

**Til:** Svein Erik Amundsen  
**Fra:** Athul Sasikumar/Jørgen R. Krokstad  
**Dato** 2017-12-11

## Prosjekt Ørnes - bølgepåvirkning og stormflo

### Oppsummering og konklusjoner

- Stormflo er beregnet basert på TEK 17, §7.1 og §7.2 (200 års returperiode) sammen med et konservativt estimat basert på Sea Level Change for Norway ref /1/, 2090 år verdier og 95% kvantil på 320 cm over NN2000 referansenivå. Dette er 10 cm under nåværende fyllingsnivå på 330 cm.
- Det er beregnet moderat vindsjø i 200 års vind (opp til 38 m/s) med tilhørende dominerende bølgeretninger generert i fra sør på 1.07 meter signifikant (middel av 1/3 høyeste bølger) og med en tilhørende periode på 3.5 sek, noe som representerer en relativt kort bølge. En antar at stormflo og ekstrembølge opptrer samtidig, dvs konservativt men i henhold til antagelser i marine standarder. Eventuelle effekter av en kai 2 er ikke lagt inn i denne analysen.
- Med dagens fyllingshøyde på 3.3 meter vil en bølge gi et overslag på ca 19 liter pr sekund pr meter langs kaia i en avstand på 3 meter i fra kaikanten. Vi anbefaler **en økning på 40 cm** til 3.7 meters fyllingshøyde som vil gi 3 l/s pr meter langs kaia i en avstand av 3 meter. Drenering må planlegges og en må fylle med grov stein for å unngå skader på eventuelle bygg innenfor en sikkerhetssone på minimum 5 meter horisontalt. Diss antagelse er basert på skråfylling uten en trappeløsning.
- Eventuelle dokumentasjon av en trappeløsning forutsetter videre slammingsanalyser og ny vurdering av fyllingshøyde. Trappeløsningen antas følsom for slammingskrefter i ekstremstorm.

### Formål studiet

- Vurdere eksisterende fylling i Ørnes, Meløy kommune, og om den tilfredsstillende TEK17 §7.1 og §7.2
- Vurdering av trappeløsning som en del av kai 1
- Opsjon: Vurdere eventuelle dempningseffekter av en kai 2 – som flytebrygge

