

Oppdragsgiver: **Clemens Eiendom AS**  
Oppdragsnr.: **5207788** Dokumentnr.: **1**

**Til:** Clemens Eiendom AS  
**Fra:** Arne E Lothe  
**Dato** 2022-04-22

## ► Bølger mot Osan Ytre

### Innledning

Norconsult er engasjert for å utarbeide reguleringsplan for planområdet Osan, vest for Svolvær sentrum. I den forbindelse er det nødvendig å undersøke bølgeforhold, stormflo og eventuell sikring for å begrense flomfare.

### Datagrunnlag

Datagrunnlag for denne analysen er:

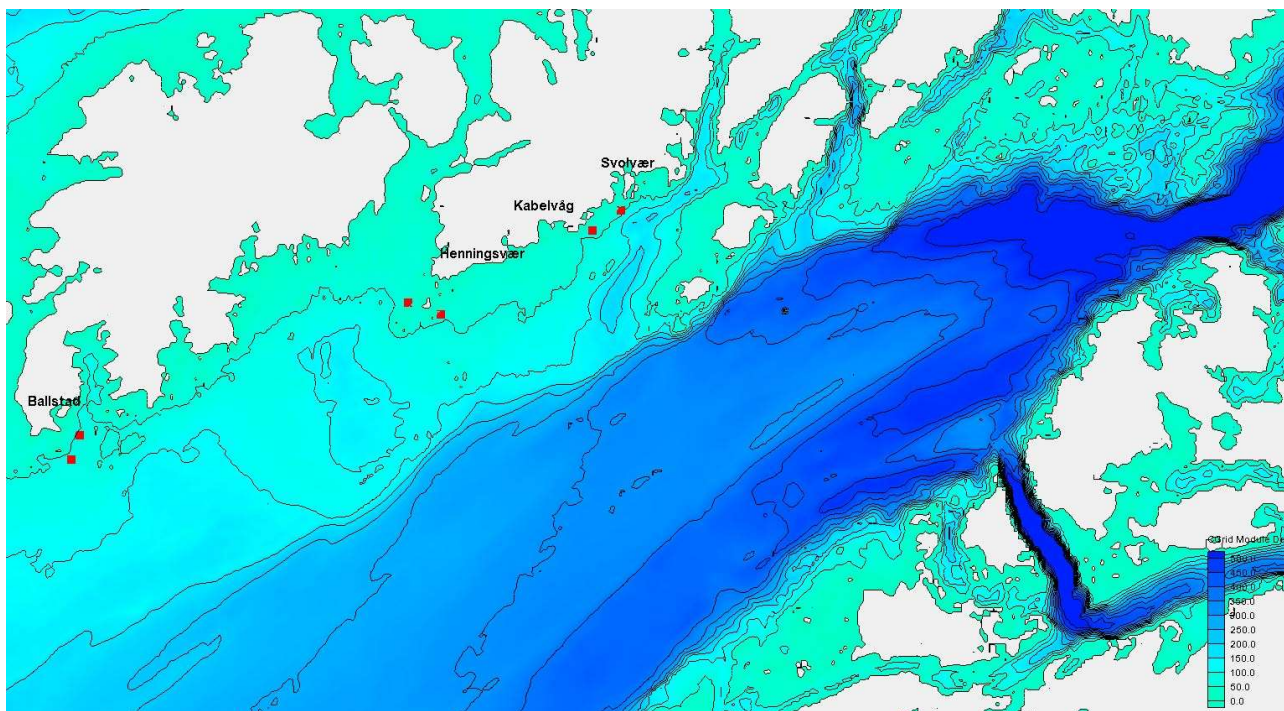
1. Dybdedata (primærdata) Vestfjorden (Kartverket)
2. Detaljerte dybdedata for Svolvær Havn og Osan (antatt kilde: Kartverket)
3. Hindcast bølgedata for Punkt 1076 i posisjon N 67.9° / Ø 14.5° (eldre data med 6 timer observasjonsintervall)

