

► Bølge- og Stormfloanalyse - Mostranda Camping

Sammendrag/konklusjon

Norconsult har fått i oppdrag å utarbeide ny detaljreguleringsplan for Mostranda Camping AS. Dette notatet inneholder en bølge- og stormfloanalyse for planområdet, samt en vurdering av planområdets sikkerhet mot flom fra bølger og stormflo. Denne revisjonen er oppdatert med revidert plankart 28.02.2024.

- Det anbefales at eksisterende bygninger og permanente fortelt plasseres i sikkerhetsklasse 2 i henhold til sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område (TEK 17 § 7-2 andre ledd).
- Stormflonivået i sikkerhetsklasse F2 er $2.18 \approx 2.2$ m over NN2000 for Tjøme.
- Signifikant bølgehøyde med 200 års returperiode er beregnet til $H_{m0} = 3.2$ m med tilhørende spektral topp-periode $T_p = 12.5$ s.
- For Mostranda vurderes det som sannsynlig at ekstrem stormflo med 200 års returperiode kan sammenfalle med en sørvestlig storm som generer 200-års bølgehøyde. Den dimensjonerende sjøtilstanden for vestsiden av planområdet blir derfor stormflonivå i sikkerhetsklasse F2 kombinert med bølgehøyde med 200 års returperiode.
- Campingplassen har en terrenghøyde som stort sett ligger mellom kote 1 og 2. Stormflonivået i sikkerhetsklasse F2 er 2.2 m NN2000. Dette innebærer at store deler av campingplassen vil bli oversvømt i en dimensjonerende stormflo med 200 års returperiode og estimert havnivå for år 2090. Det anbefales derfor at det utarbeides en evakueringsplan som gjelder for området som helhet.
- I tillegg til statisk stormflo kommer effekten fra bølger som kan skylle inn over land og skape ødeleggelse på bygninger i form av vannskader, slagskader eller ved at flytende/løse objekter kastes mot bygningene. Flom fra bølger vil også kunne utgjøre en fare for personer og kjøretøy som befinner seg i området.
- Mostranda camping er utsatt mot flom fra bølger og stormflo. Med dagens havnivå vil en kunne forvente betydelige overskyllingsrater fra bølger med 1 års returperiode inn mot campingplassen. Ved en dimensjonerende 200 års storm med estimert havnivåstigning for år 2090 vil overskyllingsraten være om lag fem ganger større enn hva som kan forventes fra årlige vinter- og høststormer med dagens havnivå.
- Bygg type 3, 4 og 5 som allerede er etablert innenfor planområdet har overkant gulv som ligger høyere enn stormflonivået i sikkerhetsklasse F2. Dette innebærer at bygningene innehar tilstrekkelig sikkerhet mot flom fra statisk (stillestående) stormflo i henhold til kravene fra TEK17. Bygningene vil heller ikke bli påvirket av flom fra bølger, ettersom bygningene har tilstrekkelig avstand fra områdene bølger kan slå inn mot campingplassen. Under en ekstrem stormflo vil likevel mye av terrenget rundt bygningene være oversvømt og det anbefales å etablere en evakueringsplan eller rømningsvei slik at en unngår å bli «flomfast» i bygningene.
- For å sikre Mostranda Camping mot flom fra bølger anbefales det å etablere et bølgevern i åpningene mellom svabergene mot vest. Det er identifisert tre områder som bør «tettes igjen» for å hindre at bølger slår inn over campingplassen. Disse er omtalt som «Bølgevern nord, midt og sør» (se Figur 21). Den nordligste åpningen er den mest utsatte. Her vil bølger kunne slå inn med så store krefter og vannmengder at det vurderes som farlig å oppholde seg i området under en storm dersom det ikke gjennomføres tiltak her. Områdene «midt og sør» ligger mindre utsatt enn det nordligste området, men det foreligger fremdeles en risiko for at vann fra bølger kan flomme inn her. De destruktive kreftene fra bølger er imidlertid ikke de samme her.

- Det anbefales at bølgevernet dimensjoneres slik at overskyllingsraten under dimensjonerende stormflo reduseres til et akseptabelt nivå. For det nordligste, og mest prekære området, kan dette gjennomføres ved å legge ut en ordnet og plastret steinfylling bestående av kun store steinblokker (anslagsvis 5-10 tonn) i åpningene mellom svaberget. Terreng høyden i åpningen ligger på rundt 1.8 m over NN2000. Ved å etablere et bølgevern med høyde 2 meter over eksisterende terreng (topp bølgevern kote +3.8 m NN2000), vil en slik steinfylling kunne redusere overskyllingsraten under dimensjonerende forhold til < 10 l/sm, noe som vurderes som en akseptabel overskyllingsrate. Bølgevernet må ha en bredde i toppen på om lag 9.5 meter og en plastret sjøfront som skrår ned mot sjøen med helning på 1:1.3. Bredden i toppen kan reduseres til om lag 6.5 meter dersom hele bølgevernet bygges 1 meter høyere (3 m over eksisterende terreng, topp bølgevern kote +4.8 m NN2000). Innsiden av bølgevernet kan etableres som en oppmurt natursteinsmur som vist i Figur 22. For at overskylling fra bølger skal kunne dreneres bort må toppen av bølgevernet være «åpent», det vil si at det ikke kan støpes et tett betongdekke. Det kan imidlertid etableres rekkverk på toppen av bølgevernet, slik at det er mulig å gå over under rolige værforhold.
- Bølgevernets utstrekning i område «midt» og «sør» må eventuelt vurderes nærmere i en prosjekteringsfase, men de fysiske dimensjonene for bølgevern i disse områdene er forventet å være mindre her sammenlignet med bølgevernet i nord. Dersom det etableres bølgevern i åpningene omtalt som «nord, midt og sør» vil campingplassen være sikret mot bølger som sammenfaller med stormflo.
- Dersom det kun etableres et bølgevern i det nordlige området vil Mostranda camping være sikret mot «destruktive bølger», men det vil fremdeles kunne flomme inn vann fra bølger i områdene «midt» og «sør». Som konsekvens av dette anbefales det å sette restriksjoner til bruken C7 og C9. Det kan ikke etableres permanente byggverk i disse områdene. Videre anbefales det at områdene kun benyttes som «dagplasser» med mulighet for hurtig evakuering.
- Dersom det ikke etableres noen bølgevern, vil store deler av campingplassen være utsatt for flom fra bølger. Det vil da ikke være mulig å etablere permanente byggverk i C2, C7 og C9. Videre anbefales det at disse områdene kun benyttes som dagplasser med mulighet for hurtig evakuering.

J03	2024-03-20	For bruk - oppdatert med revidert plankart	MARTVE	ARELO	MARFLA
J02	2024-01-18	For bruk	MARTVE	ARELO	MILDUN
D01	2023-11-16	For godkjenning hos oppdragsgiver	MARTVE	ARELO	ASTKR
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. 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

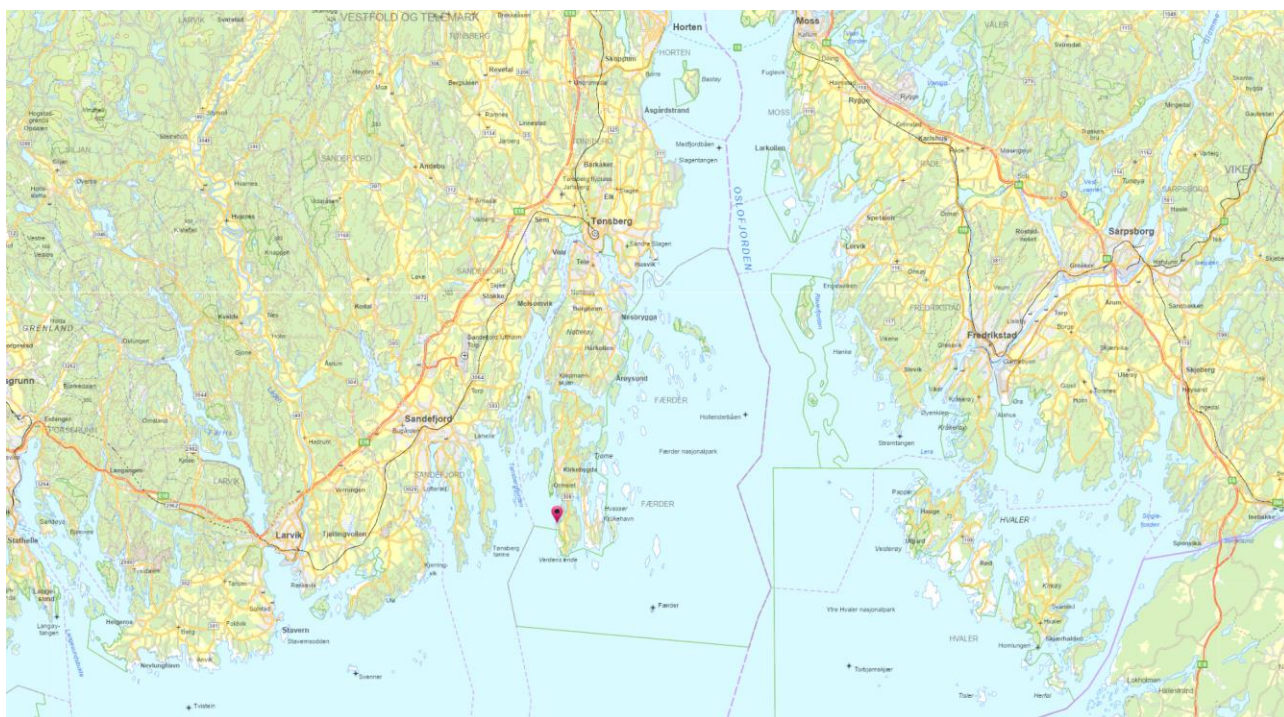
1	INNLEDNING	5
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Plankart	7
1.3	Eksisterende bygninger	9
2	HAVNIVÅ OG STORMFLO	12
2.1	Sikkerhet mot flom fra stormflo	12
2.2	Aktuelle bestemmelser fra kommuneplan	12
2.3	Nivåskisse	13
2.4	Anbefalte sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område	14
3	BØLGER	15
3.1	Definisjon av begreper	16
3.2	Vindbølger	16
3.2.1	Metode	16
3.2.2	Resultater	16
3.3	Havbølger	18
3.3.1	Metode	18
3.3.2	Resultater	20
4	DIMENSJONERENDE SJØTILSTAND	22
5	SIKKERHET MOT FLOM FRA BØLGER OG STORMFLO	23
5.1	Forutsetninger for vurderingene	23
5.2	Flomrisiko ved Campingplass C1-C8 (ref Figur 4)	23
5.3	Flomrisiko ved eksisterende bygninger (FTU1-FTU3)	27
5.4	Bølgevern	27
6	REFERANSER	32

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Norconsult har fått i oppdrag å utarbeide ny detaljreguleringsplan for Mostranda Camping AS. Dette notatet inneholder en bølge- og stormfloanalyse for planområdet, samt en vurdering av planområdets sikkerhet mot flom fra bølger og stormflo.

