

Vanylven kommune

► Bølgeanalyse og havneplan

Klovningen havn

Oppdragsnr.: 52108992 Dokumentnr.: Vedlegg 3 Versjon: 03 Dato: 2023-03-31



Oppdragsgiver: Vanylven kommune
Oppdragsgivers kontaktperson: Helge Kleppe
Rådgiver: Norconsult AS, Klæbuveien 127 B, NO-7031 Trondheim
Oppdragsleder: Pernille Ibsen Lervåg
Fagansvarlig: Arne E. Lothe
Andre nøkkelpersoner: Magnus T. Bach-Gansmo

03	2023-03-31	Oppdatert havneplan	Magnus T. Bach-Gansmo	Athul Sasikumar	Pernille Lervik
02	2022-09-06	Inkludert molo i nord	Magnus T. Bach-Gansmo	Arne E. Lothe	Pernille Ibsen Lervåg
01	2022-06-08	Til oppdragsgiver	Magnus T. Bach-Gansmo	Arne E. Lothe	Pernille Ibsen Lervåg
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.

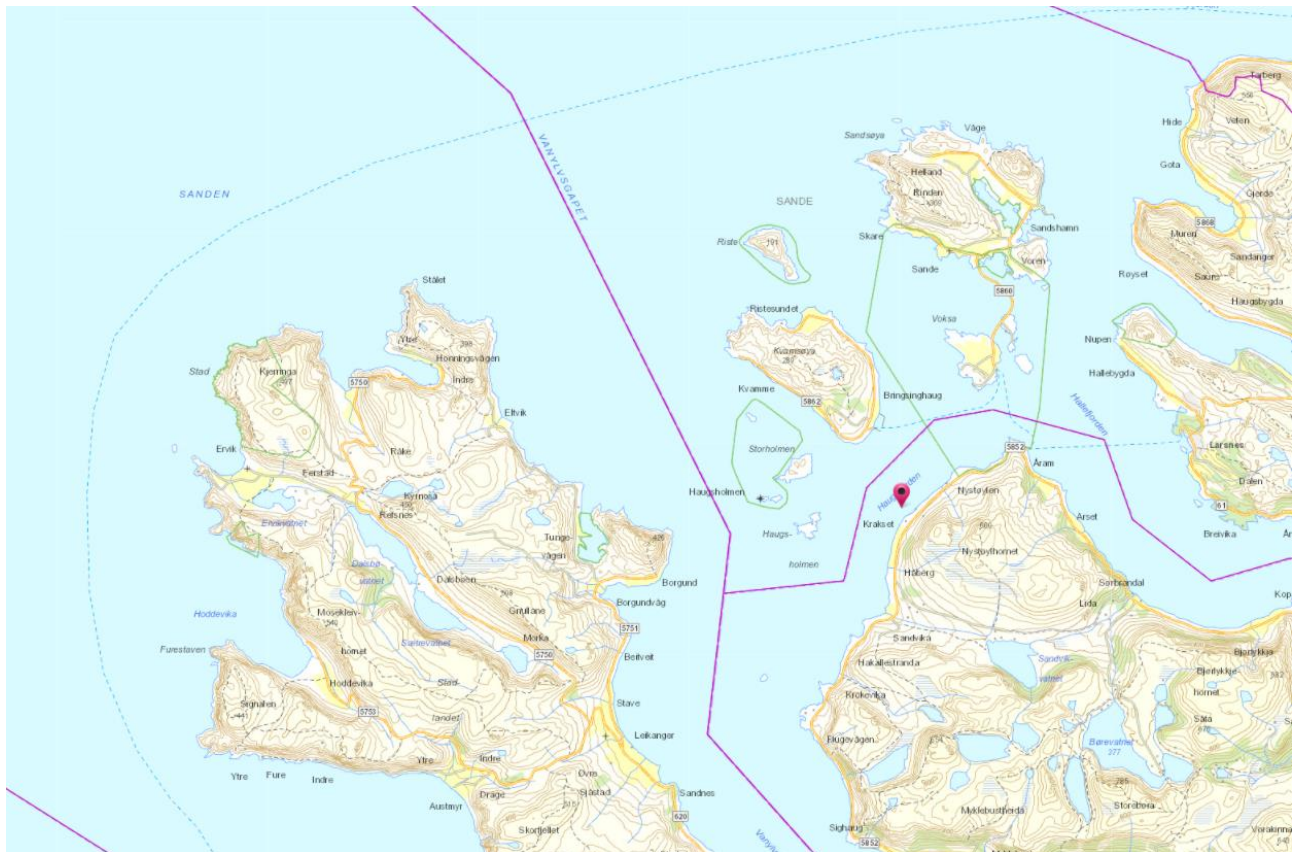
► Innhold

1	Bakgrunn	5
1.1	Skipstrafikk ved havna	6
2	Vannstand og bølger	8
2.1	Vannstand	8
2.2	Bølger	10
2.2.1	Vindbølger	10
2.2.2	Havsjø	12
2.2.3	Dimensjonerende bølgehøyde	15
3	Eksisterende molo	16
4	Havneplan	21
4.1	Innseiling	21
4.2	Vendesirkel / manøvreringsareal	21
4.3	Utdypning	21
4.4	Antall nye båtplasser	22
4.5	Utfylling næringsareal og småbåthavn	23
4.6	Ledninger og kabler	24
5	Molodimensjoner	25
5.1	Molohøyde	25
5.1.1	Vurderinger molohøyde	25
5.2	Stabile steinstørrelser	26
6	Mengdeberegning	30
7	Faresone flom H320	31
7.1	Småbåthavna	31
7.2	Næringsarealet	31
7.3	Nord for molo 3	31
8	Referanser	34

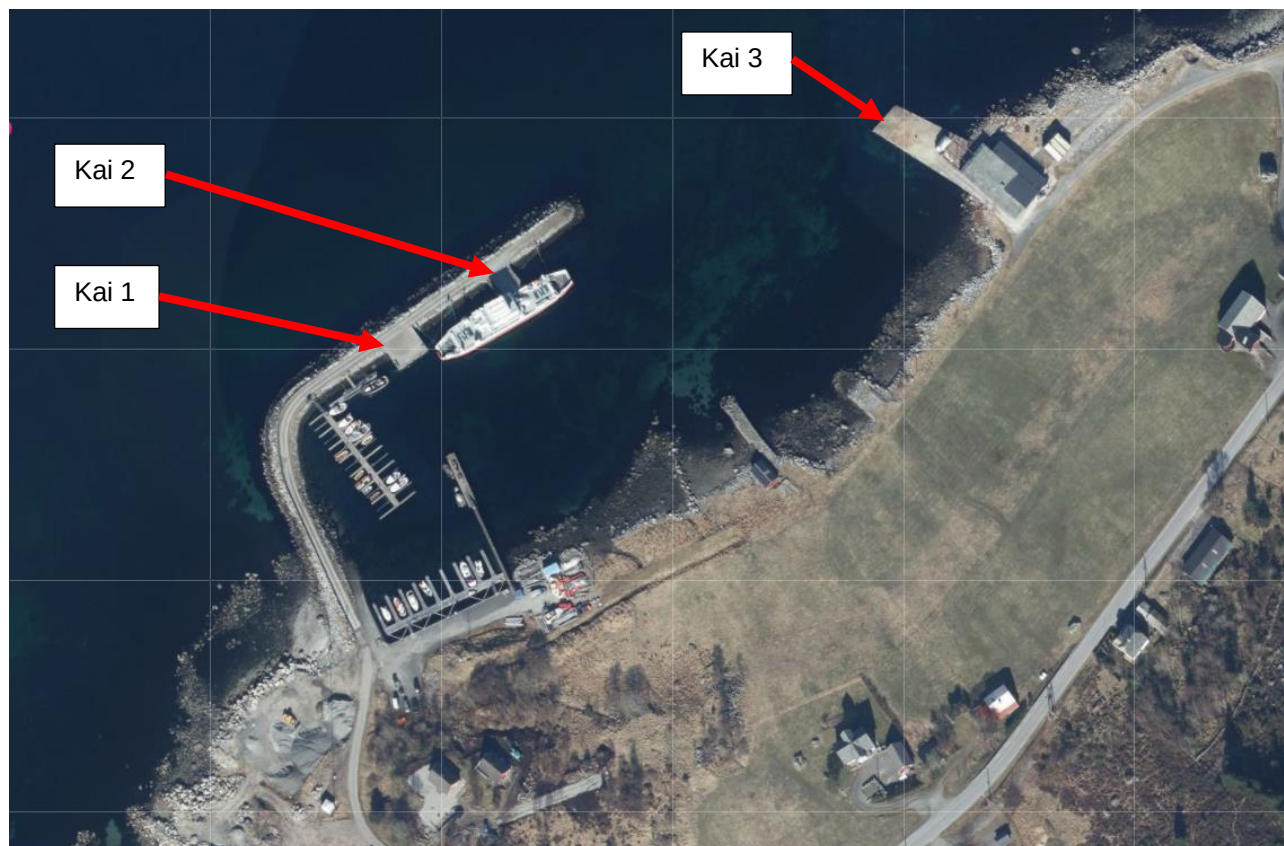
1 Bakgrunn

Vanylven kommune planlegger en utvidelse av Klovningen havn i Haugsfjorden, se Figur 1. Figur 2 viser et flyfoto av dagens havn og tre eksisterende kaier. Utvidelsen av havna har følgende mål:

- Gi bedre skjerming mot nordlige bølger.
- Utvide næringsarealet nordøst i havna.
- Legge til rette for større fritidsbåter og sjarker med lengde opp til 15 m (50 fot) i den sørlige delen av havna.
- Øke antall liggeplasser for fritidsbåter inne i havna.



Figur 1 Oversiktskart. Klovningen havn ligger i Vanylven kommune og er markert med den røde markøren.



Figur 2 Flyfoto av dagens havn. Det eksisterer i dag to kaier langs moloen, som benyttes til fiskeri og liggeplass for lengre fartøy. I nordøst ligger det et næringsareal og kaianlegg, som kommunen og tomteeier ønsker å utvide.

1.1 Skipstrafikk ved havna

Dagens havn benyttes av fritidsbåter, sjarker og av noen større fartøy. Området er delt med småbåthavn i sør og næringsareal med tilhørende kai i nord, kai 3. Figur 2 viser at småbåthavna har 35 – 40 eksisterende liggeplasser og to kaier langs eksisterende molo, kai 1 og 2.