### Bølger

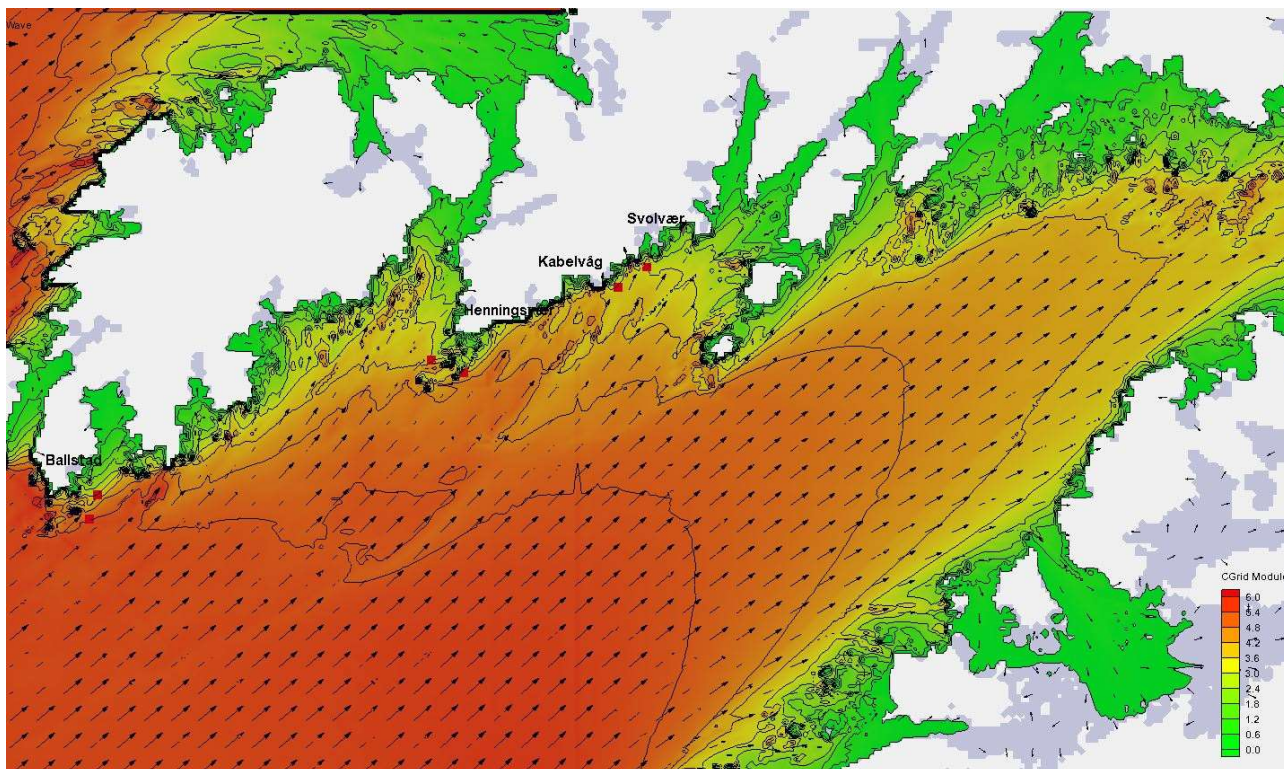
Svolvær er utsatt for havbølger fra sørvest sektor. Det kan forekomme noe bølger fra østlig sektor, men Svolvær er skjermet av Skrova, og disse bølgene vil derfor være mindre enn havbølgene. Vi begrenser derfor studien til å gjelde de antatt høyeste bølgene, dvs havbølger fra retnings-sektorene 180°(sør), 210°(sør, sør-vest), 240°(vest, sør-vest) og 270°(vest).

Det er laget to modeller av havområdet og Svolvær. Den første av disse er en spektral modell som beregner bølger fra antatt åpent hav fram til et punkt utenfor Svolvær havn, se Figur 1 - Figur 3. Den spektrale modellen har en oppløsning på 300 x 300 m<sup>2</sup>, og er derfor ikke egnet til detaljerte studier i trange farvann.

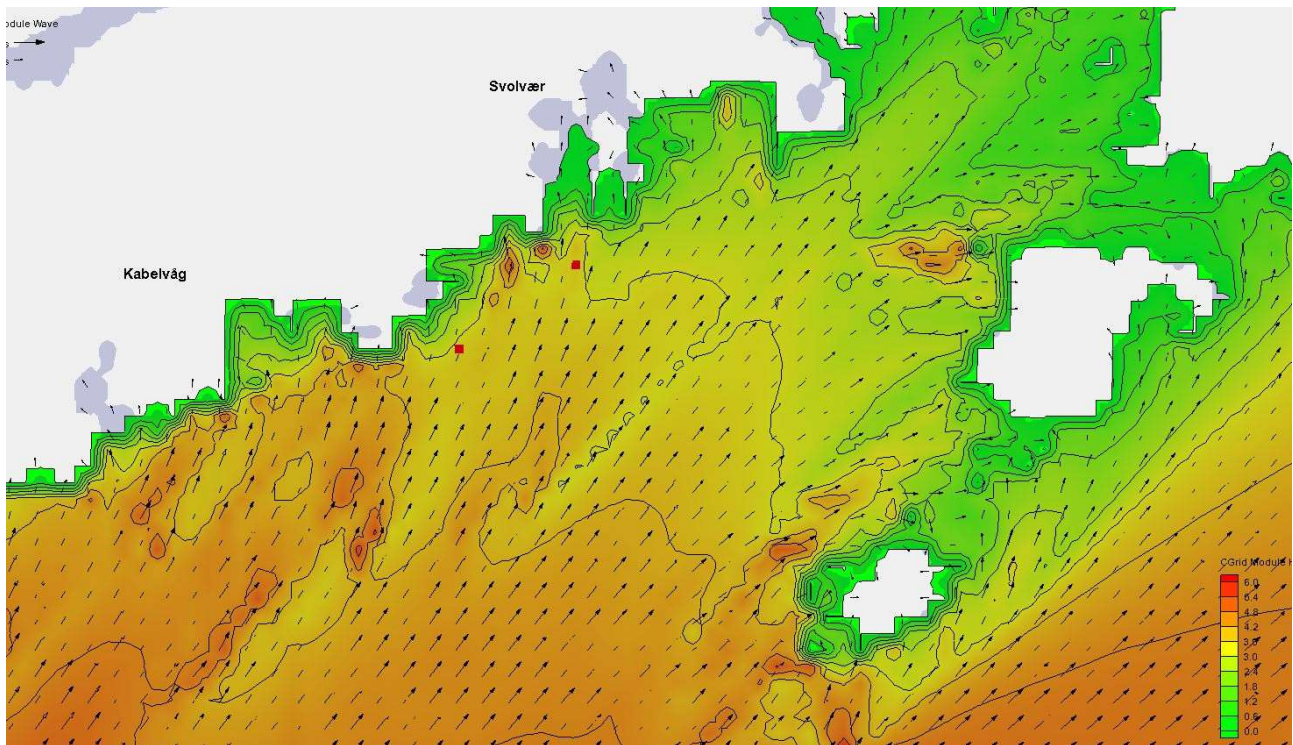
Ved et punkt utenfor Svolvær, markert ved en rød firkant i Figur 3, overtas derfor beregningen av en mindre og mer detaljert modell som vist i Figur 4. Denne figuren har en oppløsning på ned til 5 m. I modellen er de foreslåtte endringene (utfyllinger) ved vestre del av innløpet til Osanpollen lagt inn.