Planområdet er lokalisert på vestsiden av øya Tjøme i Færder kommune, Vestfold og Telemark fylke.



Figur 1 Oversiktskart over planområdet



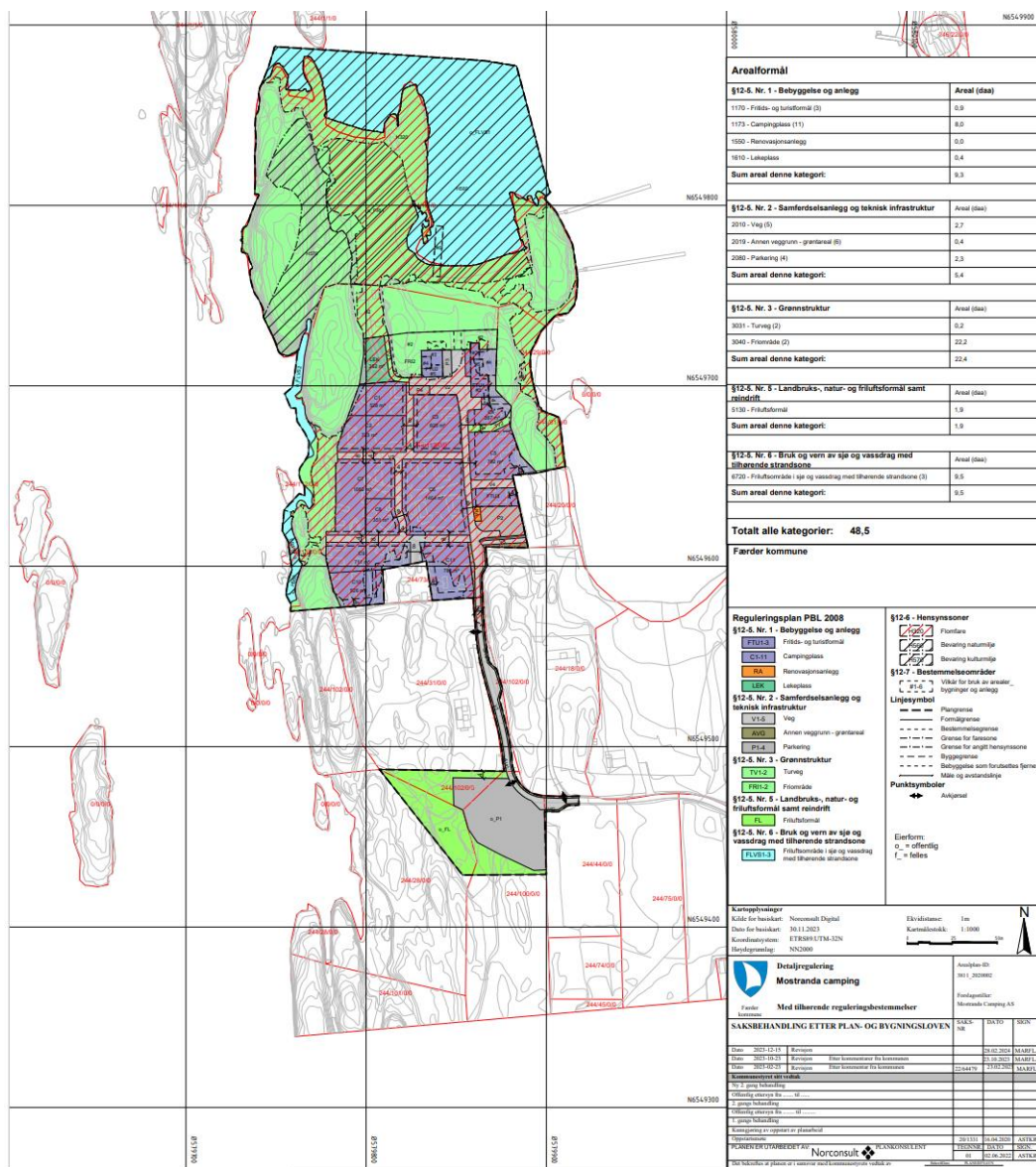
Figur 2 Mostranda camping vist med rød markør

1.2 Plankart

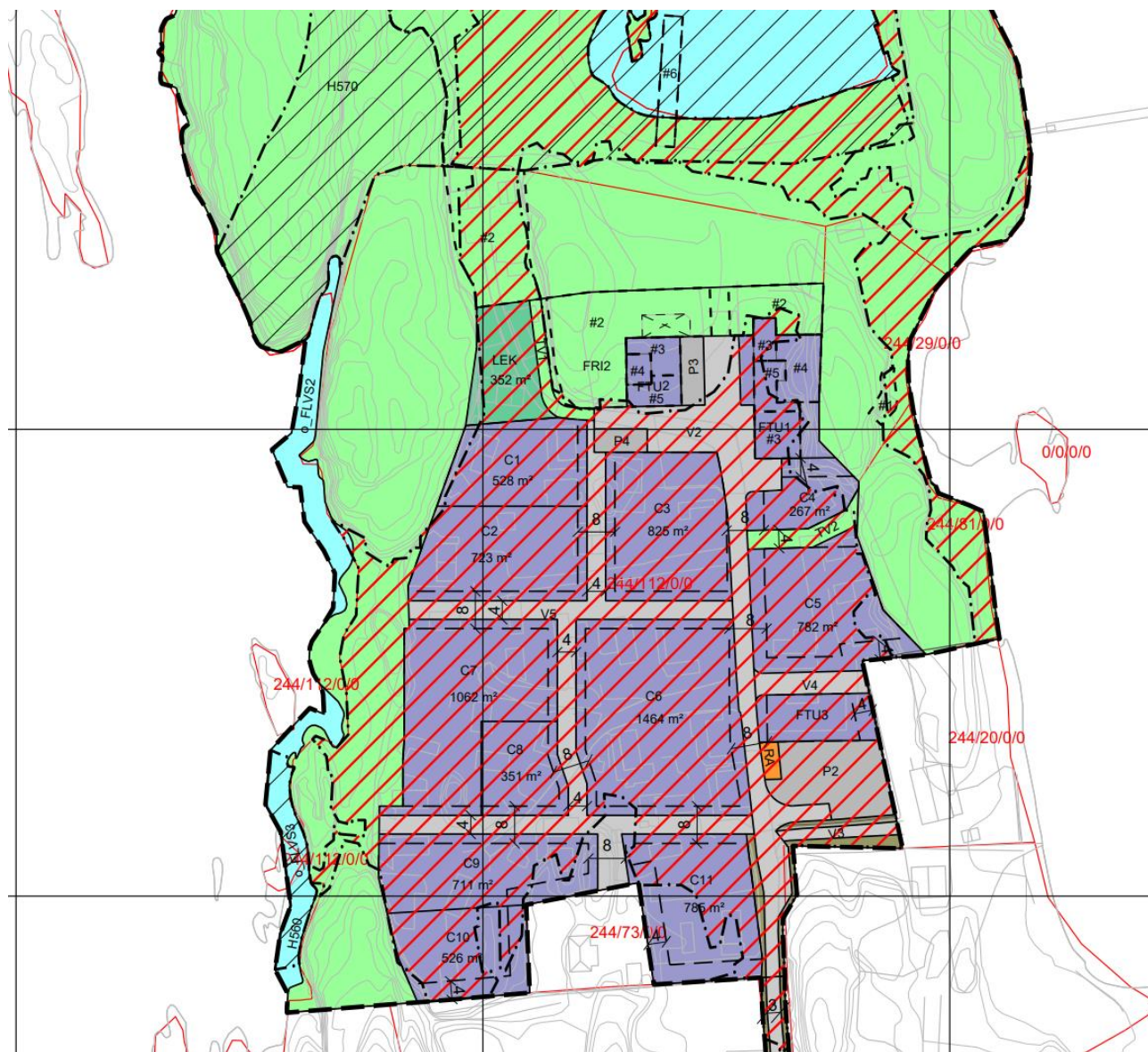
Revidert plankart er vist i Figur 3 nedenfor. Områder for bebyggelse er angitt med lilla og oransje farge, hvor formålet campingplass er angitt med C1-C11. Områder for bebyggelse med fritids- og turistformål, hvor det allerede er oppført tre bygninger, er angitt med FTU1 – FTU3. Hensynssone for flomfare er vist med rød skravur.

Et mer detaljert utsnitt av området for bebyggelse er vist i Figur 4 på neste side. Nærmere beskrivelse av eksisterende bygninger er gitt i delkapittel 1.3.

Det gjøres oppmerksom på at plankartet som er vist i dette notatet ikke er endelig, og at det i løpet av planprosessen kan komme endringer og justeringer som gjør at endelig plankart avviker fra det som er vist her.



Figur 3 Revidert plankart 28.02.2024



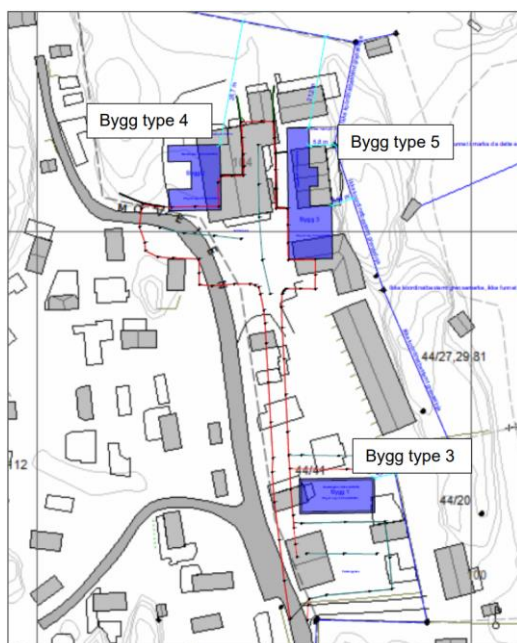
Figur 4 Revidert plankart 28.02.2024 – detalj. Campingplass er angitt med C1-C11. Områder for bebyggelse med fritids- og turistformål er angitt med FTU1-FTU3.

