

## Notat

### Emne

Projekt: Grenå marina bølgeuro  
 Projektnummer: 26.1926.03  
 Projektleder: Lotte Meldgaard Pedersen

Udfærdiget af: Lotte Meldgaard Pedersen  
 Dato: 7. marts, 2021  
 Kontrolleret af: Sandra Bollwerk

## 1. Indledning

CG Jensen A/S har bedt Sweco Danmark A/S om teknisk rådgivning vedrørende Grenå Lystbådehavn. Der opleves kritiske forhold for husbåde pga. bølgeuro.

Det nærværende notat beskriver et studie af bølgeuroen i lystbådehavnen. Fokus ligger på bro 7 (Figur 1), hvor husbådene plejer at ligge.

I de følgende afsnit præsenteres modelopsætning og data, som modellen bygger på, samt resultaterne for selve bølgeuroanalysen. For at undersøge risikoen for lang-periodisk bølgeuro er der gennemført en række simuleringer (scenarier).



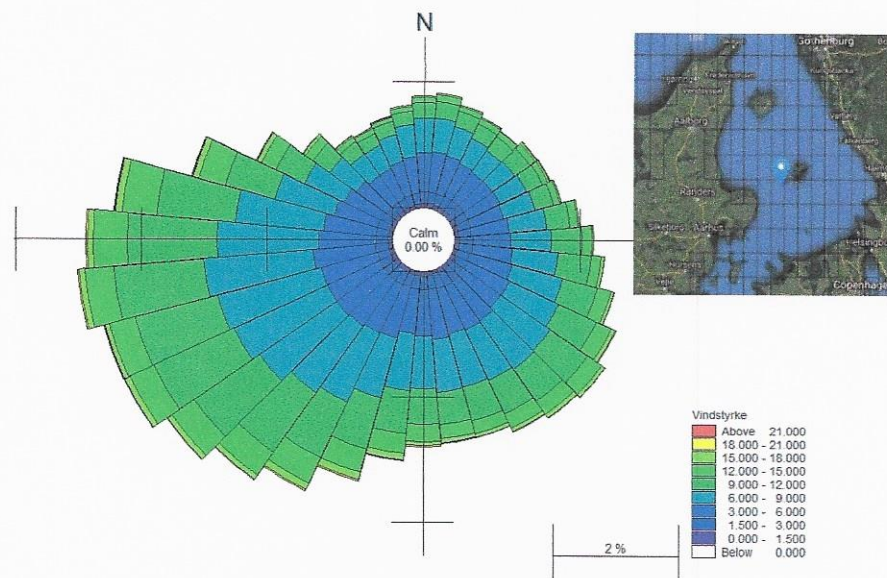
Figur 1: Projektområde Grenå Lystbådehavn (arealinformation, 2021).

## 2. Datagrundlag

### 2.1. Vinddata

Vinddata er hentet i et punkt i frit farvand ud for Grenå fra metocean-on-demand.dk. Det vurderes, at data er repræsentative for østkysten af Djursland og de bølger, som påvirker lystbådehavnen. Placering af udtrækningspunktet er angivet i Figur 2. Figuren viser vindrosen for hele tidsserien, der strækker sig over 40 år fra 1979 til 2019. Vindrosen beskriver den tidlige fordeling af vindens retning og fart.

Det ses tydeligt at vinde fra de nordlige til østlige vinkelrum ikke er så hyppige som sydlige til vestlige vindstyrke. Men det er alene de nordlige til østlige vinkelrum der genererer større bølger ved Grenå.



Figur 2: Vindrose i et punkt i Kattegat baseret på simulerede vindstyrker fra 1979-2019 (Metocean-on-demand.com).