Tabell 1 viser et utdrag av hvilke skip med aktiv AIS som passerte inn og ut av havna i 2021 hentet fra Kystdatahuset [1]. Det er antatt at lasteskipene benytter kaia ved næringsarealet (kai 3) og at resterende fartøy benytter kaiene 1 og 2. I tillegg er det kjent at sjarker benytter Kai 1 hyppig.

Analysen viser at småbåthavna benyttes av ulike fartøy med lengde rundt 15 m og lengre båter med lengde på hhv. 37 og 59 m. Dypgående på fartøyene i småbåthavna strekker seg ned til 2,5 – 3,0 m. Norconsult har fått opplyst at den lengste fritidsbåten på 59 m skal flyttes til en annen havn.

I dag benyttes næringsarealet til å motta og lagre masser, som så fraktes videre. Massene kommer inn på lasteskip med lengde opp til 70 m og dypgående 4,0 – 5,1 m.

Tabell 1 Utvalg av skip over 15 m som benyttet havna i 2021.

Navn	Skipstype	Lengde	Bredde	Antatt dypgående
Antas liggende inne i havnebassenget				
Chantal	Yacht	37 m	6,1 m	2,6 m
LOS 124	Pilot Vessel (losbåt)	16,8 m	5,2 m	Ukjent
LOS 133	Pilot Vessel (losbåt)	17,0 m	4,9 m	Ukjent
Fjord-Kongen	Ferge (charter)	59 m	10 m	2,8 m
Dykkerservice 3	Work/repair vessel	15,0 m	9,5 m	2,9 m
Antas liggende ved næringsareal nord for havnebassenget				
Freifjord	Bulk Carrier	56 m	9,3 m	4,3 m
Scanbio Dart	Waste Disposial Vessel	67 m	10,1 m	3,4 m
Torvang	General Cargo Ship	68 m	11,4 m	5,1 m
Tornado	General Cargo Ship	50 m	10,1 m	3,2 m
Tornes	Aggregates Carrier	62 m	10,6 m	3,9 m

2 Vannstand og bølger

2.1 Vannstand

Tidevannsnivåer og stormflonivå er hentet fra Se havnivå [2] for Vanylven kommune. Aktuelle vannstander for Klovningen er vist i cm over NN2000 i Tabell 2 og i Figur 3.

Tabell 2 Tidevannstander og stormflonivå i cm over NN2000 ved Vanylven kommune [2].

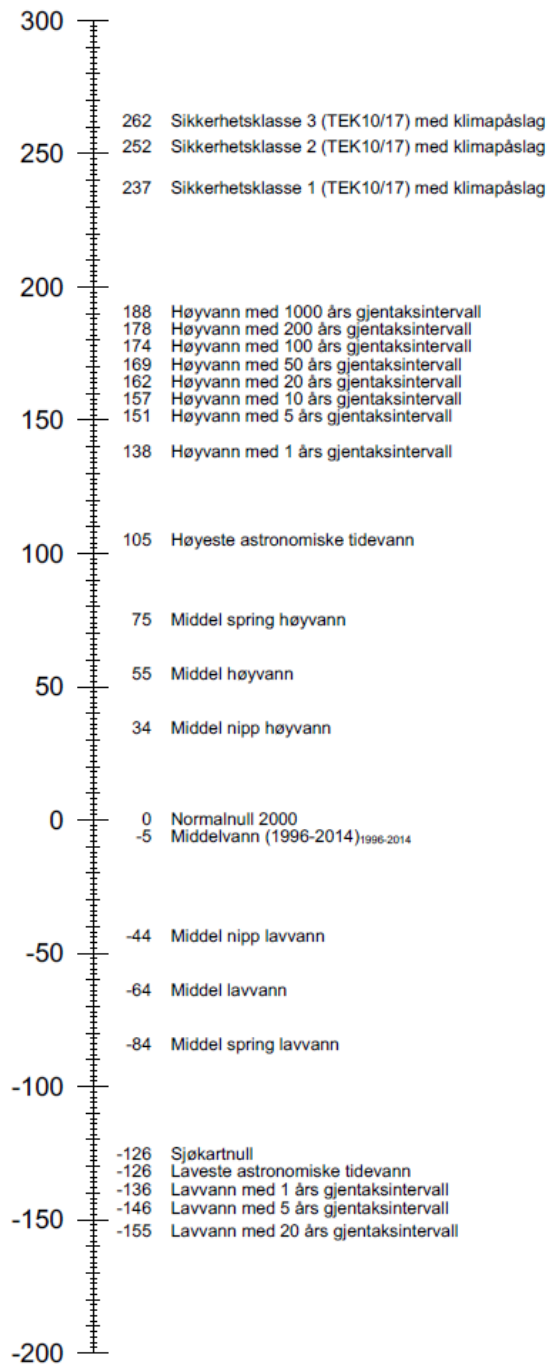
Vannstand	Verdi
200 års stormflo i 2090 (F2)	252 cm
20 års stormflo i 2090 (F1)	237 cm
200 års stormflo i 2022	178 cm
20 års stormflo i 2022	162 cm
Høyeste registrerte vannstand i Måløy	168 cm
Høyeste astronomiske tidevann (HAT)	105 cm
Middelvann (MV)	-5 cm
Laveste astronomiske tidevann (LAT)	-126 cm

N62°6,0' E5°33,4'

Nivåskisse

VANYLVEN KOMMUNE

Nivå knyttet til tidevann er hentet fra Måløy, justert med faktor 1,02.



Figur 3 Vannstander hentet fra Se havnivå. Høydereferanse i m over NN2000.

2.2 Bølger

Klovningen ligger langs fastlandet i Haugsfjorden og er delvis beskyttet av øyer, se Figur 1. Ved havna finnes to typer bølger som kan opptre samtidig eller uavhengig av hverandre:

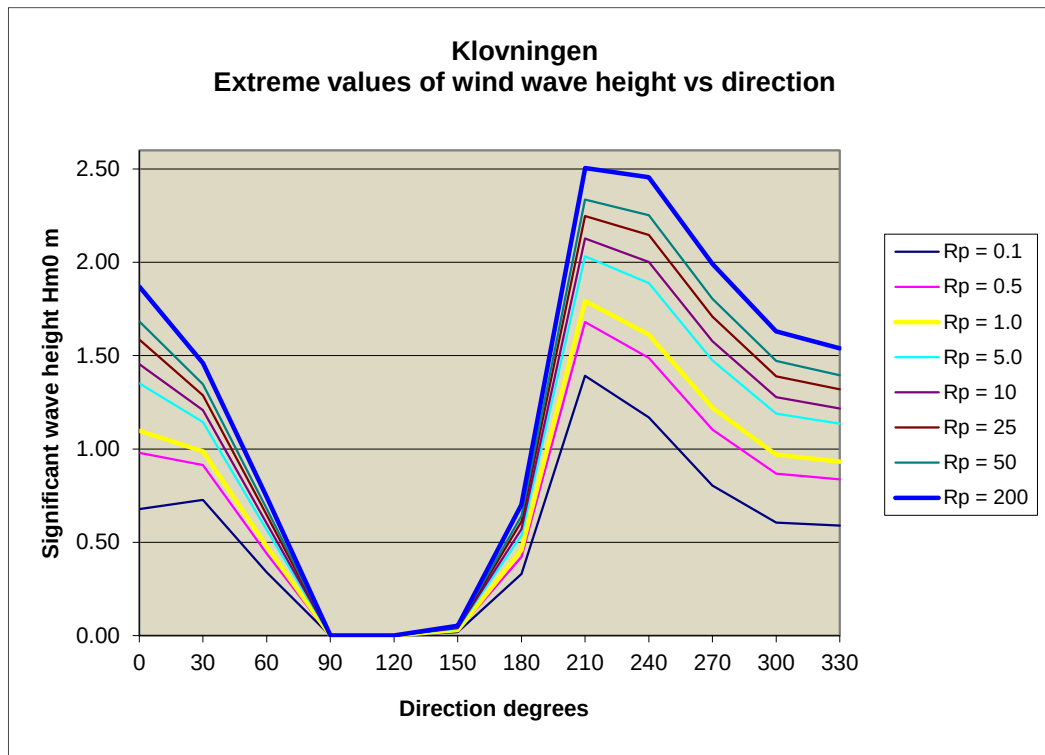
- 1) Lokale vindbølger dannet i bassenget mellom Stad i vest, Kvamsøya og Sandsøya i nord og Gurskøya i øst.
- 2) Dønninger fra åpent hav som kommer inn mellom Stadt og Kvamsøya, og mellom Kvamsøya og Sandsøya.

2.2.1 Vindbølger

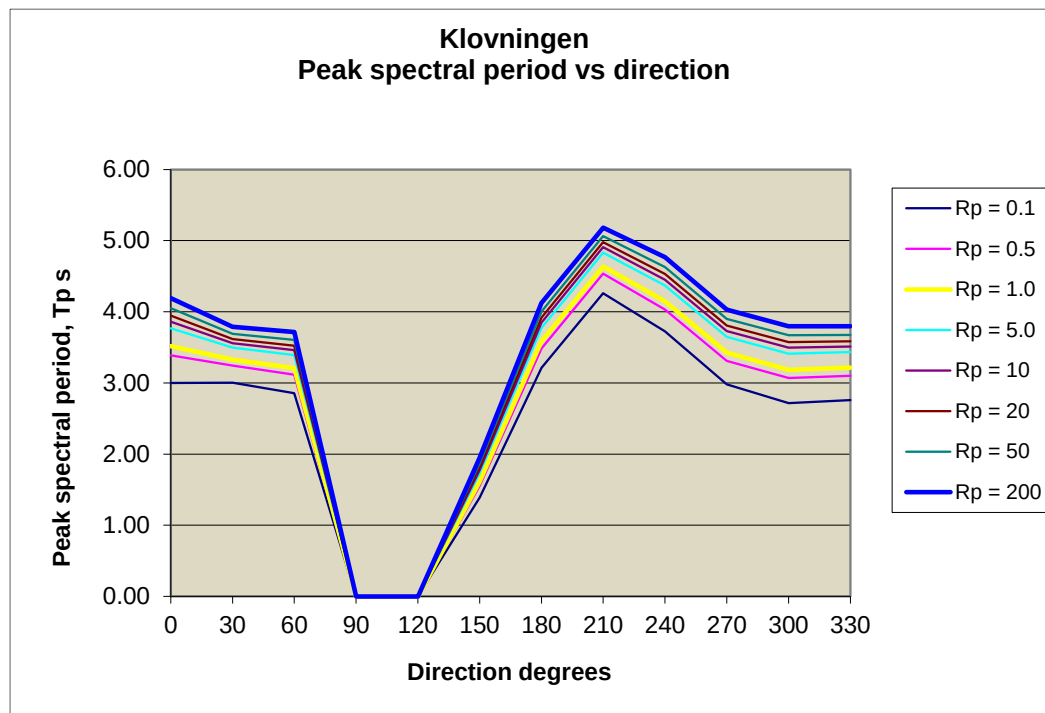
Vindsjø er beregnet ved hjelp av en standard metode som er basert på en beregning av ekstremverdier av vind fra en nærliggende målestasjon, og en beregning av bølgene som kan oppstå ved den beregnede vinden. Vi benytter SINTEFs programvare HSCOMP til bølgeberegningen og bølgene er først beregnet i et punkt 500 m nord for Klovningen. I dette punktet fanger man opp strøklengder mot Leikanger i sørøst og Hallebygda i nordøst. Deretter er det estimert reduksjonsfaktorer i et punkt rett utenfor eksisterende molo. Metoden er basert på at energien er normalfordelt omkring en hovedretning, og at landkonturene skjermer for visse retninger.

