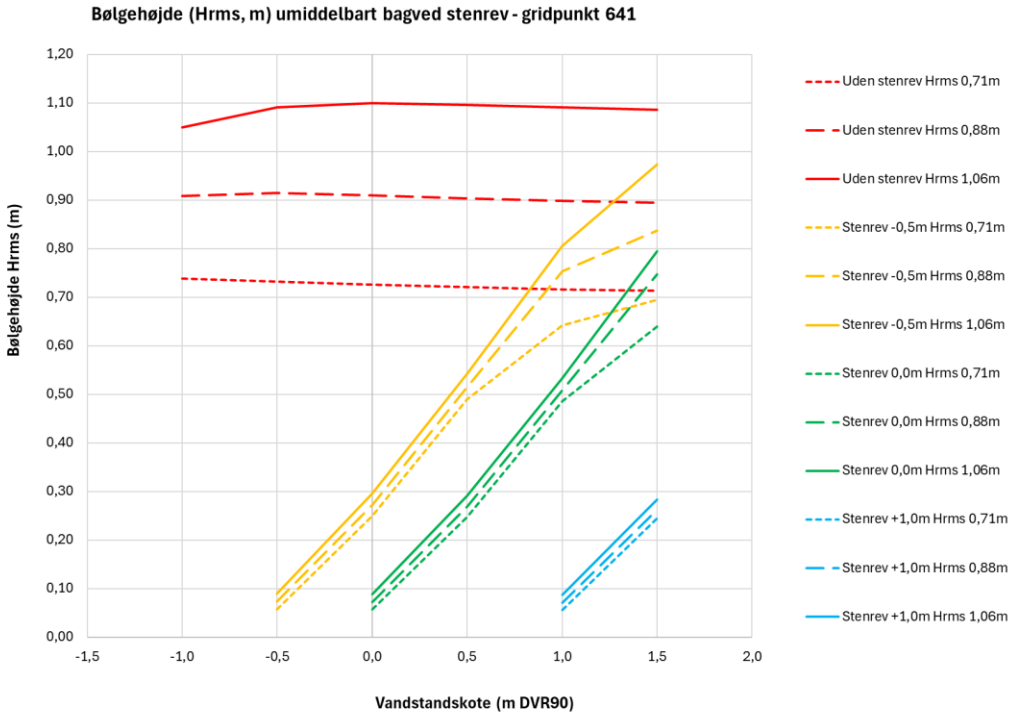
Kystbeskyttelse af Den Permanente

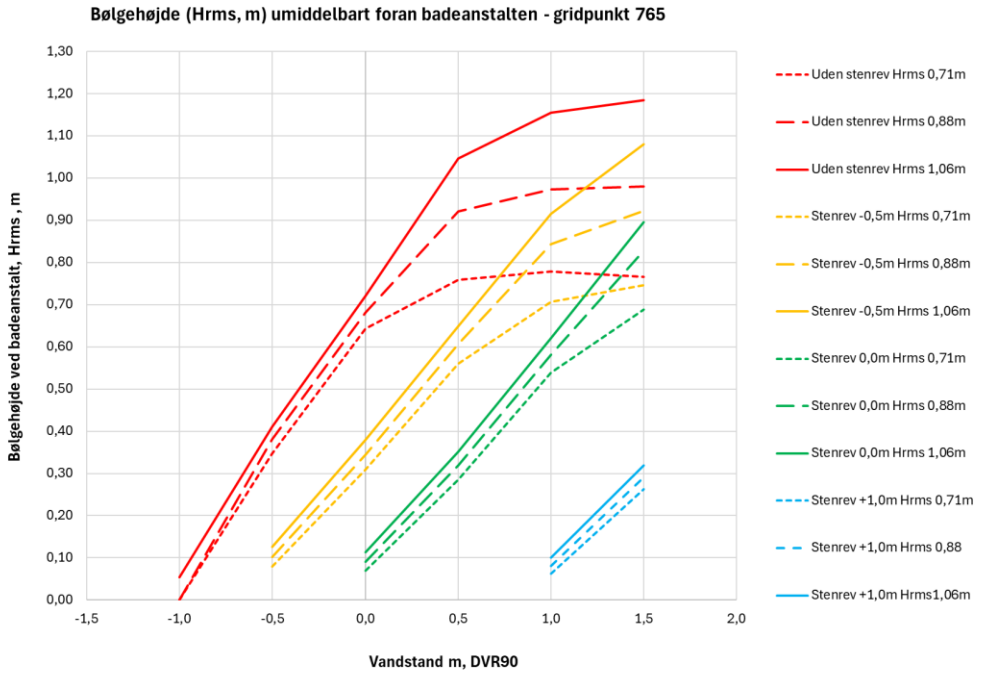
Vikingeklubben Jomsborg

Numerisk modellering af kystnære bølgeforhold med og uden stenrev med LITDRIFT

Vandstand, m DVR90, bølgehøjde Hrms, m for stenrev med topkote i -0,5 m, 0 m og +1,0 m DVR90