1.3 Eksisterende bygninger

Det er allerede oppført tre bygninger innenfor det aktuelle planområdet. Byggene er omtalt som «bygg type 3», «bygg type 4», og «bygg type 5». «Som byggetegninger» for byggene er vist i Figur 6- Figur 8 på de neste sidene. Nivå på overkant gulv i 1. etasje for de tre byggene er målt inn av Ingeniørservice AS og er gjengitt i Tabell 1 nedenfor.

Tabell 1 Innmålte nivåhøyder for overkant gulv

Bygg type	Innmålte nivåhøyder overkant gulv, m over NN2000
3	2.25
4	2.50
5	2.45



Figur 5 Situasjonsplan som viser nye bygg i blått og veien i rødt. Hentet fra planinitativ

Bygg type 3

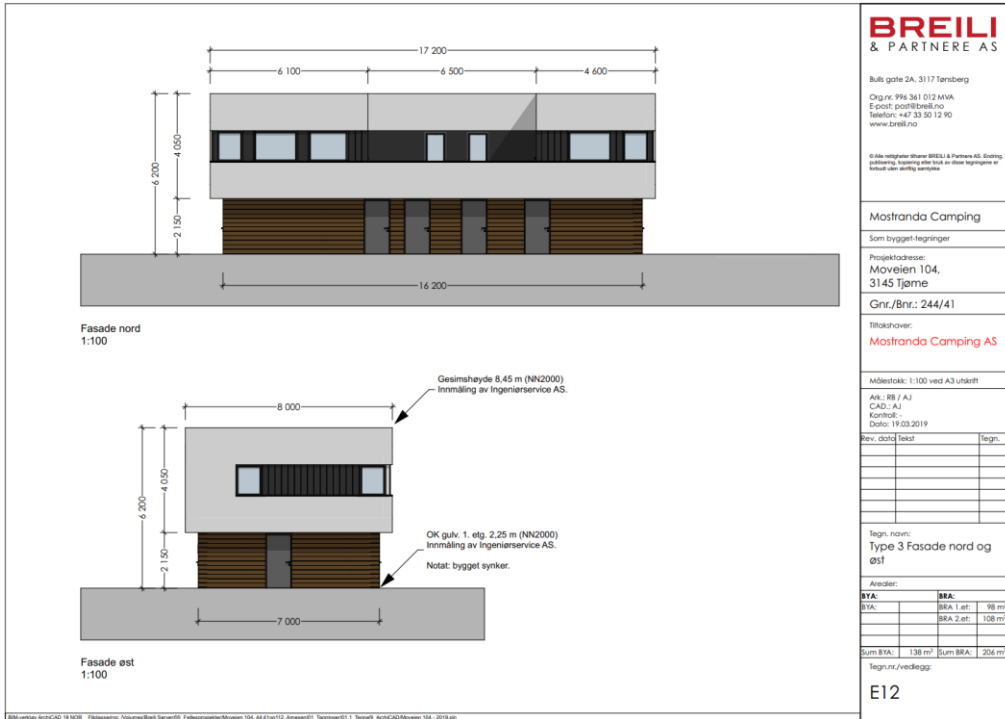
Første etasje består av servicefunksjoner for campingens gjester. Her finnes WC/bad, kjøkken, vaskerom, automatkiosk og tømmerom. Det er også et kontor i første etasje. I andre etasje er det to utleieleiligheter, disse leies ut på sesongbaserte kontrakter.

Bygg type 4

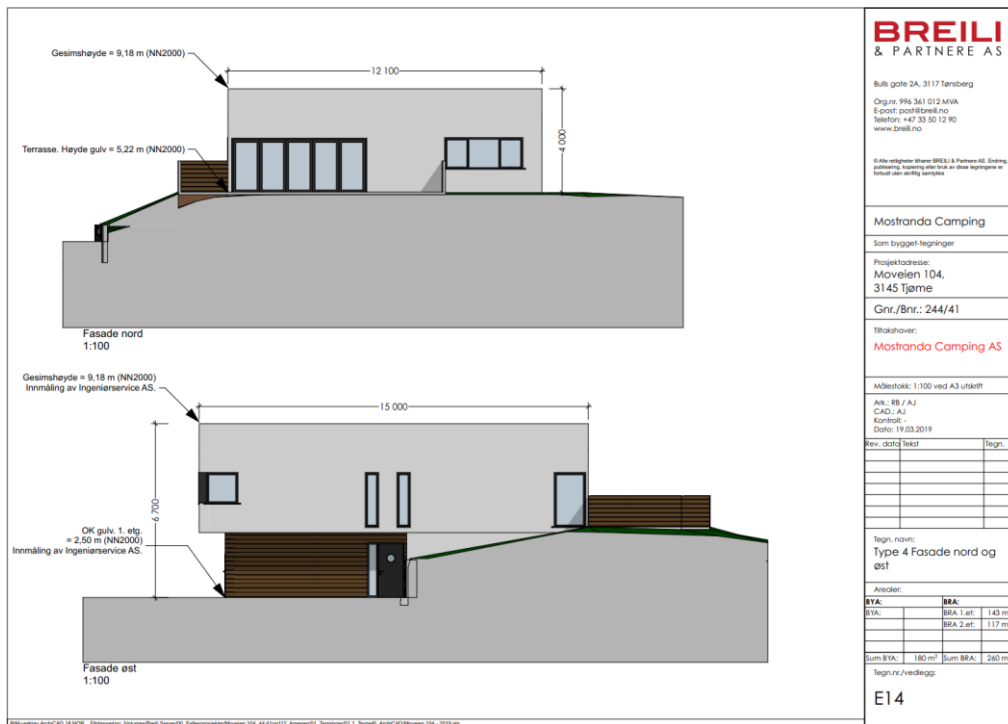
Første etasje inneholder servicefunksjoner både for campingens beboere og strandbesøkende, herunder WC og bad. Første etasje består også av lager, vaskerom og gang. Andre etasje er tilrettelagt for utleie av to utleieenheter, disse leies også ut på sesongbaserte kontrakter.

Bygg type 5

Bygget er en bestyrerbolig som hovedsakelig er ment for bruk som helårsbolig. Nå benyttes den som bestyrerbolig om sommeren.



Figur 6 Som bygget-tegning – bygg type 3



Figur 7 Som bygget-tegning – bygg type 4



Figur 8 Som bygget-tegning – bygg type 5

2 HAVNIVÅ OG STORMFLO

2.1 Sikkerhet mot flom fra stormflo

Stormflo skyldes væretes påvirkning på vannivået og oppstår ved lavtrykk og vedvarende pålandsvær som presser vannet inn mot kysten. Høyest vannstand inntreffer når stormflo sammenfaller med høyt astronomisk tidevann.

Den generelle havnivåstigningen fører til at fremtidig stormflonivå vil være høyere enn i dag. Byggteknisk forskrift (TEK17) fastsetter krav til sikkerhet mot flom og stormflo. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom slik at største nominelle sannsynlighet i tabellen ikke overskrides, jf. forskriftens § 7-2 andre ledd.

Tabell 2 Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område (fra TEK17)

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	Liten	1/20
F2	Middels	1/200
F3	Stor	1/1000

Hvilken sikkerhetsklasse et byggverk tilhører er avhengig av konsekvensene ved oversvømmelse. Generelt vil byggverk med lite personopphold og små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser kunne plasseres i sikkerhetsklasse 1. Eksempler på dette er garasjer eller lagerbygninger med lite personopphold.

Sikkerhetsklasse 2 omfatter de fleste byggverk beregnet for personopphold, som for eksempel bolig, fritidsbolig, campinghytte, garasjeanlegg, skole, barnehage, kontorbygning og industribygg.

Sikkerhetsklasse 3 omfatter byggverk for sårbare samfunnsfunksjoner og byggverk der oversvømmelse kan gi stor forurensning på omgivelsene. Eksempler på dette er sykehjem, sykehus, brannstasjon, politistasjon, sivilforsvarsanlegg og avfallsdeponier.

Stormflonivået for de ulike sikkerhetsklassene er gitt i Figur 9 på neste side. Stormflonivået inkluderer klimaframskrivninger for år 2090, som innebærer estimert havnivåstigning mot år 2090. For Tjøme kommune er dette estimatet på 58 cm.

Stormflonivå i sikkerhetsklasse F1 er $1.91 \approx 2.0$ m over NN2000

Stormflonivå i sikkerhetsklasse F2 er $2.18 \approx 2.2$ m over NN2000

Stormflonivå i sikkerhetsklasse F3 er $2.35 \approx 2.4$ m over NN2000

2.2 Aktuelle bestemmelser fra kommuneplan

Kommuneplan for Færder kommune 2023-2035 har bestemmelser knyttet til flom, stormflo og bølgepåvirkning. Bestemmelsene er gjengitt nedenfor, og er hentet fra kommuneplanens punkt 4.1.4:

Kotehøyde for overkant gulv skal ikke settes lavere enn 2,7 meter (høydereferanse NN2000) for byggverk som etter TEK17 § 7-2 er fastsatt i sikkerhetsklasse F2 og F3.