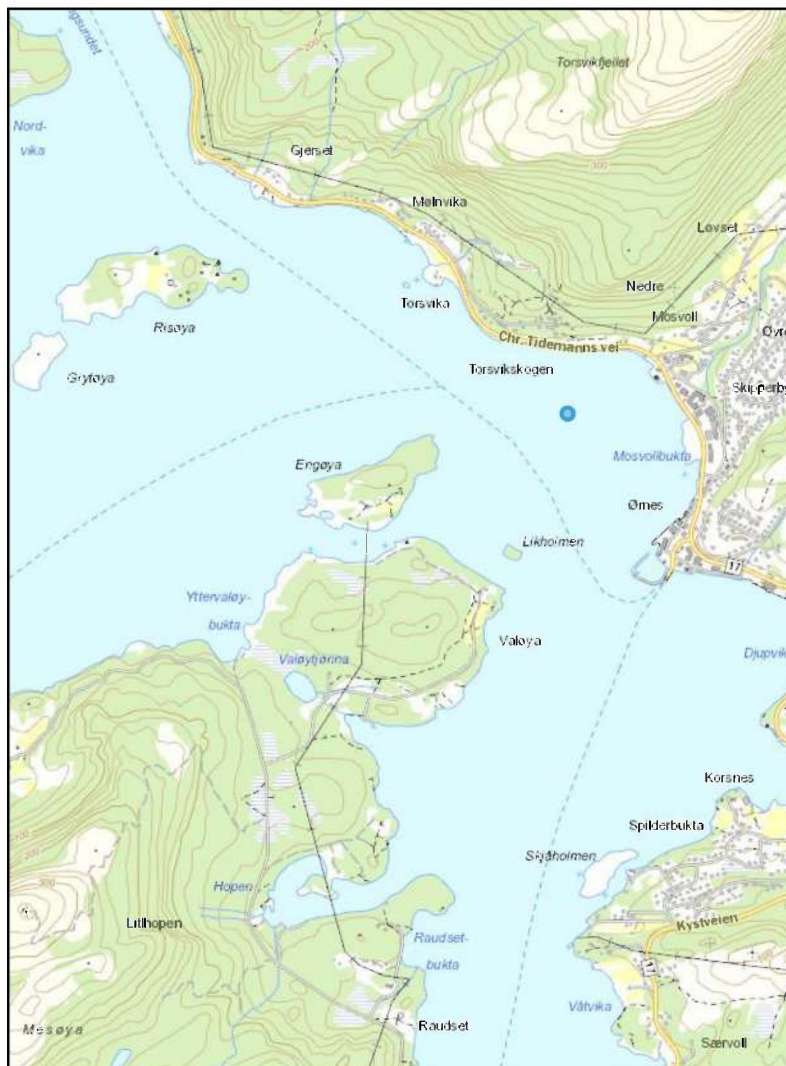


Figur 1 Meløy kommune. Anlegget er markert med rød sirkel på detaljbilde

## Metode

Bølgene som kommer inn mot Ørnes vil være lokalt genererte vindbølger. Metoden for beregning av lokalt genererte vindbølger går ut på å hente vinddata fra Myken målestasjon. Vi har benyttet tilgjengelige data fra 1980 til og med 2011. Vindhastigheter for alle retninger er noe oppjustert for å forsikre at det brukes konservative tall i analysen videre. For å analysere bølgeforholdene innerst i Ørnes havnepromenade, er det tatt et punkt i bølgeanalyse, som vist i Figur 2.

I beregningen er det tatt hensyn til variabel varighet av vinden, dvs at vinden er målt som 10 minutters middel hver 3. time, mens nødvendig varighet av vinden for å oppnå bølgehøydene er typisk ca 30 minutter. Vinddataene er brukt for å beregne bølger fra alle mulige strøk og hvor ofte en gitt bølgehøyde vil oppstå, dvs returperiode. Det er også antatt at vinden kan endre retning med inntil en 30° sektor i ugunstig retning mellom Myken og Ørnes.



Figur 2 Detaljbildet for Ørnes havnepromenade, viser plassering av målepunkt i vind-bølgeanalyse

Stormfloanalyse er gjort ved å hente data fra Sjøkartverkets målinger og ekstrapolere dataene for å komme frem til stormflo-vannstand med 200 år returperiode. I tillegg er det tatt hensyn til projisert havnivåstigning, i samsvar med siste oppdatering i en rapport fra Bjerknes-senteret fra 2015 (1). Her er det vurdert 2 scenarier med ulike sannsynlighetsnivåer:

1. Maks stigning med 50 % konfidensintervall
2. Maks stigning med 95 % konfidensintervall

Projeksjonene for framtiden er gjort i (1) ved å benytte et stort antall ulike modeller for framtidig utvikling. Et konfidensintervall på 95 % betyr at bare 5 % av simuleringene gir høyere verdier enn det gitte estimatet, mens "mest sannsynlige" tilsvarer middelværdien av estimatene.