Figurer viser, hvordan stenrev med forskellige topkoter reducerer bølgerne bagved stenrevet (Grid 641=160m) og foran badeanstalten (Grid 765=191m) modelleret med LITDRIFT





Kystbeskyttelse af Den Permanente

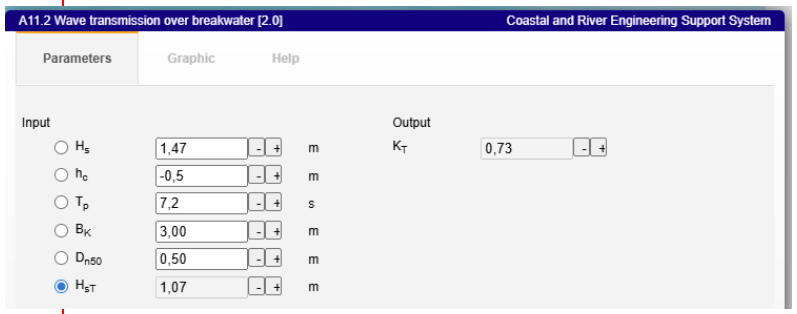
Vikingeklubben Jomsborg

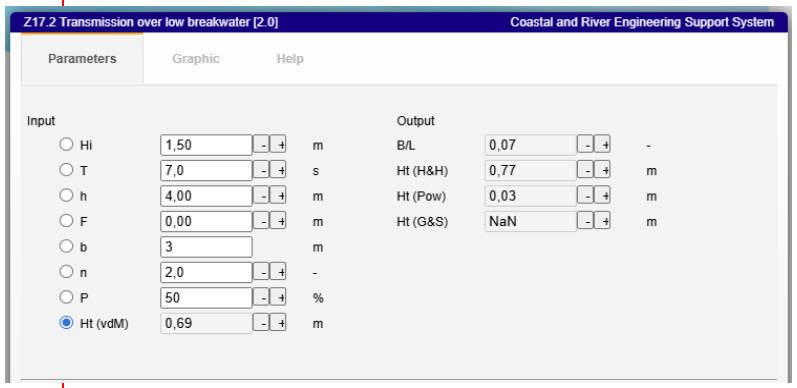
Modellering af kystnære bølgeforhold med og uden stenrev med empiriske modeller

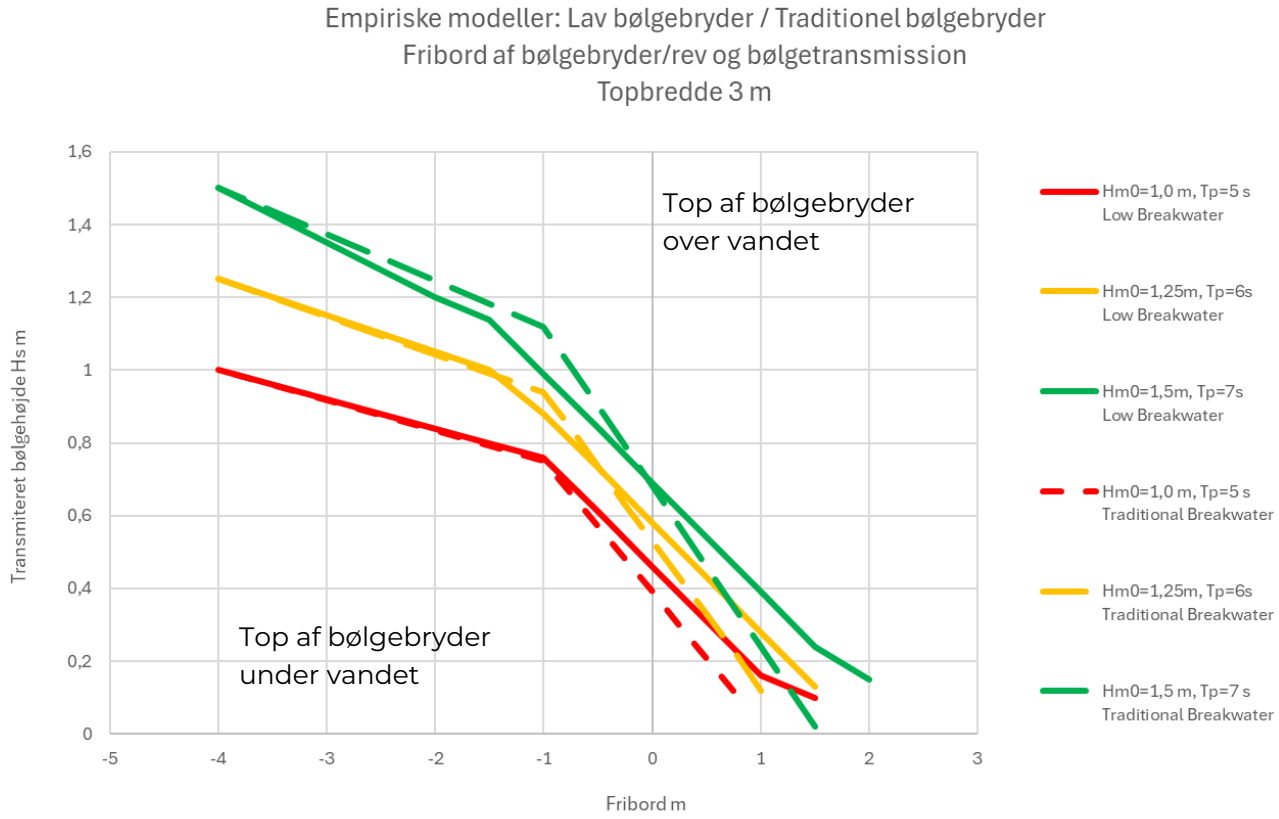
Modelværktøj CRESS:

