

NOTAT

OPPDRAAG	10225533-Områderegulering Bjørn Dønna	DOKUMENTKODE	10225533-RIMT-NOT-002
EMNE	Sikring mot oversvømmelse og overskylling	TILGJENGELIGHET	Åpen
TILTAKSHAVER	Helgeland Havn IKS	OPPDRAAGSLEDER	Gry Michelsen
KONTAKTPERSON	Frank Karlsen	SAKSBEHANDLER	Øyvind Nilsen
KOPI		ANSVARLIG ENHET	Multiconsult Norge AS

Oppsummering

Helgeland Havn IKS planlegger næringsområde ved Bjørn, Dønna (Figur 1). I forbindelse med utarbeidelse av reguleringsplan er det etterspurt vurderinger av nødvendig sikring mot oversvømmelse og overskylling fra bølger iht. krav i TEK 17 om tilfredsstillende sikkerhet mot skade fra naturpåkjenninger. I vurderingene er det tatt hensyn til forventet havnivåstigning på grunn av klimaendringer.

Følgende forhold er undersøkt:

- Vannstand med 20 års og 200 års gjentaksintervall i dag og med klimapåslag
- Bølgetilstand ved tiltaket med 20 års og 200 års gjentaksintervall
- Overskylling for ulike fyllingshøyder for nordsiden av tiltaket
- Overskylling for ulike fyllingshøyder for sørsiden av tiltaket
- Sikkerhet mot vannstand og bølgepåkjenning for tiltaket

Tiltakets sjøfronter mot sør vil oppleve kraftig overskylling ved dimensjonerende grensebetingelser; vannstand på 2.85 m (rel. NN2000) kombinert med bølgetilstand med Hs 1.9m. Det anbefales å etablere fyllingsfront med bredde på 5 m som reduserer overskyllende vannmengde til 10 l/s/m. Videre anbefales det å plassere bygninger i sikkerhetsklasse F2 ved sikker avstand fra fyllingskant slik at disse blir truffet av en gjennomsnittlig vannmengde gjennom luft mindre enn 1 l/s/m. For fyllingshøyde 4 m (rel. NN2000) er denne avstanden 7 m.

For tiltakets nordlige sjøfronter vurderes 3 m som sikker byggeavstand ved fyllingshøyde på 4 m (rel. NN2000) og bredde fyllingsfront på 2 m

Ved etablering av kaier må overskylling adresseres i planleggingsfasen. Særlig på tiltakets sørside må det utvises aktsomhet. Generelt et tiltakets sjøfronter mot nord mer egnet for kaier. Utarbeidet bølgekart kan brukes som veiledning for å finne de mest skjermede lokalitetene for kai.

00	17.12.2021		OYN	EH	
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

Innhold

Oppsummering	1
Innhold.....	2
1 Begreper og definisjoner	3
2 Bakgrunn.....	4
3 Krav til sikkerhet mot skade fra naturpåkjenninger	5
4 Metode	6
4.1 Vannstand.....	6
4.2 Bølgetilstand	7
4.3 Overskylling	8
4.3.1 Akseptabel overskylling	8
4.3.2 Overskylling ved Bjørn	9
5 Resultater.....	11
5.1 Vannstands nivå.....	11
5.2 Bølgetilstand	11
5.3 Overskylling	13
6 Anbefalinger for regulering	16
7 Referanser.....	17