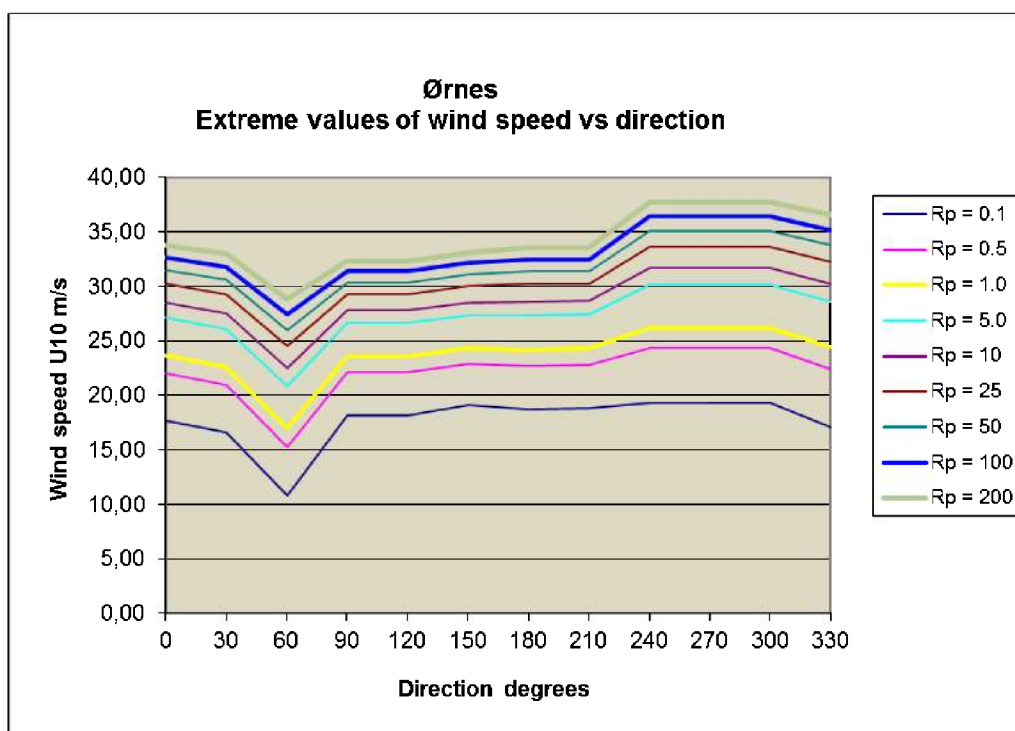
Arbeidsmetoden er at vi tar utgangspunkt i dagens variasjoner av vann-nivå basert på middelvann. Det astronomiske tidevannet vil være upåvirket av klimaendringer, og det er ikke spådd eller påvist noen endringer i de drivende faktorene for tilfeldige variasjoner i vann-nivået (vind, luft-trykk, osv). Vi kan derfor benytte dagens avvik fra middelvann og legge det til de projiserte verdiene for middelvann i framtiden og få nye ekstremverdier.

Publikasjonen (1), som er benyttet her, gir anslag på netto-effekten av klimaendringene, dvs summen av alle kjente faktorer som påvirker havnivået (herunder landheving, oppvarming, issmelting, osv).

## Resultater

### Vind

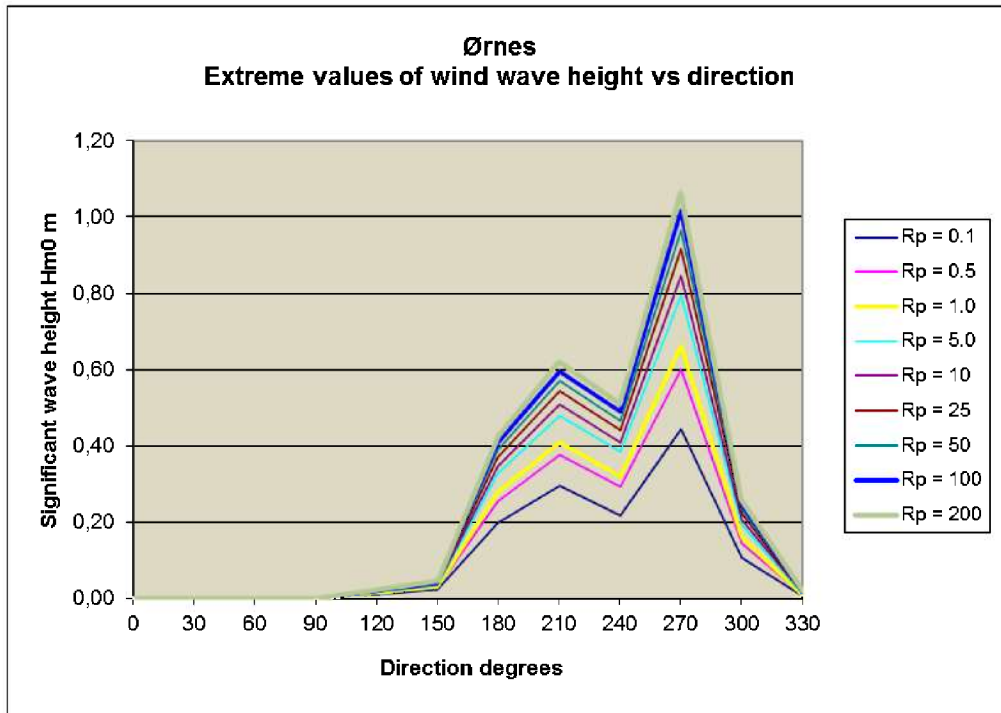
Resultatene av vinddataanalysen er vist i Figur 3. Vi ser at vind fra 270° til 330° dominerer, og at vindhastighet her er ca. 38 m/s med returperiode på 200 år.