## 2.2. Bølgeforshold

### 2.2.1. Bølgeforshold på modelranden

Der eksisterer ingen specifikke data om bølgeforsholdene i projektområdet. Derfor baserer det nuværende studie sig på tilgængelige informationer om bølger, fritstræks-beregninger, Swecos erfaringer fra undersøgelser af design bølger på nærliggende projekter samt data fra projektet Anholt Havmøllepark, som ligger ca. 50 km væk fra projektområdet.

Lokalkendskab indikerer ikke overraskende, at kritiske bølgeforshold i lystbådehavnen optræder ved bølger fra retningerne mellem øst og nordøst.

Hyppigheden af kritiske bølgeforshold i lystbådehavnen er blevet beskrevet som 'nogle gange om året'.

Dette svarer omtrent til disse bølgekarakteristika:

$H_s \approx 2,9$  m, hvor  $H_s$  = signifikant bølgehøjde

$T_p \approx 6,7$  s, hvor  $T_p$  = peak-perioden

### 2.3. Vandstandsdata

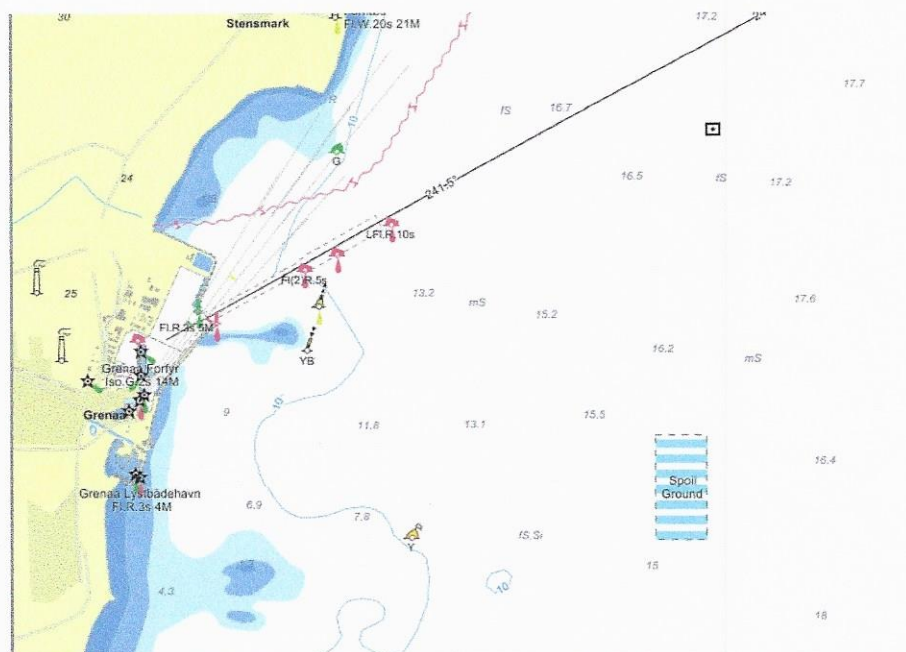
I Tabel 1 er angivet de mest ekstreme højvande i Grenå Havn. Den højeste vandstand er målt til 170 cm i 1985.

Tabel 1: Højvandshændelser i Grenå Havn baseret på Højvandstatistikker 2010 (Kystdirektoratet, 2017).

Højeste registrerede vandstande [cm] i DVR90							
6. november 1985	170	2. marts 2008	151	12. januar 2007	140	30. november 2015	127
10. januar 1995	168	1. november 2006	147	26. februar 2016	135	10. januar 2015	126
6. december 2013	165	27. februar 1990	146	2. april 2016	133	9. januar 2005	124
14. februar 1989	161	10. december 2011	142	27. december 2016	130	4. december 1999	124
25. november 1981	156	9. november 2007	142	11. april 2016	129	30. januar 2000	123

### 2.4. Vanddybder

I Figur 3 er vist et udtræk fra krak.dk, som viser vanddybder i en del af området ud for Grenå. Relativt dybt vand (ca. 10 m) eksisterer allerede i en afstand på 1200 m fra lystbådehavnen. Det betyder, at en relativ stor mængde bølgeenergi kan nå frem til havnen. I den forbindelse er bølgehøjden, -længden og -retningen dog afgørende.



