



RAPPORT

# Innseiling Borg havn

NATURMILJØ RISIKOVURDERING

DOK.NR. 20210741-02-R

REV.NR. 0 / 2022-04-29

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.





## Prosjekt

Prosjekttittel: Innseiling Borg havn  
Dokumenttittel: Naturmiljø risikovurdering  
Dokumentnr.: 20210741-02-R  
Dato: 2022-04-29  
Rev.nr. / Rev.dato: 0

## Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Kystverket  
Kontaktperson: Martin Fransson  
Kontraktreferanse: 2021/2750

## for NGI

Prosjektleder: Mari Moseid  
Utarbeidet av: Mari Engvig Løseth  
Kontrollert av: Arne Pettersen

## Sammendrag

Kystverket skal utbedre farleden inn til Borg havn i Hvaler og Fredrikstad kommune og har engasjert NGI for miljøteknisk rådgivning i forbindelse med tiltaket. Kystverket mottok den 18. oktober 2019 tillatelse fra Miljødirektoratet (tillatelse nr. 2019.0486.T) til igangsettelse av tiltaket med mudring, sprenging og deponering i forbindelse med utbedring av innseilingen til Borg havn.

Tiltaket som planlegges igangsatt i 2022-2023 innebærer mudring av farleden i Røsviksrenna, utbedring av snuplassen ved Fuglevikbukta og deponering av sedimenter i undervannsdeponier ved Møkkalasset og Svaleskjær. Røsviksrenna skal utdypes til 12 meters dybde i 90 meter bredde, mens snuplassen ved Fuglevikbukta skal utdypes til 11 meter dybde i en vendesirkel med 200 meter i diameter (31,4 da). Det planlegges å benytte erosjonssikring i mudringsområder med kvikkleireproblematikk og det skal etableres nye seilingsmerker i Røsviksrenna og på snuplassen.

Tillatelsen fra Miljødirektoratet omfatter mudring og deponering av omtrent 3 300 000 m<sup>3</sup> masser. Det aktuelle tiltaket som er vedtatt i Nasjonal transportplan (NTP) genererer et betydelig mindre volum enn omsøkt, og omfatter omtrent 700 000 m<sup>3</sup> masser. Av disse er ca. 225 000 m<sup>3</sup> tilsvarende tilstandsklasse I-IV, klassifisert i henhold til Miljødirektoratets veileder M-608. Disse massene skal håndteres og deponeres på godkjent mottak på land. Øvrige masser i tilstandsklasse I-III er planlagt deponert sjødeponier ved Møkkalasset og Svaleskjær. Om begge eller kun en av lokalitetene benyttes til deponering av masser avhenger av behov.

Flere av vilkårene i tillatelsen omhandler naturmiljøet og fastsetter at Kystverket i forkant av anleggsarbeidene skal oversende dokumentasjon på hvordan naturmiljøet i nærliggende områder skal ivaretas og beskyttes. Denne rapporten gir en oversikt over naturverdier i nærliggende områder, risiko for påvirkning under tiltaket og eventuelle avbøtende tiltak som kan minske risikoen.

Omfanget av det planlagte tiltaket er vurdert til å ha liten risiko for påvirkning på de viktige naturverdiene i naturreservatene Fuglevikbukta, Alhusbukta, Øra og Ytre Hvaler nasjonalpark, samt i omkringliggende områder. Vurderingen tilsier at det er ingen til liten risiko for påvirkning på ålegras, blåskjell, tare, koraller, hummer, laks, ørret, og fugl under det planlagte tiltaket. Det er samtidig svært liten risiko for påvirkning på kysttorsk dersom mudringen av farleden utføres i gyteperioden, og massene samtidig deponeres i Svaleskjær. Grunnet deponiområdet Møkkalasset nærhet til gytefeltet mellom Flyndregrunnen og Morenegrunnen anbefales det å ikke benytte dette i gyteperioden for kysttorsk for å minske risiko for partikkelspredning til gytefeltet under arbeidene.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>6</b>
1.1	Tillatelse fra Miljødirektoratet	7
1.2	Hensikt	8
1.3	Beskrivelse av planlagte tiltak	8
1.4	Forutsetninger og avgrensninger	10
<b>2</b>	<b>Naturverdier</b>	<b>11</b>
2.1	Generelt	11
2.2	Tiltak for å minske risiko for påvirkning	12
2.3	Ålegrasenger	15
2.4	Blåskjellbanker	19
2.5	Tare	21
2.6	Koraller	23
2.7	Hummer	25
2.8	Kysttorsk	27
2.9	Laks og ørret	32
2.10	Fugl	34
<b>3</b>	<b>Sårbare tidsperioder for tiltak</b>	<b>42</b>
<b>4</b>	<b>Konklusjon og oppsummering</b>	<b>43</b>
<b>5</b>	<b>Referanser</b>	<b>45</b>

## Vedlegg

Vedlegg A	Kart over tiltaksområdet
Vedlegg B	Norconsult, 2021. Kartlegging av ålegras- og blåskjellforekomster. Innseiling Borg havn.
Vedlegg C	DNV, 2021. Borg havn utbedring av farled: Dokumentasjon på påvirkning i gyteperiode for kysttorsk samt utredning av vannutskiftning.
Vedlegg D	Brekke og Strand, 2022. Innseiling Borg havn – Vurdering av støy fra mudringsarbeider til deponering i sjø til naturmiljø.

## Kontroll- og referanseside

# 1 Innledning

Innseilingen og farleden til Borg havn ligger i Fredrikstad ved utløpet til Glomma. Elva fører med seg både rene og forurensede sedimenter som legger seg på sjøbunnen i utløpet. Den stadige tilførselen av sedimenter gjør havna og farleden gradvis grunnere over tid. Skipene har også blitt større siden 1990-tallet (forrige vedlikeholdsmudring ble utført 1996). I dag er det kun mulig å ta de største skipene inn til havna ved høy vannstand. Dette gir utfordringer for brukerne i havna og risikerer på sikt å svekke deres konkurranseevne. I tillegg fører det stadig grunnere farvannet til at skipstrafikken stadig virvler opp og sprer både rene og forurensede partikler.

Kystverket skal derfor mudre og utbedre farleden inn til Borg havn i Hvaler og Fredrikstad kommune. Tiltaket er vedtatt av stortinget i nasjonal transportplan (NTP 2022-2033) og en del av Kystverkets handlingsprogram.

Hensikten med tiltaket er å øke fremkommeligheten og sjøsikkerheten i Røsvikrenna og Borg Havn. Det vil si:

- Øke forutsigbarhet i transportutviklingen gjennom å sikre at dagens skipstrafikk skal kunne fortsette å anløpe havna uten restriksjoner.
- Redusere sannsynligheten for grunnstøtinger gjennom bredde og dybdeutvidelser i farleden og en forbedring av merkesituasjonen.
- Redusere sannsynligheten for sammenstøt og forbedre trafikkavviklingen i havna ved å utbedre manøvreringsarealer og snuområder.
- Redusere sannsynligheten for miljøforurensning i et område med nærliggende naturreservat gjennom å fjerne store mengder forurensede sedimenter og redusere mengden partikler som spres gjennom propelloppvirvling.