Figur 1 Dybdatamodell

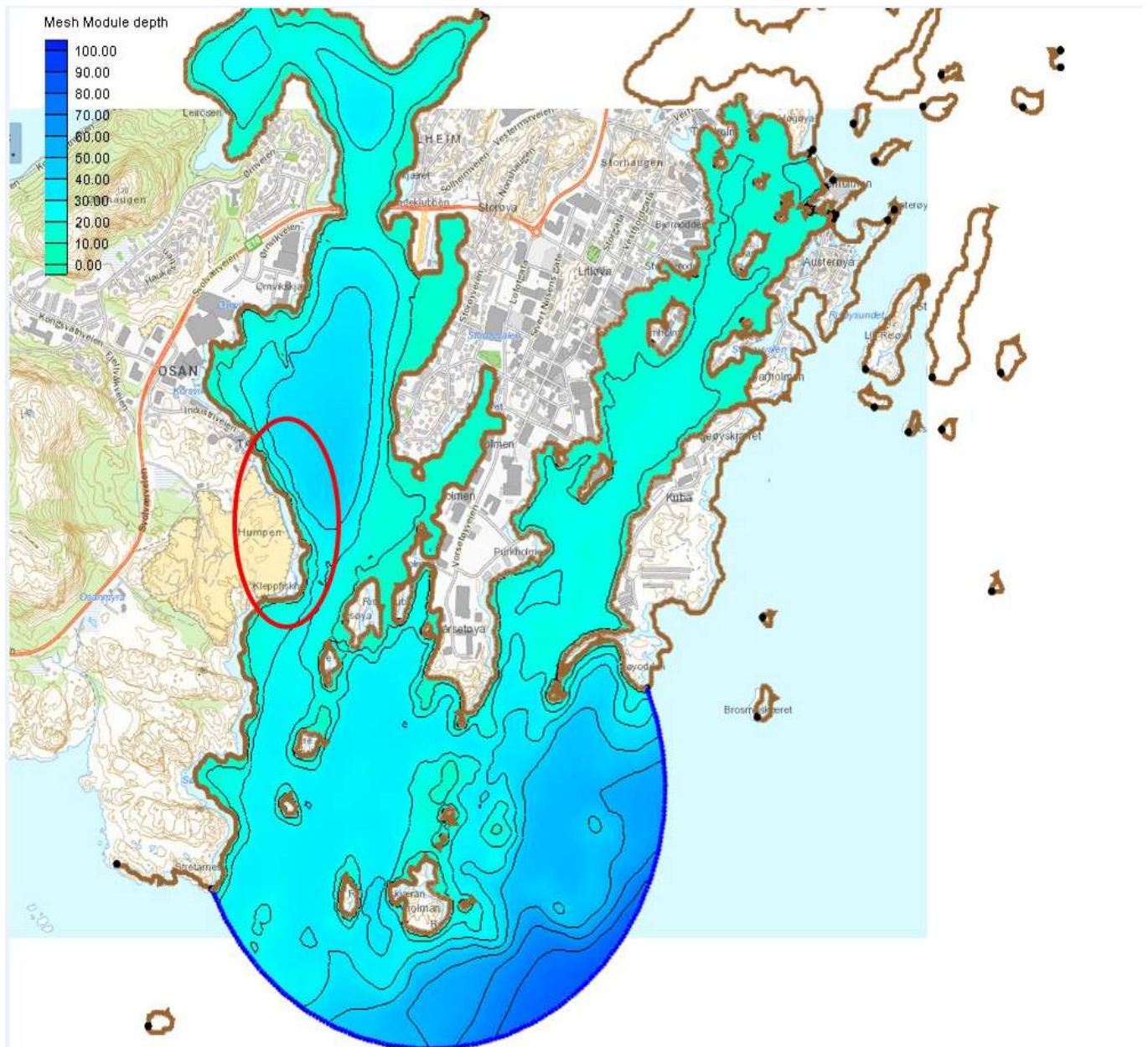


Figur 2 Innkommende bølger fra 210° mot indre Vestfjorden



Figur 3 Detalj av Figur 2

Oppdragsgiver: **Clemens Eiendom AS**  
Oppdragsnr.: **5207788** Dokumentnr.: **1**



Figur 4 Detaljert modell (dybdedata) av Osanpollen og Svolvær havn. Utfyllingen ved Osan Syd er innført i modellen