Figur 3: Vejledende vanddybder uden for Grenå Lystbådehavn baseret på krak.dk.

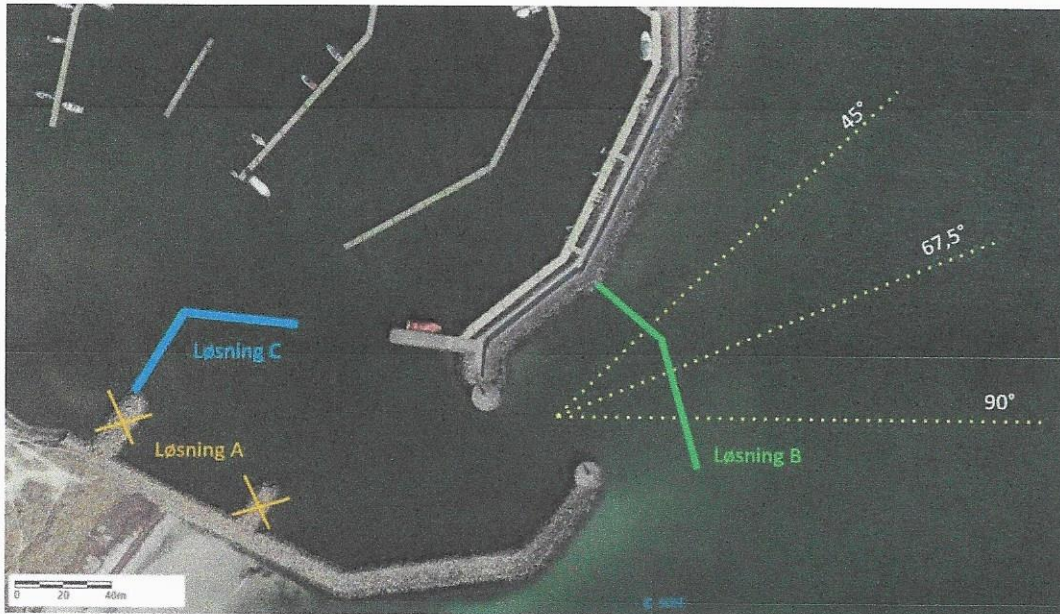
### 3. Numerisk modellering af bølgeuro

#### 3.1. Scenarier

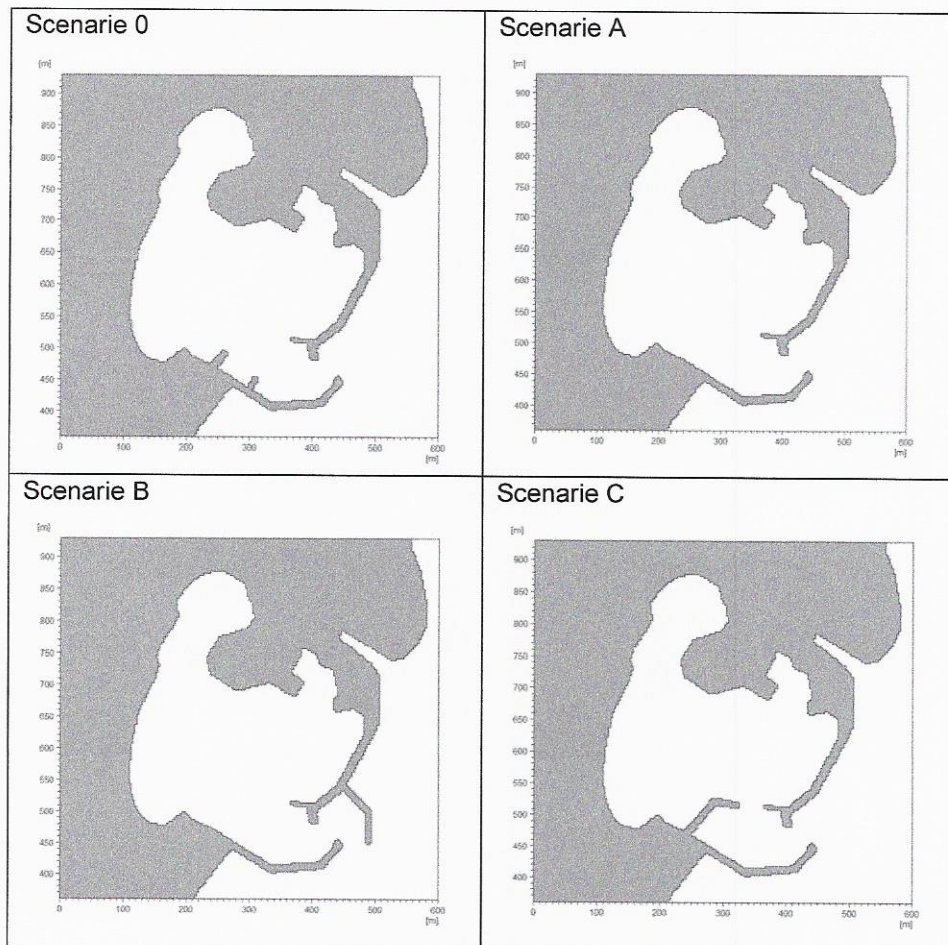
Følgende scenarier er blevet simuleret for at beskrive bølgeuroen i Grenå Lystbådehavn, se også Figur 4 og Figur 5:

- Scenarie 0: Eksisterende forhold.
- Scenarie A: Eksisterende forhold dog uden de to 'snutter' på den indre sydlige mole.
- Scenarie B: Som scenarie A med en ny ydre mole.
- Scenarie C: Som scenarie 0, dog uden den østligste 'snut' og med den vestligste 'snip' forlænget som ny indre mole.

For både Scenarie B og C er der antaget en indsejlingsbredde på ca. 40 m. Dette kan muligvis optimeres ved nærmere studier. Specielt for Scenarie C, hvor både under indsejling er i læg af de ydre dækværker når den inderste indsejling skal passeres.



Figur 4: Scenarier der simuleres.



Figur 5: Scenarie 0, A, B og C.