Den 18. oktober 2019 mottok Kystverket, som tiltakshaver, tillatelse fra Miljødirektoratet (tillatelse nr. 2019.0486.T) til igangsettelse av tiltaket med mudring, sprenging og deponering i forbindelse med utbedring av innseilingen til Borg havn [1]. Flere av vilkårene i tillatelsen omhandler naturmiljøet og fastsetter at Kystverket skal oversende dokumentasjon til Miljødirektoratet for ivaretagelse og beskyttelse av naturmiljøet i nærliggende områder før anleggsarbeidene kan igangsettes.

NGI er engasjert som miljøteknisk rådgiver i forbindelse med tiltaket, og NGI skal blant annet utarbeide dokumenter som skal svare ut og dokumentere krav i Miljødirektoratets tillatelse.

## 1.1 Tillatelse fra Miljødirektoratet

Tillatelsens krav til dokumentasjon på hvordan naturmiljøet i nærliggende områder skal ivaretas og beskyttes oppsummeres i det følgende [1].

### 1.1.1 Dokumentasjon som skal foreligge før tiltak kan iverksettes

Senest 9 måneder før anleggsarbeidet skal Kystverket oversende følgende dokumentasjon til Miljødirektoratet relatert til naturmiljøet:

- Nødvendig teoretisk dokumentasjon på at gyteområder for kysttorsk ikke vil påvirkes, verken av nedslamming, støy eller annen negativ belastning, dersom det er aktuelt å gjennomføre tiltak i gyteperioden (1.januar til 30.april), jf. tillatelsen pkt. 4.1.
- Utredning av om sprengning av grunner i Borg 2 vil kunne endre vannutveksling mellom «utsiden» og «innsiden» av Hvalerøyene slik at områdets potensial som gytefelt kan forringes. Hvis utredningen viser at områdets potensial som gytefelt kan endres pga. tiltaket, må tiltaket endres slik at denne type forringelse ikke vil skje, jf. tillatelsen pkt. 4.3

Senest 4 måneder før anleggsarbeidet igangsettes skal Miljødirektoratet motta følgende informasjon relatert til naturmiljøet:

- Miljøriskovurdering inkludert beredskapsplan for naturmiljøet, for Ytre Hvaler nasjonalpark, Øra naturreservat, Fuglevikbukta naturreservat og Alhusbukta naturreservat, jf. tillatelsen pkt. 3.1
- Kartlegging av faktisk utbredelse av ålegrasenger klasse A og B som kan berøres av tiltaket og innhenting av informasjon om forekomster av blåskjellbanker, jf. tillatelsen pkt. 4.1.
- Plan for avbøtende tiltak som f.eks. boblegardiner for å begrense negative effekter av sprengning og, der det er mulig, siltgardiner for å begrense spredning av partikler fra mudring og deponering og/eller for å beskytte sårbare naturverdier. jf. tillatelsen pkt. 4.1
- Planen må også inkludere tiltaksbegrensninger som må gjøres deler av året for å beskytte vandrings av laks og ørret og for å beskytte hummer, jf. begrensninger i tillatelsen pkt. 4.2 og 4.3.
- Konkret beskrivelse av hvordan sprengsteinen planlegges håndtert og dokumentasjon på at steinmasser som ønskes deponert på bunnen vil være egnet som hummerhabitat, jf. tillatelsen pkt. 4.5.
- Kontroll og overvåkingsprogram som omfatter;
  - Program for overvåking av påvirkning av gyteområder for fisk, verneområder og nasjonalpark, jf. tillatelsen pkt. 5.2.
  - Utredning av hvilke eventuelle økte tilslammingsmengder på koraller som skal føre til stans i mudring, dumping og sprengning (konservativ grense), jf. tillatelsen pkt. 5.2.
  - Utredning av grenseverdier for tilslamming av ålegrasenger (klasse A og B), tareskog og blåskjellbanker, jf. tillatelsen pkt. 5.2

- Utrekning av om det ved sprengning og mudring vil være behov for å beskytte naturverdier mot trykkbølger/ undervannsstøy med boblegardin og evt. hvordan dette skal gjøres, jf. tillatelsen pkt. 4.6
- Kontinuerlig overvåking av evt. tilslamming av korallforekomstene på norsk og svensk side, og for tilslamming av ålegrasenger (klasse A og B), tareskog og blåskjellbanker, jf. tillatelsen pkt. 5.2.
- Overvåking av vanninntak for lakseanlegget på Øra under tiltaks-gjennomføring, jf. tillatelsen pkt. 5.1

## 1.2 Hensikt

Som miljøteknisk rådgiver i forbindelse med tiltaket skal NGI blant annet utarbeide dokumenter for å svare ut og dokumentere krav i Miljødirektoratets tillatelse. Foreliggende dokument svarer på de overnevnte vilkårene som omhandler naturmiljø i forbindelse med det planlagte tiltaket. Rapporten gir en detaljert gjennomgang av de ulike sårbare områdene og samt hvilke tiltak som skal gjennomføres for å ivareta miljøhensynene. Rapporten synliggjør også endringer i risikobildet for naturmiljøet på bakgrunn av endringene i det planlagte tiltaket i forhold til omfanget som var planlagt da søknaden ble sendt inn i 2018. Formålet med foreliggende rapport er å sikre at hensyn til miljø og naturverdier blir ivaretatt under gjennomføringen av tiltaket.

Det er i tillatelsen også stilt krav til en miljørisikovurdering og en beredskapsplan for med fokus på ivaretagelse av naturmiljø, som utarbeides som en egen rapport [2].