1 Begreper og definisjoner

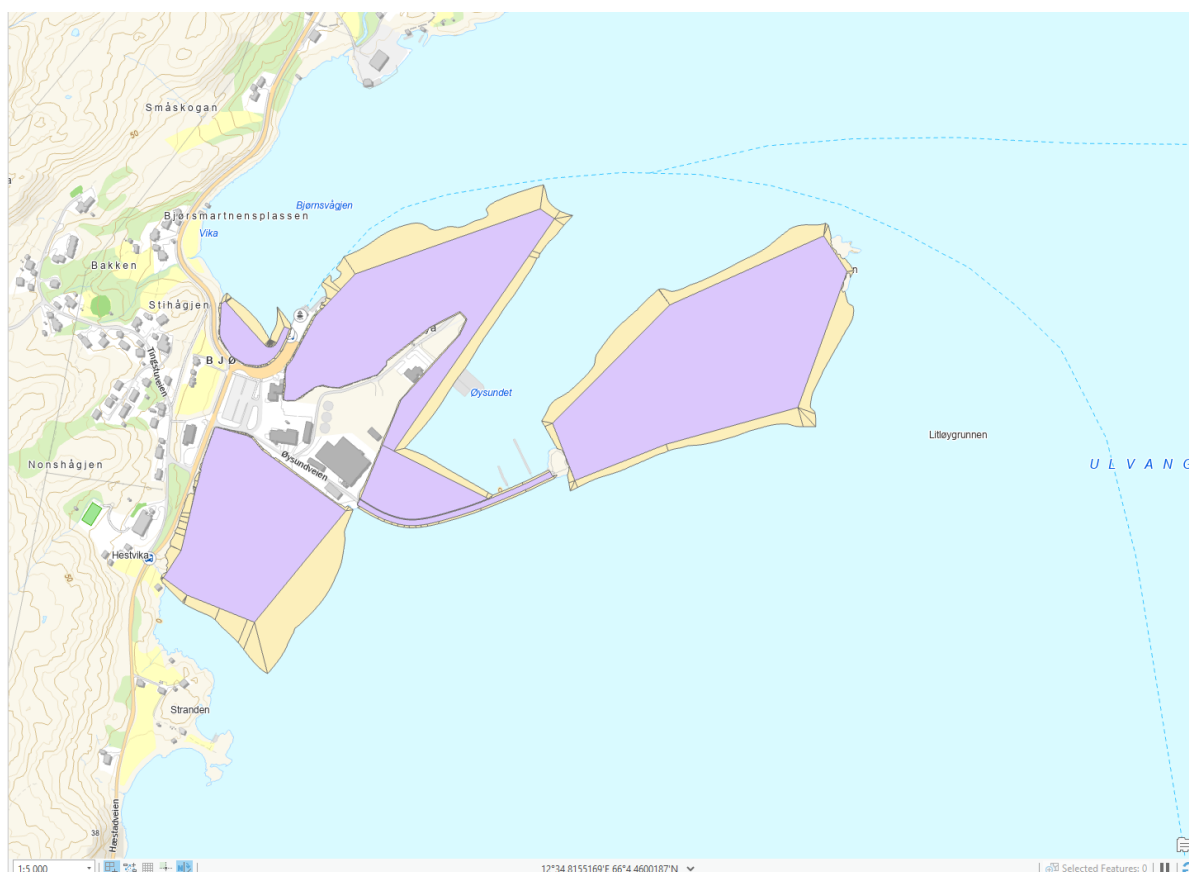
Havnivå	Havets gjennomsnittsnivå målt over en lang periode, slik at variasjoner forårsaket av tidevannskrefter og vær ikke påvirker resultatet.
NN2000	Normalnull 2000. Det nasjonale høydesystemet i Norge siden 2000. Alle kotehøyder i rapporten gjengis relativt til NN2000.
Overskylling	Vann som skyller over f.eks. en fyllingsfront.
Gjentaksintervall	Statistisk begrep som beskriver hyppigheten til en hendelse. 20 års gjentaksintervall vil f.eks. opptre i gjennomsnitt hvert 20 år, og ha en 5 % sannsynlighet for å opptre i løpet av et år. Også kalt returperiode.
Stormflo	Vannstander høyere enn normal flo i sjø som følge av kraftig lavtrykk og sterk vind.
Vannstand/stille vann (SWL)	Høyden av vannflaten på et bestemt sted på et gitt tidspunkt. For havet påvirkes vannstanden av tidevann og værrets virkning (vind, lufttrykk, mm).
Klimapåslag	Forventet endring i middelvannstand på grunn av endringer i klimaet.
Signifikant bølgehøyde	Gjennomsnittlig bølgehøyde for de 1/3 største bølgene over en gitt periode.
Maksimal bølgehøyde	Største forventede enkeltbølgehøyde i en bølgetilstand. Ca 2 x signifikant bølgehøyde i en tre timers bølgetilstand.

2 Bakgrunn

Helgeland Havn IKS planlegger næringsområde ved Bjørn, Dønna (Figur 1). I forbindelse med utarbeidelse av reguleringsplan er det etterspurt vurderinger av nødvendig sikring mot oversvømmelse og overskylling fra bølger iht. krav i TEK 17 om tilfredsstillende sikkerhet mot skade fra naturpåkjenninger. I vurderingene er det tatt hensyn til forventet havnivåstigning på grunn av klimaendringer.

Følgende forhold er undersøkt:

- Vannstand med 20 års og 200 års gjentaksintervall i dag og med klimapåslag
- Bølgetilstand ved tiltaket med 20 års og 200 års gjentaksintervall
- Overskylling for ulike fyllingshøyder for nordsiden av tiltaket
- Overskylling for ulike fyllingshøyder for sørsiden av tiltaket
- Sikkerhet mot vannstand og bølgepåkjenning for tiltaket



Figur 1 Foreløpig planskisse

3 Krav til sikkerhet mot skade fra naturpåkjenninger

Byggteknisk forskrift, TEK17, krever at byggverk generelt skal prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade fra naturpåkjenninger. I forskriften defineres tre sikkerhetsklasser for byggverk som kan rammes av flom eller stormflo (Tabell 1). Sikkerhetsklassen fastsettes ut fra konsekvensen av skade ved stormflo fra et samfunnsmessig perspektiv.

Lagerbygninger med lite personopphold vil typisk tilhøre laveste sikkerhetsklasse da konsekvensen av skade ved stormflo anses som liten. Et sykehus vil tilhøre høyeste sikkerhetsklasse da konsekvensen av skade ved stormflo anses som stor. Sikkerhetsklassen bestemmer hvilket gjentaksintervall som skal benyttes ved vurdering av skade eller ulempe. Sikkerhet oppnås ved å sikre tiltaket mot oversvømmelse / overskylling eller ved å konstruere byggverket slik at det tåler belastningene (DIBK, 2011).

For planlegging av Helgeland Havn IKS sitt tiltak ved Bjørn, vurderes det som hensiktsmessig å forholde seg til sikkerhetsklasse F1 og F2 som definert i TEK 17. F1 kan legges til grunn for byggverk med lite personopphold, f.eks. lagerbygning. F2 omfatter de fleste byggverk beregnet for personopphold, som f.eks. kontorbygg.