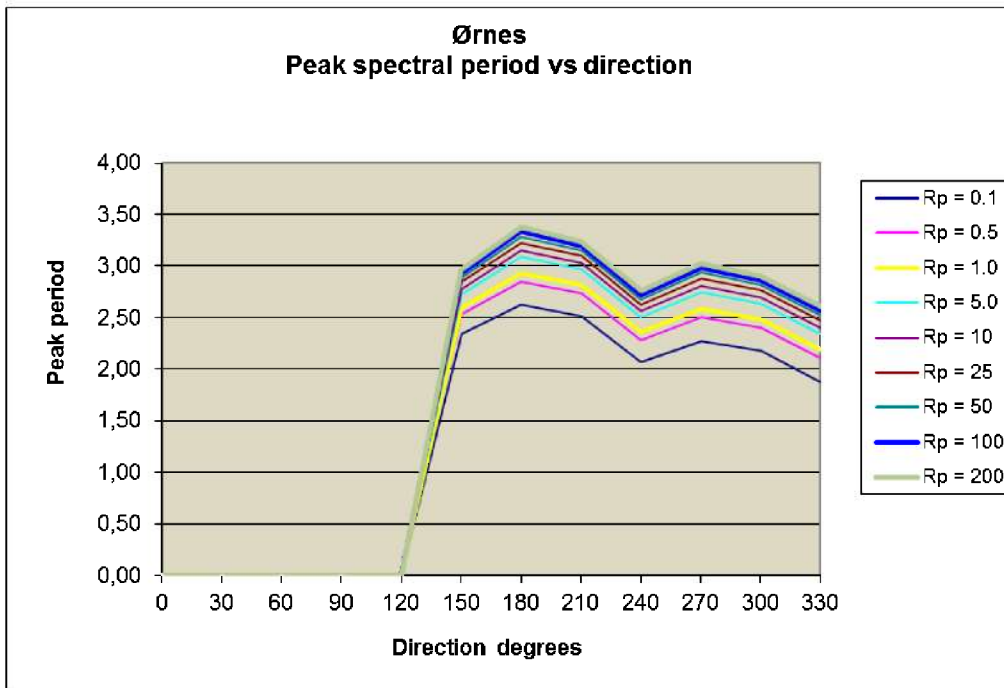
Figur 3 Ekstremverdier av 10 min middelvind fra Myken målestasjon. Rp er returperiode i år. Retning 0° er vind (og bølger) fra nord.

### Vindbølger

Resultater fra vindbølgeanalyse ved målepunkt (Figur 2), for alle mulige strøk, tilsvarende vinddataene er vist i Figur 4. I Figur 4 ser vi at vindbølgene fra sør (180°) kan nå 0.7 m med 1 års (Gul linje) returperiode og 1.07 m med 200 års (lysegrønn linje) returperiode. Som vist i Figur 5, ser vi at dette samsvarer bølgeperioder i nærheten av  $T_p = 3.5s$  (lysegrønn linje) for 200 års returperiode.