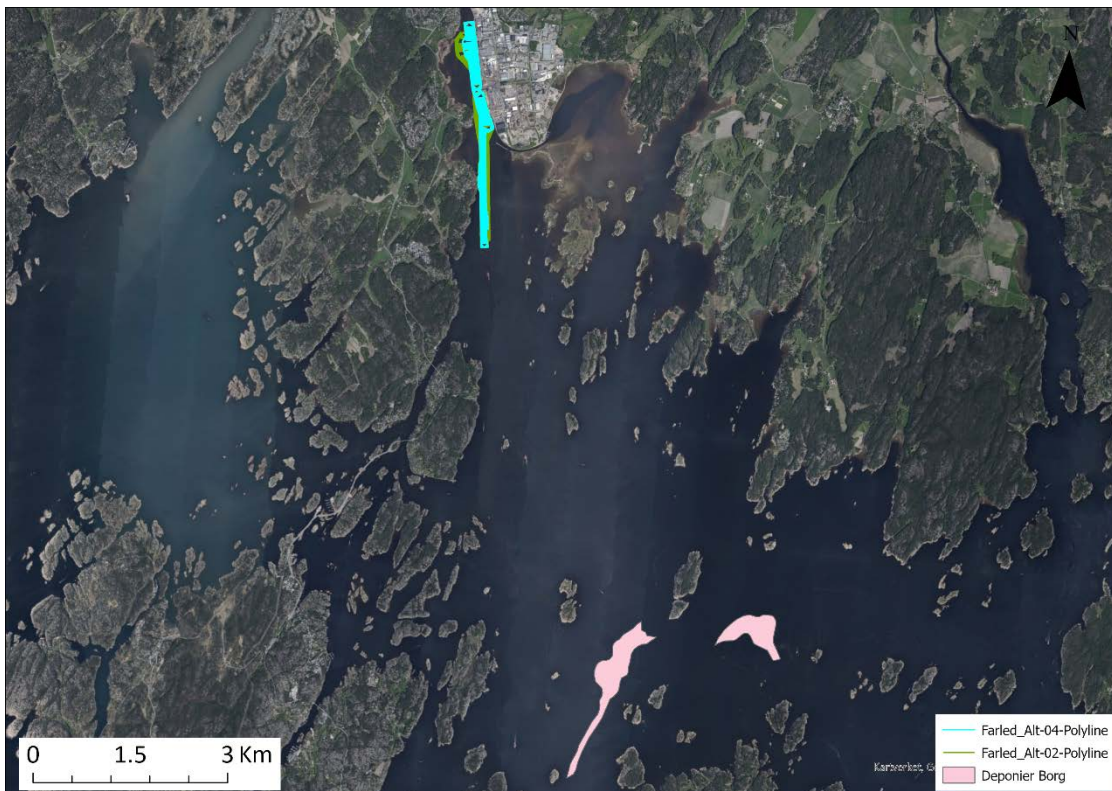
## 1.3 Beskrivelse av planlagte tiltak

Det aktuelle tiltaket er vedtatt i Nasjonal transportplan (NTP 2022-2023) og planlegges igangsatt i 2023. Tiltaksområdet er markert med grønt og blått i Figur 1. Tiltaket innebærer mudring av farleden i Rørsviksrenna, utbedring av snuplassen ved Fuglevikbukta og deponering av sedimenter i sjødeponier ved Møkkalasset og Svaleskjær. Rørsviksrenna skal utdypes til 12 meters dybde i 90 meter bredde, mens snuplassen ved Fuglevikbukta skal utdypes til 11 meter dybde.

Tillatelsen fra Miljødirektoratet omfatter mudring og deponering av omtrent 3 300 000 m<sup>3</sup> masser. Det aktuelle tiltaket som er vedtatt i NTP genererer et betydelig mindre volum enn omsøkt, og omfatter omtrent 700 000 m<sup>3</sup> masser. Av disse er ca. 225 000 m<sup>3</sup> tilsvarende tilstandsklasse I-IV, klassifisert i henhold til Miljødirektoratets veileder M-608 [3]. Disse massene skal håndteres og deponeres på godkjent mottak på land.

Øvrige masser i tilstandsklasse I-III er planlagt deponert i sjødeponier ved Møkkalasset og Svaleskjær. Om begge eller kun en av lokalitetene benyttes til deponering av masser avhenger av behov. I farledsprosjektet planlegges det også å legge erosjonssikring i områder hvor det er mudret og som har kvikkleireproblematikk [4]. Det skal også etableres nye seilingsmerker i Rørsviksrenna og på snuplassen.

Anleggsområdet, som inkluderer områdene som blir utsatt for blant annet propellbruk og oppankring, vil være større enn selve mudreområdet vist i Figur 1, men det er kun i mudreområdet sedimentene fysisk fjernes. Det er kun mudring og deponering av masser i sjødeponi som vurderes å gi risiko for spredning av partikler og forurensning. Andre mulige forstyrrelser for naturmiljø, som støy og fysisk tilstedeværelse, vurderes i hele anleggsområdet.



Figur 1 Kart viser tiltaksområdet for mudringsarbeider i grønt og blått i nord, samt de to deponiområdene i sør i rosa. Deponiområdene heter Svaleskjær (til høyre), og Møkkalasset (til venstre). Et mer detaljert kart er vist i Vedlegg A.

## 1.4 Forutsetninger og avgrensninger

Foreliggende rapport sammenstiller informasjon og svarer ut vilkårene i tillatelsen som er relevante for naturmiljø for utbedring av farleden til Borg havn. Rapporten baserer seg på at tiltaksområdet for farleden (Borg 1) tilsvarer området markert i hvitt og grønt i Figur 1, og at deponiområdet tilsvarer områdene markert med rosa. For å vurdere partikkelspredning under tiltaket benyttes spredningsmodellene med 80 % konfidensintervall utført av SINTEF i 2018 [5]. Modellene med 80 % konfidensintervall er basert på mudring av ca. 570 000 *in situ* m<sup>3</sup> forurensede sedimenter og samsvarer godt med det estimerte muddervolumet for det planlagte tiltaket, mot 760 000 *in situ* m<sup>3</sup> forurensede sedimenter i modellene med 95 % konfidensintervall. I rapporten har SINTEF modellert partikkelspredning under tiltak ved bruk av bakgraver, grabb med wire, stor og liten sugemudrer [5].

For å ha en konservativ tilnærming til risikovurdering av naturmiljø, benyttes modellene for de metodene som gir mest spredning ("worst case") av partikler og størst nedslagsfelt for partikler ved slutten av tiltaket. Spredningsmodelleringene utført for mudringstiltaket vil derfor også gjelde for partikkelspredning av finstoff i materialer som benyttes til erosjonssikring av mudringsskråninger i farleden. I vurderingen av avbøtende tiltak for å minske risikoen for påvirkning på naturverdier benyttes blant annet kontinuerlige turbiditetsmålinger som et strakstiltak for å overvåke flere av verdiene. Eventuell sedimentasjon av forurensede eller rene partikler vil også måles i nærheten av naturverdiene med sedimentfeller, men grunnet varierende prøvetakingstid (uker til måneder) avhengig av hastighet på tilkommet materiale blir ikke dette vurdert som et avbøtende tiltak i foreliggende rapport.