I beregningen av vindsjø er det benyttet vinddata fra målestasjonen på Svinøy, som dekker tidsintervallet 1992 – 2011. Det er antatt at vindforholdene ved Klovningen er tilnærmet like.

Figur 4 og Figur 5 viser henholdsvis fordelingen av signifikant bølgehøyde, H_s og spektral topp-periode, T_p dannet av lokal vind. Resultatene viser at de største vindbølgene opptrer ved sørvestlig vind (210° - 240°). I tillegg kan man forvente bølgehøyder opp mot 2 m ved nordlige vindretninger (0°).



Figur 4 Fordeling av signifikant bølgehøyde dannet av lokal vind. R_p = returperiode.



Figur 5 Fordeling av spektral topp-periode for vindbølger ved Klovningen. R_p = returperiode.

2.2.2 Havsjø

Havsjø er estimert ved hjelp av programvaren STWAVE. Programvaren er en frekvensmodell og tar hensyn til blant annet brytning, refraksjon og diffraksjon.

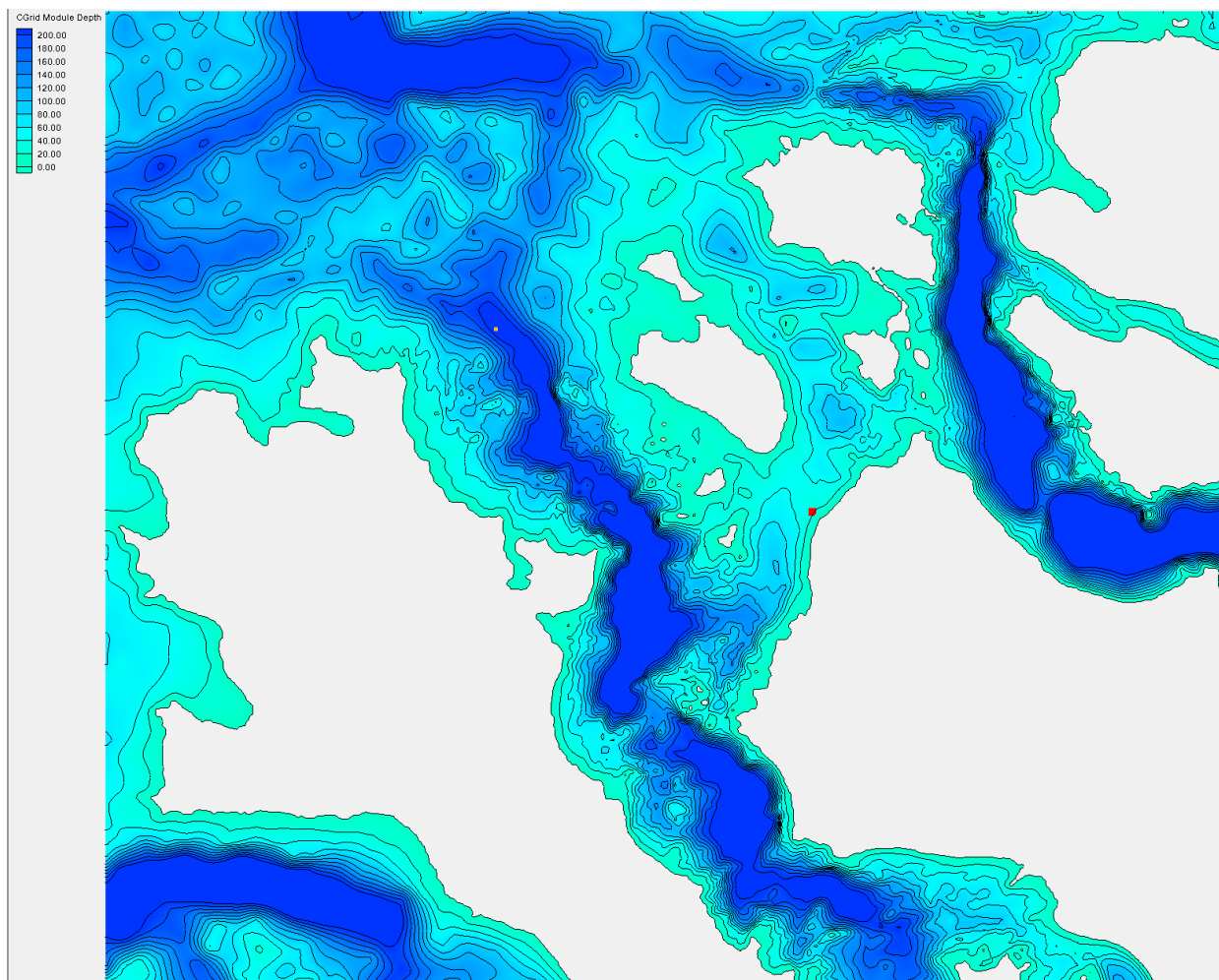
Benyttet dybdemodell er vist i Figur 6. Den er bygget opp av primærdata for området med en oppløsning på 100 x 100 m. I beregningene er det benyttet en vannstand på 2,8 m over middelvann, som tilsvarer flomklasse F2 nivå.

I analysen er det benyttet ekstremverdier utledet fra hindcastdata i punkt 63,1° N og 4,1° Ø. Disse dataene dekker tidsintervallet mellom 1970 og 2004, og 200 års signifikant bølgehøyde, H_s i åpent hav er vist i Tabell 3. Spektral topp-periode, T_p for disse bølgene ligger i intervallet 10 – 18 s.

Tabell 3 200 års signifikant bølgehøyde i hindcastpunkt 63,1° N og 4,1° Ø.

Retning i åpent hav	210°	240°	270°	300°	330°	360°
200 års H_s	11,9 m	15,4 m	14,4 m	14,1 m	13,8 m	13,0 m

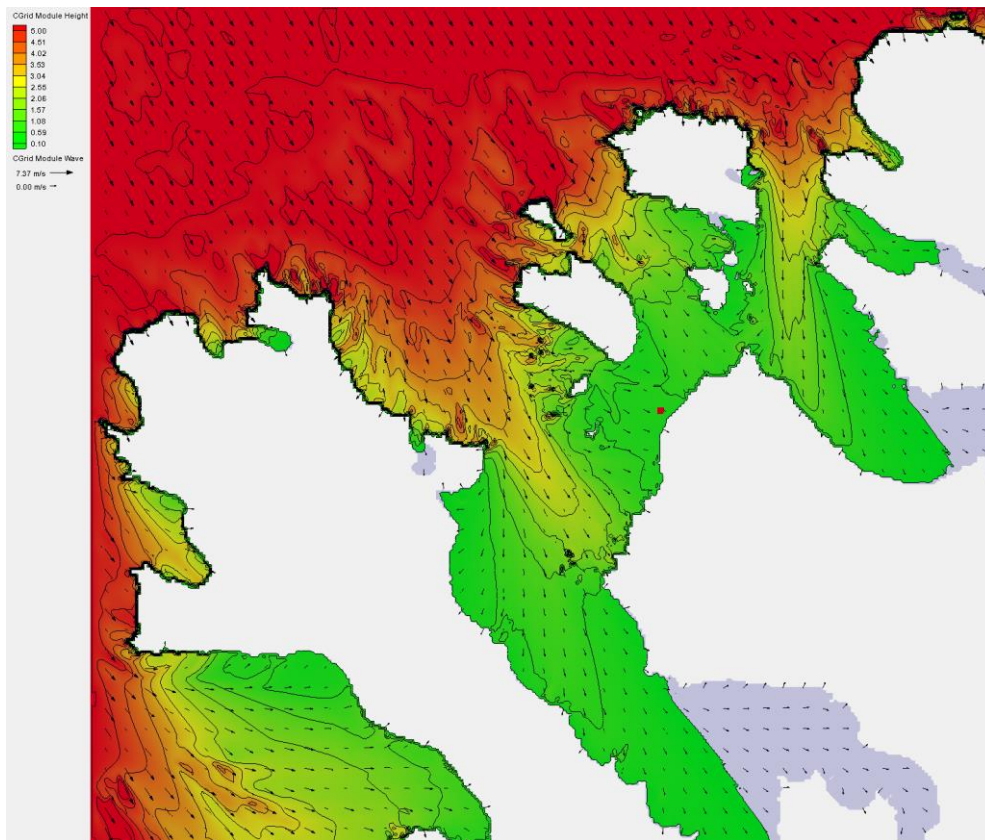
Bølgeanalysen er utført ved at bølgeretningen, Θ og spektral topp-periode, T_p i åpent hav er variert. Innkommende signifikant bølgehøyde, $H_{s,inn}$ er holdt konstant og satt lik 5,0 m for alle retninger for hver kjøring. Vi antar altså at bølgehøyden er lineær, noe som betyr at f.eks. en dobling av bølgehøyden i åpent hav fører til en dobling av bølgehøyden lenger inn mot land. Resultatene fra denne analysen gir oss bølgehøydekoefisienter i det røde punktet vist i Figur 6, som ligger ca. 150 m nordvest for havna. Bølgehøydekoefisientene kombineres så med hindcastdata fra Tabell 3 når vi bestemmer 200 års H_s fra åpent hav ved Klovningen havn.



