

Oppdragsgiver: **Vanylven Kommune**
Oppdragsnr.: **52200162** Dokumentnr.: **1**

Til: Vanylven Kommune
Fra: Halvor Lund Aslaksen
Dato: 2022-06-29

► Bølgeanalyse, erosjonssikring og kai – Småstranda

Sammendrag

På oppdrag fra Vanylven kommune har Norconsult beregnet forventede bølgehøyder fra lokal vind og vannstand fra tidevann og stormflo i området rundt en planlagt utfylling på Småstranda.

I estimeringen av vannstands nivåer har vi tatt utgangspunkt i TEK 17 § 7-2, som gir krav til nivå av sikkerhet basert på byggenes bruksområde. I dette tilfellet har vi vurdert at sikkerhetsklasse F2, fra TEK 17 § 7-2, er akseptabelt. Dette betyr at vi fra Kartverkets Se havnivå, har estimert 200 års stormflo og havnivåstigning til 2,52 m over NN2000.

Området der utfyllingen skal bygges er i stor grad skjermet fra åpent hav og dønninger, og vi har på bakgrunn av dette i hovedsak kun tatt hensyn til lokale vindbølger. Bølgeanalyse av lokale vindbølger viser at maksimum 200 års signifikant bølgehøyde er 2,36 m. Den tilhørende 200 års signifikante bølgeperioden har vi funnet til 5,1 s.

Fra Kystverkets Molohåndbok har vi vurdert at et overskyll på 10 l/(sm) er akseptabelt. Dette er verdien akseptert for ferdsel av yrkesutøvere og godt utstyrt turgåere. Tiltak, som å heve laveste gulvhøyde på konstruksjoner nær sikringene, kan bidra til å minske skader på konstruksjoner ved overskyll. En overskyllingssone på mellom 5 og 10 meter burde innføres, hvor det ikke skal være konstruksjoner eller andre permanente installasjoner.

Ved videre beregninger har vi beregnet en høyde over F2-vannstand til 2 m. Erosjonssikringen må dermed ligge ca. 4,5 m over NN2000. Med denne høyden får vi en estimert overskylling på 9,60 l/(sm), som er akseptabelt.

Videre er stabile steinstørrelser i erosjonssikringen beregnet. Tilstrekkelig median blokkvekt er beregnet til $W_{50} = 2,50$ tonn. $W_{min} = 1,75$ tonn og $W_{5\%} = 3,50$ tonn. Med 200 års signifikante bølgehøyder over 1,5 m, er en plastring av erosjonssikringen nødvendig. Plastringen skal ha en tykkelse på 2 m. Skråningshelning på erosjonssikringen skal være i henhold til geoteknisk prosjektering, men bør ikke være brattere enn 1:1,3.

Filterlaget mellom fylling og dekklag skal ha en tykkelse 0,8 m $\pm$ 0,25 m. Etter beregninger skal filterlaget bestå av stein med diameter $d_{50} = 220$ mm, og fraksjonen 120/300 eller lignende er tilstrekkelig.

Plastringen skal gå ned til - 4 m NN2000. Her kan det legges en underfylling, med en bredde ut fra plastring på 4 m. Underfyllingen skaper økt stabilitet. Underfyllingen skal bestå av sortert sprengstein, med $W_{50} = 1,0$ tonn. Tykkelsen på underfyllingen er satt til 2,1 m.

Fra underfyllingen ned til sjøbunn skal det legges et dekklag, med et mindre krav til presisjon. Dekklaget skal bestå av sortert sprengstein med fraksjon 300/600 eller lignende. Tykkelsen på laget skal være 1,5 m.

I sammenheng med utbyggingen av fyllingen er det ønsket en kai for bruk i industrivirksomhet. Fyllingen er svært utsatt for høye bølger og stor grad av bølgeaktivitet.

Den mest nærliggende løsningen vil være å plassere kaia på langsiden av utfyllingen. Dette vil imidlertid føre til perioder der kaia ikke kan brukes, fordi den da vil ligge på den mest utsatte delen av fyllingen. Et alternativ til dette er å plassere kaia på sør-siden av utfyllingen. Fyllingen vil skjerme kaia fra de mest kritiske bølgene fra nord-vest. Kaia vil fortsatt være utsatt for bølger fra sør-vest, men disse vil være markant mindre enn de nord-vestlige bølgene. Med dette alternativet vil kaia kunne være operasjonell i lengre perioder. Samtidig vil det være vanskeligere å manøvrere her, og det er ikke jevnt over like dypt som på langsiden. Dette kan løses ved å mudre eller utdype området.