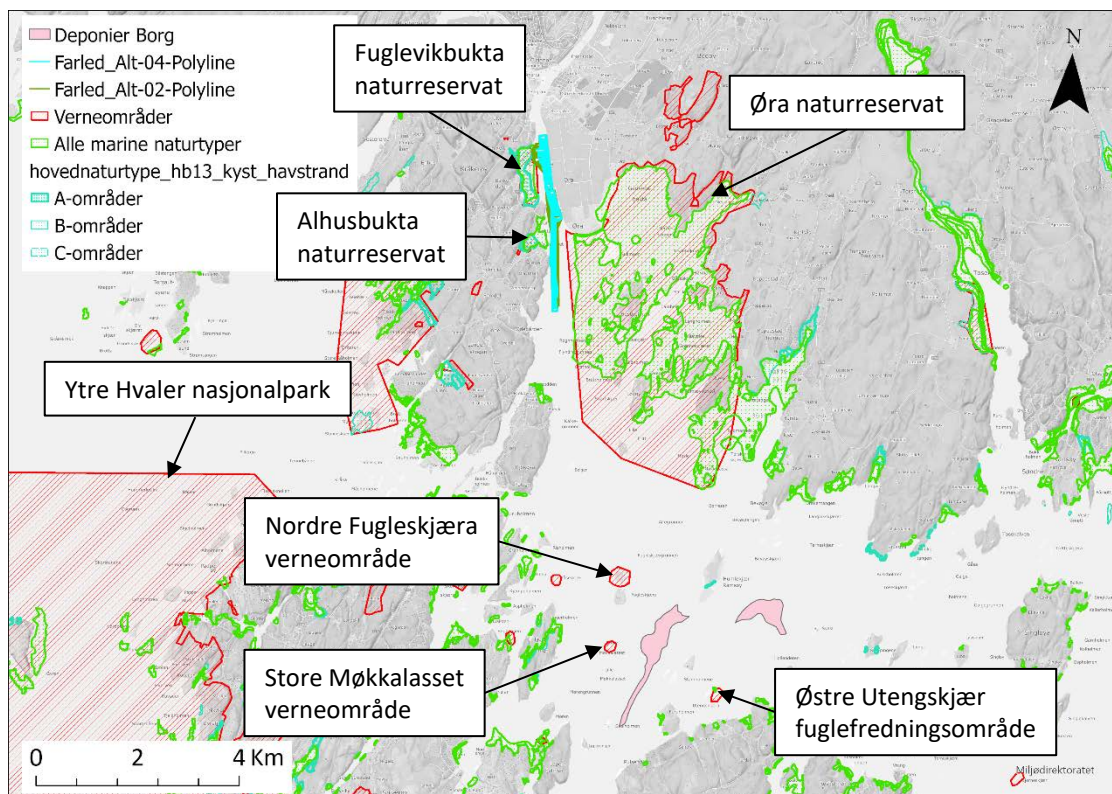
Det skal etableres aktsomhetssoner for anleggsområdet for å ivareta og overholde grensene for naturvernområdene, spesielt med hensyn til områder med lovpålagt ferdselsforbud innenfor sårbare perioder for naturmiljøet (se Tabell 11).



## 2 Naturverdier

### 2.1 Generelt

Tiltaket som skal utføres i forbindelse med utbedringen av farleden til Borg havn er i et område med flere naturverdier av nasjonal og internasjonal forvaltningsinteresse (Figur 2). Tiltaksområdet for mudringen av farleden til Borg havn er i nærheten av tre naturreservater, Fuglevikbukta-, Alhusbukta- og Øra naturreservat. De planlagte undervannsdeponiene ved Møkkalasset og Svaleskjær befinner seg i nærheten av tre verneområder for sjøfugl. Sør og sørvest for området for utbedringen av farleden og deponering av masser er Ytre Hvaler nasjonalpark. Tabell 1 gir informasjon om de ulike områdene med særskilte verneplaner, naturtype i området og bakgrunn for reguleringen.



Figur 2 Oversikt over verneområder markert med rødt, marine naturtyper i grønt og svært viktige naturtyper i sjøgrønt. Farleden er markert i mørk grønt og turkis, mens deponiområdene er markert med rosa. Se Vedlegg A for mer detaljert kart.

Tabell 2 oppsummerer vilkår i tillatelsen som omfatter naturverdier, samt også hvilke grunnlagsdokumenter som benyttes for vurderinger i denne rapporten. Vilkår i tillatelsen som går inn på spesifikke naturverdier omtales i senere kapitler.

Tabell 1 Oversikt over områder i nærheten av tiltaksområdet med viktige naturverdier og særskilte verneplaner

Område	Regulering	Bakgrunn
Fuglevikbukta naturreservat	Verneområde	Området er svært viktig som overvintringssted for flere fuglearter og som rasteområde for fugl på trekk. Hekkeområde for vade- og andefugler Naturtype: Strandeng og strandsump, samt bløtbunnsområder i strandsonen.
Alhusbukta naturreservat	Verneområde	Lokalt viktig hekke-, raste- og overvintringsområde for våtmarksfugl. Velutviklet strandsump med forekomst av sjeldne plantearter. Naturtype: Strandeng og strandsump, samt bløtbunnsområde i strandsonen.
Øra naturreservat	Annet vern eller verneplan Ramsarområde	Gyttefelt for saltvannsfisk. Særegen fiskefauna med forekomster av både marine og limniske arter samtidig. Store bestander av ande- og vadefugler. Ålegras. Naturtype: Strandeng og bløtbunnsområder
Store Møkkalasset verneområde	Verneplan for sjøfugl	Hekkeområde for truede sjøfugler (vernet biotop). Viktig hekkeområde for truede og rødlistede måkearter, ærfugl og andre andefugler.
Nordre Fugleskjæra verneområde	Verneplan for sjøfugl	Hekkeområde for truede sjøfugler (vernet biotop).
Østre Utengskjær fuglefredningsområde	Verneplan for sjøfugl	Hekkeområde for truede sjøfugler (vernet biotop).
Ytre Hvaler nasjonalpark	Nasjonalpark	Et egenartet, stort og relativt urørt naturområde med komplette økosystemer både i sjøen og på land. Stor verneverdi knytta til flora og fauna. Sårbare marine naturverdier som korallrev, tareskoger og hekkende sjøfugl.

## 2.2 Tiltak for å minske risiko for påvirkning

Ved å overholde lovpålagt ferdselsforbud i naturvern- og fuglefredningsområdene minskes risikoen for påvirkning av sårbare naturverdier. For å verne om strandsumpområdet med sjeldne plantearter i Alhusbukta naturreservat kan det vurderes å benytte en siltgardin for å forhindre tilslamming av gruntvannsområdet. Under mudring i Røsvikrenna og langs østre side av Østerelva mot Ørøspissen kan det også benyttes siltgardin for å forhindre partikkelspredning inn mot Gullmoen og Gansrødbukta i Øra naturreservat. Behovet for siltgardin for å forhindre tilslamming må vurderes nærmere etter at prøvemudringen er gjennomført.