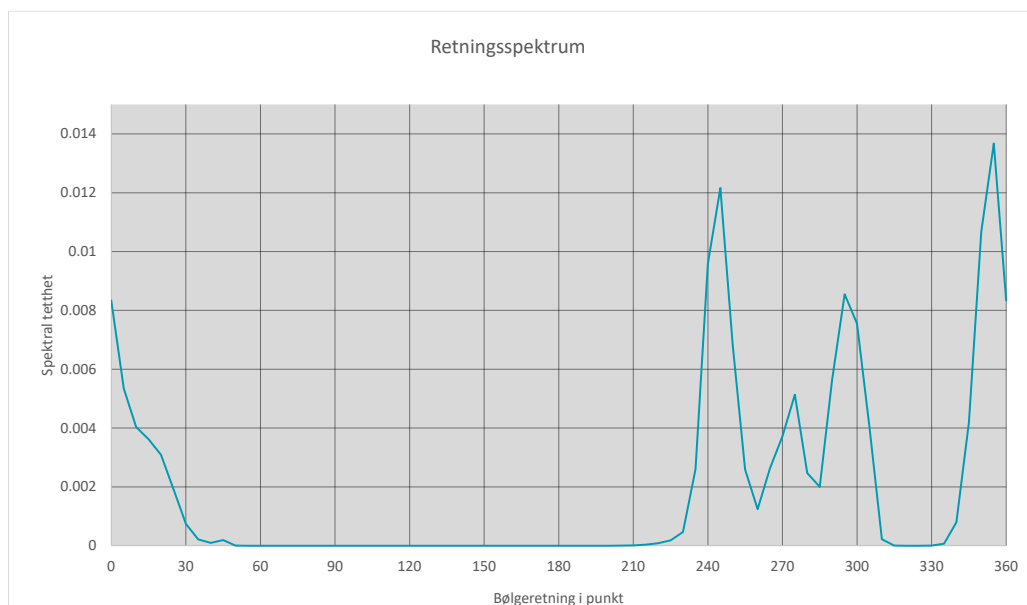
Figur 6 Dybdemodell. Bølgehøydekoefisienter er hentet fra det røde punktet, som ligger ca. 200 m nordvest for Klovningen havn.

Figur 7 viser forplantningen av havsjø fra åpent hav og inn til Klovningen havn i et tilfelle med $H_{s,inn} = 5,0$ m, $T_p = 14$ s og retning i åpent hav lik 330° . Det kommer tydelig frem at Klovningen ligger godt beskyttet av øyene i nord, men at det kommer inn en del havsjø på begge sider av Kvamsøya. Figur 8 viser fordelingen av bølge-energi på retning i det røde punktet i Figur 6 når bølgeretningen i åpent hav er 330° . Dette kalles et retningspektrum. De tre toppene fra 240° til 300° er bølgeenergi som kommer inn fra NV mellom Stadtlandet og Kvamsøya. Den høyeste av disse har retning fra 240° , og det er bølger som kommer inn fra 330° og runder Haugsholmene og kommer deretter inn mot Klovningen fra SV (240°). I akkurat dette tilfellet får vi også et bølge-bidrag fra nordsiden av Kvamsøya (toppen til høyre). Men når bølgeretningen dreier mer mot vest og sørvest, blir bidraget fra sørsiden av Kvamsøya større. Norconsult konkluderer derfor med at det kommer ca. like mye bølgeenergi fra begge sider av Kvamsøya.

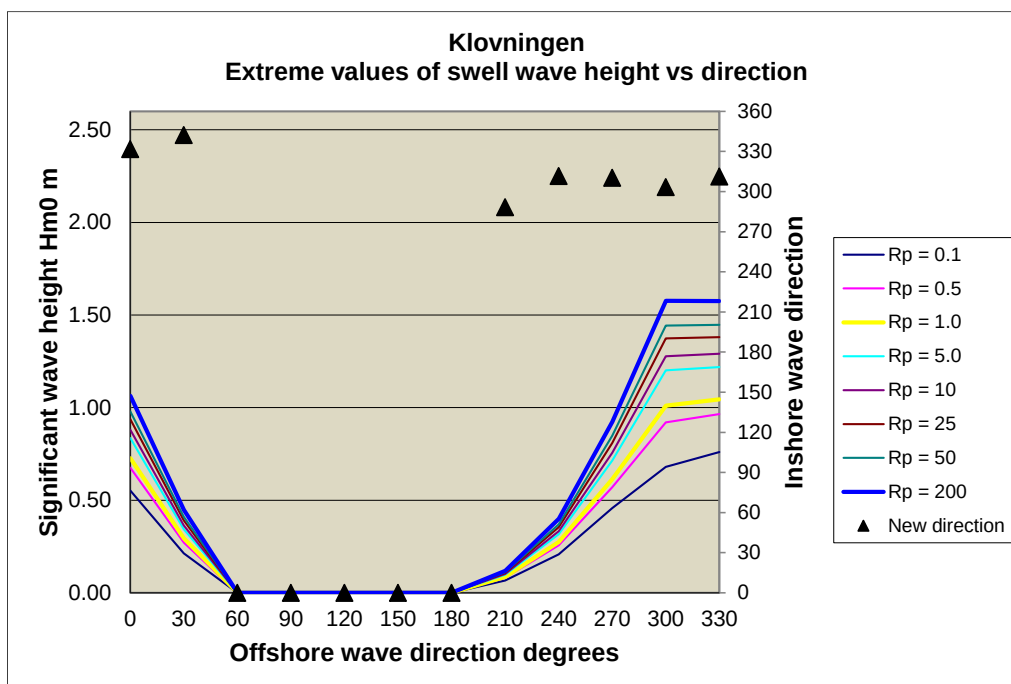
Figur 9 viser fordeling av H_s fra åpent hav i det røde punktet i Figur 6. Resultatene viser at 200 års H_s fra åpent hav ligger rundt 1,6 m når bølgeretningen er $300^\circ - 330^\circ$ i åpent hav. De svarte trekantene viser ny midlet bølgeretning ved Klovningen, som ligger rundt $310^\circ - 330^\circ$, men er tilnærmet uavhengig av retningen i åpent hav.



Figur 7 Viser et tilfelle med $H_{s,inn} = 5,0$ m, $T_p = 14$ s og retning i åpent hav lik 330° .



Figur 8 Retningsspektrum i det røde punktet i Figur 6. Spektrumet gjelder for et tilfelle med $H_{s,inn} = 5,0$ m, $T_p = 16$ s og retning i åpent hav lik 330° .



Figur 9 Fordeling av signifikant bølgehøyde fra åpent hav i det røde punktet i Figur 6. Rp = returperiode.

2.2.3 Dimensjonerende bølgehøyde

Dimensjonerende H_s er funnet ved å summere bidraget fra lokal vindsjø og havsjø med følgende formel:

$$H_{s,kombinert} = \sqrt{H_{s,vindsjø}^2 + H_{s,havsjo}^2}$$

Tabell 4 viser den kombinerte signifikante bølgehøyden, $H_{s,kombinert}$ med 200 års gjentaksintervall. I summeringen er det antatt at retning på dønninger og vindsjø kan avvike med opptil 60°. $H_{s,kombinert}$ er vist med fete bokstaver og radene ovenfor angir hvilke bølgehøyder som er summert for hver retning.

Resultatene viser at de høyeste bølgene dannes av lokal vind og kommer fra sørvest. Disse bølgene vil traversere tilnærmet parallelt med moloen, som gir begrenset overskylling og bølgebelastning. Vi benytter derfor 2,5 m fra 270° og 360° som dimensjonerende bølgehøyde, som tilsvarer en kombinasjon av 2,0 m vindsjø og 1,6 m dønning.

Tabell 4 200 års signifikant bølgehøyde. I parentes under dønning viser hvilken bølgeretning som er benyttet til å kombinere bølgehøyden.

H_s	210°	240°	270°	300°	330°	360°	30°
$H_{s,vindsjø}$	2,5 m	2,5 m	2,0 m	1,6 m	1,6 m	1,9 m	1,5 m
$H_{s,havsjo}$	0,9 m	0,9 m	1,6 m	1,6 m	1,6 m	1,6 m	1,6 m
Retn. i åpent hav.	(270°)	(270°)	(300°)	(300°)	(330°)	(330°)	(330°)
$H_{s,kombinert}$	2,7 m	2,7 m	2,5 m	2,3 m	2,3 m	2,5 m	2,2 m

3 Eksisterende molo

I forbindelse med miljøundersøkelser ble det foretatt en befaring 2022-04-21. Under befaringen ble det tatt bilder av eksisterende molo, som viser at moloen er i god stand.

Figur 10, Figur 11 og Figur 12 viser oppbygningen av dekklaget langs sjøsiden av eksisterende molo. Bildene viser at kortsiden mot sørvest (Figur 10) er bygget opp som et ordnet steinlag med et spekter av små og store blokker. Langs langsiden mot nordvest (Figur 11 og Figur 12) består dekklaget av ensgraderte, store blokker lagt i en plastring. Det vises ingen synlige tegn til kritiske skader, og utsiden av moloen vurderes til å være intakt.

Figur 13 og Figur 14 viser lesiden av moloen. Man ser at blokkene/steinene er lagt i god forband, men at de er en del mindre sammenliknet med sjøsiden. Bildene viser ingen tegn på tydelige skader og lesiden vurderes som i god stand. Bildene viser også at det er etablert et brystvern langs sjøsiden, som hever seg ca. 1 m over molodekket.

Basert på bildene vurderer Norconsult at moloen er god nok stand, men at den sannsynligvis er for lav etter dagens anbefalinger. Dagens høyde på molodekket er ca. +2,2 m NN2000 og toppen av brystvernet ligger på ca. +3,2 m NN2000.



Figur 10 Foto 1 av moloens kortside ut fra land mot sjøen. Blokkene er lagt ut som en ordnet raus med et stort spekter av blokkstørrelser. Dekklaget later til å være intakt uten store skader.



Figur 11 Foto 2 av moloens langside mot sjøen tatt ved svingen. Her er blokkene mer ensgradert sammenliknet med kortsiden og lagt i en plastring.



Figur 12 Foto 3 tatt moloens langside mot sjøen. Blokkene er lagt i en plastring og dekklaget later til å være intakt.



Figur 13 Foto 4 av moloens kortsider inn mot havna. Blokkene er mindre enn på sjøsiden og skråningen ser fin ut.