- Traditionel bølgebryder
- Lav bølgebryder

Fribord / Hs, m







Kystbeskyttelse af Den Permanente

Vikingeklubben Jomsborg

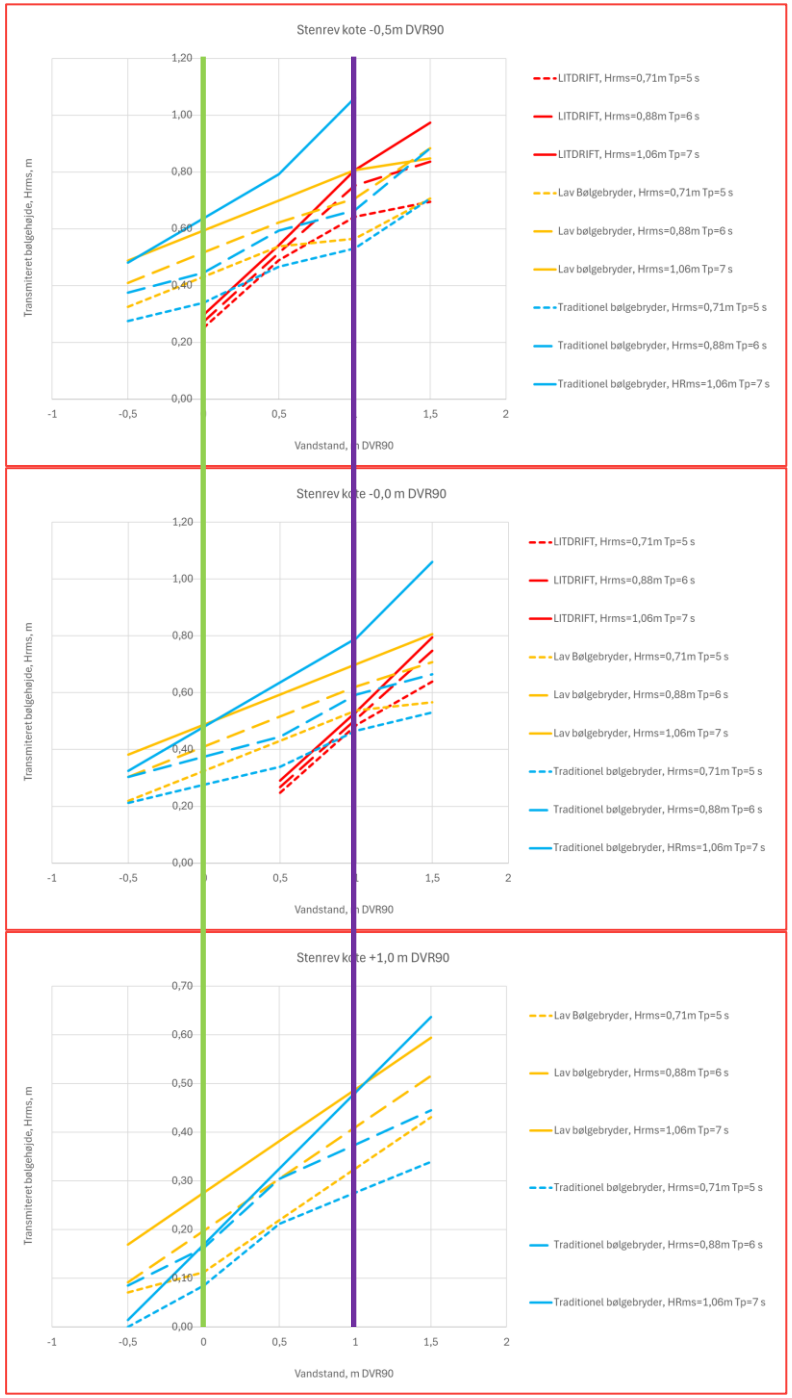
Modellering af kystnære bølgeforhold
med stenrev med
numerisk og empiriske modeller