Tabell 2 Oversikt over generelle vilkår i tillatelsen som omfatter naturverdier, samt informasjon og grunnlagsdokumenter benyttet i vurderingen

Pkt. i tillatelsen	Vilkår	Informasjon og grunnlagsdokumenter
2.7	Ved gjennomføringen av tiltaket må tiltakshaver tilpasse arbeidet og ta hensyn til friluftsliv og naturverdier i området.	Kontroll- og overvåkingsplan
3.1	Tiltakshaver skal ha oversikt over de naturverdier som kan bli berørt av akutt forurensning og de helse- og miljømessige konsekvenser slik forurensning kan medføre.	Foreliggende dokument, kap 2
3.1	Miljøriskovurdering for naturmiljøet, for Ytre Hvaler nasjonalpark, Øra-, Fuglevikbukta- og Alhusbukta naturreservat	Rambøll, 2018.  SINTEF, 2018.
3.1	Beredskapsplan for naturmiljøet, for Ytre Hvaler nasjonalpark, Øra-, Fuglevikbukta- og Alhusbukta naturreservat	Beredskapsplan
4.1	Mudring, sprengning og deponering skal ikke foregå i perioden 1. mai til 31 august. Dermed vil tiltak ikke pågå under vårflommen, i mesteparten av tilvekstperioden for ålegras, i hekkeperioden for fugl og i den viktigste perioden for utøvelse av friluftsliv.	Foreliggende dokument, avsnitt 2.3 og 2.10, samt kontroll- og overvåkingsplanen
4.1	Kystverket må senest 4 måneder før oppstart oversende Miljødirektoratet en plan for avbøtende tiltak som f.eks. boblegardiner for å begrense negative effekter av sprengning og, der det er mulig, siltgardiner for å begrense spredning av partikler fra mudring og deponering og/eller for å beskytte sårbare naturverdier.	Foreliggende dokument kap. 2 og kontroll- og overvåkingsplan
4.4	Etter rensing av muddermasser skal vannet ledes ut gjennom egnet utslippsledning til egnet dyp og sted i Glomma slik at miljøgiftene fortynnes raskt og slik at utslippet ikke medfører problem av betydning for naturverdier. Særlig viktig er det å sikre at Øra- og Fuglevikbukta naturreservater ikke kan bli påvirket.	Kontroll- og overvåkingsplan

*Forts. Tabell 2 Oversikt over generelle vilkår i tillatelsen som omfatter naturverdier, samt informasjon og grunnlagsdokumenter benyttet i vurderingen*

Pkt. i tillatelsen	Vilkår	Informasjon og grunnlagsdokumenter
4.6	Kystverket må, minst 4 måneder før tiltaket skal starte, sende Miljødirektoratet en plan for hvordan viktige naturverdier som ålegrasenger (klasse A og B), taeskog og blåskjellbanker kan beskyttes, f.eks. med siltgardiner, dersom overvåking detekterer tilslamming av betydning. Av planen må det også fremgå om det ved sprengning og mudring vil være behov for å beskytte naturverdier mot trykkbølger/undervannsstøy med boblegardin og evt. hvordan dette skal gjøres.	Foreliggende dokument, avsnitt 2.3, 2.4 og 2.5, samt kontroll- og overvåkingsplanen
5.2	Når tiltak foregår i perioder når naturverdiene er sårbare, må påvirkning av naturverdier i verneområdene overvåkes nøye. Tiltakene må stanse dersom nevneverdig påvirkning registreres. Årsaksforholdene må avklares, og avbøtende tiltak må igangsettes. Før tiltak kan starte opp igjen må Kystverket iverksette forbedringer/endringer som sikrer at naturverdiene ikke påvirkes ytterligere.	Kontroll- og overvåkingsplan.  Sårbare tidsperioder er dokumentert foreliggende dokument, kap. 3

## 2.3 Ålegrasenger

Ålegras er en av svært få marine blomsterplanter og vokser på sand- eller mudderbunn i grunne områder. De kan danne store undervassenger som er svært viktige nærings- søkområder for fugl og fungerer som et viktig oppvekst- og beiteområde for fisk. I Norge finnes det to arter ålegras, vanlig ålegras (*Zostera marina*) og dvergålegras (*Zostera noltii*). Ålegrasenger er vanligst i beskyttede og middels eksponerte områder og er viktige for stabiliteten i gruntvannsområder, da ålegrasenger binder sedimentet og dermed reduserer erosjon [6]

Tabell 3 viser en oversikt over vilkår i tillatelsen som omfatter ålegrasenger, samt informasjon og grunnlagsdokumenter benyttet til vurdering av ivaretagelse av ålegrasenger under tiltaket.

Tabell 3 Oversikt over vilkår i tillatelsen som omfatter ålegrasenger, samt informasjon og grunnlagsdokumenter benyttet til vurderingen

Pkt. i tillatelsen	Vilkår	Informasjon og grunnlagsdokumenter
4.1	Kystverket må før oppstart kartlegge faktisk utbredelse av ålegrasengene i klasse A og B som kan berøres av tiltaket og innhente informasjon om forekomster av blåskjellbanker.	Kystverket, 2021. Kartlegging av ålegras- og blåskjellforekomster. Innseiling Borg Havn.
4.1	Mudring, sprengning og deponering skal ikke foregå i perioden 1. mai til 31. august. Dermed vil tiltak ikke pågå under vårflommen og i tilvekstperioden for ålegras.	Fremdriftsplan, eller kontroll- og overvåkningsplan
4.6	Kystverket må, minst 4 måneder før tiltaket skal starte, sende Miljødirektoratet en plan for hvordan viktige naturverdier som ålegrasenger (klasse A og B) kan beskyttes, f.eks. med siltgardiner, dersom overvåking detekterer tilslamming av betydning. Av planen må det også fremgå om det ved sprengning og mudring vil være behov for å beskytte naturverdier mot trykkbølger/undervannsstøy med boblegardin og evt. hvordan dette skal gjøres.	Foreliggende dokument, avsnitt 2.3.
5.1	Utredning av grenseverdier for tilslamming av ålegrasenger (klasse A og B).	Foreliggende dokument, avsnitt 2.3.2
5.2	Tilslamming av ålegrasenger (klasse A og B), tareskog og blåskjellbanker skal overvåkes når tiltak pågår. Hvis tilslamming overskrider satte grenseverdier, må avbøtende tiltak som beskytter de aktuelle naturverdiene settes iverk, jf. tillatelsen pkt. 4.6.	Kontroll- og overvåkningsplan