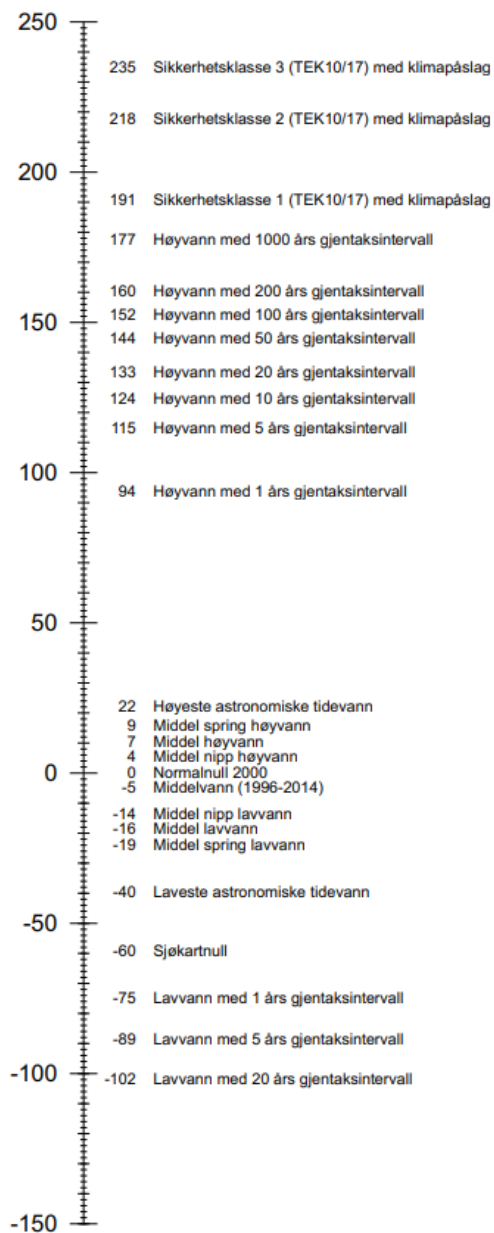
I spesielt eksponerte områder der flere eller alle forholdene kan inntreffe samtidig, skal det vurderes å sette kotehøyde høyere enn 2,7 meter.

2.3 Nivåskisse

N59°4,8' E10°23,6'
Nivåskisse

MOSTRANDA

Nivå knyttet til tidevann er hentet fra Viker, justert med faktor 0,94.



Høyder er i cm over Normalnull 2000 som er nullnivå i det norske offisielle høydesystemet NN2000. Datagrunnlag sist endret: 24. august 2021. Lastet ned: 1. november 2023.

1

Figur 9 Nivåskisse for Mostrand

Kilde: Kartverket

2.4 Anbefalte sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område

Reguleringsplanens områder for bebyggelse er delt inn i fire underformål:

- Fritids- og turistformål (FTU1-FTU3)
- Campingplass (C1-C11)
- Renovasjonsanlegg (RA)
- Lekeplass (LEK)

De eksisterende byggverkene er etablert i områdene som skal reguleres til fritids- og turistformål (FTU1-FTU3). Disse byggene er beregnet for personopphold og innehar funksjoner/bruksområder som gjør at de kan plasseres i sikkerhetsklasse F2 i henhold til TEK 17 § 7-2 andre ledd.

I underformålet Campingplass (C1-C11) legges det opp til både kortvarig opphold for camping og faste plasser hvor det tillates campingvogner, fortelt, plattinger, leegger og bobiler. Fortelt eller «spikertelt» vil kunne fremstå som permanente bygg, ettersom det er vanskelig å flytte disse uten enten å rive konstruksjoner eller flytte dem ved hjelp av heisekran. Byggverkene er imidlertid ikke spesielt omtalt i veiledningen til TEK17 med hensyn på plassering i sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område. Generelt sett vil fortelt eller spikertelt være relativt enkle bygg konstruksjonsmessig sammenlignet med eneboliger og hytter, samtidig som de økonomiske konsekvensene ved oversvømmelse vil være vesentlig mindre. Forteltene er imidlertid beregnet for personopphold og det anbefales på bakgrunn av dette å plassere permanente fortelt i sikkerhetsklasse F2.

Byggverk som plasseres innenfor underformålene «renovasjonsanlegg» eller «lekeplass» må vurderes særskilt, men det antas at dette er byggverk som kan plasseres i sikkerhetsklasse F1.

Tabell 3 Anbefalt sikkerhetsklasse for byggverk innenfor planområdet

Underformål	Anbefalt sikkerhetsklasse	Stormflonivå, m over NN2000	Kommentar
Fritids- og turistformål	F2	2.2	Herunder eksisterende bygg type 3, 4 og 5
Campingplass	F2	2.2	Gjelder permanente fortelt
Renovasjonsanlegg	F1	2.0	Antatt
Lekeplass	F1	2.0	Antatt

Merk at det aktuelle stormflonivået gjelder for statisk stormflo, uten effekten fra bølger. Bølger er nærmere vurdert i påfølgende kapittel. En samlet vurdering av planområdets sikkerhet mot flom fra stormflo og bølger er gitt i kapittel 5.

3 BØLGER

Bølger kan generelt deles inn i lokale vindgenererte bølger og havbølger. Planområdet ved Mostranda Camping er omgitt av glatt svaberg mot vest og sandstrender mot nord. Mot svabergene på vestsiden vil havbølger være dominerende. Mot sandstrendene på nordsiden vil lokale vindbølger være dominerende.

Det er gjennomført lokale vindbølgeberegninger ved bruk av en parametriske modell og havbølgeberegninger ved bruk av en numerisk modell som er komplementert av den parametriske modellen.

Analysen av havbølger bygger på bølgemodellen og metodikken som ble benyttet i Klimasårbarhetsanalyse for Tjøme kommune i 2017 [1]

Det er særlig tre områder ved planområdet som er utsatt for bølger. Disse områdene er merket på Figur 10 nedenfor. De blå polygonene markerer områder hvor vindbølger fra nord vil kunne føre til overskylling mot land. Det røde polygonet markerer et område hvor svabergene er lavest, og hvor havbølger fra vest vil kunne medføre betydelige overskyllingsrater og flom for store deler av planområdet.



Figur 10 Områder hvor havbølger (rødt polygon) og vindbølger (blå polygon) kan føre til overskylling inn over land

3.1 Definisjon av begreper

Tabell 4 Definisjon av begreper

Begrep	Forkortelse	Enhet	Definisjon
Bølgehøyde	H	m	Vertikal avstand fra bølgetopp til den påfølgende bølgedal
Signifikant bølgehøyde	H_{m0}	m	Middelverdien av den høyeste tredjedelen av alle bølger i en måleserie.
Bølgeperiode	T	s	Tiden mellom to påfølgende bølgetopper
Spektral topp-periode	T_p	s	Perioden for den frekvenskomponenten i bølgespekteret som inneholder mest energi, og som normalt vil være den perioden som oppfattes som dominerende.
Bølgelengde	L	m	Lengden mellom to påfølgende bølgetopper

3.2 Vindbølger

På nordsiden av planområdet vil vindbølger være dominerende.

3.2.1 Metode

Det er gjennomført vindbølgeberegninger ved bruk av det parametriske modellverktøyet HsComp. Beregningene tar utgangspunkt i vinddata fra Svenner i perioden 2000-2011. Beregningene bygger på følgende forutsetninger:

- Vinden som er beregnet, er den høyeste 10 min middelvind som vil forekomme under en storm med 3 timers varighet. Ved beregning av bølger er vinden justert, slik at den tilsvarer middelvinden over en så lang periode som er nødvendig for at den gitte bølgehøyden skal oppnås.
- Det forutsettes at vindstyrken ved målestasjon og området hvor vindbølgene genereres er den samme.
- For å ta høyde for lokale forskjeller mellom målepunktet og tiltaksområdet er det i beregningene tatt høyde for at vindretning mot tiltaksområdet kan endres med inntil 30 grader i ugunstig retning, sammenlignet med vindretningen ved målepunktet. Dette gir en svakt konservativ tilnærming for beregningene.

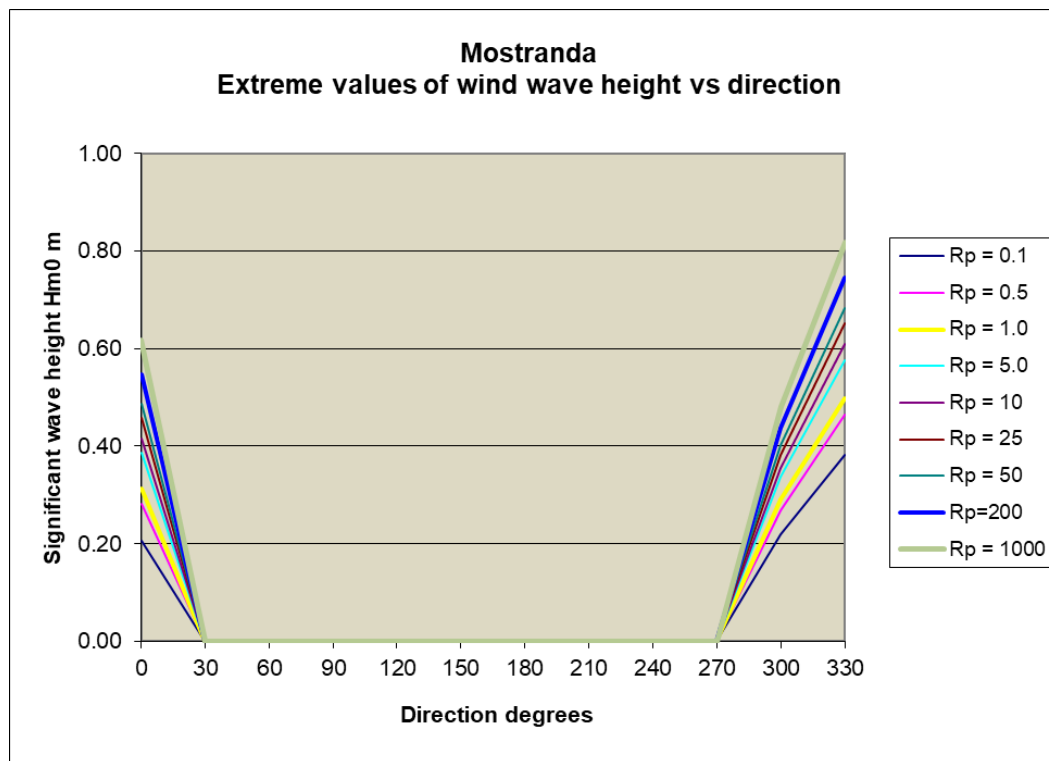
3.2.2 Resultater

Vindgenererte bølger på nordsiden av planområdet vil kun oppstå med vindretninger fra nord og nordvest.