Figur 4 Ekstremverdier og returperioder for signifikant bølgehøyde,  $H_{svind}$



Figur 5 Ekstremverdier og returperioder av spektral topp-periode for bølger

## Stormflo

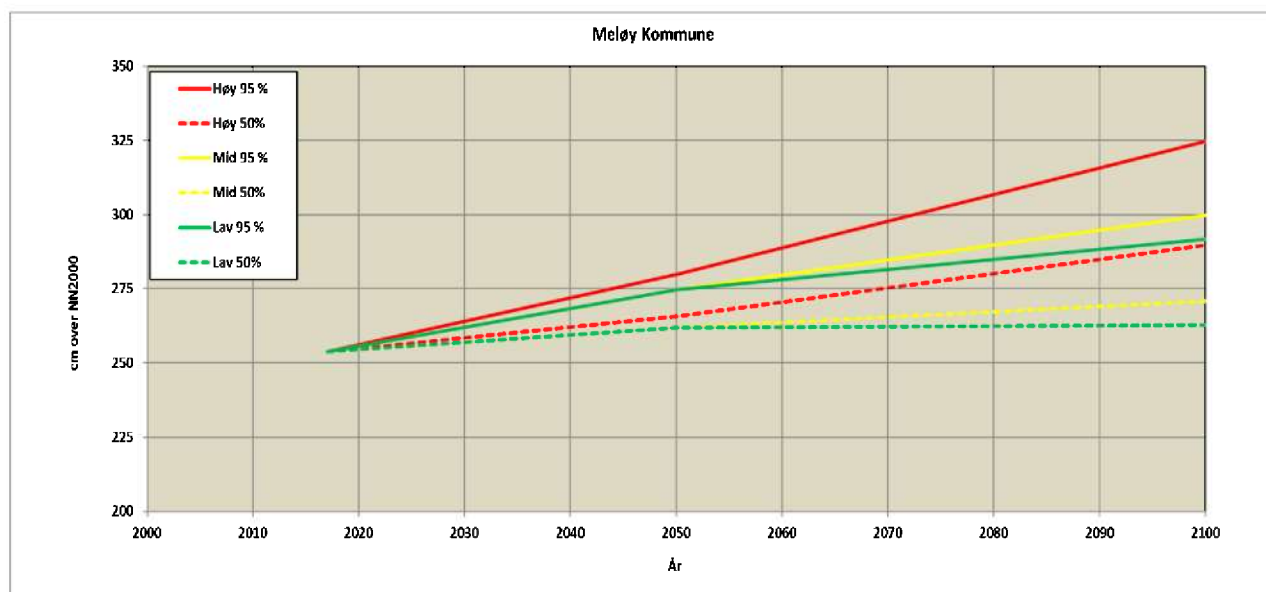
Resultatet av analysene for stormflo er vist i Tabell 1 og Figur 6. Nivå for stormflo med tillegg for klimarelaterte endringer hentes fra referanse 1. Som referansepunkt er valgt 200 års tilstand i 2050 og 2100, med mest sannsynlige verdi (95 %), og et utslippsnivå tilsvarende RCP8.5 (høyt utslippsnivå).

Det gir følgende nødvendige høyder av vannsikret nivå

- Dagens vannstand: +2.54 m NN 2000
- 2050 vannstand: +2.80 m NN 2000
- 2090 vannstand: +3.20 m NN 2000

Ar		Rcp2.6		Rcp4.5		Rcp8.5	
		50 %	95 %	50 %	95 %	50 %	95 %
2017	254						
2050		262	275	262	275	266	280
2090		260	282	270	290	285	320

Tabell 1 Beregnede stormflonivå i m over NN2000 (tallgrunnlaget for Figur 6)