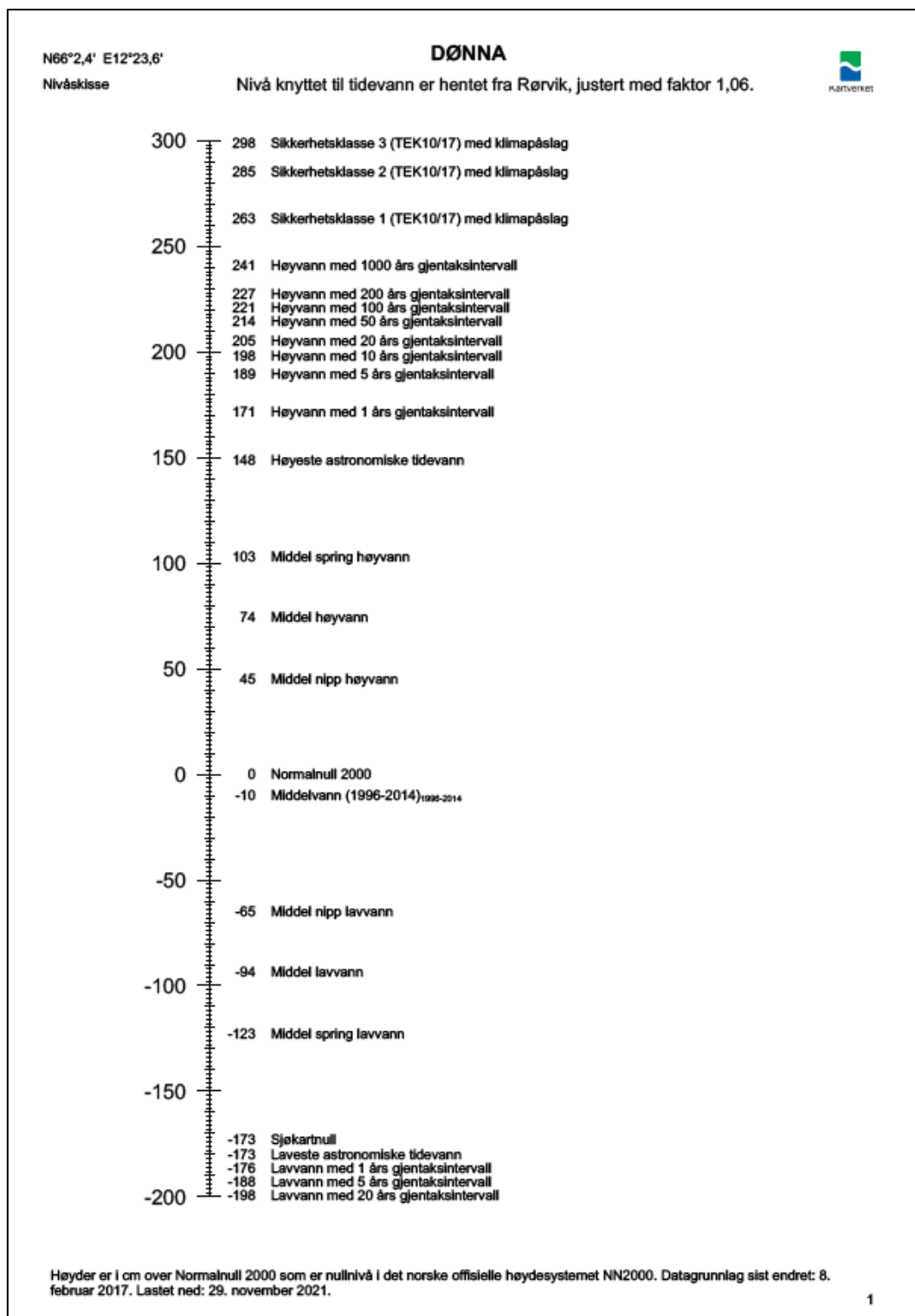
Tabell 1: Sikkerhetsklasser i TEK17 og eksempler på byggverk som faller inn under sikkerhetsklassene (DIBK, 2011).

Sikkerhets-klasse	Konsekvens av oversvømmelse	Eksempel på byggverk	Gjentaksintervall naturpåkjenning
F1	Liten	Bygninger med lite personopphold, f.eks. garasje og lagerbygning	20 år
F2	Middels	Omfatter de fleste byggverk beregnet for personopphold, f.eks. bolig, fritidsbolig, campinghytte, kontorbygning eller industribygg	200 år
F3	Stor	Omfatter byggverk for sårbare samfunnsfunksjoner og byggverk der oversvømmelse kan gi stor forurensning, f.eks. sykehjem, bygg med beredskapsmessig betydning, anlegg for avfallsdeponier	1000 år

4 Metode

4.1 Vannstand

Verdier for anbefalt vannstands nivå (rel. NN2000) for planlegging av tiltak nært sjø, er hentet fra Kartverkets nettside om vannstands nivå (Figur 2). Oppgitte tall for Bjørn er utledet fra vannstandsmåler i Rørvik, og justert for å kunne representere Dønna. I tillegg til ekstrem vannstand, skal samtidig bølgetilstand vurderes.



Figur 2 Vannstands nivåer for Dønna. Nullreferanse NN2000.