Figur 14 Foto 5 av moloens innside tatt fra den innerste trekaia. Baksiden er bygget opp som en plastring og later til å være i god stand. Man ser også at brystvernet mot sjøen hever seg ca. 1 m over molodekket.

4 Havneplan

Bølgeanalysen konkluderte med at det kommer ca. like mye havsjø fra begge sider av Kvamsøya i nord. Dette er vist som 4 topper i retningsspektrumet i Figur 8. De to største toppene i spektrumet viser at den tyngste havsjøen kommer fra 240° (bøyer rundt Haugsholmen) og fra 360° (mellom Kvamsøya og Sandsøya).

Norconsult fått opplyst av lokalt kjente at de mest problematiske vindretningene kommer fra nord / nordøst og fra sørvest / vest. Denne vinden kan bygge opp krapp vindsjø, som kan gjøre mye skade for fortøyde småbåter inne havna. Norconsult får også opplyst at vind fra nordvest sjeldent er et problem ved Klovningen. Nordvestvinden forekommer som oftest når vinden skifter retning fra sørvestlige til nordlige retninger, og at nordvest-vinden sjeldent varer lenge nok til å bygge opp store bølger. Det konkluderes derfor med at man må prioritere skjerming fra vestlige og nordlige retninger.

Foreslått havneplan er vist i Figur 15 og det er planlagt 3 moloer. Den eksisterende moloen, heretter kalt molo 1, skal forlenges med ca. 60 m i nordøstlig retning. Forlengelsen er heretter kalt molo 2. Molo 3 er en ny planlagt molo i nord, som skal skjerme næringsarealet mot nordlige bølger og er ca. 240 m lang. I tillegg er det planlagt en mindre molo som avgrenser småbåthavna i sør og næringsarealet i nord. Funksjonen til denne moloen er å skjerme småbåthavna mot nordlige bølger og er kalt molo 4. Molo 4 er ca. 100 m lang.

I tillegg til de 3 nye moloene, skal det fylles ut 2 nye fyllinger og utdypes inne i havna.

4.1 Innseiling

Næringsarealet benyttes av lasteskip med lengde opp til ca. 70 m, se Tabell 1. Disse skipene er for lange til å kunne snu inne i havna og må seile rett inn og bakke ut fra kai. I havneplanen er det foreslått en moloåpning på ca. 50 m, som tilsvarer ca. 0,7 x lengden på sandskutene.

Inn til småbåthavna mellom molo 2 og molo 4 skal det settes av minimum 15 m mellom moloene på 5 m dybde.

4.2 Vendesirkel / manøvreringsareal

Det må settes av nok plass til manøvrering, og innenfor dette arealet skal det ikke legges ut flytebrygger eller andre hindringer. Inne i småbåthavna fom molo 4 og fram til ca. kai 1, bør bredden på manøvreringsarealet være 23 m, som tilsvarer ca. 1,5 x 15 m (50 fot). Fartøy med lengde over 15 m vil ikke kunne snu inne i småbåthavna (sør for molo 4).

Utenfor næringsarealet og nord for molo 4 bør det legges inn en vendesirkel på minimum 55 m. Det tilsvarer 1,5 x lengste fritidsfartøy (37 m). Merk at fartøy over 37 m ikke vil ha mulighet til å snu inne i havna.

Ved næringsarealet er havna trang, og skip lengre enn ca. 30 – 40 m vil ha utfordringer med å komme inn til kai. I detaljprosjekteringen må åpningen mellom molo 2 og 3 optimaliseres. For eksempel ved at lengden på molo 2 reduseres. Da kan skipene seile inn til kai på skrå fra vest.

4.3 Utdypning

For å oppnå flere båtplasser i Klovningen må det utdypes ned til tilstrekkelig dybde. Nødvendig dybde avhenger av hvilke fartøy som skal benytte liggeplassene. Typisk vil de minste båtene ligge nærmest land, og de lengste ytterst. Ny sjøbunn bør legges ca. 0,5 – 1,0 m under kjølen ved laveste astronomiske tidevann (LAT). For fritidsbåter med lengde opp til ca. 5,5 m bør ny sjøbunn ligge på -3,0 m NN2000 (1,7 m under sjøkartnull), og -5,0 m NN2000 (-3,7 m sjøkartnull) for sjarker og seilbåter opp til 15 m lengde.

4.4 Antall nye båtplasser

Norconsult anslår at småbåthavna vil kunne legge til rette for 90 – 100 nye liggeplasser for fritidsfartøy avhengig av hvor langt inn mot land sjøbunn utdypes. Endelig plassering og dimensjoner på flytebrygger bør gjøres i samråd med leverandør av marinasystemer.



Figur 15 Forslag til havneplan.

4.5 Utfylling næringsareal og småbåthavn

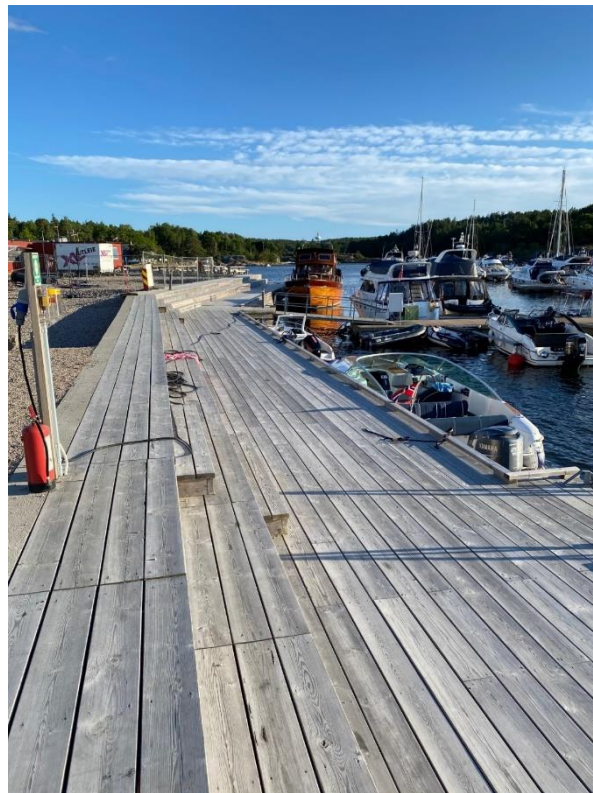
Det er planlagt tre utfyllinger i sjø. To ved næringsarealet og en inne i småbåthavna. Inne i småbåthavna er det planlagt rorbuer og naust, og det antas at disse kan benyttes som fritidsboliger eller til lagring av sjøutstyr. Ved næringsarealet skal det legges til rette for nye næringslokaler.

Det er antatt at begge fyllingene skal tilfredsstillere kravene i TEK 17 § 7-2 sikkerhetsklasse F2. Sikkerhetsklasse F2 krever at byggegrunn og konstruksjoner er tilstrekkelig sikret mot stormflo og bølger med gjentakintervall på 200 år og havnivåstinging fram til 2090.

Naust, som ikke er beregnet for personopphold, faller under sikkerhetsklasse F1. Slike konstruksjoner benyttes kun til lagring av sjøutstyr og mindre fritidsbåter som tåler vann. For naust i F1 settes det ikke krav til laveste gulvhøyde, men de må bygges for å tåle oversvømmelse og bør legges i områder skjermet for bølger (innenfor moloene).

Fyllingsskråninger mot sjø må erosjonssikres eller mures. En muret fyllingsfront er typisk 3:1 og krever gode og faste grunnforhold. Alternativt kan man oppnå en vertikal sjøfront ved å bygge en brygge eller en kai langs fyllingsfronten. Et eksempel fra Edholmen er vist i Figur 16. Her ligger fyllingen på et flomsikkert nivå mens bryggen ligger noe lavere. Brygga må tåle oversvømmelse. Stabil steinstørrelse for erosjonssikringer må bestemmes i detaljprosjekteringen, hvor Norconsult anbefaler at det utføres en detaljert analyse av bølgeforplantning inne i havna.

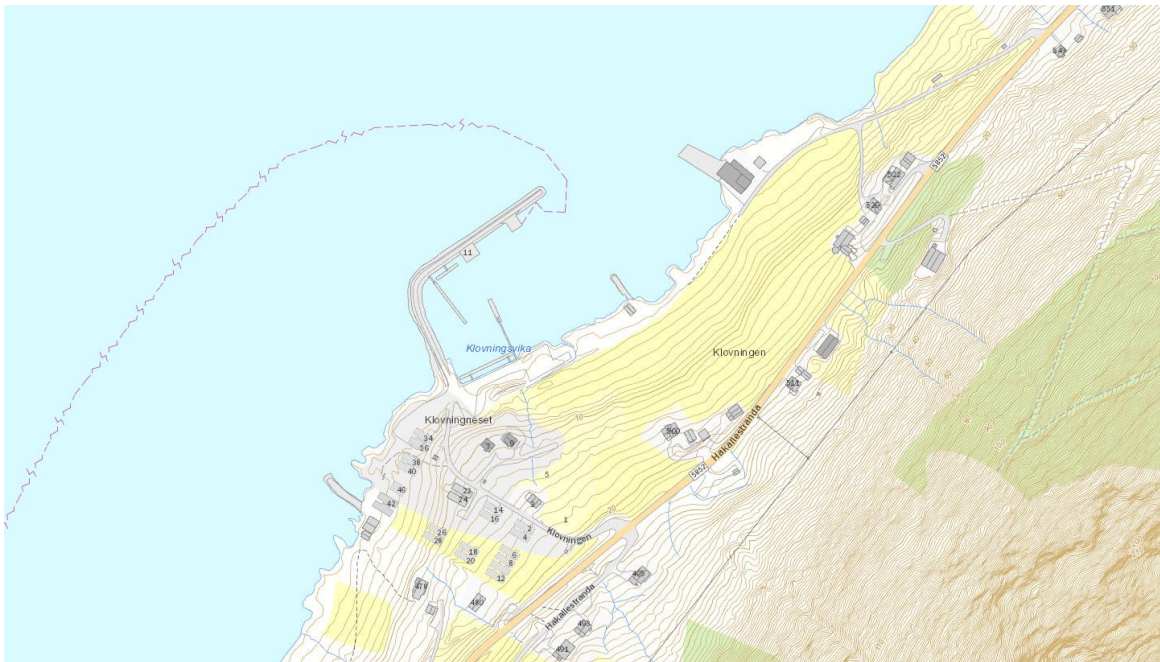
Ved næringsarealet er det planlagt utfylling tett inntil eksisterende kai. Utfylling under kaier vil/kan skade eksisterende peler. I detaljprosjekteringen må det undersøkes hvor nærme kaien man kan fylle uten å skade eksisterende kai (kai 1 i Figur 2). Et alternativ er å reetablere kai 1, som antageligvis ligger for lavt, etter at fyllingen er fylt ut.