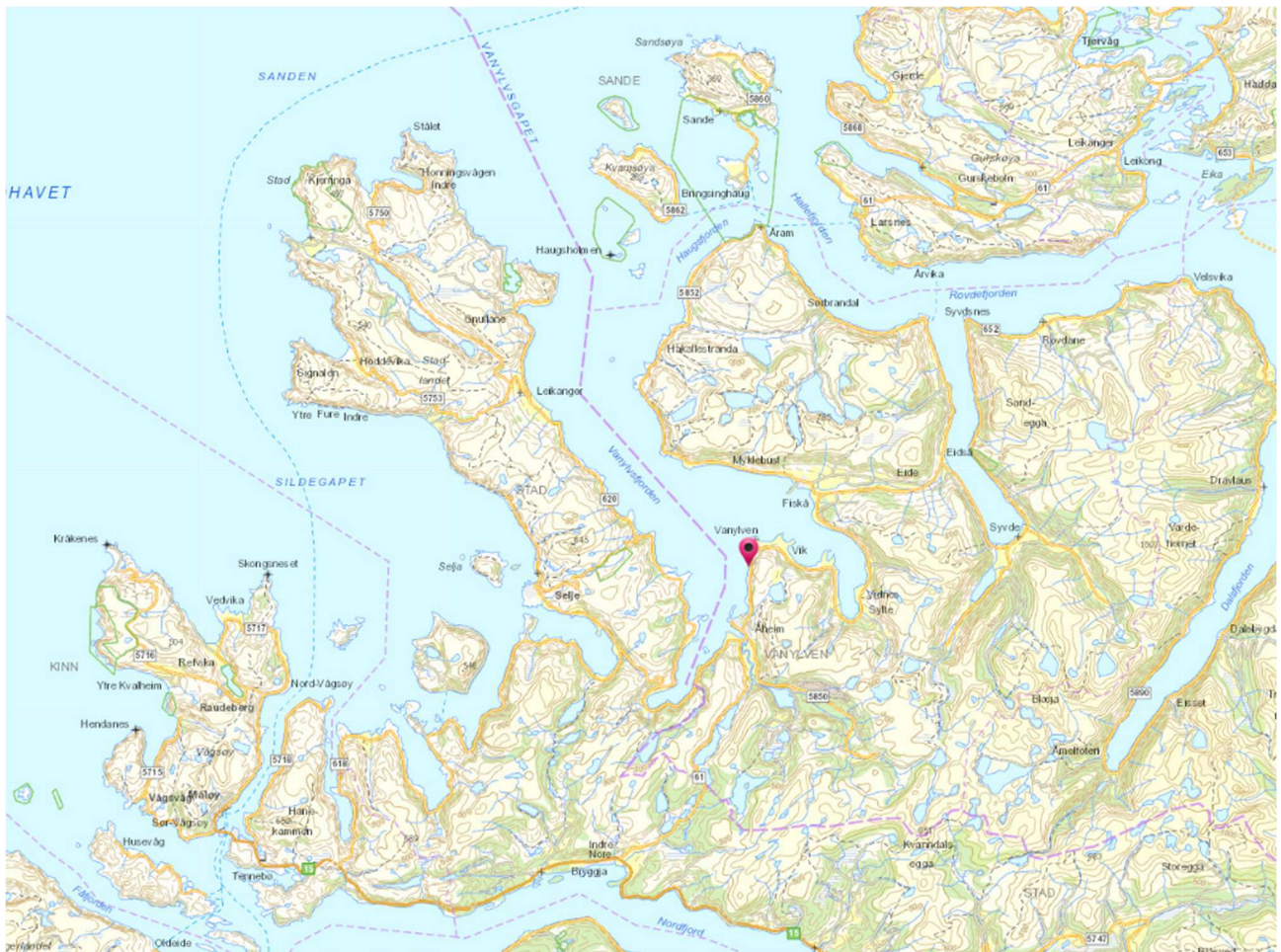
Det er også vist to andre løsninger som gir kai med bedre skjerming og høyere regularitet, men som gir et mindre utfylt areal.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	1
Bakgrunn	4
Stormflo	5
Bølger	7
Erosjonssikring	11
Overskylling	11
Sikringshøyde	11
Stabile steinstørrelser	11
Kailøsninger	14
Løsning 1	14
Løsning 2	16
Løsning 3	17

Bakgrunn

Vanylven kommune planlegger konstruksjon av et næringsareal for Småstranda, se Figur 1. Etter planen vil det bli konstruert en utfylling for disse arealene på 3 eiendommer, skissert i Figur 2.



Figur 1 Oversiktskart - Småstranda ligger i Vanylven kommune, markert med rød markør på figuren.



Figur 2 Flyfoto av aktuelle eiendommer i ved Småstranda per i dag. Fyllingen er skissert i rødt i figuren, på eiendommene markert som 43/64, 43/55 og 43/66 på Kystinfo.

Stormflo

Tidevannsnivåer og stormflonivå er hentet fra Se havnivå for Småstranda (/Vanylven Kommune). Nivå knyttet til tidevann er hentet fra Måløy, korrigert med en faktor 1,02. Høyeste registrerte vannstand i Måløy er høyere enn 200 års gjentakintervall for høyvann. Forskjellen er derimot tilstrekkelig liten til at vi vurderer dataene som troverdige. Vi velger derfor å følge vannstandsniåene for Vanylven kommune. Aktuelle vannstander for Småstranda er vist i cm over NN2000 i Tabell 1 og Figur 3.