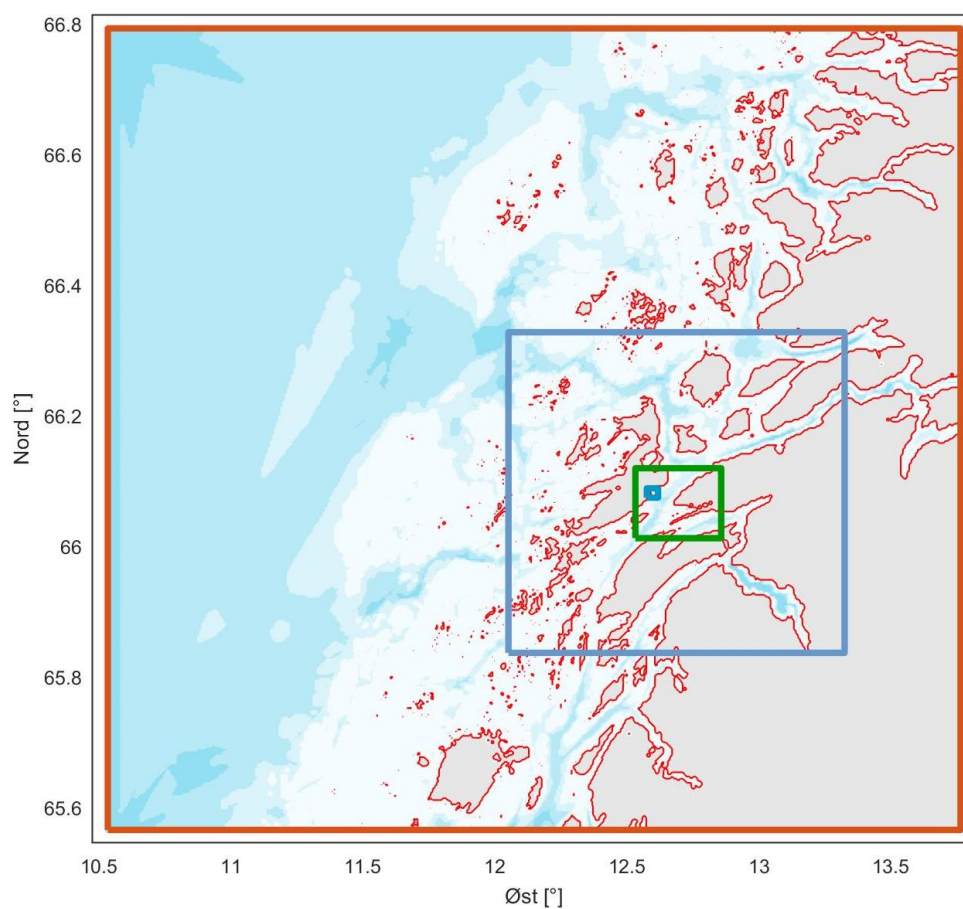
4.2 Bølgetilstand

Ekstrem bølgetilstand med 20 års og 200 års gjentakintervall er beregnet med bølgemodellen SWAN (SWAN, 2016). Bølgesimuleringer er utført i fire steg (Figur 3) med økende modellopløsning for hvert steg:

- Steg 1: 370 m
- Steg 2: 170 m
- Steg 3: 30 m
- Steg 4: 25m

Inputvind fra åtte retninger er basert på fastsettelse av ekstremvind iht. NS-EN 1991-1-4. Stedvind er estimert ut fra en referansevind for Dønna kommune på 30 m/s, terrengruhetsfaktor på 1.17 (Terrengkategori I, Kystnært landskap) og retningsfaktorer for Ytre deler av Nordland.

Vannstand i bølgemodellen tilsvarer 200 års gjentakintervall med klimapåslag for Bjørn (Figur 2).



Figur 3 Visualisering av geografisk domene for hvert av de fire beregningsstegene i bølgesimuleringen.

4.3 Overskylling

4.3.1 Akseptabel overskylling

Akseptabel overskylling er avhengig av formålet til fyllingen samt bruk, dimensjonering, utforming og plassering av bygninger og infrastruktur bak fyllingsfront. Skadepotensialet fra overskylling er avhengig av både gjennomsnittlig overskyllingsrate og bølgehøyde (EurOtop 2018). Bølgehøyden påvirker maksimal overskylling en enkelt bølge kan føre til. Store bølger har større skadepotensiale. EurOtop (2018) gir noen anbefalinger for grenser av akseptabel overskylling avhengig av bruksområde. Noen eksempler er gitt i Tabell 2. Figur 4 viser en hendelse med estimert overskylling på ca 5 l/s/m. Dersom bygninger skal stå nært fyllingsfronten, er typiske grenseverdier 1 l/s per løpemeter for gjennomsnittlig overskylling og 1000 l per løpemeter for maksimalt overskyllingsvolum fra en enkeltbølge.

Mengden overskylling som til slutt kan aksepteres avhenger av:

- Avstand fra fyllingskant til konstruksjoner på fyllingen
- Dreneringsegenskaper av arealet mellom fyllingskant og konstruksjonene
- Bygningens sårbarhet for overskylling
- Planlagt bruk av arealet mellom bygninger og fyllingskant.

Tabell 2: Anbefalte grenseverdier for overskylling, EurOtop (2018)

Eksempler	Gjennomsnittlig overskyllingsrate (l/s per m)	Maksimalt overskyllingsvolum (l/m)
Rausmolo Hs>5 m, ingen skade	1	2 000 - 3 000
Rausmolo, Hs > 5 m, bakside dimensjonert for overskylling	5-10	10 000 – 20 000
Trygt for mindre båter 5-10 m bak konstruksjonen, Hs 3-5 m	<1	<2000
Bygningselementer, Hs 1-3 m	≤ 1	<1000
Skade på utstyr 5-10 m bak konstruksjonen	≤ 1	<1000
Biler på kronen, Hs 3 m	<5	2000
Personer på kronen med direkte sikt til sjøen, Hs 3 m	0.3	600



Figur 4 Eksempel på overskylling i Bodø under stormen Sally i 2020 (bølgetilstand $H_s=1.4$ m / $T_p = 4.5$ s). Molo ligger på kote +3 m (NN2000). Vannstand var 1.9 m. Gjennomsnittlig overskylling er estimert til 5 l/m/s basert på EurOtop (2018). Største overskyllende enkeltbølger estimert til 600 l/m.