Bølgehøjde og bølgeperiode foran stenrevet og
transmitteret bølgehøjde bag stenrevet, Hrms, m
som funktion af vandstanden, m DVR90
og stenrevets topkote, m DVR90

Vandstand 0,0 m DVR90 (grøn linje)
Stenrev -0,5 m: Hrms = 0,25 til 0,65 m
Stenrev 0,0 m: Hrms = 0,25 til 0,5 m
Stenrev +1,0 m: Hrms = 0,1 til 0,3 m

Vandstand +1,0 m DVR90 (lilla linje)
Stenrev -0,5 m: Hrms = 0,5 til 1,0 m
Stenrev 0,0 m: Hrms = 0,5 til 0,8 m
Stenrev +1,0 m: Hrms = 0,25 til 0,5 m

Signifikant bølgehøjde Hs = 2^0,5 x Hrms



Vikingeklubben Jomsborg

Konklusion

Bølgeforholdene bag stenrevet afhænger primært af:

- Størrelsen af bølgerne foran stenrevet og herunder bølgehøjde og bølgeperiode.
  - Længere bølgeperiode og højere bølger giver større bølger bagved revet.

- Højden af stenrevet i forhold til vandstanden.
  - Højere stenrev i forhold til vandstanden giver mindre bølger bagved.

- Bølgerne kan passere hen over stenrevet på trods af, at stenrevet er over vandstanden.
  - Bølgehøjden reduceres mere jo højere stenrevet er over vandet (fribord).

- Der er forskel på modelresultater for transmission af bølger henover stenrevet/bølgebryderen beregnet med numerisk model og empiriske modeller.

- LITDRIFT anvendes til at vurdere bølgerne bag revet, når revet er dækket af vand. De empiriske modeller anvendes, når stenrevet/bølgebryderen ligger over vandet.

- LITDRIFT anvender Hrms bølgehøjden, medens de empiriske modeller anvender Hs.
  - Hs = Hrms x 2^0,5

- Høj bundkote foran spunsmur reducere i nogle tilfælde bølgepåvirkning af spunsmur.

Kystbeskyttelse af Den Permanente

Vikingeklubben Jomsborg

Konklusion

- Hvor høj stenrevet skal være afhænger af, hvilken bølgedæmpning, der ønskes og under hvilke vandstandsforhold, samt hvordan revet ønskes udformet.

- Stenrev over vandet giver større beskyttelse, men kan ses fra badeanstalten og er dyre.
- Stenrev under vandet giver mindre beskyttelse, men kan ikke ses fra badeanstalten og er billigere.

- Stenrev under vandet børe være så højt som muligt.
- Fx: topkote -0,5 m DVR90 og er derved usynlig ved typiske lavvande.

Vandstand
Forskellen mellem middelhøjvande og middellavvande er 0,3 m. W-lig vind kan give 1-2 m højvande og E-lig vind indtil 1 m lavvande.

- I tilfælde af, at bølgedæmpningen ikke er tilstrækkelig, kan der anlægges to-tre toppe, som er højere. Fx +1,5 m DVR90. Dette vil dog øge prisen, men skaber også en unik konstruktion med mulighed for forskellige rekreative funktioner.

- Stenrevets beskyttende funktion kan øges ved gradvis udbygning og forhøjelse over tid.

- Stenrevets højde bør forhøjes i fremtiden i takt med havspejlstigningen, for at opretholde revets beskyttende funktion.

Vikingeklubben Jomsborg

Perspektivering

- Rammer, budget og mål for stenrev skal fastlægges.
- Højde og udstrækning af stenrev kan herefter vurderes.
- Prisoverslag for løsning.
- Påvirkning af kysten bør undersøges.

- Det foreslås, at WSP og Vikingeklubben Jomsborg afholder en workshop om,
  hvordan stenrevet bedst udvikles videre.