Tabell 1 Tidevannstander og stormflonivå i cm over NN2000 ved Småstranda, i Vanylven kommune. LAT er i dette tilfellet like sjøkartnull.

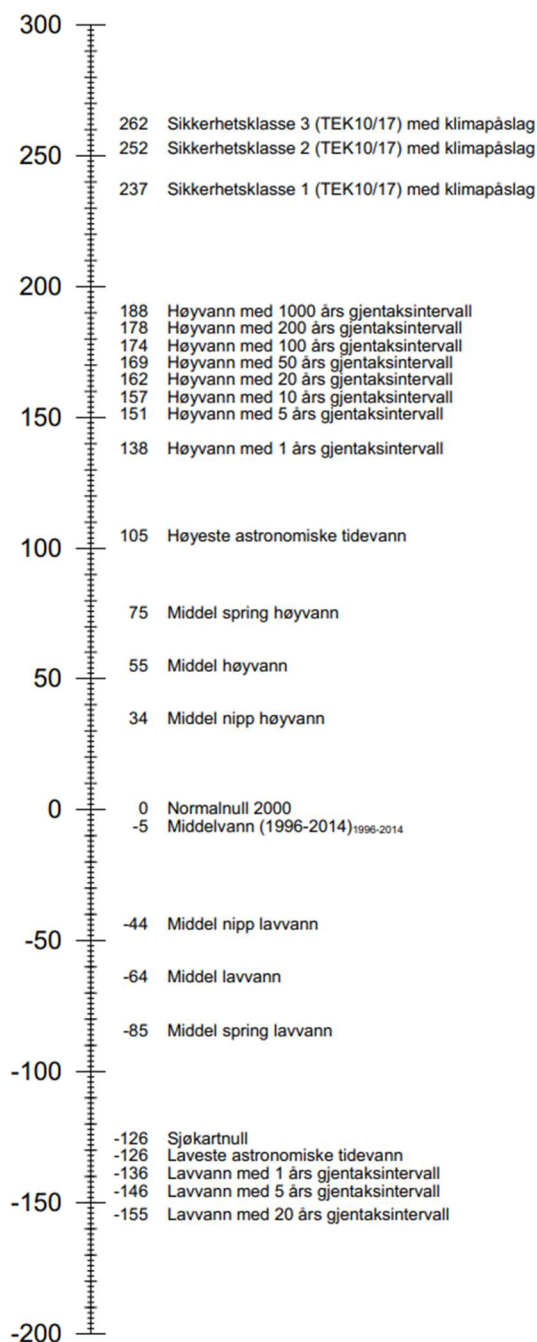
Vannstand	Verdi
200 års stormflo i 2090 (F2)	252 cm
200 års stormflo i 2022	178 cm
Høyeste registrerte vannstand i Måløy	168 cm
Høyeste astronomiske tidevann (HAT)	105 cm
Middelvann (MV)	-5 cm
Laveste astronomiske tidevann (LAT)	-126 cm

N62°3,8' E5°31,4'

Nivåskisse

SMÅSTRANDA

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



Figur 3 Vannstands nivå hentet fra Se havnivå. Høydereferanse er cm over NN2000.