4.3.2 Overskylling ved Bjørn

Det er undersøkt overskylling inn over planområdet ved to dimensjonerende profiler (Figur 5) varierende utforming av fyllingsfront:

- fyllingshøyde varierende mellom 4 m – 5.5 m relativ NN2000
- bredde fyllingsfront varierende mellom 1 m – 7 m

For fyllingsfronten er det tatt utgangspunkt i en helning på 1:2 og plastring med ruhetsfaktor på 0.55 som tilsvarer to-lags plastring med impermeabel kjerne.

Overskylling er undersøkt ved kombinasjon av vannstand med 200 års gjentaksintervall (inkludert klimapåslag) og bølgetilstand med 20 års gjentaksintervall.

Overskylling er beregnet ved bruk av empiriske ligninger fra EurOtop (2018). Ligninger for dimensjonering («Design Approach») er brukt.



Figur 5 Plassering av dimensjonerende profiler

5 Resultater

5.1 Vannstandsnivå

Fram mot år 2100 forventes havnivåstigning rundt 60 cm ved Bjørn. Forventet vannstandsnivå i dag og klimapåslag er oppsummert i Tabell 3.

Tabell 3 Ekstrem vannstandsnivå Bjørn (rel. NN2000)

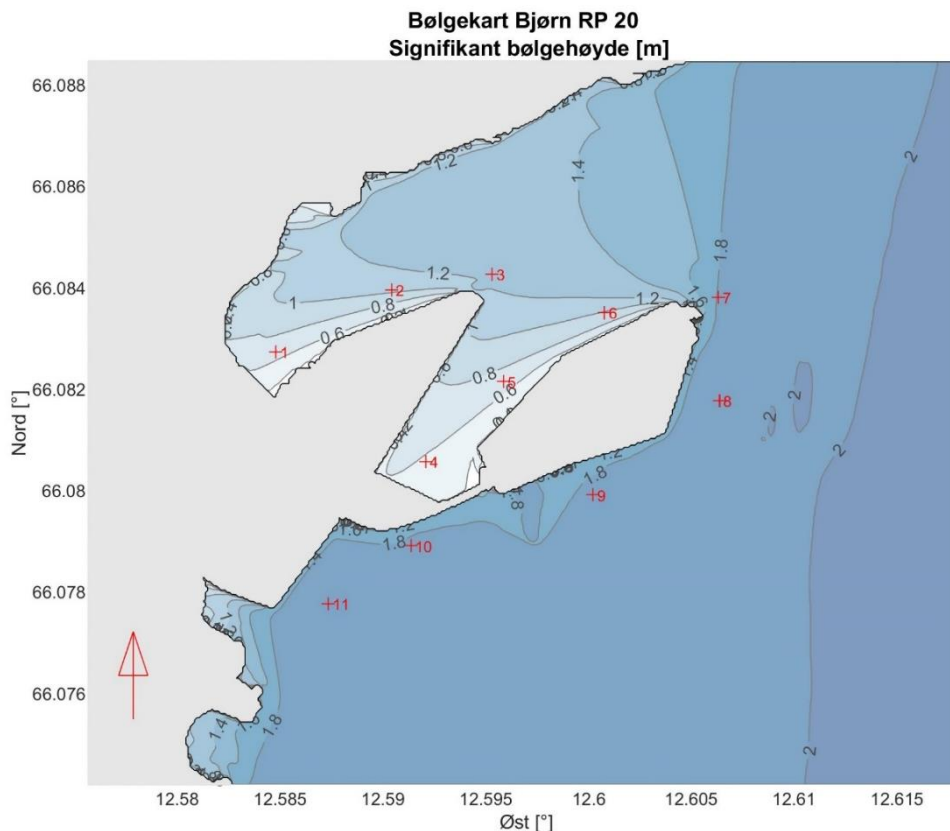
Beskrivelse	Vannstandsnivå [rel. NN2000]
20 års gjentaksintervall i dag	205 cm
200 års gjentaksintervall i dag	227 cm
Sikkerhetsklasse F1 (20 års gjentaksintervall + klimapåslag)	263 cm
Sikkerhetsklasse F2 (200 års gjentaksintervall + klimapåslag)	285 cm

5.2 Bølgetilstand

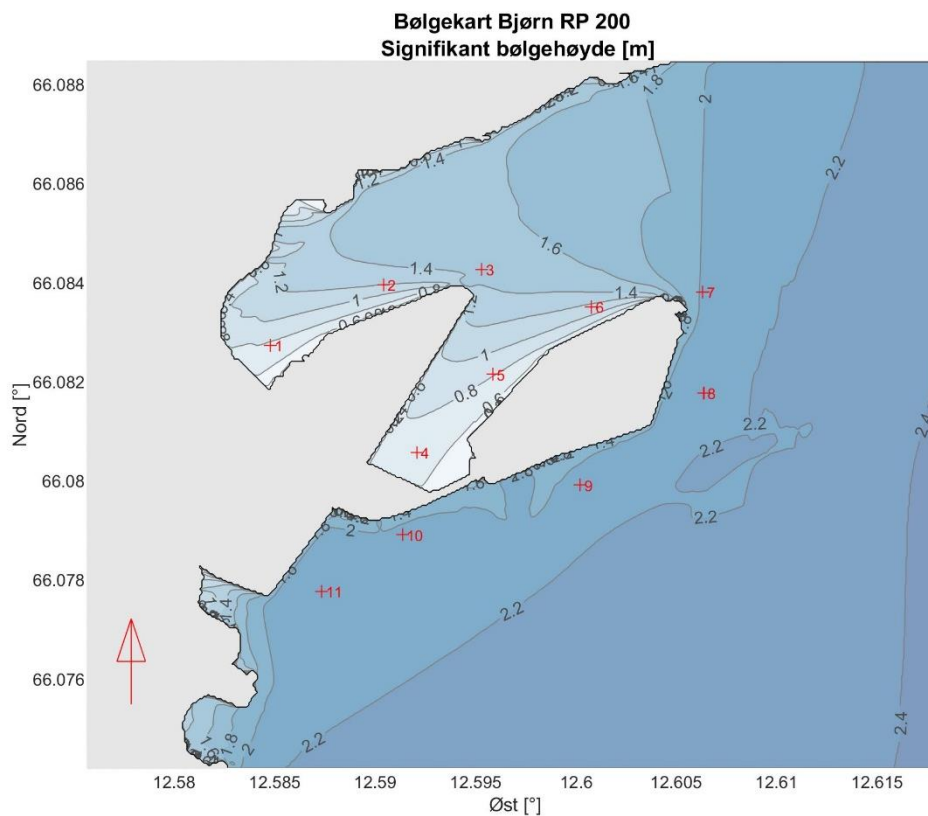
Dimensjonerende bølgetilstand (20 års og 200 års gjentaksintervall) ved de aktuelle profilene er gitt i Tabell 4. Dimensjonerende bølgetilstand (20 års gjentaksintervall) rundt tiltaket er illustrert henholdsvis i Figur 6 og Figur 7. Sjøfronter mot sør og sør øst er utsatt for større bølgepåkjenning enn sjøfronter mot nord og nordøst.