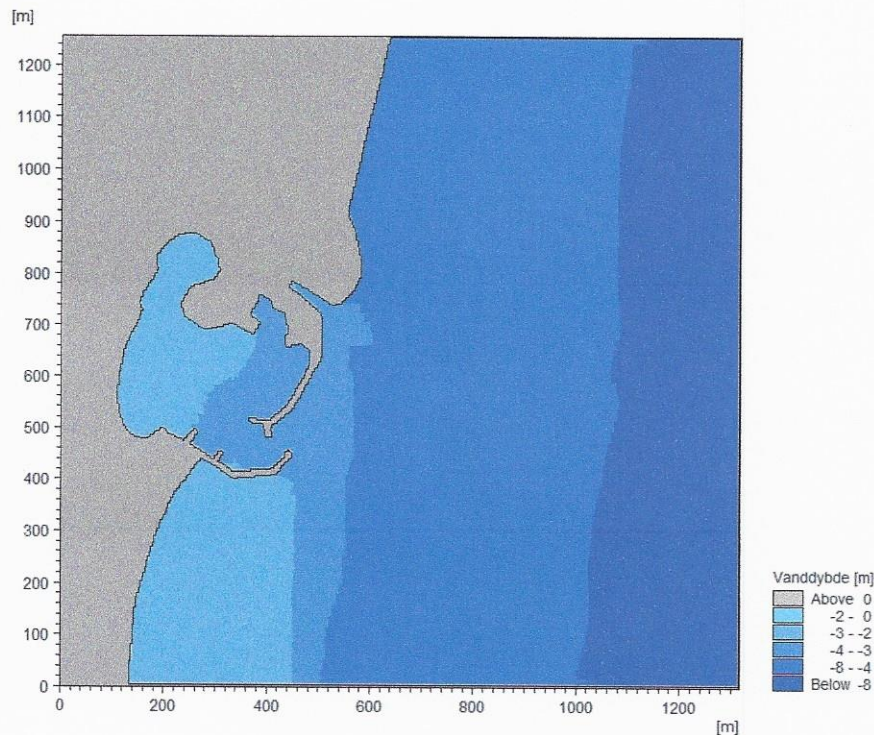
### 3.2. Opsætning af modellen

Bølgeuroen simuleres vha. MIKE 21 BW (Boussinesq Wave Module), produceret af DHI. BW-modellen beskriver bølgeudbredelsen i tid og sted, herunder transformationen fra den offshore rand, hvor bølgerne påtrykkes, til havnen.

Undervejs vil naturlige processer påvirke bølgerne på deres vej ind mod havnen. Disse processer omfatter diffraktion (spredning af bølgeenergi langs bølgeryggen), refraction (afbøjning af bølger pga. dybdevariationer), refleksion og absorbering af bølgeenergi i bølgebrydere mv.

I modellen anvendes følgende input:

- Projektområdets vandybder, som vist i Figur 6.
- Randbetingelser bestående af bølgeperiode og -højde langs modellens åbne rand.
- Refleksionsegenskaber for kyster og konstruktioner.
- Specifikationer af områder med fuld absorption, som strande og ikke-reflekterende model-rande.



Figur 6: Vanddybder og modelområde anvendt i simuleringerne.

For at køre modellen skal tidsskridtet, simuleringsperioden såvel som beregningsmetoden defineres.

I modellen er cellestørrelsen sat til 3 m i både x- og y-retningen. Tidsskridtet i modellen er 0,2 s.

Modellen er ikke kalibreret, da der ikke er foretaget bølgemålinger hverken i eller uden for havnen. Endvidere er der set bort fra bundfriktion samt dissipation pga. bølgebrydning. For studier af bølgeuro er dette normal praksis, da det generelt vurderes, at et tilfredsstillende billede af bølgeuroen dermed kan opnås.

For det nærværende notat er analyseret tre forskellige bølgeretninger med tilhørende signifikant bølgehøjde og peak-periode (Tabel 2). Disse retninger repræsenterer de bølgeretninger, som fører til de kritiske forhold. For bølger fra alle andre retninger vil påvirkningen i lystbådehavnen være mindre.

I studiet er anvendt følgende refleksionsparametre:

- Stenkastninger generelt: 40% refleksion
- Stenkastning ekstra stejl: 60% refleksion
- Strand i havn: 20% refleksion
- Lodrette konstruktioner: 95% refleksion

*Tabel 2: Bølgeparametre som indgår i modellen.*

<b>Bølgeretning <math>\Theta</math> [°]</b>	<b>Signifikant bølgehøjde <math>H_s</math> [m]</b>	<b>Peak-perioden <math>T_p</math> [s]</b>
45	2,9	6,7
67,5	2,9	6,7
90	2,9	6,7

## 4. Resultater

Resultaterne præsenteres i form af plots af bølgeuro samt sammenligning af bølgeuro i områder af særlig interesse. Bølgeuro er defineret som forholdet mellem den lokale bølgehøjde og den uforstyrrede bølge uden for havnen.

For at kunne sammenligne resultaterne er der udtrykket middel bølgeuro i nogle repræsentative områder i havnen som vist i Figur 7.

De første simuleringer viste at bølger fra nordøst primært giver store bølger umiddelbart inden for de dækkende værker og ikke i samme grad inde i havnen. Denne bølgeretning er dermed ikke behandlet yderligere.