Bølger

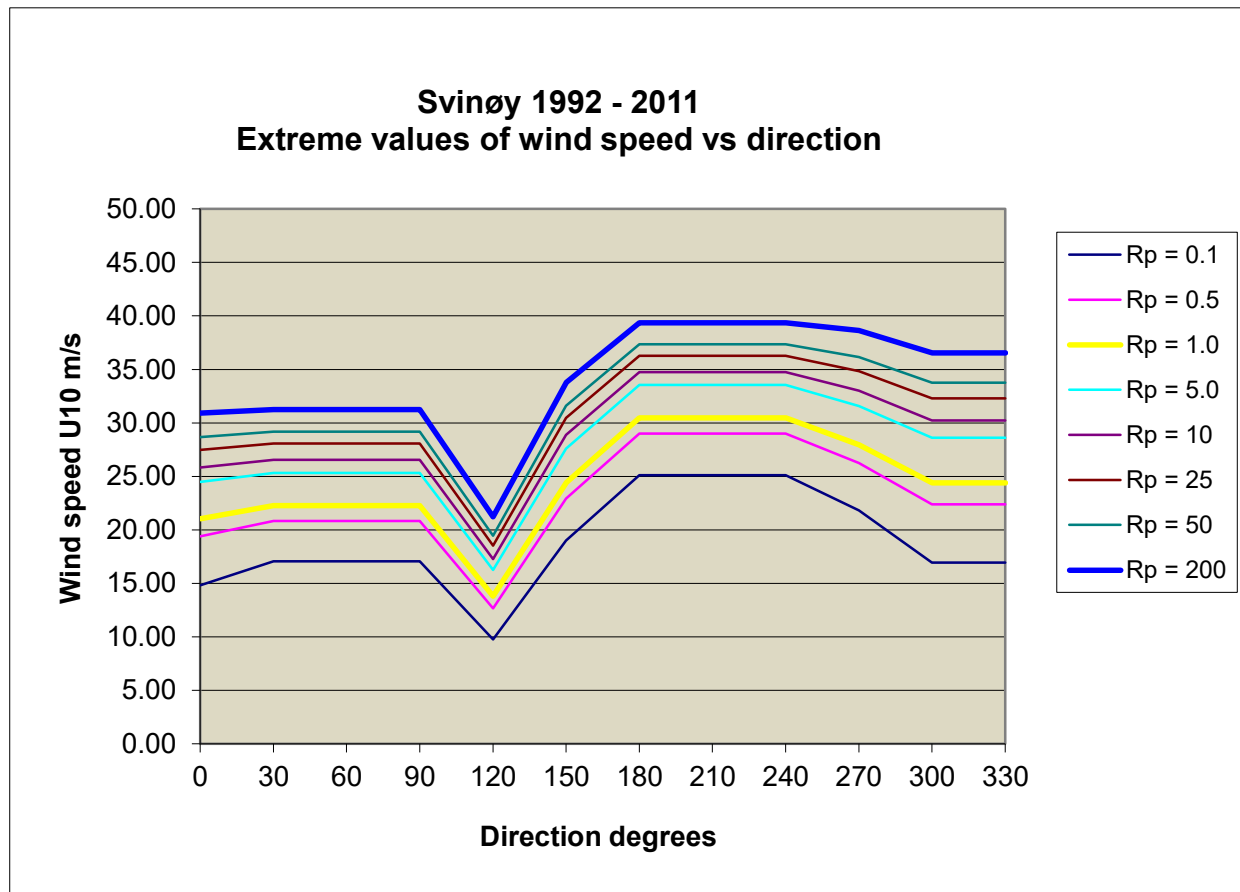
Vindsjø er beregnet ved hjelp av en standard metode som er basert på en beregning av ekstremverdier av vind fra en nærliggende målestasjon, og en beregning av bølgene som kan oppstå ved den beregnede vinden. Vi benytter SINTEFs programvare HSCOMP til bølgeberegningen og bølgene er først beregnet i et punkt ca 1000 m nordvest for utfyllingens planlagte plassering. I dette punktet fanger man opp strøklengder mot Hauge i vest, Vikahaugen i nordvest osv. 360° rundt. Deretter er det estimert reduksjonsfaktorer i et punkt på kanten av planlagt utfylling. Dette punktet vil være utsatt for bølger ca. på intervallet [182°-367°]. 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 perioden 1992 – 2011. Det er antatt at vindforholdene ved Småstranda er tilnærmet like, dog redusert med en korreksjonsfaktor på 0,9 fra alle retningen bortsett fra nordvestlig retning. Her er fjorden relativt åpen for vind, og vi har derfor satt korreksjonsfaktoren i 300° og 330° til 1.

Error! Reference source not found.og Figur 6 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 nordvestlig vind (300° - 330°). Bølgene skapt fra vinden fra øst er neglisjerbare, da det naturligvis er land i umiddelbar nærhet. I tillegg vil signifikante bølgehøyder fra nordøst være tilnærmet null (60°-90°), på grunn av skjerming fra Vanylven fra den retningen. Utfyllingen vil være relativt godt skjermet fra åpent hav, men det kan oppstå merkbare dønninger. Disse vil imidlertid være mindre enn de beregnede vindbølgene, og vi neglisjerer dermed disse.