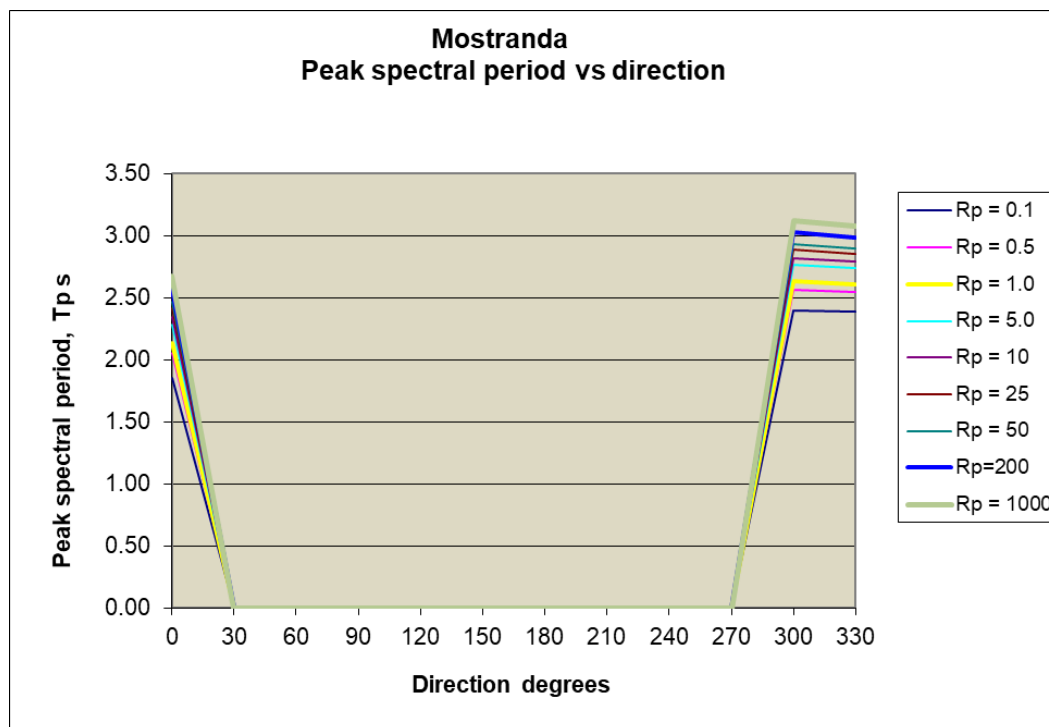
Den høyeste signifikante bølgehøyden som kan forventes med årlig gjentagelsesintervall er på om lag 0.5 m på nordsiden av planområdet.

Signifikant bølgehøyde med 200 års returperiode er beregnet til $H_{m0} = 0.75$ m fra nord-nordvest (330°) med tilhørende spektral topp-periode $T_p = 3.0$ s.

Figur 11- Figur 12 på neste side viser signifikant vindbølgehøyde på nordsiden av Mostranda camping og tilhørende spektral topp-periode. Bølgehøydene og periodene er fordelt på retning og gitt med ulike returperioder (R_p).



Figur 11 Signifikant vindbølgehøyde fordelt på retning på nordsiden av planområdet. Returperiode (R_p) i år



Figur 12 Spektral topp-periode til den signifikante bølgehøyden på nordsiden av planområdet. Returperiode (R_p) i år.

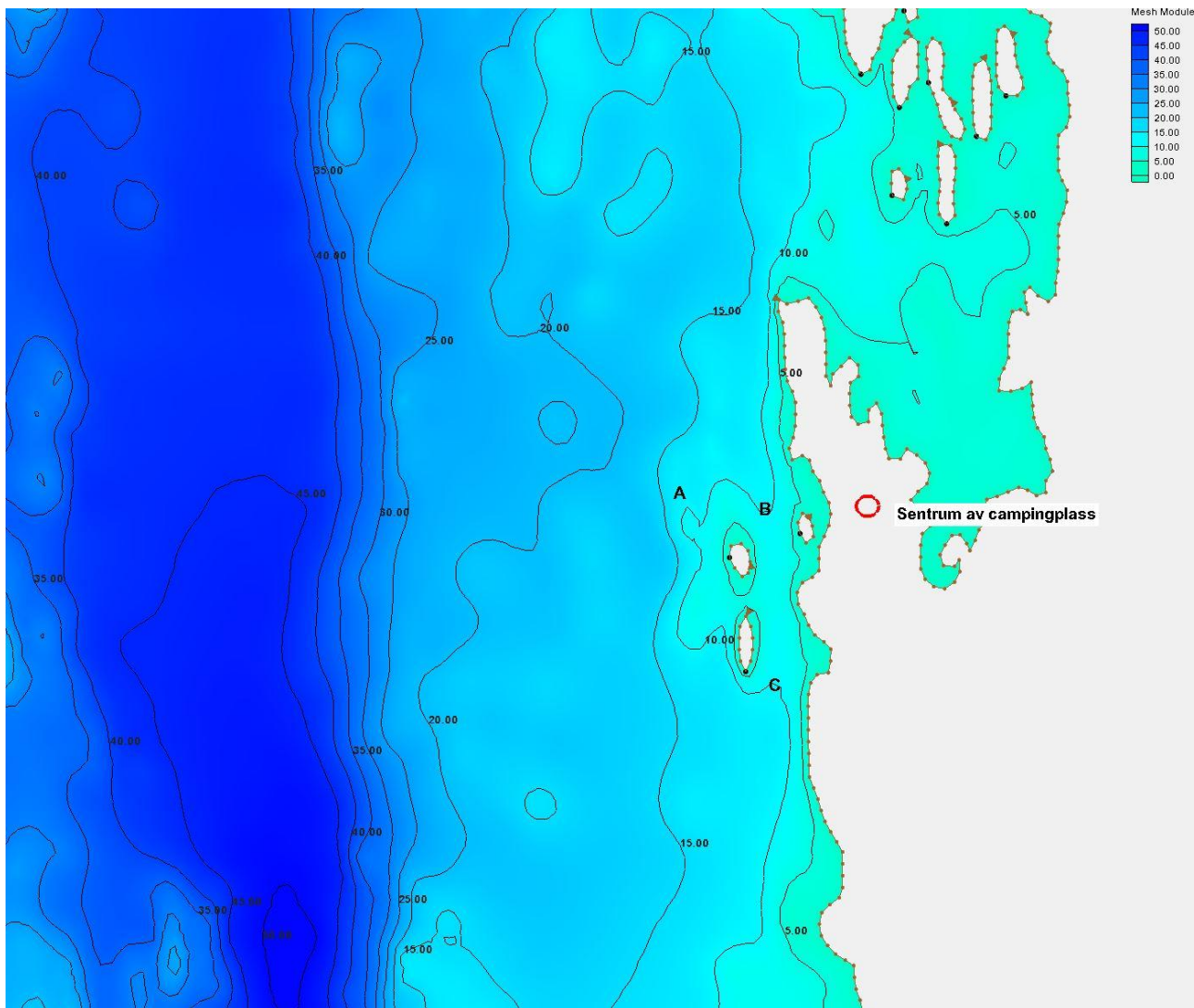
3.3 **Havbølger**

3.3.1 Metode

Analysen av havbølger i dette oppdraget bygger på modell og metodikk fra Klimasårbarhetsanalysen for tidligere Tjøme kommune fra 2017 [1], hvor bølgehøyder fra havbølger beregnes ved å ta i bruk følgende prosess:

1. Det etableres en terrengmodell basert på tilgjengelige dybde-data (primærdata) og landkart for Tjøme kommune levert av Kartverket. Terrengmodellen suppleres med dybde-data for hele Skagerak og land-data fra European Marine Observation and Data Network.
2. Det etableres en spektral vind-modell av hele Skagerak som inkluderer nordlige deler av Danmark. Bølgeberegningen gjennomføres med bølgemodellen STWAVE, og det utføres simuleringer med ulike vindretninger og vindhastigheter.
3. Fra bølgemodellen i STWAVE produseres spektra for et punkt som ligger på høyde med Færder fyr, rett sør for Tjøme.
4. En parametrisk bølgemodell HsComp (formelbasert verktøy) brukes til å lage nye verdier for bølgeparametere for det samme punktet rett sør for Tjøme. Disse verdiene ansees å være mer pålitelige enn data fra STWAVE-modellen.
5. Resultatspektra fra den numeriske modellen skaleres opp slik at de gir samme svar som antatt mer pålitelige modellen HsComp.
6. De justerte spektra brukes nå som inngangsverdier i en mer detaljert modell av den sørlige delen av Tjøme kommune. Modelleringen av bølger er utført ved et vann-nivå 0.5 m over sjøkartnull, tilsvarende 0.5 m over middelvann. Ved stormflo vil bølgene angripe høyere, men den teoretiske bølgehøyden vil forbli uforandret.
7. Bølgedata kan nå hentes ut fra den detaljerte modellen, og det kan lages en overføringsfaktor eller koeffisient som forteller hvor stor andel av bølgehøyden i åpent hav sør for Tjøme som man vil finne igjen på hvert sted, avhengig av vindstyrke og retning i åpent hav
8. Når sammenhengen mellom bølgehøyde på stedet og vindhastighet- og retning ved Svenner er gitt, kan vi nå beregne hvor ofte en viss bølgehøyde opptrer på hvert sted.

Signifikant bølgehøyde fra havbølger mot planområdet er beregnet i tre forskjellige punkter, markert med A, B og C på Figur 13 på neste side.