Figur 16 Eksempel på nedsenket brygge ved Edholmen. Fyllingen til venstre i bildet ligger på flomsikkert nivå. Foto: Norconsult.

4.6 Ledninger og kabler

Figur 17 viser at det går en sjøkabel ut fra havna. Denne kabelen må enten flyttes eller sikres ved en moloforlengelse.



Figur 17 Kartet viser at det går en kabel ut fra havna. Denne kabelen må enten flyttes eller sikres ved en moloforlengelse.

5 Molodimensjoner

Dette kapittelet konkluderer med anbefalt molohøyde og to prinsippsnitt. Molodimensjoner er funnet ved hjelp av formler og anbefalinger i utgitt Kystverkets Molohåndbok [4] og EurOtop Manual [5]. I beregningene er det benyttet et gjentaksintervall på 200 år og havnivåstigning fram til 2090.

Merk at dimensjoner kun er veiledende og det kan være nødvendig med justeringer i detaljprosjekteringen. Prinsippsnittene er benyttet til å anslå volum og skråningsutslag, og kan benyttes til kostnadsanslag. Prinsippsnitt av molo med gangveg er vist i Figur 18, og Figur 19 viser et prinsippsnitt av en runddekt molo.

5.1 Molohøyde

Nødvendig molohøyde er funnet ved å beregne overskylling over molotoppen. Overskylling er definert som gjennomsnittsverdien av vann som skyller over en molo i liter per sekund per meter (l/(sm)). Hvor mye overskylling man kan tillate avhenger av hva som skal beskyttes. For moloer med gangveg eller moloer som skal skjerme områder beregnet for personopphold bør overskyllingen ikke overstige ca. 10 - 20 l/(sm). For runddekte moloer uten gangveg kan kravet til overskylling økes til ca. 50 l/(sm).

Tabell 5 Inngangsverdier og nødvendig molohøyde.

Parameter	Molo med gangveg eller skjerming av områder beregnet for personopphold	Runddekt molo
Signifikant bølgehøyde	2,5 m	2,5 m
Spektral topp-periode	16 s	16 s
Vannstand	2,5 m over NN2000 (F2)	2,5 m over NN2000 (F2)
Bølgens angreps vinkel	0° (vinkelrett på moloen)	0° (vinkelrett på moloen)
Bredde topp plastring	-	4 m
Estimert overskylling	16 l/(sm)	55 l/(sm)
Nødvendig høyde	+5,5 m NN2000	+4,0 m NN2000

5.1.1 Vurderinger molohøyde

5.1.1.1 Molo 1 og 2

Overskyllingsberegninger viser at molo 1 er for lav iht. dagens anbefalinger og forventet havnivåstigning. Under storm vil det ikke være trygt å ferdes på eksisterende molo, og moloen må stenges av ved lavvann før stormer inntreffer. Det bør også settes opp varselskilt ved moloroten.

Etter samtaler med kommunen er det ikke ønskelig å heve dagens molo, da moloen er i god strukturell stand, se avsnitt 3. Konsekvensen er at overskyllingen vil øke i takt med havnivåstigningen.

Det følger restrisiko ved å ikke heve dagens molo. Det vil ikke være trygt å ferdes på moloforlengelsen under større stormer. Fritidsbåter, som ligger fortøyd på moloens leside, kan havarere under større stormer kombinert med høy flo.

Molo 2 kan bygges opp på som måte eksisterende molo 1, selv om molo 1 er for lav. Det begrunnes i at forlengelsen er forholdsvis kort og at det ikke legges til rette for fortøyd båter langs molo 2. Optimalt bør molo 2 bygges som en runddekt molo for å tåle påkjenninger fra høy overskylling.

5.1.1.2 Molo 3 og 4

Molo 3 kan bygges som en runddekt molo eller med gangveg iht. Tabell 5.

Molo 4 vil ligge skjermet av både molo 2 og molo 3. Nødvendig høyde på molo 4 avhenger av ferdig utstrekning på molo 2 og 3, og molo 4 kan sannsynligvis bygges lavere enn verdiene i Tabell 5. Dette kan undersøkes i detaljprosjekteringen når endelig utstrekning av molo 2 og molo 3 er bestemt.

5.2 Stabile steinstørrelser

Skråningshelninger og eventuelle tiltak for å stabilisere grunnen skal være iht. geoteknisk prosjektering.

Stabile steinstørrelser i dekklaget på moloene er funnet ved hjelp av formelverk av van der Meer. I beregningene er det antatt at blokkens egenvekt er $2,7 \text{ tonn/m}^3$ og at skråningen plastres med en helning på 1:1,3 eller slakere. Beregningene gir nødvendig median blokkvekt, $W_{50} = 4,5 \text{ tonn}$. Fra beregnet W_{50} finner vi minste tillate steinstørrelse, $W_{min} = 3,2 \text{ tonn}$ og at 5% av blokkene skal være større enn $W_{5\%} = 5,3 \text{ tonn}$. Lagtykkelse 2,2 m.

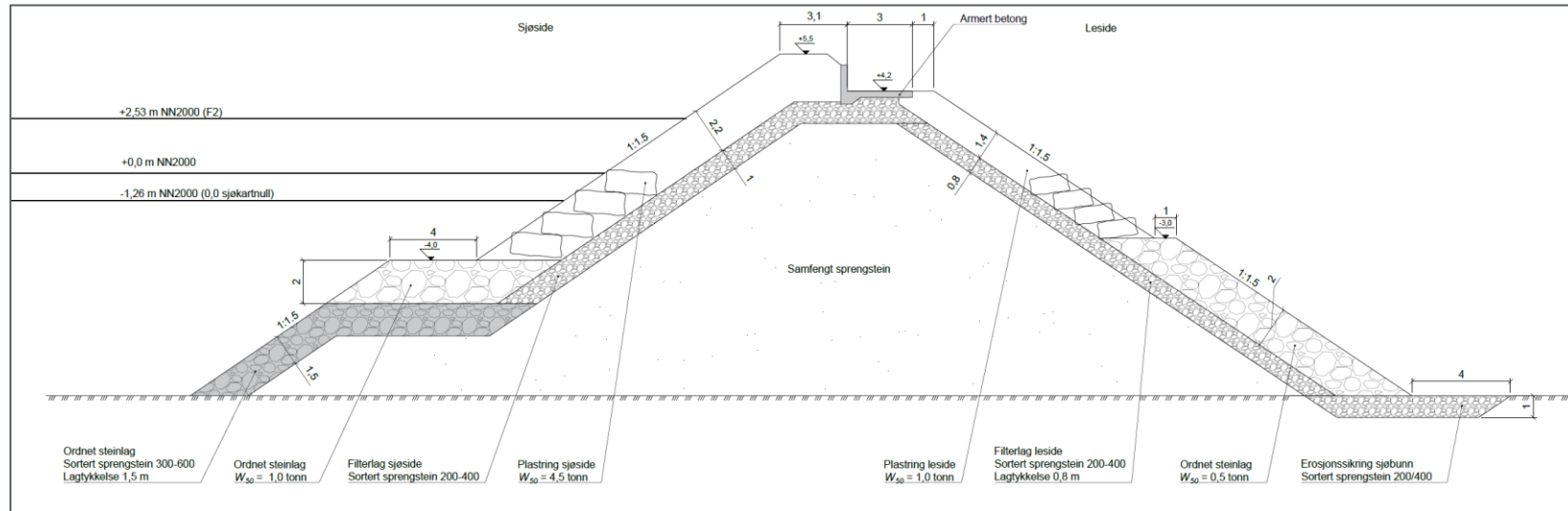
Mellom kjernemassene og dekklaget må det legges ut et filterlag. Beregningen viser at filterlaget skal ha en $d_{50} = 270 \text{ mm}$. Fraksjonen 200/400 eller tilsvarende tilfredsstiller dette kravet. Lagtykkelsen på filterlaget settes til $1 \text{ m} \pm 0,25 \text{ m}$.

Lesiden av moloen må plastres for å tåle høy overskylling og sikres mot propellstrøm i nedre sjikt. Ned til -3 m NN2000 skal lesiden plastres med $W_{50} = 2 \text{ tonn}$ for en runddekt molo. Fra -3 m NN2000 og ned til sjøbunn kan steinstørrelsen reduseres til $W_{50} = 0,5 \text{ tonn}$.

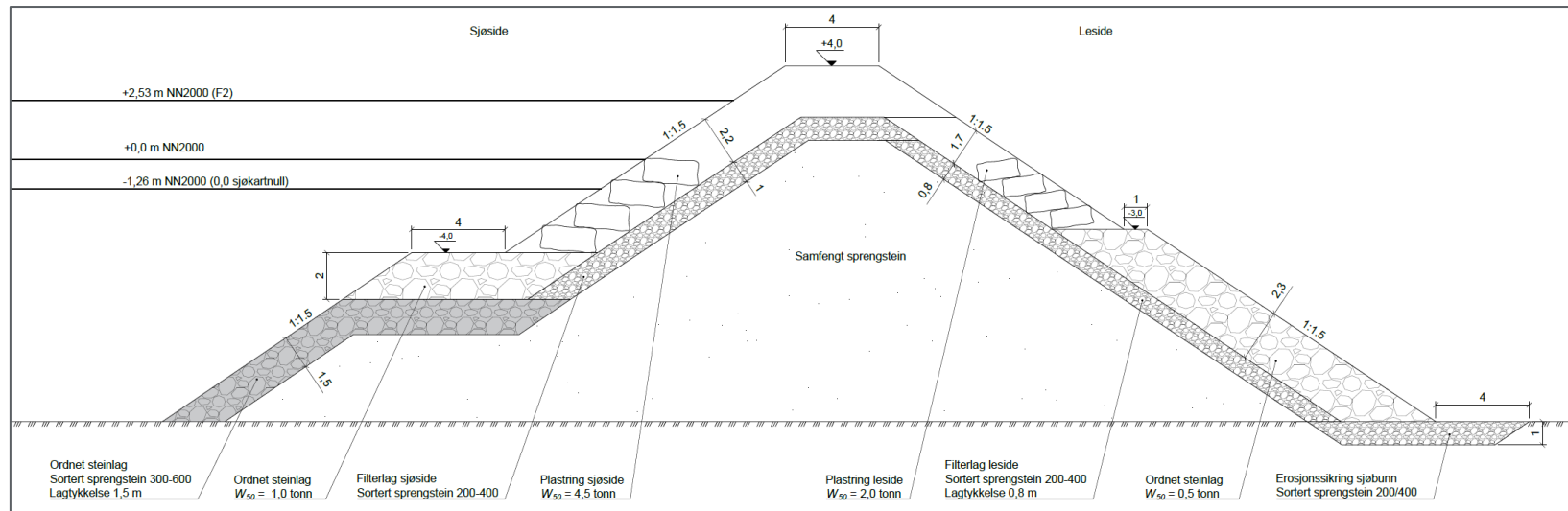
Tabell 6 viser et sammendrag med stabile steinstørrelser for moloene. Krav til materiale og utlegging skal være iht. Kystverkets Molohåndbok [4].