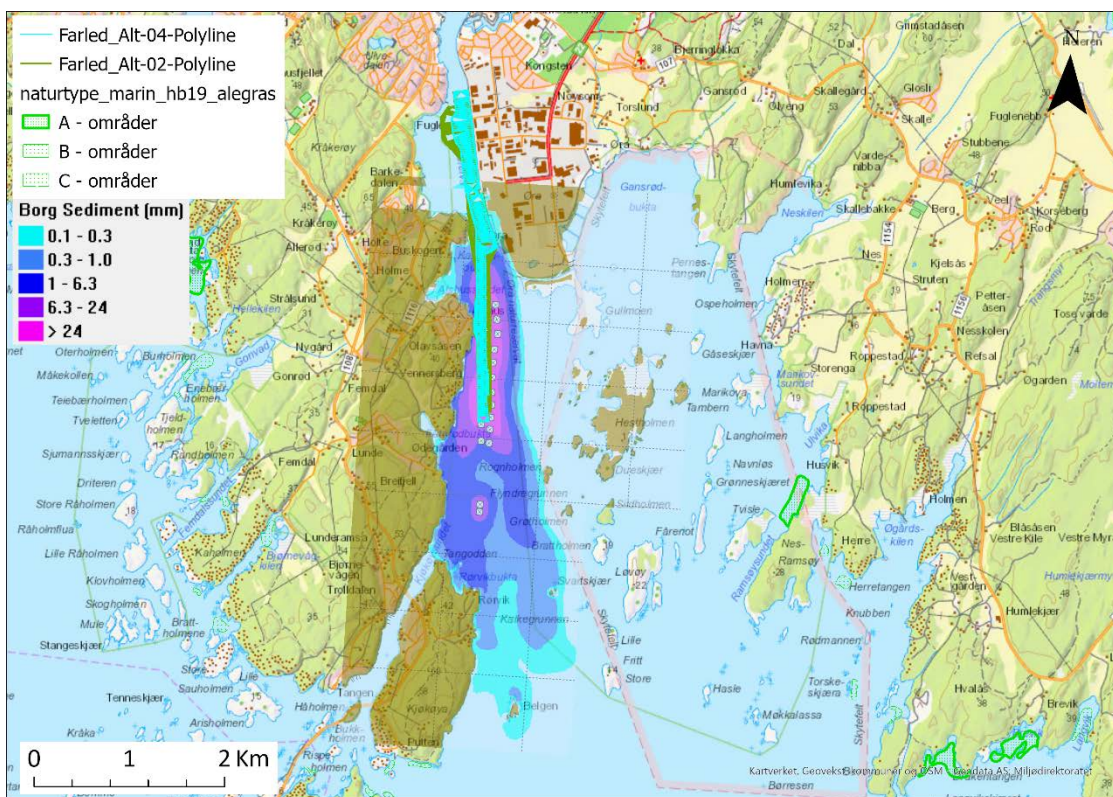
Norconsult har gjennomført en kartlegging av ålegrasenger i kategori A (nasjonalt viktig) og kategori B (regionalt viktig) som berøres av tiltaket i Borg havn [7], på oppdrag fra Kystverket (se Vedlegg B). Kartleggingen ble gjennomført i august 2021 i forhåndsbaserte områder basert på tilgjengelig informasjon i databaser slik som Naturbase, samt tidligere kartlegging gjennomført av Rambøll i 2013 [8]. Det ble kun undersøkt ålegrasenger sør for Øra naturreservat. Generelt ble det påvist dårligere tilstand enn det som tidligere var registrert i Naturbase og av Rambøll i 2013. Dette gjaldt for alle områdene som ble undersøkt. Kartleggingen beskriver en betydelig nedgang i antall enkeltplanter og minkende utbredelse av ålegrasengene. Norconsult konkluderer med at flere av ålegrasengene har dårligere tilstand i 2021 enn i 2013, og at noen av engene er tilsynelatende mindre enn registrert i 2013. I andre områder gjøres det ikke lenger registreringer av ålegras lenger [7].

Under feltundersøkelsene ble det registrert mye suspendert stoff i vannfasen, samt en del slampåvirkning på ålegraset i de områdene der ålegras ble registrert. Engene som ble registrert ble vurdert iht. ålegrasindeksen og alle er gitt tilstandsverdien «Moderat» [7]. Av områdene som ble undersøkt er det kun Re ved Revtangholmen, Utengskjæra, Tjeldholmen, Ribba, Store Risholmen (sør), Store Risholmen (nord) som er i direkte nærhet til tiltaksområdet for mudring og deponering av masser. Av disse områdene ble det i 2021 kun observert flekkvise til tette ålegrasenger ved Tjeldholmen, Store Risholmen (sør og nord). Ålegrasengen ved Store Risholmen (sør) var den eneste ålegrasengen med tilsvarende utbredelse og tilstand i 2021 som i 2013 [7].

### 2.3.1 Risiko for påvirkning av tiltaket

Spredningsmodelleringen utført av SINTEF i 2018 viser ingen partikkelspredning mot ålegrasengen registrert i Husvik i Øra naturreservat (Figur 3), eller mot de registrerte ålegrasengene vist i Figur 4. Under mudringen av farleden til Borg havn er det forventet at spredningsskyen for partikkelspredningen under tiltaket vil avsluttes lengre nord enn figuren tilsier. Det kommer av at det planlagte tiltaket er mindre enn vist i Figur 3, der de hvite firkantene viser mudringspunkter benyttet i modellen for spredningsskyen som viser sedimenttykkelse ved slutten av mudringen. Mudringstiltaket utgjør derfor svært liten risiko for ålegrasenger. Påviste ålegrasenger ved Tjeldholmen og Store Risholmen (sør og nord) befinner seg på andre siden av Glommas utløp i forhold til deponiområdet Møkkalasset. Grunnet sterk vannstrøm fra Glomma, gjennom Løperen og ut til Ytre Hvaler, er det liten sannsynlighet for at partikler fra deponiområdet vil spres til ålegrasengene. Dette underbygges av spredningsmodelleringen utført av SINTEF i 2018, som ikke viser partikkelspredning til disse områdene under deponering [5], og det er dermed liten risiko for påvirkning av ålegrasengene under deponering av masser i Møkkalasset (Figur 4). I henhold til vilkår 4.1 i tillatelsen skal det ikke utføres mudring og deponering i perioden 1. mai til 31. august for å unngå arbeider under vårflommen og tilvekstperioden for ålegras [1]. Grunnet liten risiko for påvirkning på ålegras kan mudring og deponering av masser likevel utføres i denne perioden, så lenge arbeidene anpasses vårflommen og det benyttes risikoreduserende tiltak som turbiditetsmålinger.