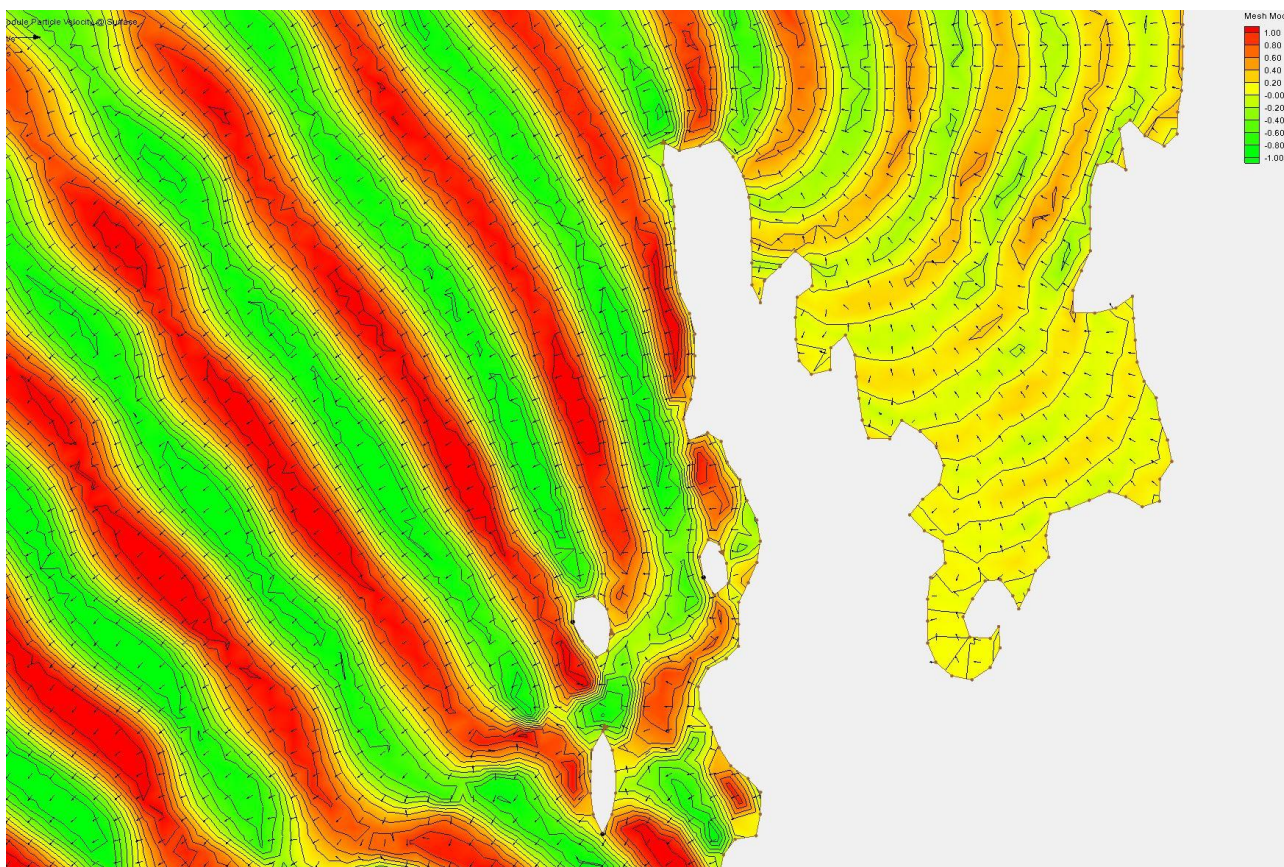
Figur 13 Punkter for beregning av bølgehøyder fra havbølger ved Mostranda Camping

3.3.2 Resultater

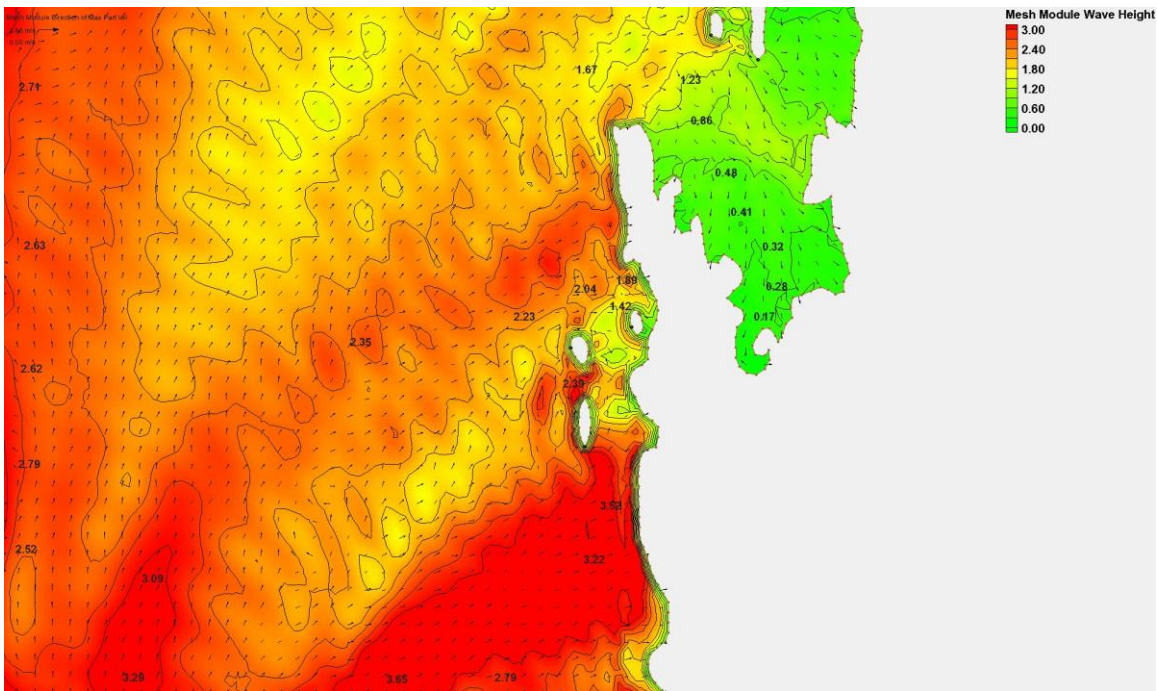
Bølgehøyden er modellert i tre punkter utenfor planområdet. Disse punktene er plassert litt fra land for å unngå lokal påvirkning fra bunnforholdene/batymetrien som kan gi misvisende resultater. Bølgehøyden i punkt B fra Figur 13 vurderes som mest relevant med hensyn på de mest utsatte områdene for bølgepåvirkning, gitt i Figur 10.

Bølgehøyden er beregnet med vindretning fra 150°, 180° og 210° i åpent hav. Det aktuelle området ligger skjermet mot bølger fra 240°. De største bølgene kommer fra 210°, hvor årlig maksimum signifikant bølgehøyde er forventet til $H_{m0} = 2.2$ meter.

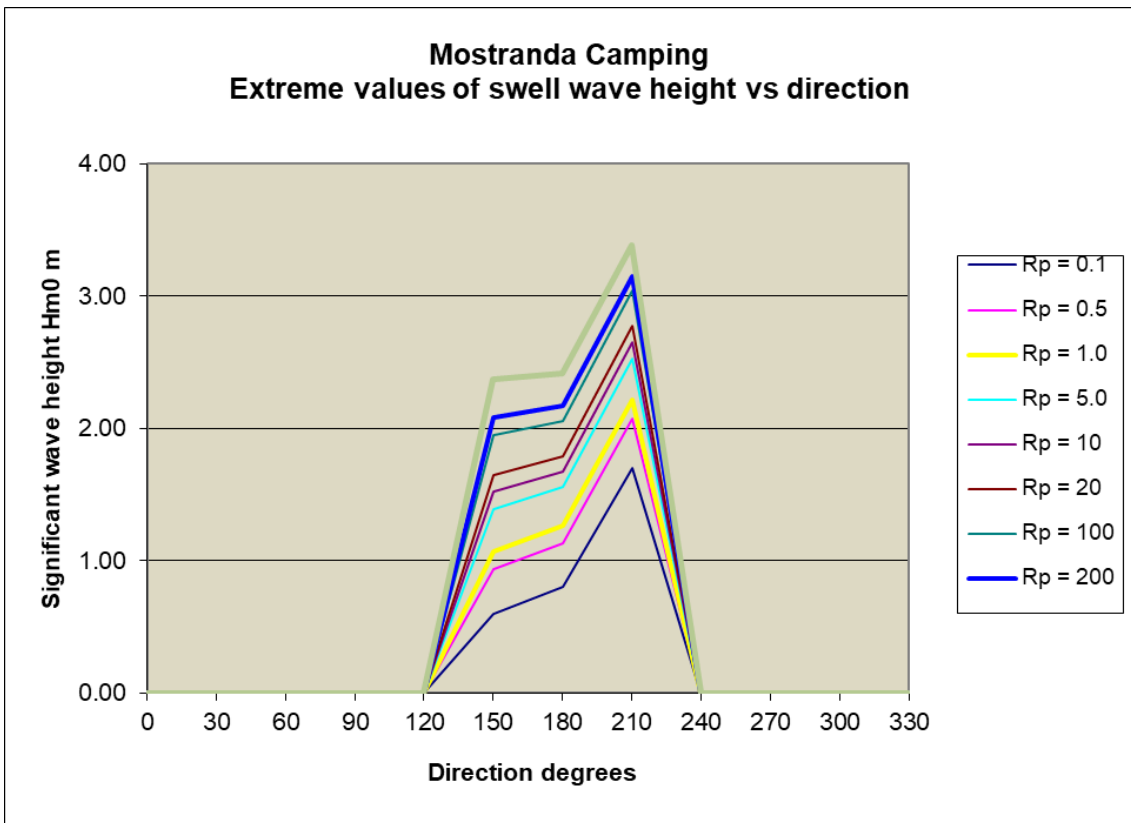
Signifikant bølgehøyde med 200 års returperiode er beregnet til $H_{m0} = 3.2$ m med tilhørende spektral toppperiode $T_p = 12.5$ s. Bølgehøyden oppstår når det blåser fra 210° i åpent hav. Bølgene som kommer fra denne retningen vil endre retning når de nærmer seg land, slik at de treffer omtrent rett på det aktuelle planområdet ved Mostranda Camping (se Figur 14 nedenfor).



Figur 14 Bølger mot Mostranda Camping fra 210°. Bølgetoppene vises med røde områder og bølgedaler med grønt.



Figur 15 Bølgehøyder utenfor Mostranda Camping ved $H_s=5$ m i åpent hav.



Figur 16 Signifikant bølgehøyde fra havbølger vest for Mostranda Camping fordelt på retning. Returperioder (R_p) i år.

4 DIMENSJONERENDE SJØTILSTAND

Stormflo inntreffer når høyt astronomisk tidevann, lavtrykk og vedvarende pålandsvær med høye bølger sammenfaller. For Mostranda vurderes det som sannsynlig at ekstrem stormflo med 200 års returperiode kan sammenfalle med en sørvestlig storm som generer 200-års bølgehøyde. Den dimensjonerende sjøtilstanden for vestsiden av planområdet blir derfor stormflonivå i sikkerhetsklasse F2 kombinert med bølgehøyde med 200 års returperiode.

For nordsiden av planområdet er det vindbølger fra nord-nordvest som er dimensjonerende. Ekstrem stormflo oppstår ved vedvarende pålandsvind, noe som for Mostranda og Tjøme kommune krever ekstrem storm fra sør eller sørvest i havet. Det vurderes derfor ikke som sannsynlig at ekstrem stormflo og ekstreme bølgehøyder vil sammenfalle på nordsiden av planområdet. Vinden kan imidlertid endre retning på kort varsel, mens det fremdeles er høy vannstand fra stormflo i området. Den mest sannsynlige dimensjonerende sjøtilstanden på nordsiden av planområdet vurderes derfor til å være 200 års stormflo kombinert med bølgehøyder med 10 års returperiode.