Tabell 4 Dimensjonerende bølgeforhold

	Profil sør (pkt 9)	Profil nord (pkt 3)
Hs 20 år gjentaksintervall	1.9 m	1.2 m
Hs 200 år gjentaksintervall	2.1 m	1.5 m



Figur 6 Dimensjonerende Bølgetilstand med 20 års gjentakintervall oppsummert for beregnede bølgetilstander for åtte vindretninger. Konturer visert signifikant bølgehøyde. Bølgetilstand i punkt 3 og 9 er brukt som input til beregninger av overskylling.



Figur 7 Dimensjonerende Bølgetilstand med 200 års gjentakintervall oppsummert for beregnede bølgetilstander for åtte vindretninger. Konturer visert signifikant bølgehøyde.

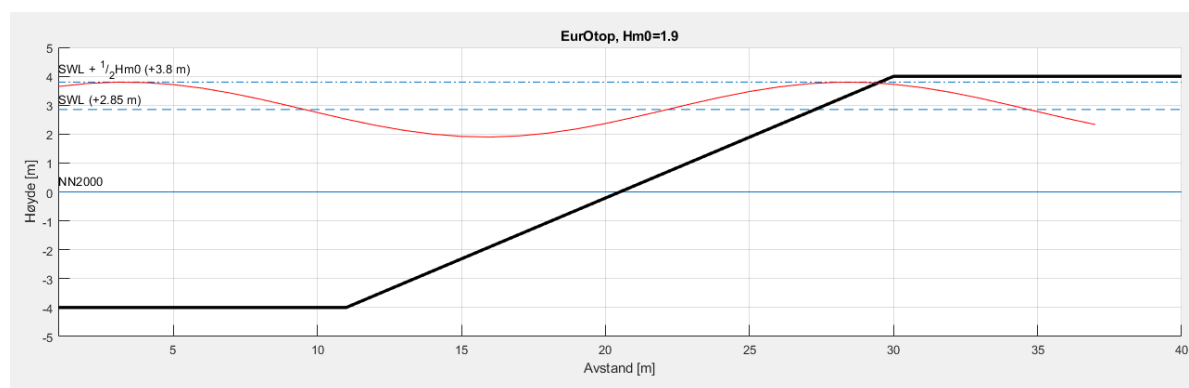
5.3 Overskylling

Kombinasjon av høy vannstand og bølger gir overskylling som må adresseres i arbeid med planlegging av industriområdet ved Bjørn.

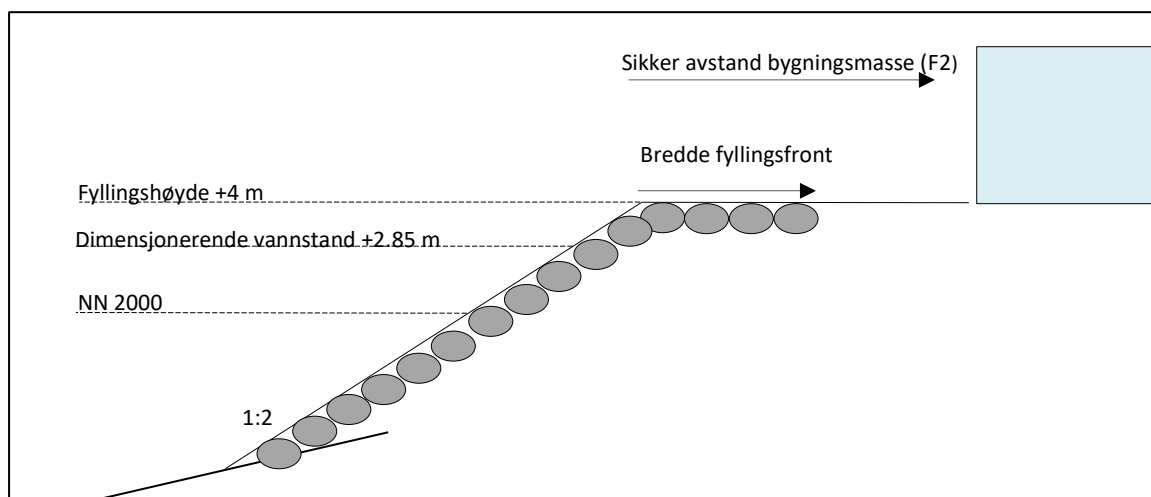
Figur 8 og Figur 9 illustrerer fyllingsprofil mot sør med dimensjonerende vannstand (200 års gjentaksintervall) og antydning av en regulær bølgeoverflate med bølgehøyde tilsvarende dimensjonerende signifikant bølgehøyde (H_s , 20 års gjentaksintervall) på 1.9 m. Fyllingshøyden er 4.0 m. Illustrasjonen gir et forenklet bilde på høyde av innkommende bølgetopper og illustrerer at betydelig overskylling vil kunne oppstå. Signifikant bølgehøyde tilsvarer høyden på de 1/3 største bølgene i en stormtilstand. Høyeste enkeltbølge i en tre timers stormtilstand vil ha bølgehøyde på ca. 2 x signifikant bølgehøyde, og bølgetoppen vil nå høyere enn fyllingshøyden på 4 m idet bølgen når fyllingsfoten. Selve fyllingen vil ha stor påvirkning på de innkommende bølgene og overflaten til de sterkt omdannede bølgene vil se annerledes ut opp langs fyllingen enn den regulære bølgen antydnet på figuren. Dette tas hensyn til i beregningene.