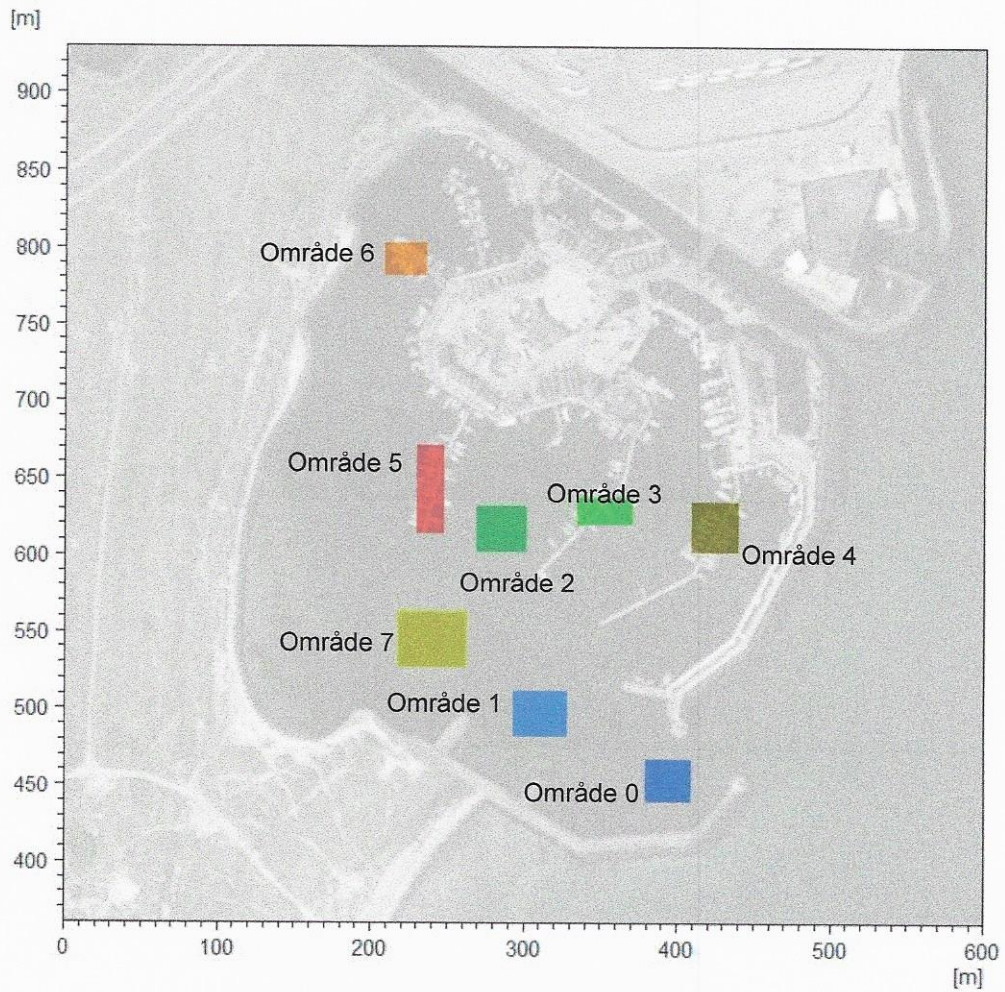
De østlige og østnordøstlige bølger er simuleret for de fire forskellige udformninger og resultater er vist i hhv. Figur 9 og Figur 10. Figur 8 viser de faktiske bølgehøjder i havnens områder.

Samlet viser resultaterne en klar effekt af at etablere en ydre mole, Scenarie B, og en lidt mindre klar effekt af at introducere en indre mole., Scenarie C.