Dimensjonerende sjøtilstand er gitt i tabellen nedenfor:

Tabell 5 Dimensjonerende sjøtilstand for av Mostranda Camping for vest- og nordsiden av planområdet

	Signifikant bølgehøyde, H_{m0} (m)	Spektral toppperiode, T_p (s)	Bølgelengde, L (m)	Innkommende bølgeretning (°)	Dimensjonerende vann-nivå (m, NN2000)	Returperiode, R_p (år)
Vestsiden	3.3	12.5	125	210	2.18	200
Nordsiden	0.6	2.8	12	330	2.18	10 / 200

5 SIKKERHET MOT FLOM FRA BØLGER OG STORMFLO

5.1 Forutsetninger for vurderingene

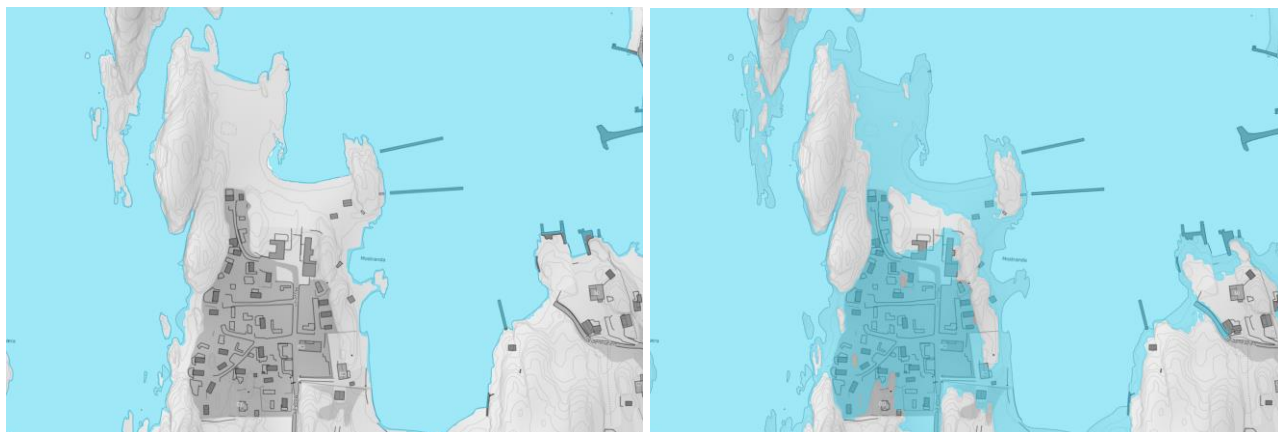
Vurderingene av sikkerhet mot flom fra bølger og stormflo bygger på følgende forutsetninger:

- Byggverk kan plasseres i sikkerhetsklasser som anbefalt i kapittel 2.4
 - Bygg type 3, 4 og 5 plasseres i sikkerhetsklasse F2
 - Permanente fortelt plasseres i sikkerhetsklasse F2
 - Byggverk som eventuelt etableres innenfor områder med underformål «lekeplass» og/eller «renovasjonsanlegg» kan plasseres i sikkerhetsklasse F1
 - Dimensjonerende stormflo kan sammenfalle med dimensjonerende bølgehøyde
- Eksisterende høyder er hentet ut fra basiskart og høydedata.no.

Overskyllingsrater beregnes ved bruk av formelverk gitt i EurOtop manual. [2]

5.2 Flomrisiko ved Campingplass C1-C11 (ref Figur 4)

Campingplassen har en terrenghøyde som stort sett ligger mellom kote 1 og 2. Stormflonivået i sikkerhetsklasse F2 er 2.2 m NN2000. Dette innebærer at store deler av campingplassen vil bli oversvømt i en dimensjonerende stormflo med 200 års returperiode og estimert havnivå for år 2090. Dette er illustrert på bildene nedenfor.



Figur 17 Bildet til venstre: Middel høyvann, dagens havnivå. Bildet til høyre: 200 års stormflo, havnivå år 2090

For at permanente byggverk skal inneha tilstrekkelig sikkerhet mot *statisk* stormflo må minimum gulvhøyde settes til kote 2.2 m NN2000 for underkant gulv. I tillegg til statisk stormflo kommer effekten fra bølger som kan skylle inn over land og skape ødeleggelser på bygninger i form av vannskader, slagskader eller ved at flytende/løse objekter kastes mot bygningene. Flom fra bølger vil også kunne utgjøre en fare for personer og kjøretøy som befinner seg i området. Det er gjennomført beregninger av overskyllingsrater med forskjellige vannstands nivå og returperioder for bølgehøyder inn mot planområdet, gjennom åpningen i svaberget på vestsiden vist i Figur 18. Det er i beregningene tatt utgangspunkt i en terrenghøyde på 1.8 m over NN2000.

Resultatet fra beregningene er oppsummert i Tabell 6 nedenfor og viser at selv med dagens havnivå vil en kunne forvente betydelige overskyllingsrater med 1 års returperiode inn mot campingplassen. Ved en dimensjonerende 200 års storm med estimert havnivåstigning for år 2090 vil overskyllingsraten være om lag fem ganger større enn hva som kan forventes fra årlige vinter og høststormer med dagens havnivå.

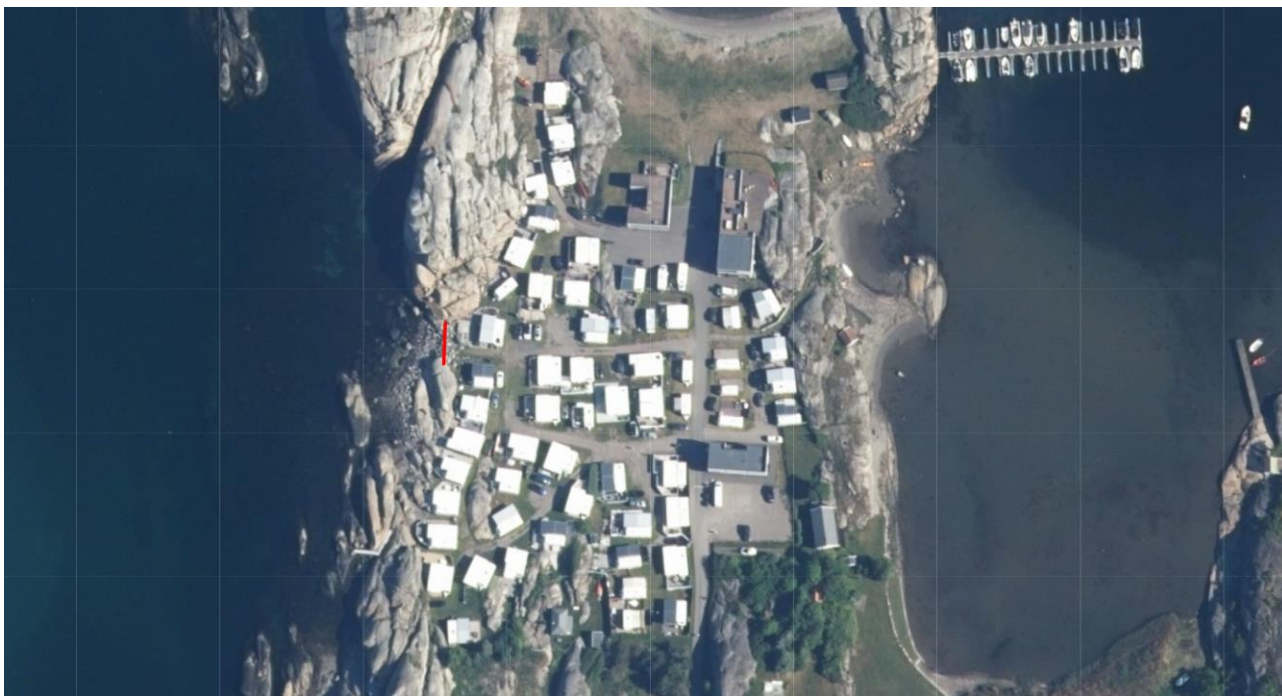
Med utgangspunkt i terrenghøyder hentet fra basiskart og høydedata.no, vil området nærmest den røde streken i Figur 18 oppleve flom fra bølger på årlig basis. Bilder fra befaring i 2020 viser at det er lagt ut større steinblokker som skal bidra å dempe bølgene her (se Figur 19), men dette vil ikke være tilstrekkelig for å verne området mot flom fra bølger i en dimensjonerende storm.

Den beregnede overskyllingsraten i Tabell 6 gjelder overskylling per sekund per lengdemeter. Selv om denne overskyllingen bare vil inntreffe i den relativt korte åpningen markert med rød strek i Figur 18, er overskyllingen så voldsom at den uansett vil føre til en destruktiv strøm av vann gjennom åpningen og inn på plassen. Det vil også forekomme overskylling i et område utenfor den røde streken, men her vil overskyllingsratene være mindre.

Oppsummert vil hele området som skal reguleres til campingplass være utsatt for flom fra bølger og stormflo.

Tabell 6 Overskyllingsrater fra havbølger inn på campingplassen. Overskyllingsrate er gitt som liter per sekund per lengdemeter (l/(sm))

Kommentar	Vannivå, m over NN2000	Signifikant bølgehøyde, m	Overskyllingsrate, l/sm
Stormflo og bølger med Rp = 1 år, dagens havnivå	0.94	2.2	400
Stormflo og bølger med Rp = 20 år, dagens havnivå	1.33	2.8	1100
Stormflo og bølger med Rp = 200 år, dagens havnivå	1.60	3.2	1700
Stormflo og bølger med Rp = 1 år, havnivå år 2090	1.52	2.2	800
Stormflo og bølger med Rp = 20 år, havnivå år 2090	1.91	2.8	1500
Stormflo og bølger med Rp = 200 år, havnivå år 2090	2.18	3.2	1900



Figur 18 Rød strek markerer hvor overskyllingsraten er beregnet



Figur 19 Steinblokker lagt ut i åpningen mellom svabergene.



Figur 20 Oversiktsbilde over campingvogner og fortelt som er etablert mot vest.

5.3 Flomrisiko ved eksisterende bygninger (FTU1-FTU3)

Bygg type 3, 4 og 5 som allerede er etablert innenfor planområdet har overkant gulv som ligger høyere enn stormflonivået i sikkerhetsklasse F2. Dette innebærer at bygningene innehar tilstrekkelig sikkerhet mot flom fra statisk (stillestående) stormflo i henhold til kravene fra TEK17. I tillegg kommer bidraget fra bølger.