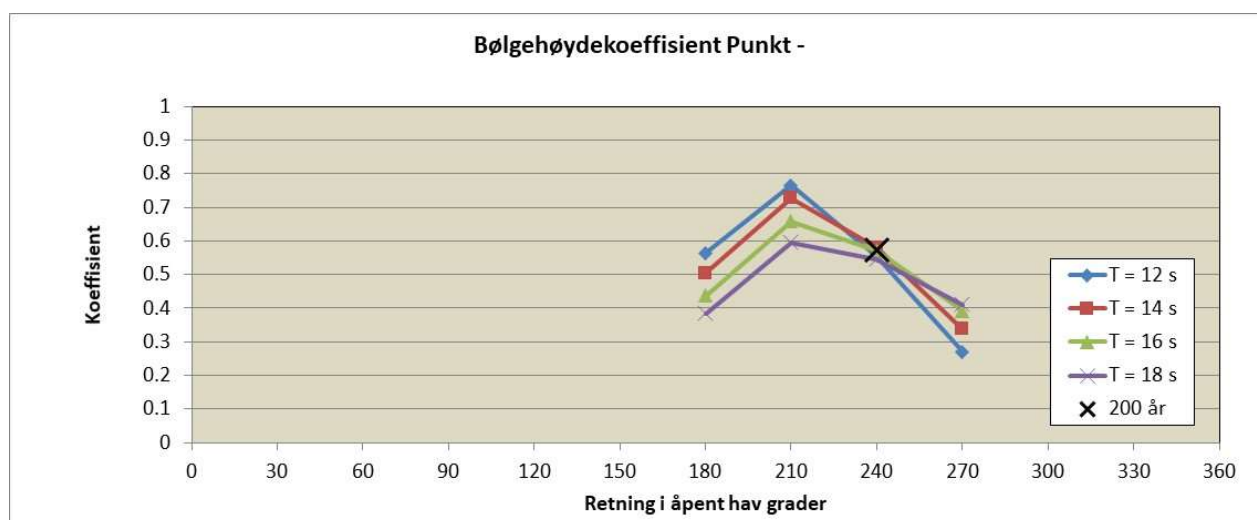
## Resultat

### Havbølger fram til ytre Svolvær

Det er utført mange modelleringer av havbølgene med varierende bølgeretning og spektral topp-periode<sup>1</sup>  $T_p$ . I hoved-delen av kjøringene er det benyttet en konstant signifikant bølgehøyde<sup>2</sup>  $H_{m0} = 5.0$  m. I tillegg er det utført en kontroll for 200 års sjøtilstand, se Tabell 1.

Tabell 1 Tabell som viser kombinasjon av retning og  $T_p$ -verdier som er kjørt med inngående bølgehøyde  $H_{m0} = 5.0$  m. Nummeret viser til kjøring nummer. Det er også kjørt ett tilfelle med ekstrem-storm for 200 års returperiode som kontroll.

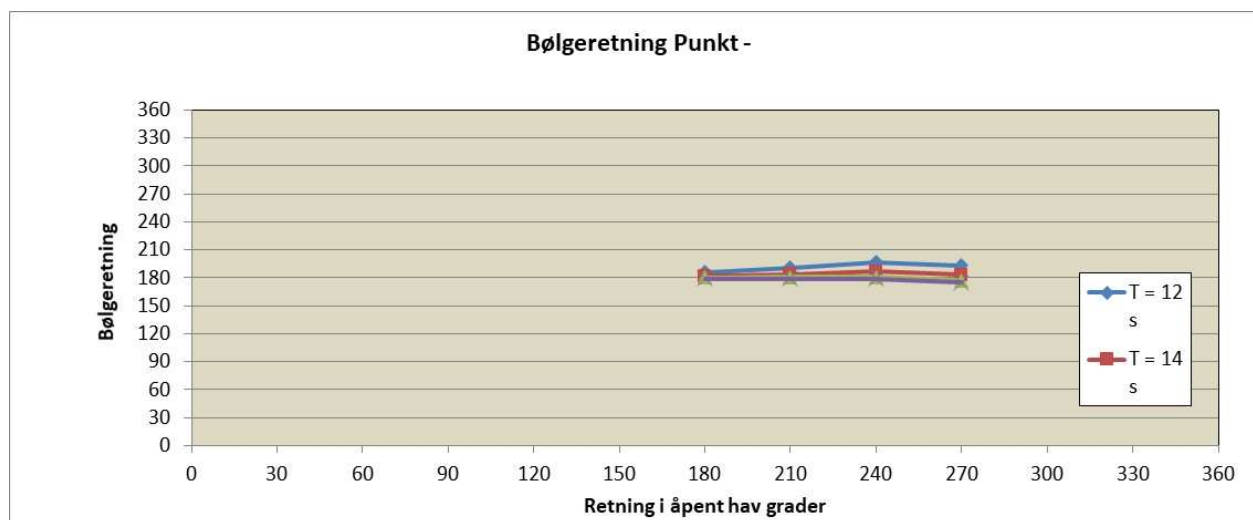
Retning°↓	$T_p$ →	12 s	14 s	16 s	18 s
180		1	2	3	4
210		5	6	7	8
240		9	10 + ekstrem 200 år	11	12
270		13	14	15	16



Figur 5 Bølgehøydekoefisient for et punkt i overgangen mellom den store og den detaljerte modellen

<sup>1</sup> Spektral topp-periode er den perioden i bølgespekteret som inneholder mest energi, det er i praksis den perioden som oppfattes som den dominerende.

<sup>2</sup> Signifikant bølgehøyde er definert som middelværdien av den høyeste tredjedelen av alle bølger i en storm eller en registrering. Det følger at det vil finnes flere bølger som er høyere, og et estimat på den høyeste av disse er  $H_{max} = 2H_{m0}$ .