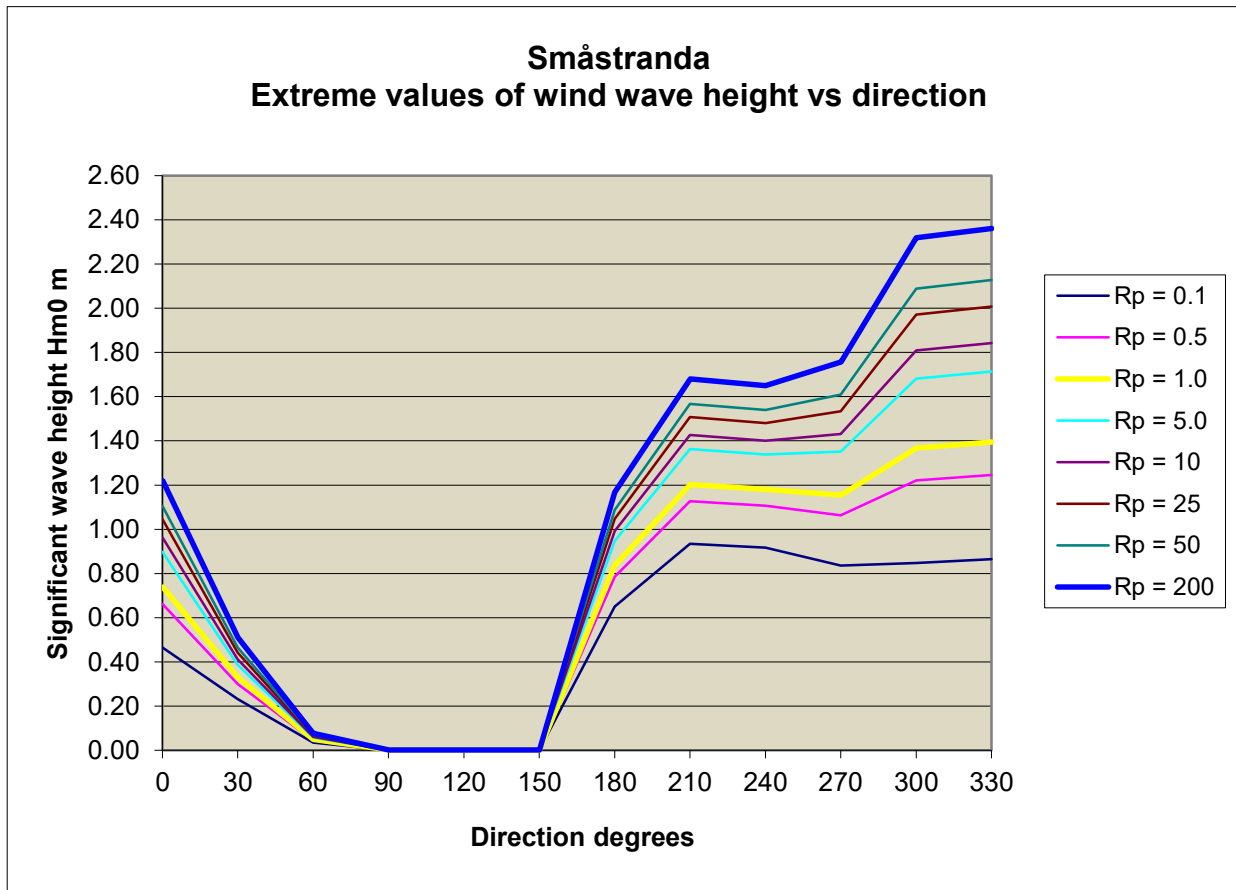
Resultat

Vind

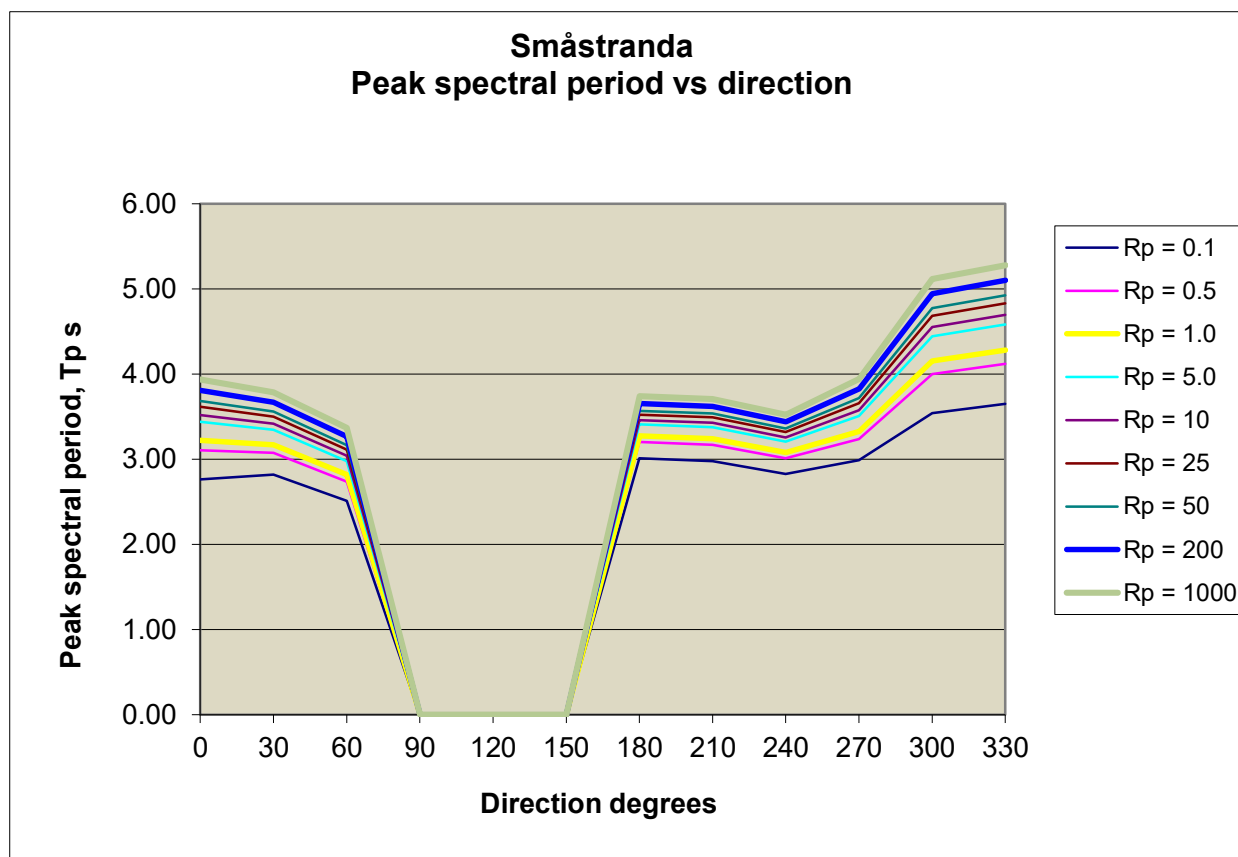


Figur 4 Vindhastigheter som funksjon av retning. Rp - returperiode.