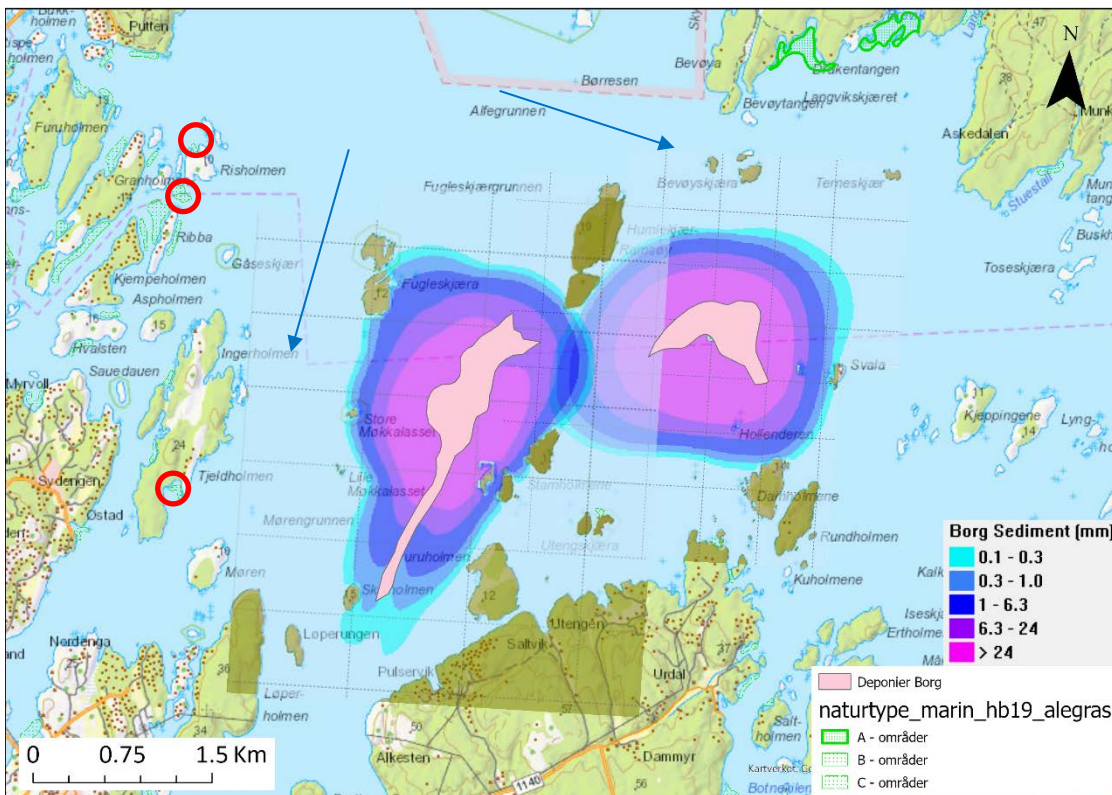




Figur 3 Spredningsmodellering av partikler under mudring av farled ved bruk av bakgraver hentet fra SINTEF, 2018. Områder med registrerte ålegrasenger er markert på kartet med grønt. Putten på Kjøkøya er vist i sørvest for spredningsskyen.

### 2.3.2 Avbøtende tiltak for å minske risiko for påvirkning

Overvåking av ålegrasengene ved Tjeldholmen og Store Risholmen er inkludert i kontroll og overvåkingsplanen. Under deponering av masser i Møkkalasset skal det utføres kontinuerlig overvåking av turbiditet og det anbefales at ett av målepunktene plasseres i nærheten av Lille Møkkalasset for å undersøke spredning mot Tjeldholmen og ett målepunkt plasseres sør for Fugleskjæra for å overvåke spredning mot Risholmen. I henhold til vilkår 5.1 i tillatelsen skal det etableres en konservativ grense for økt tilslamming av ålegrasenger som skal føre til stans i mudring, dumping og sprengning [1]. Da det er svært liten sannsynlighet for partikkelspredning og tilslamming av ålegrasengene ved Tjeldholmen og Store Risholmen som følge av tiltaket anses det som tilstrekkelig med bruk av visuell overvåking og turbiditetsmålinger ved deponering av masser i Møkkalasset. Dersom det påvises turbiditet 25 NTU over bakgrunnsnivå i området i 30 min skal arbeidene stanses og årsakene utredes iht. kontroll og overvåkingsplanen [9] jf. vilkår 5.2 i tillatelsen [1]. I henhold til vilkår 5.2 skal det utføres visuell overvåking av ålegrasengene ved Tjeldholmen og Store Risholmen før tiltaket iverksettes, og underveis basert på produksjons- og turbiditetsnivå, samt kontrolleres etter at tiltaket er ferdig [1]. Metode og ansvar for overvåkingen er beskrevet i kontroll- og overvåkingsplanen [9].



Figur 4 Spredningsmodellering av partikler under deponering ved Møkkalasset og Svaleskjær ved bruk av stor sugemudrer hentet fra SINTEF, 2018. Områder med (tidligere) registrerte ålegrasenger er markert på kartet med grønt. Ålegrasengene påvist av Norconsult i 2021 ved Tjeldholmen og Risholmen er omringet av røde ringer. Hovedretningene for vannstrømmene fra Glomma er vist med blå piler. Putten på Kjøkøya er vist nordvest for Risholmen.



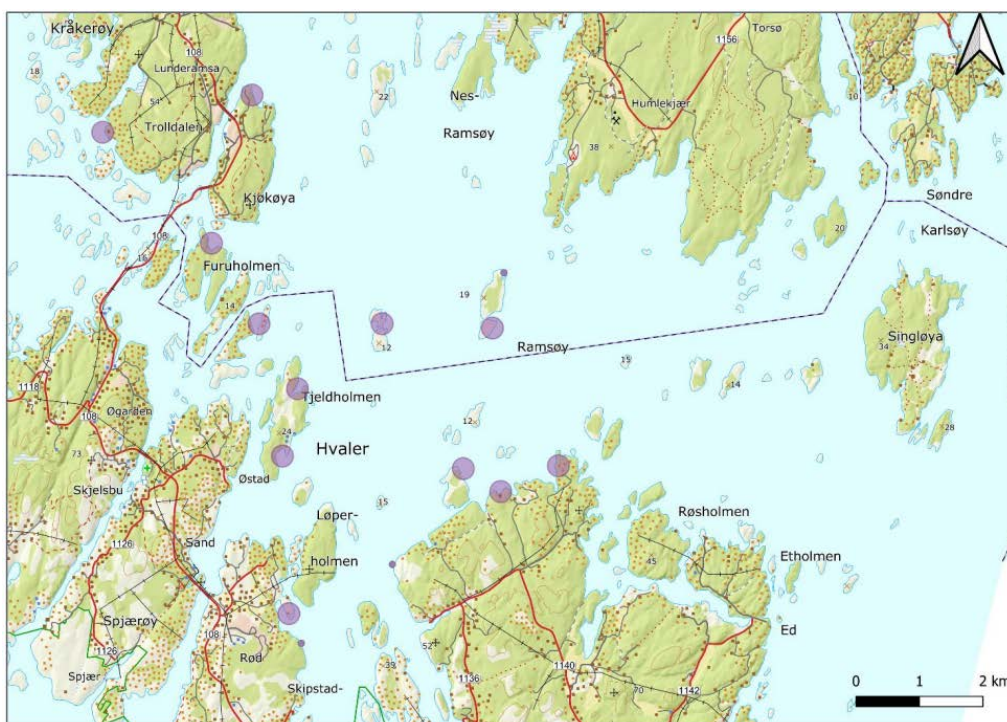
## 2.4 Blåskjellbanker

Blåskjell (*Mytilus edulis*) er en viktig art, både som matressurs og som indikatorart for miljøtilstand og forurensning i kyst- og havområder. Blåskjell er utbredt i hele nordlige Atlanterhavet og langs hele norskekysten hvor de befinner seg hovedsakelig i tidevannssonen festet til stein eller annet fast underlag [10, 11]. Tabell 4 viser en oversikt over vilkår i tillatelsene som omhandler blåskjell, samt informasjon og dokumentasjon som benyttes i vurderingen av tiltak for ivaretagelse av blåskjell under tiltaket.