Figur 6 Retning ved ytre grense for den detaljerte modellen for bølger fra Vestfjorden

Resultat av bølgeberegningen utenfor Svolvær er vist i Figur 5 og Figur 6. Den første av disse viser bølgehøyde-koeffisienten, dvs forholdet mellom (signifikant) bølgehøyde i punktet utenfor Svolvær og i et punkt i Vestfjorden. For retning  $210^\circ$  ser vi eksempelvis at ca 75 % av bølgehøyden i punktet i Vestfjorden vil fortsatt være til stede utenfor Svolvær. Selv om  $210^\circ$  retning har den høyeste koeffisienten, er likevel bølgene i Vestfjorden fra retning  $240^\circ$  høyere, slik den verste tilstanden utenfor Svolvær kommer ved bølgeretning i Vestfjorden  $240^\circ$ .

Vi ser også at tilfellet med 200 års sjøtilstand som er merket i Figur 5 faller på linje med de andre tilfellene som er undersøkt med en inngående bølgehøyde  $H_{m0} = 5.0$  m.

Figur 6 viser at retningen utenfor Svolvær er  $180^\circ \pm 5^\circ$  uansett hvilken retning bølgene har i fjorden.

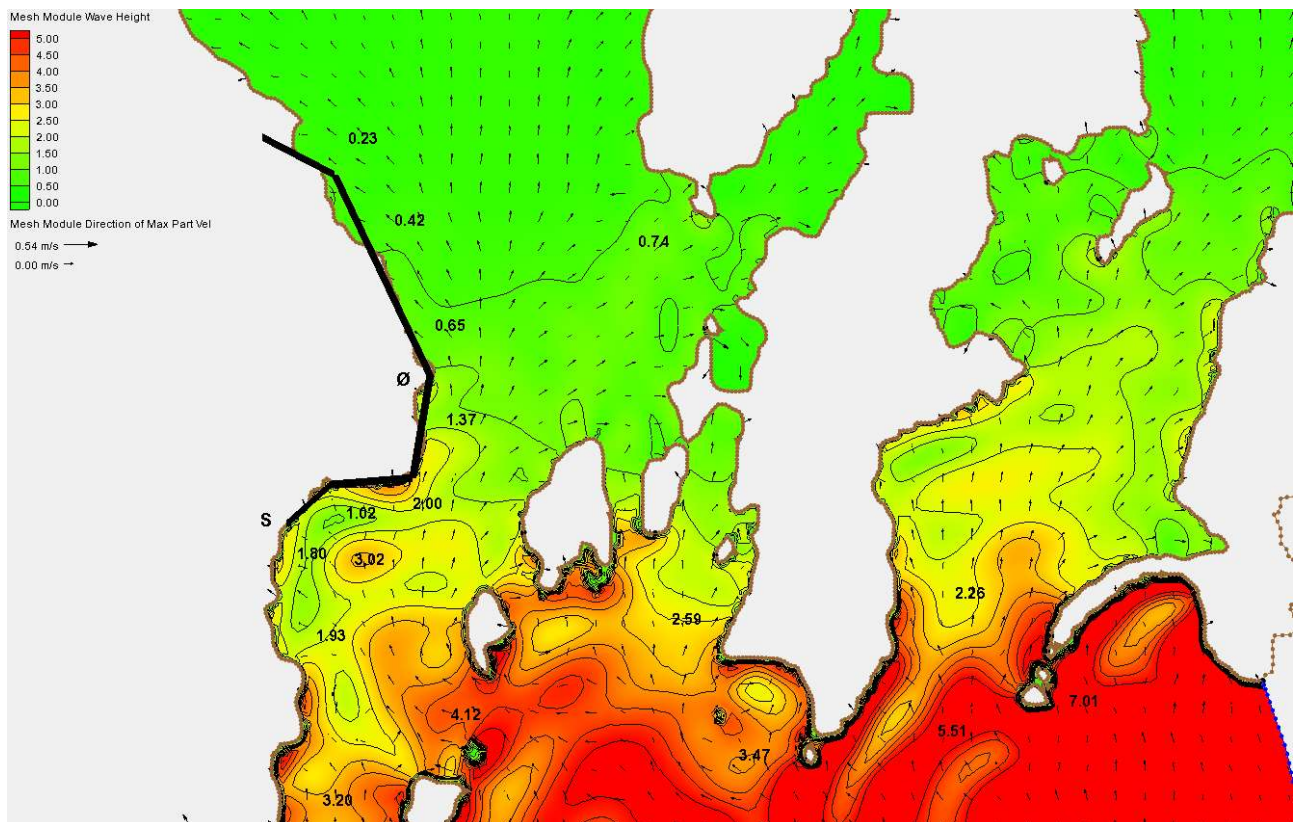
Vi kan nå utføre en analyse av bølgene mot utbyggingsområdet på følgende premisser:

1. Retningen utenfor Svolvær er konstant  $180^\circ \pm 5^\circ$  og uavhengig av retningen i Vestfjorden
2. Bølgehøyde-koeffisienten er uavhengig av bølgehøyden.

### Havbølger fra ytre Svolvær og fram til utbyggingen

Det følger at det vil være tilstrekkelig å modellere ett tilfelle av den innerste og minste modellen. Vi velger da å benytte data fra modelleringen av 200 års sjøtilstand fra  $240^\circ$  i Vestfjorden. I det tilfelle er bølgehøyden i åpent hav i Vestfjorden  $H_{m0} = 12.9$  m, og utenfor Svolvær er bølgehøyden redusert til  $H_{m0} = 7.4$  m med retning  $185^\circ$ .