Vindbølger



Figur 5 Signifikant bølgehøyde dannet av lokal vind som funksjon av retninger. R_p - returperiode



Figur 6 Spektral topp-periode som funksjon av retninger. R_p – returperiode

Tabell 2 Maksimumsverdier for data fra grafer over.

Vindretning	0	30	60	180	210	240	270	300	330
H_s	1.22	0.51	0.08	1.17	1.68	1.65	1.75	2.32	2.36
T_p	3.81	3.67	3.26	3.65	3.62	3.44	3.83	4.94	5.10

Erosjonssikring

I beregning av dimensjoner for erosjonssikring er det brukt formler og verdier fra Kystverkets Molohåndbok og EurOtop Manual.

Overskylling

For å sikre trygg bruk av areal bak erosjonssikring kan det kun aksepteres en bestemt mengde overskylling. Mengden overskylling som tillates avhenger av hva som skal beskyttes. Overskylling er definert som gjennomsnittsverdien av vann som skyller over en konstruksjon i liter per sekund per meter (l/(sm)). For ferdsel av yrkesutøvere med trening og godt utstyrte turgåere bør ikke overskyllingen overskride 10 l/(sm). Ved en høyere tillatt overskylling vil areal bak sikringen få restriksjoner på bruk.

Sikringshøyde

Det er planlagt en utfylling ved Småstranda, som etter planen skal brukes til næringsvirksomhet og industri. Det er fortsatt usikkerhet rundt nøyaktig formål av arealet, men for å sikre trygg ferdsel og framtidig bruk av utfylling vil sikkerhetsklasse F2 iht. TEK 17 § 7-2 være et akseptabelt valg. Dette stiller strenge krav til sikkerhet mot stormflo og bølgeaktivitet. En overskylling på 10 l/(sm) vil være akseptabel, og tiltak som å heve laveste gulvhøyde på bygninger bak erosjonssikring vil være fornuftig. Basert på tillatt overskylling, maksimum signifikant bølgehøyde, maksimum signifikant bølgeperiode og en rekke andre faktorer, vil vi finne en nødvendig høyde av sikringen over vannstand angitt etter sikkerhetsklasse F2. I beregningene brukes maksimumsverdier fra Tabell 2: $H_s = 2,4$ m, $T_p = 5,1$ s. Vi finner da at høyden på brystvernet kan ligge på +4,5 m NN2000 for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet, med en bredde på 5 m. Dette valget er fremhevet, da det vil gi tilstrekkelig sikt over sikring for kontroll av angripende bølger. Overskyllingen blir beregnet til 9,6 l/(sm), som er akseptabelt. Her er det tatt utgangspunkt i at utfyllingen ligger på +3 m NN2000. Under følger en oversiktstabell over ulike valg av akseptable høyder og bredder av sikring iht. akseptabel overskylling.

Tabell 3 Kombinasjoner av nødvendig høyde og bredde brystvern ved 10 l/(sm) overskylling i en 200 års situasjon i 2090 (F2)

Høyde R_c på brystvern over NN2000	Bredde G_c brystvern	Beregnet overskylling
3,2 m	0 m	9,7 l/(sm)
2,7 m	3 m	9,9 l/(sm)
2,4 m	4 m	9,0 l/(sm)
2 m	5 m	9,6 l/(sm)

Stabile steinstørrelser

Stabile steinstørrelser i dekklaget er funnet ved hjelp av formelverk av van der Meer. I beregningene er det antatt at blokkenes egenvekt er 2,7 tonn/m³ og at skråningen plastres med en helning på 1:1,3 eller slakere. Beregningene gir nødvendig median blokkvekt, W_{50} . Fra beregnet W_{50} finner vi minste tillate steinstørrelse, W_{min} og 5% av blokkene skal være større enn $W_{5\%}$.

Med bølgehøyder over 1,50 m, som i vårt tilfelle, vil en plastring på sikringen være nødvendig. Fra formelverk av van der Meer og største 200 års signifikante bølgehøyde og tilhørende 200 års signifikante bølgeperiode, finner vi en median blokkvekt $W_{50} = 2,50$ tonn. Det følger av beregnet W_{50} at minste tillate blokkstørrelse $W_{min} = 1,75$ tonn, og $W_{5\%} = 3,50$ tonn. Tykkelsen på plastringen skal være 2,0 m.