Tabell 6 Sammendrag stabile steinstørrelser for molo.

Komponent	Verdi
Molo	
Plastring sjøside molo og næringsareal Fra molotopp og ned til -4,0 m NN2000	$W_{min} = 3,2$ tonn $W_{50} = 4,5$ tonn $W_{5\%} = 5,3$ tonn Lagtykkelse 2,2 m
Ordnet tåfylling sjøside molo Fra -4,0 og ned til -6,0 m NN2000	$W_{min} = 0,7$ tonn $W_{50} = 1,0$ tonn $W_{5\%} = 1,4$ tonn Lagtykkelse 2,0 m
Ordnet steinlag sjøside molo Fra -6 m NN2000 og ned til sjøbunn	Sortert sprengstein 300/600 Lagtykkelse 1,5 m
Filterlag	Sortert sprengstein 200/400 Lagtykkelse 1,0 m $\pm$ 0,25 m
Plastring leside Fra molotopp og ned til -3 m NN2000 <i>Kan reduseres for molo med overskylling < 10-20 l/(sm) se Figur 18.</i>	$W_{min} = 1,4$ tonn $W_{50} = 2,0$ tonn $W_{5\%} = 2,8$ tonn Lagtykkelse 1,7 m
Ordnet erosjonssikring leside Fra -3 og ned til sjøbunn	$W_{min} = 0,3$ tonn $W_{50} = 0,5$ tonn $W_{5\%} = 0,5$ tonn Lagtykkelse minimum 1,5 m
Erosjonssikring sjøbunn leside	Sortert sprengstein 200/400 Lagtykkelse 1,0 m $\pm$ 0,25 m



Figur 18 Prinsipp molo med gangveg. Overskylling ca. 16 l/(sm) i en 200 års situasjon.



Figur 19 Prinsipp runddekt molo. Overskylling ca. 55 l/(sm) i en 200 års situasjon.

6 Mengdeberegning

Det er utført en grov mengdeberegning av foreslått havneplan i Figur 15 og prinsippsnittene i Figur 18 og Figur 19. I beregningene er det antatt at molo 2 bygges som en runddekt molo (Figur 19) og at molo 3 og 4 bygges med gangveg (Figur 18). Videre er det antatt at det må masseutskiftes ca. 1 m dybde under parkeringsplassen ved småbåthavna.

Mengder er estimert ved hjelp av Novapoint og tilgjengelig kartunderlag. Det følger usikkerhet i beregningene da sjøbunn og landterreng ikke er oppmålt, Norconsult anslår at faktiske mengder vil avvike med $\pm 20\%$. Tabell 7 viser estimerte mengder for utfylling og utdypning som vist i havneplanen i Figur 15.

Tabell 7 Estimerte volum og areal plastring.

Komponent	Verdi
Molo 2	
Totalt volum utfylling	37 000 m ³
Plastring	2 900 m ²
Molo 3	
Totalt volum utfylling	146 000 m ³
Plastring	10 000 m ²
Molo 4	
Totalt volum utfylling	14 800 m ³
Plastring	3 800 m ²
Utfylling næringsareal	
Totalt volum utfylling	27 800 m ³
Plastring	3 500 m ²
Fylling småbåthavn	
Totalt volum utfylling	7 700 m ³
Utgraving ved parkeringsplass	7 700 m ³
Plastring	1 700 m ²
Utdypning	
Utdypning småbåthavn	33 000 m ³
Utdypning næringsområde	3 700 m ³
Sum	
Sum fylling	232 900 m ³
Sum utdypning	25 700 m ³
Sum utgraving land	4 200 m ³
Sum plastring	22 200 m ²

7 Faresone flom H320

Det er utarbeidet en faresone for stormflo og bølger H320 iht. TEK 17 § 7-2 sikkerhetsklasse F2, se Figur 20. Faresonen for planområdet avhenger av endelig utstrekning av moloene.

Generelt for tiltak i sikkerhetsklasse F2, som omfatter de fleste byggverk beregnet for personopphold, gjelder følgende:

- Byggegrunn legges på minimum +2,7 m NN2000
- Laveste gulvhøyde er satt til +3,0 m NN2000. Bygninger nær sjøen bør etableres på en grunnmur som hever seg 20 – 30 cm over terrenget.
- Det forutsettes tilstrekkelig sikkerhet mot effekten fra bølger
- Det må sikres at vann fra bølger, nedbør osv. dreneres vekk og ikke magasinere inntil nye eller eksisterende bygninger

7.1 Småbåthavna

Småbåthavna vil være godt skjermet mot bølger forutsatt at molo 2 og 4 bygges. Her er det vurdert at bølgehøyden ikke overstiger ca. 0,5 m og bølgeoppskyll kan neglisjeres inne i småbåthavna. Byggegrunn og konstruksjoner inne i småbåthavna vil være tilstrekkelig sikret om overkant terreng legges på minimum +2,7 m NN2000. Nye bygninger bør planlegges ca. 4 m fra fyllingsfronten mot sjø for å sikre nok plass til erosjonssikring og tilkomst til flytebrygger.

7.2 Næringsarealet

Næringsarealet er mer utsatt for bølger sammenliknet med småbåthavna, og mengden vann som skyller inn på næringsarealet avhenger av åpningen mellom molo 2 og molo 3. Faresonen er derfor lagt over hele næringsarealet pga. usikkerhet i ferdig tilstand.

Norconsult anbefaler at faresonen for næringsarealet oppdateres i detaljfasen når endelig utstrekning av molo 2 og molo 3 er bestemt. Da kan man analysere forplantering av bølger inn mot næringsarealet i en faseoppløst bølgemodell og fastslå overskylling nøyaktig.

Dersom molo 3 ikke realiseres kan tilstrekkelig sikkerhet oppnås ved å bygge et brystvern mot sjøen. Nødvendig høyde på brystvernet er +5,5 m NN2000 tilsvarende molo med gangveg vist i Figur 18. Et alternativ for å sikre næringsarealet mot bølger er vist i Figur 21. Her er det foreslått å bygge et brystvern langs den nordlige fyllingsskråningen kombinert med en flomvegg på landsiden av kaia. Flomveggen skal legges minimum 20 m på landsiden av kaifronten/fyllingsskråningen med overkant høyde på ca. +4,5 m NN2000 (ca. 1,5 m over planlagt terreng høyde). Dette alternativet legger opp til bruk av kaia på godværsdager, mens arealet på landsiden av brystvernet og flomveggen er byggbart iht. TEK 17. På sjøsiden av flomveggen må man tillate at arealet oversvømmes en gang iblant.

7.3 Nord for molo 3

Nord for den nordre moloen er det ikke planlagt nytt anlegg. Her er faresonen funnet ved å benytte formelverk for overskylling utgitt i EurOtop Manual [5]. Det er benyttet formelverk for slake diker med ruhetsfaktor = 0,85. Fra beregningene finner vi at bølger i en 200 års situasjon kan skylle opp til ca. +6,5 m NN2000.



Figur 20 Faresone H320 i hvit og rød skravur for planområdet.