Overskyllende vannmasser ved kanten av fyllingen vil ha høy energi og ødeleggende kraft. Overskyllingen vil dels ha form som vann som reiser gjennom luften og lander et stykke innpå fyllingen og dels som vann som fosser innover langs fyllingens overflate. Fyllingens beskaffenhet fra fyllingskanten og innover påvirker hvor raskt energien til overskyllende vannmasser avtar og hvor langt inn vannmassene når. Fyllingsfront i plastringsstein bremser overskyllende masser effektivt, mens dekke i asfalt eller grus har mindre effekt.

Tabell 5 viser karakteristiske verdier for dimensjonerende overskylling for profil sør. Tabellen viser situasjon ved fyllingsfront med standard bredde på 1.4 m og hvordan overskylling avtar innover fylling for fyllingshøyde varierende fra 3 – 5 m. Ved fyllingshøyde på 4 m, vil fyllingsfront med bredde på 5 m redusere gjennomsnittlig overskylling langs bakken til 10 l/s/m. 7 m bak fyllingskanten er gjennomsnittlig overskylling gjennom luft redusert til 1 l/s/m. Tabell 6 viser tilsvarende verdier for overskylling av profil sør. Figur 9 illustrerer reiseavstand



Figur 8 Fyllingsprofil mot sør illustrert med dimensjonerende vannstand og regulær bølgeoverflate med bølgehøyde tilsvarende dimensjonerende signifikant bølgehøyde (H_s , 20 års gjentaksintervall)



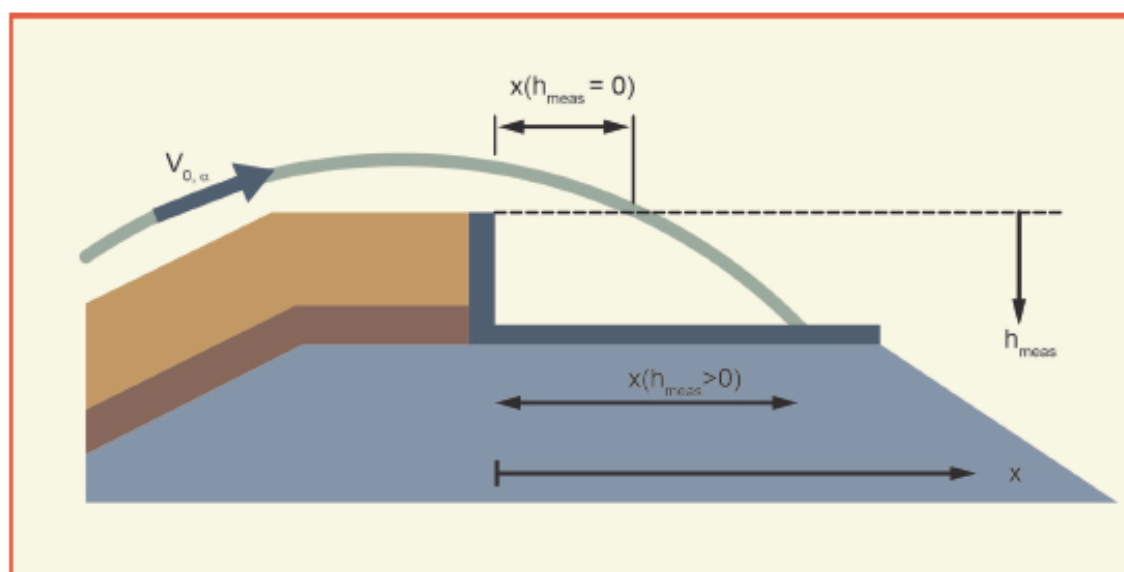
Figur 9 Skisse av fyllingsprofil mot sør med dimensjonerende vannstand

Tabell 5 Karakteristiske verdier for overskylling for fire fyllingsfronter mot sør med varierende høyde. Tallene danner grunnlag for vurderinger av sikkerhet mot overskylling mot tiltak i sikkerhetsklasse F2 på området bak fyllingen. Tallene ved fyllingsfront er basert på en standard bredde fyllingsfront på 1.4 m.