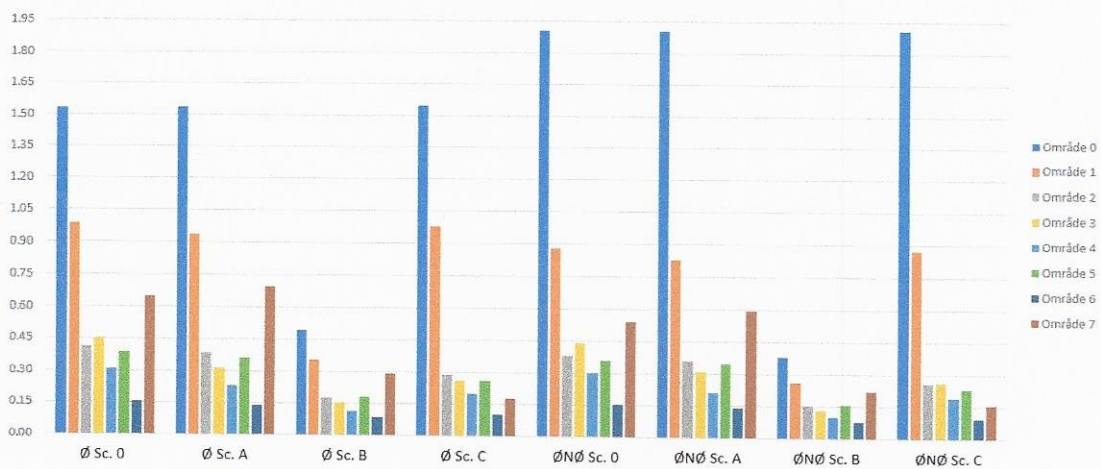
Det skal pointeres, at der ikke er prøvet andre udformninger af de to scenarier og der derfor formentlig er mulighed for at optimere løsningerne yderligere.

Resultaterne viser ligeledes klart at der er ukomfortabelt bølgeklima for disse bølgeretninger under nuværende forhold. Baseret på guidelines for marina udformning er der for mindre sejlbåde en reference bølgehøjde på ca. 10-20 cm. Bølger større end denne grænse vil medføre ukomfortable forhold ombord. Værst hvis bølgerne kommer på tværs af bådene.