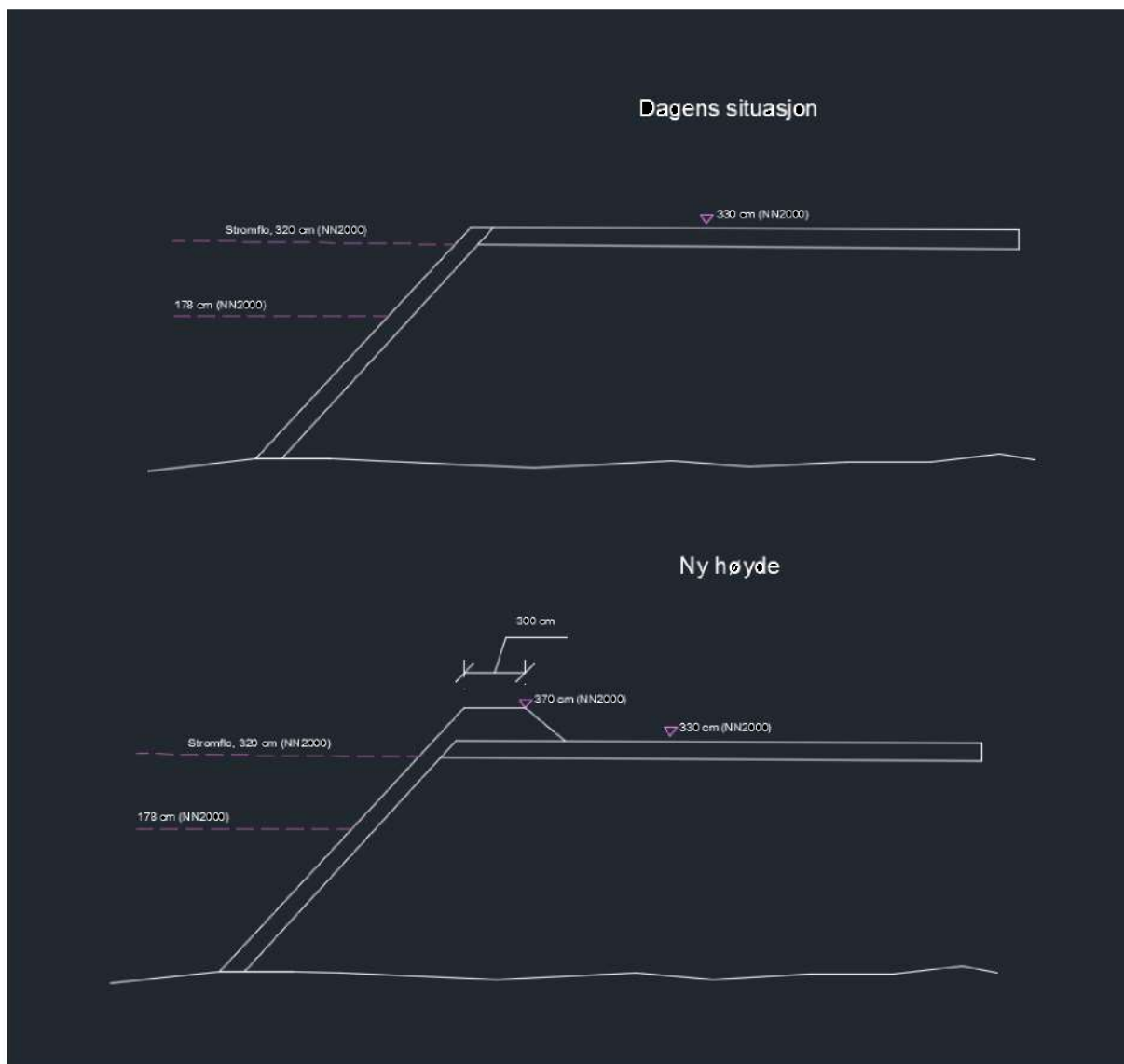


Figur 6 Beregnede stormflonivå i m over NN2000, 200 år returperiode

## Totalt vannstands nivå – stormflo og bølger

I følge normal standard for kombinasjon av vann-nivå og bølger blir bølger med 200 års returperiode superponert vannstand med 200 års returperiode. I tillegg er det gjort en overtoppings analyse vha referanse [2] som viser mengde vann gitt en total overskyllingshøyde. Vi har ikke tatt inn effekten av trapp siden dette vil kreve en egen slammingsanalyse. Vi anbefaler **en økning på 40 cm** til 3.7 meters fyllingshøyde som vil gi 3 l/s pr meter langs kaia i en avstand av 3 meter. Se Figur 7. Drenering må

planlegges og en må fylle med grov stein for å unngå skader på eventuelle bygg innenfor en sikkerhetssone på minimum 5 meter. Diss antagelse er basert på skråfylling uten en trappeløsning.



Figur 7 Anbefalt høyde av planlagt kai

1. Simpson, M. J. R., J. E. Ø. Nilsen, O. R. Ravndal, K. Breili, H. Sande, H. P. Kierulf, H. Steffen, E. Jansen, M. Carson and O. Vestøl (2015). Sea Level Change for Norway: Past and Present Observations and Projections to 2100. Norwegian Centre for Climate Services report 1/2015, ISSN 2387-3027, Oslo, Norway
2. EurOtop Wave overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual 2007

1	2017-12-11	Notat	Athul Sasikumar	Jørgen R. Krokstad	Arne Lothe
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS 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.