Figur 7 viser innløpet til Osanpollen i denne tilstanden. Figuren viser fordeling av signifikant bølgehøyde. Den forslåtte utbyggingen er markert med tjukk, svart strek, og tallene viser den lokale bølgehøyden.



Figur 7 Fordeling av signifikant bølgehøyde ved Osanpollen i et tilfelle med 200 års sjøtilstand fra retning 240°. Punktene S og Ø er merket på figuren.

Den lokale bølgehøyden mot utbyggingens front mot sør er ca 2.0 m, men i et lite punkt er det markert at bølgehøyden er så lav som 1.0 m. Det er også et maksimalpunkt rett sør for fyllingsfronten der bølgehøyden er nær 3.0 m. Dette maksimalpunktet er et resultat av en tilnærmet parabolisk refleksjon fra den nye bukta som er dannet av den nye utbyggingen.

Vi finner ikke grunnlag for å fastslå at det skal være en merkbar variasjon i bølgehøyden langs den sørlige fronten, og foreslår at dimensjonerende signifikant bølgehøyde (med 200 års returperiode) settes lik  $H_{m0} = 2.1$  m på hele strekningen fra utbyggingens sørligste punkt til det østligste. Disse punktene er markert som hhv S og Ø på Figur 7.

I den beregnede 200-år-tilstanden er det antatt at bølgeperioden  $T_p = 14.0$  s, men for dimensjoneringsberegninger bør variasjonsområdet være  $T_p = 12 - 18$  s.

## Stormflo

Stormflo er betegnelsen for fenomenet at havnivået under spesielle værforhold kan bli meget høyt. De viktigste faktorene som gir opphav til stormflo er:

1. astronomisk tidevann, spesielt rundt fullmåne og vår/høst-jevndøgn
2. lavt luft-trykk
3. langvarig pålandsvind.

Merk at stormflo ikke inkluderer effekter med kort varighet, som vanlige stormbølger (5 – 20 s) eller svingninger i havnebassenger (1/2 – 5 minutter).

Det er benyttet vann-nivå basert på data fra Svolvær. Tabell 2 viser estimerte stormfloverdier for sikkerhetsklasse F1 og F2 inkludert havnivåstigning fram til 2100. Sikkerhetsklasse F1 er kaianlegg, naust, næringsbygg/haller. Sikkerhetsklasse F2 er kontorbygninger, boliger, leiligheter etc.

Tabell 2: Estimert stormfloverdier

År	Estimert stormflohøyde over NN2000, scenario RCP 8.5, spredning 95 %, 20 år returperiode, sikkerhetsklasse F1	Estimert stormflohøyde over NN2000, scenario RCP 8.5, spredning 95 %, 200 år returperiode, sikkerhetsklasse F2	Kommentar
2021	234	260	
2050	264	294	
<b>2090</b>	305	<b>331</b>	<b>Dimensjonerende nivå for tiltak i sikkerhetsklasse F1 og F2</b>
2100	313	343	

Høyeste beregnet vannstand med sikkerhetsklasse F2(klimapåslag) for 2090 vil være 331 cm over NN 2000. Til sammenligning er høyeste målte vannstand 248 cm 26.11.2021 under stormen Berit. (kilde kartverket.no)



## Forslag til avbøtende tiltak og anbefalte byggehøyder

### Sone sør for punkt Ø (Figur 7)

Beskyttelse mot bølger bør formes som en voll av grove steinblokker. Dampingsevnen i en slik voll er primært avhengig av vollens høyde (over dimensjonerende høyvann) og bredden i toppen. Vi antar at det er ønskelig å holde vollen så lav som mulig for å bevare utsikt.

Tillatt overskyllingsmengde på arealet innenfor vollen settes til 10 liter per sekund per meter (l/(sm)). Ved denne overskyllingsraten vil området fortsatt være farbart for maskiner og tyngre kjøretøy, og personer med rett utstyr og god førlighet kan fortsatt bevege seg der.

I en ekstrem stormsituasjon vil området ikke være trygt eller farbart for alminnelig publikum eller personer med noen form for bevegelseshemming.

Skjerming mot overskylling kan oppnås ved heve molotoppen, eller ved å øke bredden i toppen. Ønsker man å bevare utsikt mot havet, vil man typisk bygge en molo som er lav og brei. Tabell 3 viser en oversikt over hvilke kombinasjoner av bredde og høyde som kan brukes for å oppnå en overskylling begrenset til hhv 10 og 25 l/(sm). I denne forbindelse vil en grense på 10 l/(sm) tillate at området benyttes til generelle formål, som industri, bolig, handel osv. Ved en grense på 25 l/(sm) vil bruken være begrenset til utendørs lager av tyngre og robuste gjenstander uten forurensingsfare, som f.eks. betongblokker, tungt fiskeredskap, steinblokker, ankerutstyr, visse typer stårør, m m.

Tabell 3 Tabell som viser nødvendig bredde i toppen av moloen ved gitte høyder av molotoppen. For det aktuelle området bør en grense på 10 l/(sm) benyttes.

**Eksempel:** dersom man velger en total høyde av molo/fylling på 5.06 m NN2000, må bredden i topp være 4.0 m for å begrense overskyllingen til 10 l/(sm). Dersom høyden settes til 6.31 m NN2000, er breddekravet 1.0 m, hvilket kan oppfylles med f.eks. en betongmur.