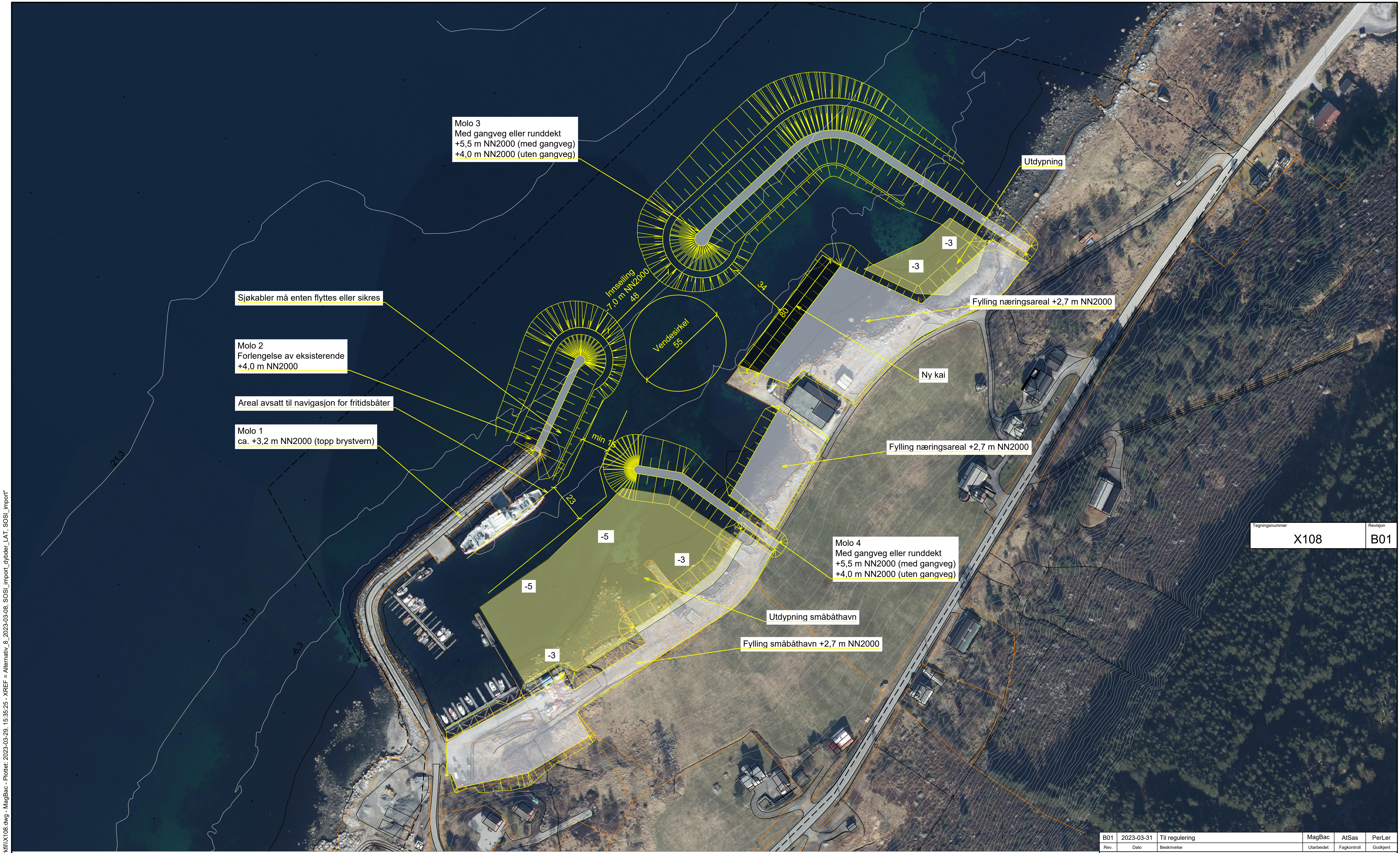


Figur 21 Alternativ sikring av ny fylling ved næringsarealet mot effekten av bølger og stormflo uten molo 3. Figuren tar ikke hensyn til at terrenget rundt og eksisterende kai oversvømmes.

8 Referanser

- [1] Kystverket, «Kystdatahuset,» [Internett]. Available: <https://kystdatahuset.no/>.
- [2] Kartverket, «Se havnivå,» [Internett]. Available: <https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva>.
- [3] PIANC, «PIANC report N 134 - Design and Operational Guidelines for Superyacht Facilities,» 2013.
- [4] Kystverket, Molohåndboka, 2018.
- [5] T. Pullen, W. Allsop, T. Bruce, A. Kortenhaus, H. Schüttrumpf og J. van der Meer, EurOtop Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual, 2007.

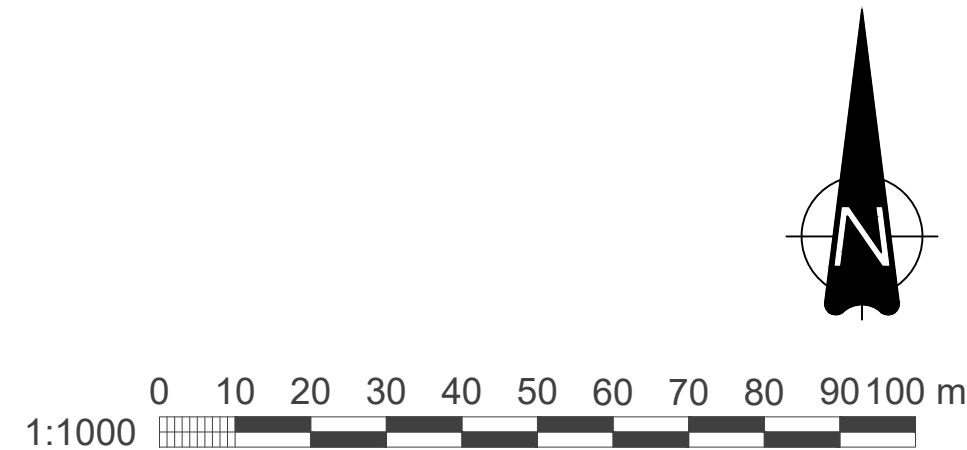
"X:\nor\opprodrag\Meauru\21521\08152\108992\BIM\Havn\Kliff\X108.dwg - MagBac - Plottet: 2023-03-29, 15:35:25 - XREF = Alternativ_8, 2023-03-08, SOSI_import_cyklar_LAT, SOSI_import"



Koordinatsystem UTM 32
Høydesystem m NN2000

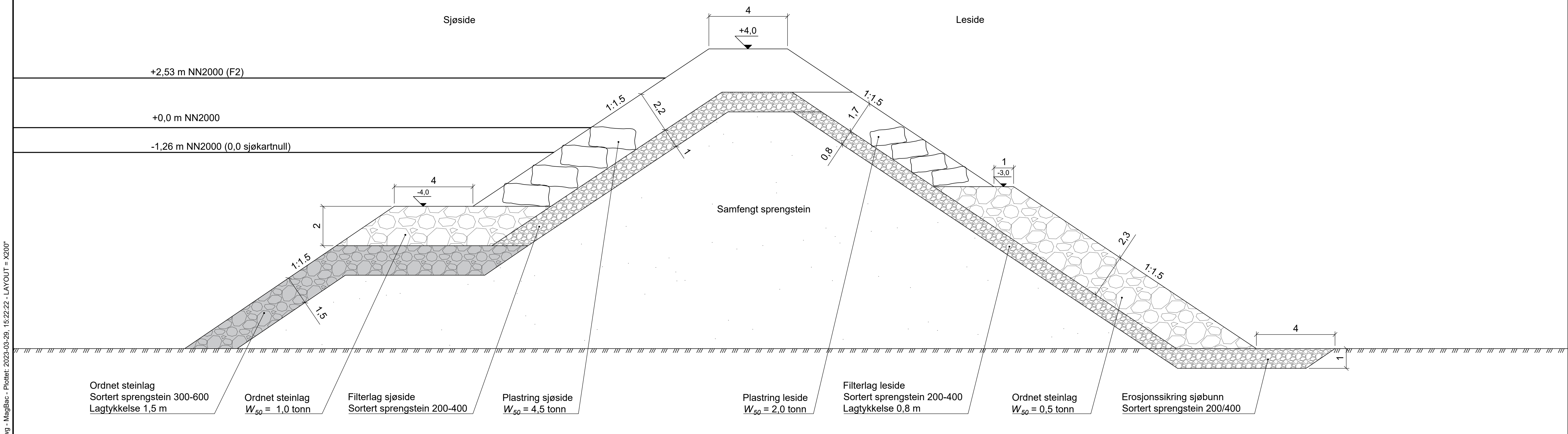
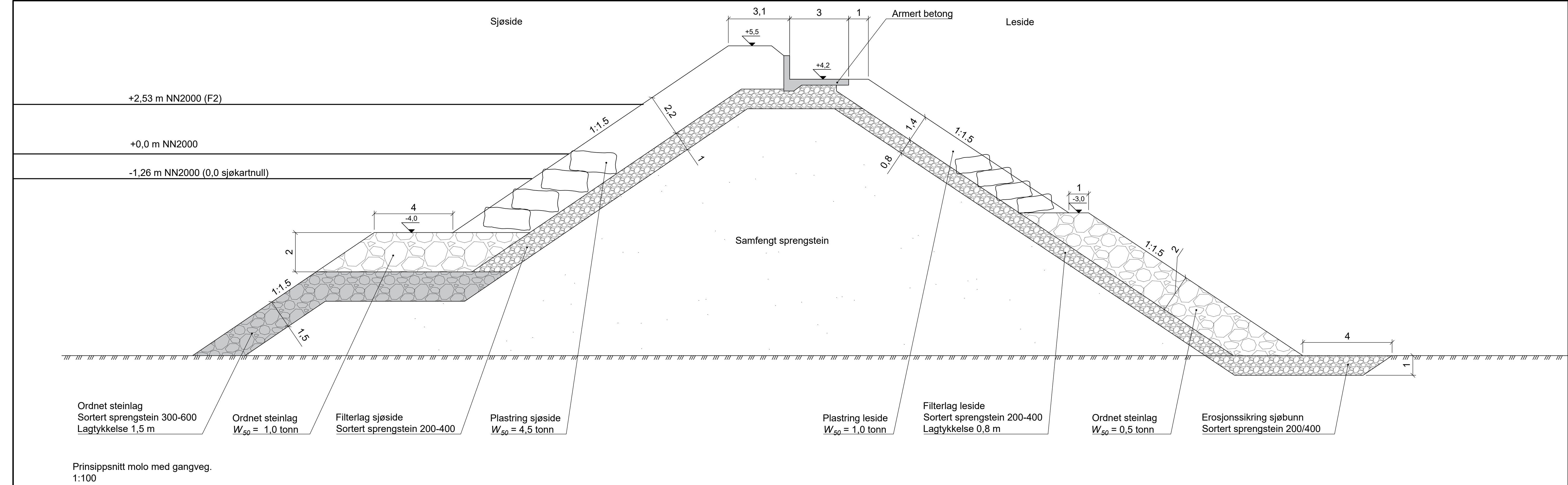
Forutsettes geoteknisk prosjektering før byggestart.
Innsellingsbredde mellom molo 2 og molo 3 skal optimaliseres i detaljprosjektering.
Nødvendig erosjonssikring og flomsikring av fyllinger avhenger av moloåpninger og prosjekteres i detaljprosjektering.
Molo 2 bygges med tilsvarende tverrsnitt som eksisterende molo 1 eller som en runddekt molo (anbefalt).
Molo 3 og 4 kan enten bygges som en runddekt molo eller med gangveg. Dimensjoner på molo 4 avhenger av utstrekning av molo 2 og 3.

- HENVISNINGER
- Tegning X200 - Prinsippsnitt molo
 - Rapport "Bølgeanalyse og havneplan - Klovningen havn"



Tegningsnummer	Revisjon
X108	B01

Rev.	2023-03-31	Til regulering	MagBac	AtSas	PerLer
	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. 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.					Målestokk (gjelder A1)
Vanylven kommune					1:1000
Klovningen havn Reguleringsfase					
Oversiktstegning alternativ 8 Utfylling og utdypning					
Norconsult		Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon	
		52108992	X108	B01	



B02 2023-03-31 Til regulering			MagBac	AlSas	PerLer
B01 2022-07-01 Reguleringsfase			MagBac	PaMyk	PerLer
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. 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.					
Vanylven kommune					Målestokk (gjelder A1) 1:100
Klovningen havn Reguleringsfase					
Prinsippsnitt molo					
Norconsult			Oppdragsnummer 52108992	Tegningsnummer X200	Revisjon B02

"X:\nor\oppdrag\Alesund\21081521\08152108992\BIM\Havn\A4\Kl\X200.dwg - MagBac - Plottet: 2023-03-29, 15:22:22 - LAYOUT = X200"