Mellom kjernemassene i utfyllingen og dekklaget (plastringen) må det legges et filterlag. Beregninger viser at filterlaget skal ha en $d_{50} = 220$ mm, og en fraksjon 120/300 eller tilsvarende tilfredsstiller dette kravet. Tykkelsen på filterlaget setter til $0,80 \text{ m} \pm 0,25 \text{ m}$.

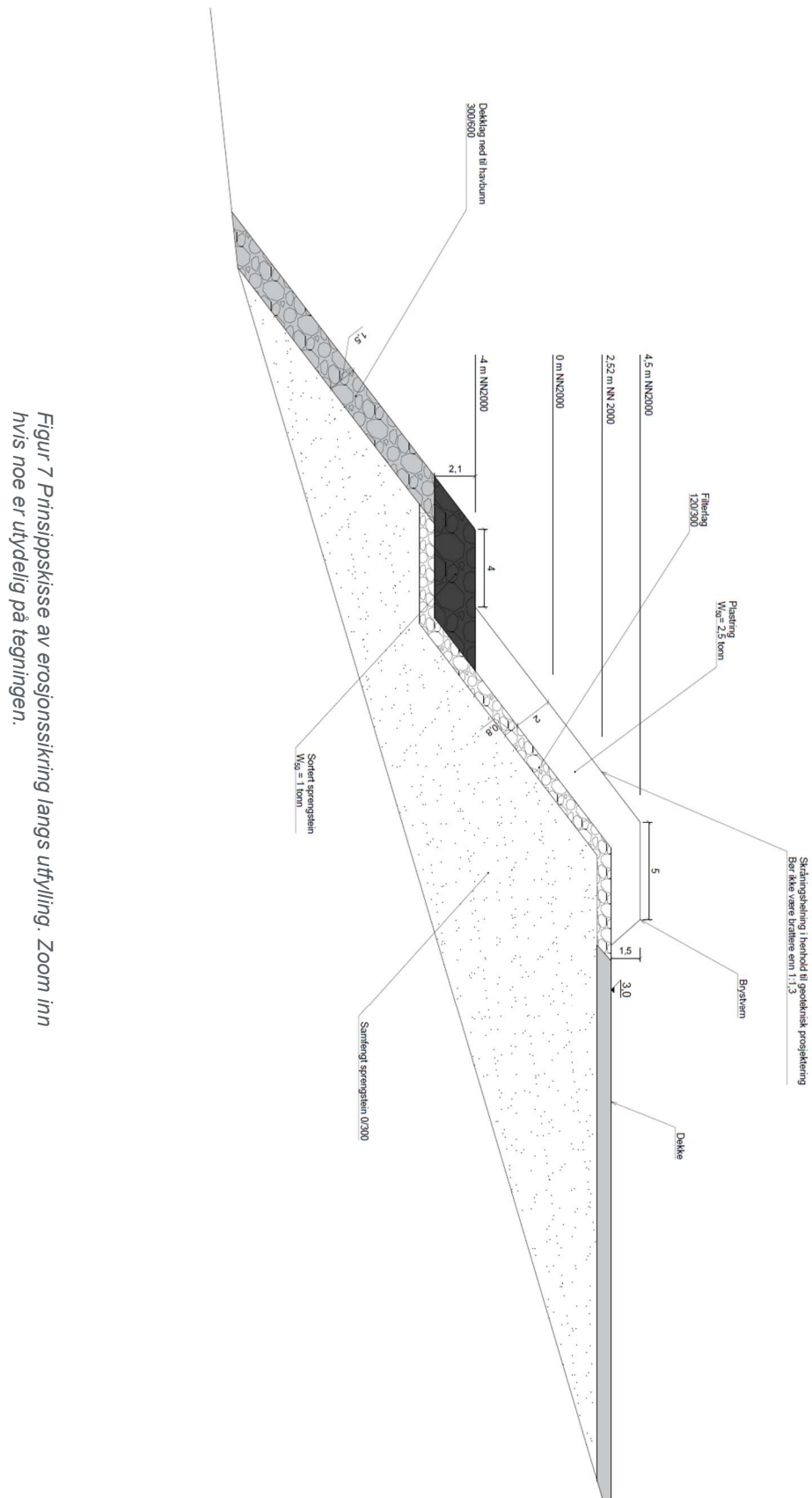
Nedenfor, i Tabell 4, vises et sammendrag av stabile steinstørrelser for erosjonssikringen.

Tabell 4 Oversikt over stabile steinstørrelser for erosjonssikringen, i henhold til prinsippskissen under.