Høyde topp av molo over dimensjonerende stormflo m	Høyde topp av molo over NN2000 m	grense for overskylling 10 l/(sm)	grense for overskylling 25 l/(sm)
		Nødvendig bredde i topp av molo m	Nødvendig bredde i topp av molo m
1.50	4.81	4.50	3.50
1.75	5.06	4.00	2.80
2.00	5.31	3.40	2.00
2.50	5.81	2.00	1.50
3.00	6.31	1.00	0.50

I en dimensjonerende situasjon (stormflo + bølger) vil vann skylle over eksisterende fyllingsfront (dvs uten noen form for tiltak). I en avstand på ca. en 1/3 bølgelengde kan vi regne med at påvirkningen fra bølger vil være merkbar. Dette utgjør ca 60 meter inn på land dersom det ikke bygges en voll eller molo for å dempe bølgeoppskyllingen. Ved å etablere molo ved sjøfronten vil den ta av for stormflo og bølger som skyller inn over land. Minimum molohøyde bør være 1,5 meter fra dimensjonerende og da molobredde 4,5 meter for å kunne ha akseptabel overskyllingsmengde, 10 l/s pr meter. (ref. tabell 3)

Anbefaler en dreningssone på bredde ca 5 meter i avslutning av moloen som vil kunne ta opp mye av overskyllingsvannet. Om ønskelig kan man bygge en promenade av f.eks. lettere materiale som går over dreneringsplanet.

Eventuelle kontor/bolig bygg må være sikret mot vann opp til 3.31 m, men de må også ha en viss avstand fra sjøen slik at bølgene ikke treffer husene. Det vil være en forutsetning for området med riktig terrenghelning slik at vannet renner bort fra husene og tilbake mot moloen.

- A. Faresone uten tiltak for å dempe bølger: 60 m fra eksisterende fyllingsfront.
- B. Faresone for alminnelige bygg (Flomklasse F2) kan elimineres ved å bygge en voll mot sjøen med dimensjoner som vist i Tabell 3 (10 l/(sm)) + en dreneringssone på ca 5.0 m på innsiden av vollen. Bygg kan da oppføres bak dreneringsonen.
- C. Faresone for flomtolerante installasjoner (eks utendørslager, lager uten menneskelig opphold, etc; Flomklasse F1) kan elimineres ved å bygge en voll mot sjøen med dimensjoner som vist i Tabell 3 + en dreneringssone på ca 5.0 m på innsiden av vollen
- D. Tiltakene i Punkt B og C over vil eliminere flomfaren, men området vil fortsatt være utsatt for sjøsprøyt som periodevis kan fryse, og sterk vind.
- E. For tiltakene i Punkt B og C over vil flomfare fra bølger være eliminert og nødvendig sikring mot flom (stormflo) er minimum 331 cm NN2000 (Tabell 2). Terrengtet må likevel være arrondert slik at det alltid er fall mot sjøen, eller overvann ledes bort fra byggene.

Merk at golvnivået i eventuelle bygg må ligge over 3331 cm NN2000 for å hindre at vann trenger opp til golvnivået og fukter bjelkelaget.

## **Sone nord for punkt Ø (Figur 7)**

Tiltak for denne sonen vil avhenge av hva området skal benyttes til. Sonen er beskyttet mot bølger, slik at høyden ikke behøver å være sikret mot bølger.

Dersom området skal brukes til kai, bør høyden fastsettes på grunnlag av hva som er hensiktsmessig for effektiv skipshåndtering. Dersom man velger en høyde på 3.3 m NN2000, vil det i et ekstremtilfelle kunne gi noe vann inn på kaiplanet.

Dersom det skal plasseres bygninger på kaiplanet, må byggene sikres mot flom. Det betinger at byggene bør sikres opp til ca 3.5 – 3.6 meter NN2000. Dette gir rom for gulvbjelker og elektrisk anlegg under gulv byggehøyden.

Dersom det er planlagt kontorer eller boliger nær kaikanten, bør det gjennomføres en mer detaljert analyse for denne sonen.