	Fylling sør	Fylling sør	Fylling sør	Fylling sør
Fyllingshøyde	3 m	4 m	4.5 m	5 m
Gjennomsnittlig overskylling fyllingsfront q	750 l/s/m	160 l/s/m	59 l/s/m	20 l/s/m
Overskylling, v_{max}	4 800 l/m	3 600 l/m	3 400 l/m	2 700 l/m
Bredde fyllingsfront, plastringsstein, q_{lim} 10 l/s/m	7 m	5 m	4 m	3 m
Bredde fyllingsfront, plastringsstein, $v_{max-lim}$ 1000 l/s/m	6 m	4 m	4 m	3 m
Reiseavstand gjennom luft, q_{lim} 1 l/s/m	10 m	7 m	6 m	4 m
Reiseavstand gjennom luft, v_{maxlim} 1000 l/s/m	2 m	2 m	2 m	2 m

Tabell 6 Karakteristiske verdier for overskylling for fire fyllingsfronter mot nord med varierende høyde. Tallene danner grunnlag for vurderinger av sikkerhet mot overskylling mot tiltak i sikkerhetsklasse F2 på området bak fyllingen. Tallene ved fyllingsfront er basert på en standard bredde fyllingsfront på 0.9 m.

	Fylling nord 3m	Fylling nord 4 m	Fylling nord 4.5 m	Fylling nord 5 m
Kronhøyde	3m	4 m	4.5 m	5 m
Gjennomsnittlig overskylling fyllingsfront q	344 l/s/m	100 l/s/m	20 l/s/m	3 l/s/m
Overskylling, v_{\max}	2300 l/m	1600 l/m	770 l/m	360 l/m
Bredde fyllingsfront, plastringsstein, $q_{\lim}=10$ l/s/m	4 m	2 m	0.9 m	0.9 m
Bredde fyllingsfront, plastringsstein, $v_{\max-\lim}$ 1000 l/s/m	2 m	2 m	0.9 m	0.9 m
Reiseavstand gjennom luft, q_{\lim} 1 l/s/m	5 m	3 m	1 m	0 m
Reiseavstand gjennom luft, $v_{\max-\lim}$ 1000 l/s/m	1 m	0 m	0 m	0 m



Figur 10 Reiseavstand gjennom luft for overskyllende vannmasser

6 Anbefalinger for regulering

Tiltakets sjøfronter mot sør vil oppleve kraftig overskylling ved dimensjonerende grensebetingelser; vannstand på 2.85 m kombinert med bølgetilstand med Hs 1.9m. Det anbefales å etablere fyllingsfront med tilstrekkelig bredde som reduserer overskyllende vannmengde til 10 l/s/m. For fyllingshøyde 4 m kreves det bredde fyllingsfront på 5m. Videre anbefales det å plassere bygninger i sikkerhetsklasse F2 i tilstrekkelig avstand til fyllingskant slik at disse blir truffet av en gjennomsnittlig vannmengde gjennom luft på mindre 1 l/s/m. For fyllingshøyde 4 m er denne avstanden 7 m. Fra 7 m og innover området vil gjennomsnittlig overskyllende vannmengde være mellom 1 l/s/m – 10 l/s/m og flyte langs bakken. Det vurderes at nødvendig sikkerhet mot overskylling for bygninger er ivaretatt ved byggeavstand på 7 m til fyllingskant. En vannmengde opp til 10 l/s/m må imidlertid hensyntas ved prosjektering av bygninger og arealer. Smalere fyllingsfront enn 5 m kan benyttes, men da anbefales det å etablere drenerende tiltak dimensjonert for overskyllende vannmengde, f.eks. dreneringskanal med kjørerist over.

Effekt fra vind på overskyllende vann er ikke hensyntatt i beregningene. Bygningsfasader 7 m fra fyllingsfront vil kunne oppleve betydelig vindtransportert sjøsprøyt, også ved mindre ekstreme hendelser enn undersøkt i denne rapporten. Det anbefales å ta hensyn til sjøsprøyt ved planlegging bygg, f.eks. ved materialvalg for kledning og orientering av inngangspartier.

For tiltakets nordlige sjøfronter vurderes 3 m som sikker byggeavstand ved fyllingshøyde på 4 m og bredde fyllingsfront på 2 m.

Ved etablering av kaier må overskylling adresseres i planleggingsfasen. Særlig på tiltakets sørside må det utvises aktsomhet. En typisk kaihøyde på 3 m gir fribord på 0.15 m ved dimensjonerende vannstand. Ved samtidige bølger, vil overskyllingen over kaidekket bli stort. Overskyllende vannmengde for fylling med høyde 3 m gir en pekepinn på overskyllende vannmengder. Dette må vurderes mer detaljert for relevante plasseringer og utforminger av kai. Dimensjonerende bølgeforhold vil gi store bølgekrefter på kaikontstruksjonen. Sikkerhet for bygninger i bakkant av kaidekket må evalueres. Generelt et tiltakets sjøfronter mot nord mer egnet for kaier. Bølgekartet i Figur 6 kan brukes for veiledning for å finne de mest skjermede lokalitetene for kai.

Det anbefales at plastringsstein i fyllingene dimensjoneres ut fra dimensjonerende bølgeforhold med 200 års gjentaksintervall.

7 Referanser

DIBK, 2011. *Veiledning om tekniske krav til byggverk*. Direktoratet for byggkvalitet. Veiledning om tekniske krav til byggverk. Veiledning om tekniske krav til byggverk

NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009: Laster på konstruksjoner - Del 1-4: Allmenne laster - Vindlaster

EuroTop 2018. *EurOtop II – Manual on wave overtopping of sea defences and related structures: An overtopping manual largely based on European research, but for worldwide application.*

SWAN 2016. *Technical documentation – SWAN Cycle III, version 41.10*. Delft University of Technology

TEK 17. *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift)*. Kommunal- og moderniseringsdepartementet