Komponent	Verdi
Plastring Fra + 4,5 m NN2000 til -4,0 m NN2000	$W_{\min} = 1,75$ tonn $W_{50} = 2,50$ tonn $W_{5\%} = 3,50$ tonn Lagtykkelse 2,0 m
Filterlag Fra + 3 m til -6,1 m NN2000	Sortert sprengstein 120/300 Lagtykkelse $0,80 \text{ m} \pm 0,25 \text{ m}$
Repos/underfylling Fra -4 m til -6,1 m NN2000	$W_{\min} = 0,70$ tonn $W_{50} = 1,00$ tonn $W_{5\%} = 1,40$ tonn Lagtykkelse 2,10 m vertikal retning Fotbredde fra plastring 4,0 m
Dekklag sjøbunn Fra -6,1 m til sjøbunn	Sortert sprengstein 300/600 Lagtykkelse 1,50 m

Prinsippskisse

I Figur 7 under følger en prinsippskisse av den dimensjonerte erosjonssikringen beskrevet i Tabell 4 over.



Kailøsninger

I tilknytning til næringsvirksomheten på utfyllingen er en kai ønskelig for en bruker av arealet, Fiskaa Maskin AS.

Det er utarbeidet tre forslag til kailøsninger ved utfyllingen. Da de største bølgene i området kommer fra nord-vest, vil det være ønskelig å plassere kaia på sørsiden av utfyllingen. På den måten får kaia noe naturlig skjerming fra de høyeste bølgene. To av løsningene tar areal fra den planlagte utfyllingen, som kanskje ikke vil være like aktuelt for kunden. Under følger planskisser av de tre ulike løsningene.

Løsning 1

Alternativ 1 (se skisse nedenfor) gir skjerming fra de verste bølgeaktivitetene fra nord-vest, men er utsatt for bølger fra sør-vest. Denne løsningen vil likevel åpne for mer bruk av kaia enn alternativ 2. Så lenge det mudres lenger mot land, kan kaia ha en lang utstrekning. I tilfellet under er den satt til en lengde på 50 m, men denne kan justeres etter ønske. For å beskytte konstruksjoner o.l. bak kaia, anbefales det en sone uten bygg med en bredde på ca 25 m. Dette for å unngå skader på konstruksjoner, permanent plassert utstyr o.l. ved høy bølgeaktivitet og overskyll. I et område bak kaia bør det også være en slak helning mot sjøen, slik at vann lettere kan dreneres bort. Kaia bør ikke bygges lavere enn +3 m NN2000.

Et annet alternativ er å plassere kaia på langsiden av fyllingen, se alternativ 2 nedenfor. Dette er gunstig da vi får en stor vanddybde langs hele kaia, og god plass for manøvrering av båter. På den andre siden er denne kaia utsatt for de høyeste bølgene som kommer fra nord-vest. Man må dermed forvente at kaia ikke kan brukes i perioder med høy bølgeaktivitet.



Figur 8 Plankisse av første kailøsning. Kai bør ikke bygges lavere enn kote 3 over NN2000.

Løsning 2

Denne løsning krever at deler av fyllingsarealet brukes til kailøsningen. Her vil kaia gå parallelt med langsiden på utfyllingen. Ved å plassere kaia inni utfyllingen, får vi en større grad av skjerming, spesielt fra bølgene fra nord-vest. Det kunne vært aktuelt å legge inn en molo for å skjerme mer fra sør-vest, men denne vil i så fall gå utenfor eiendomsgrensene. I dette tilfellet er erosjonssikringen på langsiden av utfyllingen 5 meter bred. Vi har satt av 6 meter for ferdsel bak denne sikringen, og en 10 meter bred kai. I dette tilfellet er kailengden på 100 m. Det må vurderes, avhengig av hvilke typer båter som skal brukes her, om dette er en tilstrekkelig lengde. En større lengde enn dette vil ta betydelig areal fra utfyllingen, og kan komme i veien for den planlagte veiinnkjøringen til utfyllingen. Bredden av havnebassenget er her satt til 90 m, og kan varieres. Høyde på kai bør ikke bygges lavere enn + 3 m NN2000.



Figur 9 Plankisse av kailøsning 2. Rød stripl linje er ca. planlagt plassering av utfylling.

Erosjonssikring skal ligge langs randen på 90 m og randen overfor kaia, og kan i detaljprosjekteringen vurderes om skal ha mildere krav.

Løsning 3

Denne løsningen er mye tilsvarende løsning 2, men med en vinkling på kaia. På denne måten får vi en lenger kai, og en lettere innkjøring for båter. Kailengden er her 120 m, og vi får et større totalt areal bak kaia. Kaia vil bli nærmere land, og det må dermed vurderes om området må mudres. Fra enden av kaia må fyllingen trekkes til land. Langs randen her kan det, som over, vurderes mildere krav til erosjonssikringen. Dette kan i så fall bli sett på nærmere i detaljprosjekteringen. Som i tilfellet for løsning 1, bør det innføres en sone bak kaia som skal være fri for konstruksjoner o.l. I dette tilfellet kan en sone på 10 m bak kaikant være fornuftig.



Figur 10 Plankisse av kailøsning 3. Vinkelen på kaia bidrar til enklere innkjøring for båter, og en økt lengde.

1	11.08.2022	Notat til oppdragsgiver	Halvor Aslaksen	Arne E Lothe	AEL
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.