Mot nordsiden av planområdet er det som nevnt lokale vindgenererte bølger som er dominerende. Disse bølgene har en maksimal bølgelengde på om lag 14 meter. Generelt vil den maksimale avstanden en bølge kan skylle inn mot land være halvparten av bølgelengden, forutsatt at terrengnivået er tilsvarende eller høyere enn det dimensjonerende vannivået (stormflonivået), og at det er tilstrekkelig fall/drenering slik at vann ikke magasineres mot bygningene. Bygningene som er plassert lengst nord i planområdet (bygg type 4 og 5) har en minimumsavstand på 20 meter fra 2 meters koten. Vindbølgene fra nord vil således ikke nå frem til byggene og de eksisterende bygningene innehar derfor tilstrekkelig sikkerhet mot vindbølger fra nord.

I en dimensjonerende storm som sammenfaller med ekstrem stormflo vil havbølgene som kommer fra åpent hav kunne medføre betydelige overskyllingsrater inn mot planområdet. Havbølger med 200 års returperiode som har en signifikant bølgehøyde på 3.2 m vil kunne gi en overskyllingsrate på rett i underkant av 2000 l/sm. Under ekstrem stormflo vil allerede store deler av planområdet ligge under vann, og vannet som kommer inn vil spre seg utover før det renner ut igjen. Havbølgene som flommer inn fra vest vil likevel ikke påvirke de eksisterende bygningene i nevneverdig grad ettersom det er såpass stor avstand fra bygningene til åpningene i svaberget.

Det konkluderes med at de eksisterende bygningene har tilstrekkelig sikkerhet mot flom fra bølger og stormflo. Under en ekstrem hendelse vil likevel store deler av terrenget være oversvømt, og det anbefales en evakueringsplan eller rømningsveier slik at en unngår å bli «flomfast» i bygningene.

5.4 Bølgevern

For å sikre Mostranda Camping mot flom fra bølger anbefales det å etablere et bølgevern i åpningene mellom svabergene mot vest. Det er identifisert tre områder som bør «tettes igjen» for å hindre at bølger slår inn over campingplassen. Disse er omtalt som «Bølgevern nord, midt og sør» (se Figur 21). Den nordligste åpningen er den mest utsatte. Her vil bølger kunne slå inn med så store krefter og vannmengder at det vurderes som farlig å oppholde seg i området under en storm dersom det ikke gjennomføres tiltak her. Områdene «midt og sør» ligger mindre utsatt enn det nordligste området, men det foreligger fremdeles en risiko for at vann fra bølger kan flomme inn her. De destruktive kreftene fra bølger er imidlertid ikke de samme her.

Det anbefales at bølgevernet dimensjoneres slik at overskyllingsraten under dimensjonerende stormflo reduseres til et akseptabelt nivå. For det nordligste, og mest prekære området, kan dette gjennomføres ved å legge ut en ordnet og plastret steinfylling bestående av kun store steinblokker (anslagsvis 5-10 tonn) i åpningene mellom svaberget. Terrenghøyden i åpningen ligger på rundt 1.8 m over NN2000. Ved å etablere et bølgevern med høyde 2 meter over eksisterende terreng (topp bølgevern kote +3.8 m NN2000), vil en slik steinfylling kunne redusere overskyllingsraten under dimensjonerende forhold til < 10 l/sm, noe som vurderes som en akseptabel overskyllingsrate. Bølgevernet må ha en bredde i toppen på om lag 9.5 meter og en plastret sjøfront som skrår ned mot sjøen med helning på 1:1.3. Bredden i toppen kan reduseres til om lag 6.5 meter dersom hele bølgevernet bygges 1 meter høyere (3 m over eksisterende terreng, topp bølgevern kote +4.8 m NN2000). Innsiden av bølgevernet kan etableres som en oppmurt natursteinsmur som vist i Figur 22. For at overskylling fra bølger skal kunne dreneres bort må toppen av bølgevernet være

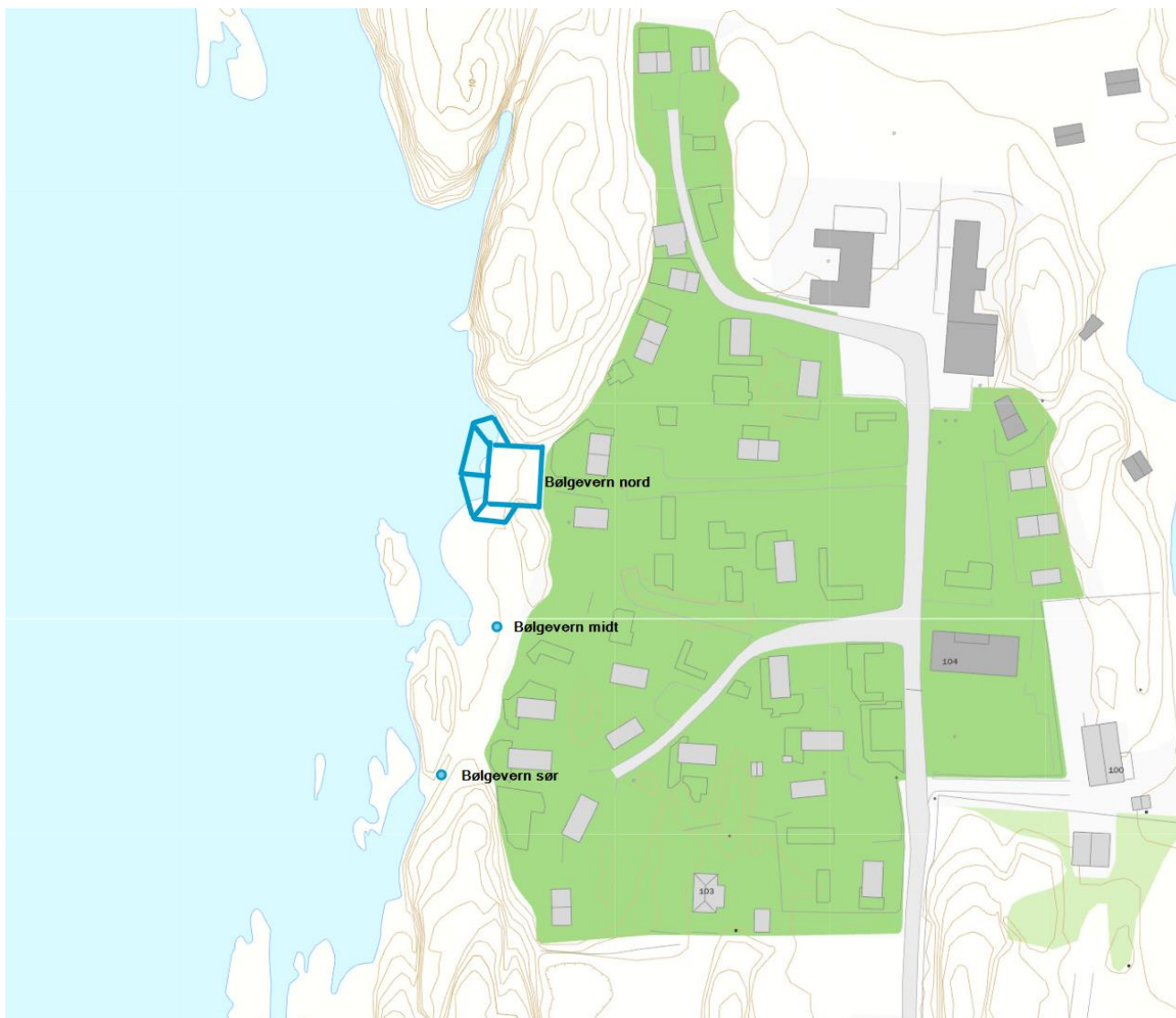
«åpent», det vil si at det ikke kan støpes et tett betongdekke. Det kan imidlertid etableres rekkverk på toppen av bølgevernet, slik at det er mulig å gå over under rolige værforhold.

Bølgevernets utstrekning i område «midt» og «sør» må eventuelt vurderes nærmere i en prosjekteringsfase, men de fysiske dimensjonene for bølgevernet i disse områdene er forventet å være mindre her sammenlignet med bølgevernet i nord. Dersom det etableres bølgevernet i åpningene omtalt som «nord, midt og sør» vil campingplassen være sikret mot bølger som sammenfaller med stormflo. Merk at området fremdeles kan bli utsatt for flom fra statisk (stillestående) stormflo i fremtiden.

Tabell 7 Konsekvens ved ulike tiltak

Tiltak	Konsekvens
Etablere bølgevernet i åpningene «nord», «midt» og «sør».	Campingplassen vil være sikret mot bølger som sammenfaller med stormflo.
Etablere kun «bølgevern nord»	Campingplassen vil være sikret mot «destruktive bølger», men det vil fremdeles kunne flomme inn vann fra bølger i områdene «midt» og «sør». Som konsekvens av dette anbefales det å sette restriksjoner til bruken av C7 og C9. Det kan ikke etableres permanente ¹ byggverk i disse områdene. Videre anbefales det at disse områdene kun benyttes som «dagplasser» med mulighet for hurtig evakuering.
Uten tiltak – ingen bølgevern	Det kan ikke etableres permanente byggverk i C2, C7 og C9. Videre anbefales det at disse områdene kun benyttes som dagplasser med mulighet for hurtig evakuering.

¹ Permanente bygg er i denne sammenheng byggverk og konstruksjoner som står med varighet over 2 år.



Figur 21 Skisse av bølgevern med skråning mot sjø («bølgevern nord»). Punktene «bølgevern midt» og «bølgevern sør» viser områder som bør vurderes nærmere.



Figur 22 Innside av bølgevern murt med steinblokker. Bildet viser brystvern på Killingøymoloen i Haugesund og er hentet fra Molohåndboka. Merk at bølgevernet på Mostranda blir noe lavere (og kortere) enn vist på bildet.

6 REFERANSER

[1] Norconsult, *Klimasårbarhetsanalyse*, 2017.

[2] J.W. Van deer Meer, N.W.H. Allsop, T. Bruce, J. De Rouck, A. Kortenhaus, T. Pullen, H. Schuttrumpf, P. Troch, B. Zanuttigh, «Manual on overtopping of sea defence and related structures,» 2018.