## Farled:

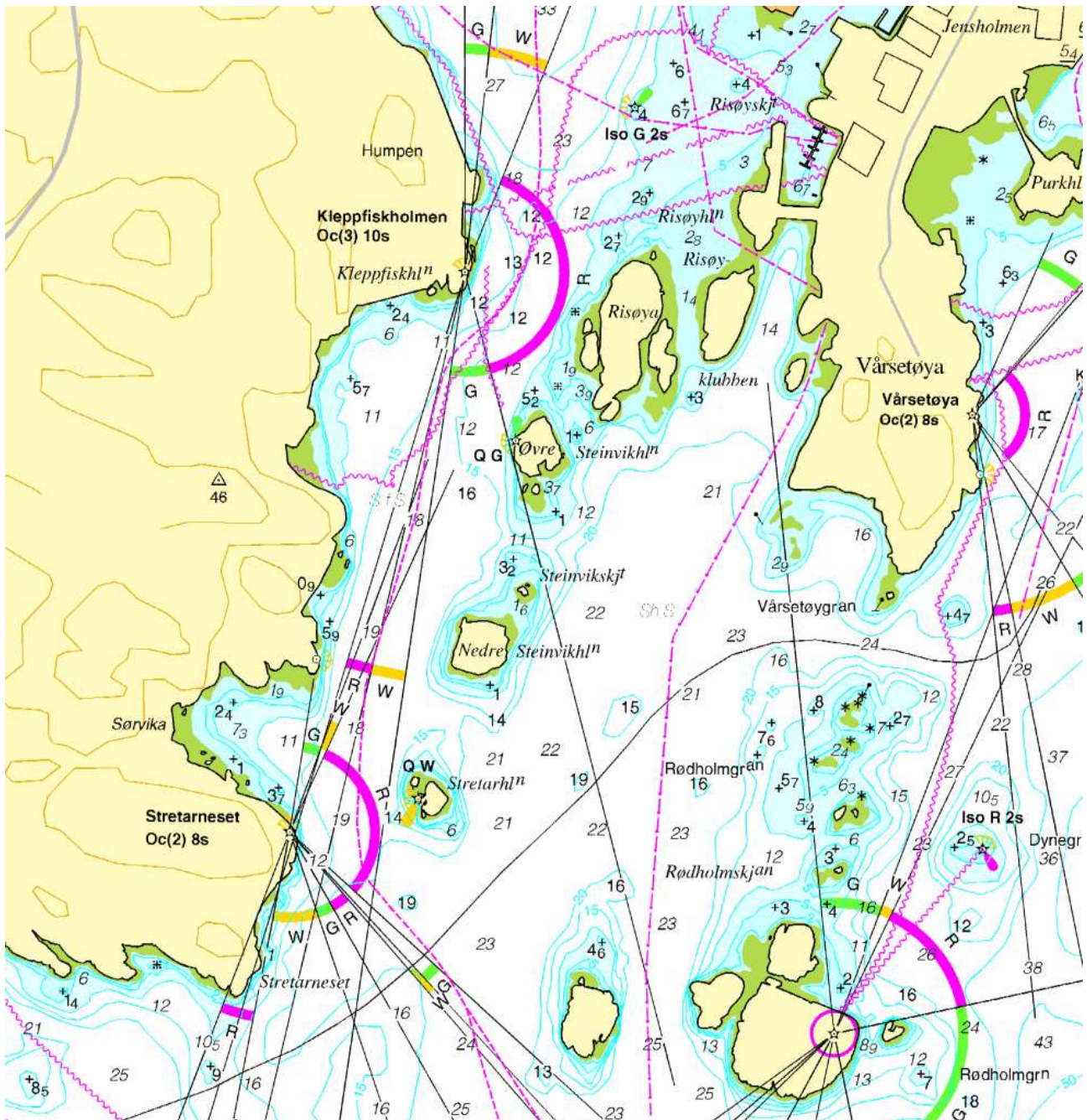
Farleden og skipstrafikken vil ikke være påvirket av prosjektet da avstanden/bredden i farleden vil være uforandret. Det har tidligere vært utført skipssimulering av Kongsberg, se Figur 8.

Skipsvern vil ikke være nødvendig da moloen vil ta imot eventuelle støt fra skipskollisjon, slik at bygningene på land ikke blir berørt.

Hvis det settes opp bygg med permanent belysning eller annen kraftig belysning kan det være vanskelig for skip å se navigasjonsmerkene mot en slik bakgrunn. Kystverket kan komme med krav om restriksjoner på slik belysning, eller det kan være aktuelt å endre eller å sette opp nye merker. Kystverket avgjør behov og omfang av slike tiltak, og kan kreve at utvikleren dekker hele eller deler av kostnaden. Det er særlig lyktene på Stretarneset og Kleppfiskholmen som kan være utsatt, se Figur 9.



Figur 8: Utklipp fra skipssimulering utført av Kongsberg



Figur 9 Utsnitt av sjøkart

## Konklusjon

Høyeste vannstand med sikkerhetsklasse 2(klimapåslag) for 2090 vil være 331 cm over NN 2000.

Estimerte stormflo verdier for sikkerhetsklasse F1 og F2 inkludert havnivåstigning fram til 2100 er vist i tabell under.

År	Estimert stormflohøyde over NN2000, scenario RCP 8.5, spredning 95 %, 20 år returperiode, sikkerhetsklasse F1	Estimert stormflohøyde over NN2000, scenario RCP 8.5, spredning 95 %, 200 år returperiode, sikkerhetsklasse F2	Kommentar
2021	234	260	
2050	264	294	
<b>2090</b>	<b>305</b>	<b>331</b>	<b>Dimensjonerende nivå for tiltak i sikkerhetsklasse F2 og F2</b>
2100	313	343	

Dersom det ikke gjøres tiltak for å dempe bølger er de nærmeste 60 m fra fyllingsfronten i sørlig del en faresone der det ikke kan oppføres bygg eller andre installasjoner.

Vi anbefaler at det bygges opp en voll ved fyllingsfronten i sør slik at bølgeoverskylling elimineres. For bygg i Flomklasse F2 benyttes dimensjoner på vollen som vist i **Error! Reference source not found.** I alle tilfeller må det avsettes en sone bak vollen på ca 5.0 m bredde for drenering av en viss mengde overskyllende vann.

Det er forutsatt en kjernefylling med et filterlag og et plastringslag. Disse må spesifiseres i detaljprosjekteringen.

For hele området (nord og sør) anbefales en høyde på bygg (uk golv) på 3.5 m - 3.6 m NN2000.

Oppdragsgiver: **Clemens Eiendom AS**

Oppdragsnr.: **5207788** Dokumentnr.: **1**

03	2022-04-22	Presisert konklusjoner, korrigert	AEL	Soia Rahasindrainy	Soia Rahasindrainy
03	2022-04-22	Presisert konklusjoner	AEL	Soia Rahasindrainy	Soia Rahasindrainy
02	2021-04-07	utbedring	EUS/AEL	AEL	EUS
01	2021-03-09	intern kontroll	Arne E. Lothe/Elin Ulstad Stokland	AEL	AEL/EUS
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.