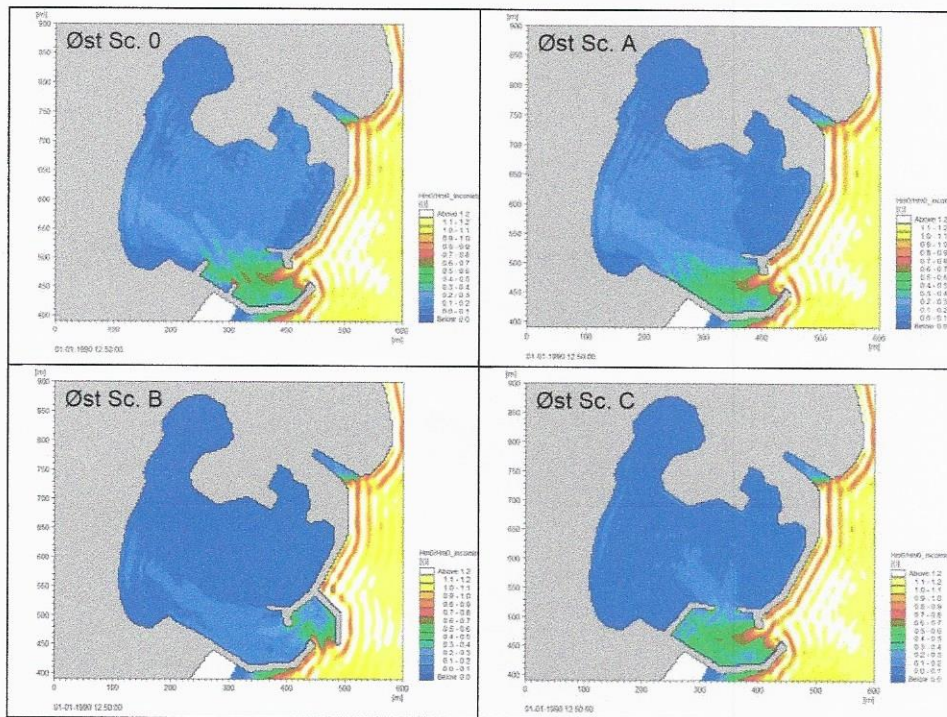




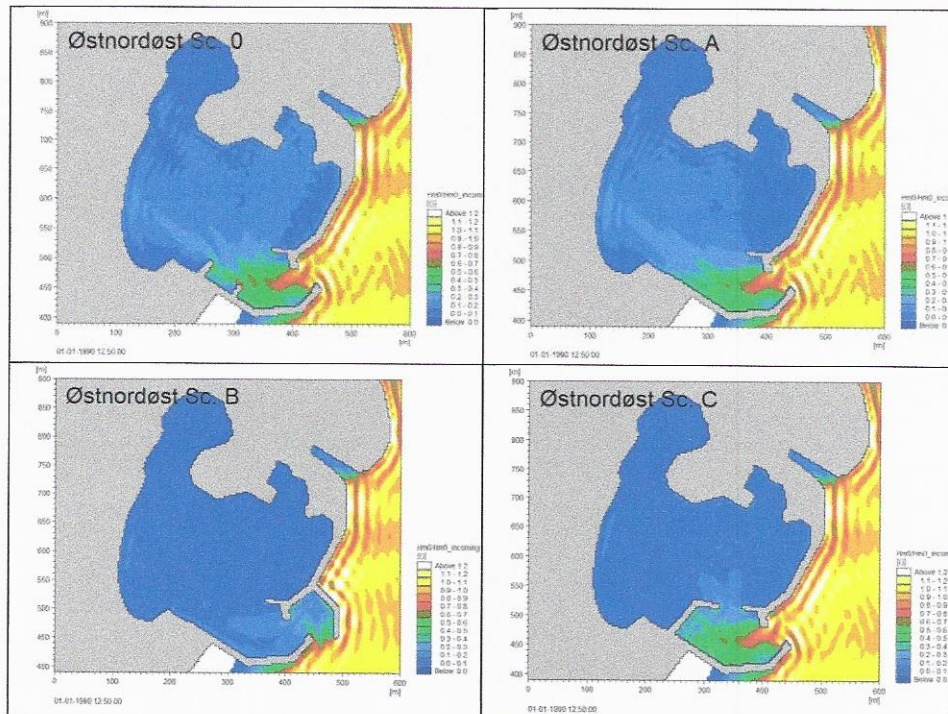
Figur 7: Arealer hvor bølgeuro er midlet.



Figur 8: Bølgehøjder i områderne i havnen vist i Figur 7.



Figur 9: Bølgeuro for bølger fra øst for de fire scenarier.



Figur 10: Bølgeuro for bølger fra østnordøst for de fire scenarier.

## 5. Konklusion

Nærværende notat beskriver resultatet af simulerede bølgehændelser og deraf bølgeuro i Grenå marina samt forskellige udformninger der kan minimere bølgeuro.

Det ses at specielt en ydre mole, Scenarie B, vil give en væsentlig forbedret bølgeuro i havnen mens en intern ny mole, Scenarie C, vil give en middel forbedret bølgeuro.

En ny ydre mole, Scenarie B, kan potentielt være en sedimentfælde i forhold til en transport retning af materiale mod nord. Det skal analyseres nærmere om der etableres en potentielt værre sedimentfælde ved en sådan løsning i forhold til eksisterende forhold.

Den indre nye mole, Scenarie C, kan potentielt optimeres i forhold til vinkler og indsejlingsbredde. Denne løsning skaber ikke bedre ankomst forhold til havnen under kraftige østlige vinde.

Begge disse potentielle analyser ligger dog uden for denne opgaves omfang.