Tabell 4 Oversikt over vilkår i tillatelsen som omfatter blåskjell, samt informasjon og grunnlagsdokumenter benyttet til vurderingen

Pkt. i tillatelsen	Vilkår	Informasjon og grunnlagsdokumenter
4.1	Kystverket må før oppstart innhente informasjon om forekomster av blåskjellbanker.	Kystverket, 2021. Kartlegging av ålegras- og blåskjellforekomster. Innseiling Borg Havn.
4.6	Kystverket må, minst 4 måneder før tiltaket skal starte, sende Miljødirektoratet en plan for hvordan viktige naturverdier som blåskjellbanker kan beskyttes, f.eks. med siltgardiner, dersom overvåking detekterer tilslamming av betydning. Av planen må det også fremgå om det ved sprengning og mudring vil være behov for å beskytte naturverdier mot trykkbølger/undervannsstøy med boblegardin og evt. hvordan dette skal gjøres.	Foreliggende dokument, 2.4.1.
5.1	Utredning av grenseverdier for tilslamming av blåskjellbanker.	Foreliggende dokument, 2.4.1.
5.2	Tilslamming av blåskjellbanker skal overvåkes når tiltak pågår. Hvis tilslamming overskrider satte grenseverdier, må avbøtende tiltak som beskytter de aktuelle naturverdiene settes iverk, jf. tillatelsen pkt. 4.6.	Foreliggende dokument, 2.4.1.

I 2021 gjennomførte Norconsult en kartlegging av blåskjellbanker i nærheten av tiltaksområdet på oppdrag fra Kystverket. Kartleggingen ble utført med vannkikkert og det ble ikke observert blåskjell ved noen av de 12 kartlagte områdene vist i Figur 5 [7], (Vedlegg B).



Figur 5 Områder som ble kartlagt for blåskjell ved hjelp av vannkikkert er vist med lilla omkrets. Det ble ikke observert blåskjell ved noen av områdene. Hentet fra Kystverket, 2021.

#### 2.4.1 Risiko for påvirkning av tiltaket

Siden det ikke påvises blåskjellbanker i tiltaksområdet, er det verken grunnlag for å overvåke blåskjell under tiltaket (jf. pkt 5.2) eller etablere grenseverdier for tilslamming (jf. pkt 5.1). Det er ingen risiko for at tiltaket vil påvirke blåskjell (jf. pkt. 4.6).

## 2.5 Tare

Tareskoger er tette bestander av store tarearter. De vanligste artene i Norge er stortare (*Laminaria hyperborea*), fingertare (*Laminaria digitata*) og sukkertare (*Saccharina latissima*). Tareskoger finnes langs hele Norskekysten på hard- og fjellbunn i områder med både grunt og dypere vann. Tareskogene utgjør viktige oppvekst- og næringsområder for mange fiskearter og annet marint liv, ved blant annet å fungere som oppholdssted for en rekke alger og smådyr og være skjulested for fisk og krepsdyr [12, 13]. Videre er stortareskoger viktige naturlige karbonlagre [14]. De nærmeste registrerte tareskogene til det planlagte tiltaket er i Ytre Hvaler og ved Søsterøyene som vist i Figur 6. Tabell 5 viser en oversikt over vilkår i tillatelsen som omfatter tare, samt informasjon og grunnlagsdokumenter benyttet til vurderingen for ivaretagelse av tareskoger i forbindelse med tiltaket.

Tabell 5 Oversikt over vilkår i tillatelsen som omfatter tare, samt informasjon og grunnlagsdokumenter benyttet til vurderingen

Pkt. i tillatelsen	Vilkår	Informasjon og grunnlagsdokumenter
4.6	Kystverket må, minst 4 måneder før tiltaket skal starte, sende Miljødirektoratet en plan for hvordan viktige naturverdier som tareskog kan beskyttes, f.eks. med siltgardiner, dersom overvåking detekterer tilslamming av betydning. Av planen må det også fremgå om det ved sprengning og mudring vil være behov for å beskytte naturverdier mot trykkbølger/undervannsstøy med boblegardin og evt. hvordan dette skal gjøres.	Foreliggende dokument, avsnitt 2.5, 2.5.1 og 2.5.2.
5.1	Utredning av grenseverdier for tilslamming av tareskog.	Foreliggende dokument, avsnitt 2.5.2
5.2	Tilslamming av tareskog skal overvåkes når tiltak pågår. Hvis tilslamming overskrider satte grenseverdier, må avbøtende tiltak som beskytter de aktuelle naturverdiene settes iverk, jf. tillatelsen pkt. 4.6.	Dekkes av kontroll- og overvåkingsplanen

### 2.5.1 Risiko for påvirkning av tiltaket

Under det planlagte tiltaket skal det ikke utføres sprengningsarbeider. Mudringsarbeidene i farleden til Borg havn og deponering av masser er ikke i nærheten av kartlagte tareskoger i området. Det er derfor svært liten sannsynlighet for at tare vil bli påvirket av tiltaket.



Figur 6 Spredningsmodellering av partikler under mudring av farled til Borg havn og deponering av masser ved Møkkalasset og Svaleskjær ved bruk av grabb med wire hentet fra SINTEF, 2018. Områder med tareskog er skravert med brunt.

## 2.5.2 Avbøtende tiltak for å minske risiko for påvirkning

For å minske sannsynligheten for påvirkning på tare under tiltaket skal det utføres kontinuerlig overvåking av turbiditet. Målepunktene skal plasseres slik at spredning mot tareskogen ved Ytre Hvaler vil kunne påvises. Det anbefales derfor at det plasseres ett målepunkt nord eller sør for Store Møkkalasset, nord for Løperen. Turbiditetsovervåking i målepunktet vil påvise uønsket spredning fra deponiområdet Møkkalasset mot tareskogen. I henhold til vilkår 5.1 i tillatelsen skal det etableres en konservativ grense for økt tilslamming av tare som skal føre til stans i mudring, dumping og sprengning. Da det er svært liten sannsynlighet for partikkelspredning og tilslamming av tare som følge av tiltaket anses det som tilstrekkelig med bruk av visuell overvåking og turbiditetsmålinger ved deponering av masser i Møkkalasset. Dersom det påvises turbiditet 25 NTU over bakgrunnsnivå i området i 30 min skal arbeidene stanses og årsakene utredes iht. kontroll og overvåkingsplanen [9] jf. vilkår 5.2 i tillatelsen [1]. I henhold til vilkår 5.2 skal det utføres visuell overvåking av tareskogen ved Ytre Hvaler skal utføres for tiltaket iverksettes, og underveis basert på produksjons- og turbiditetsnivå, samt kontrolleres etter at tiltaket er ferdig [1]. Metode og ansvar for overvåkingen er beskrevet i kontroll- og overvåkingsplanen [9].

## 2.6 Koraller

Koraller, eller koralldyr, er en klasse nesledyr (*Cnidaria*) som kan vokse sammen og danne store sammenhengende korallrevkompleks [15]. Korallrev utgjør et viktig levested for andre arter og kan være såkalte hot-spots for biodiversitet samtidig som de bidrar til karbonomsetningen på havbunnen. I Norge finnes det koraller langs kysten fra Sverige til Finnmark, i fjorder og kystnære havstrøk, samt på kontinentalsokkelen og -skråningen ned til ca. 400 m. Den mest utbredte arten er *Lophelia pertusa*. Koraller gyter i de frie vannmassene, og har i Norge gyteperiode fra januar til mars [16].

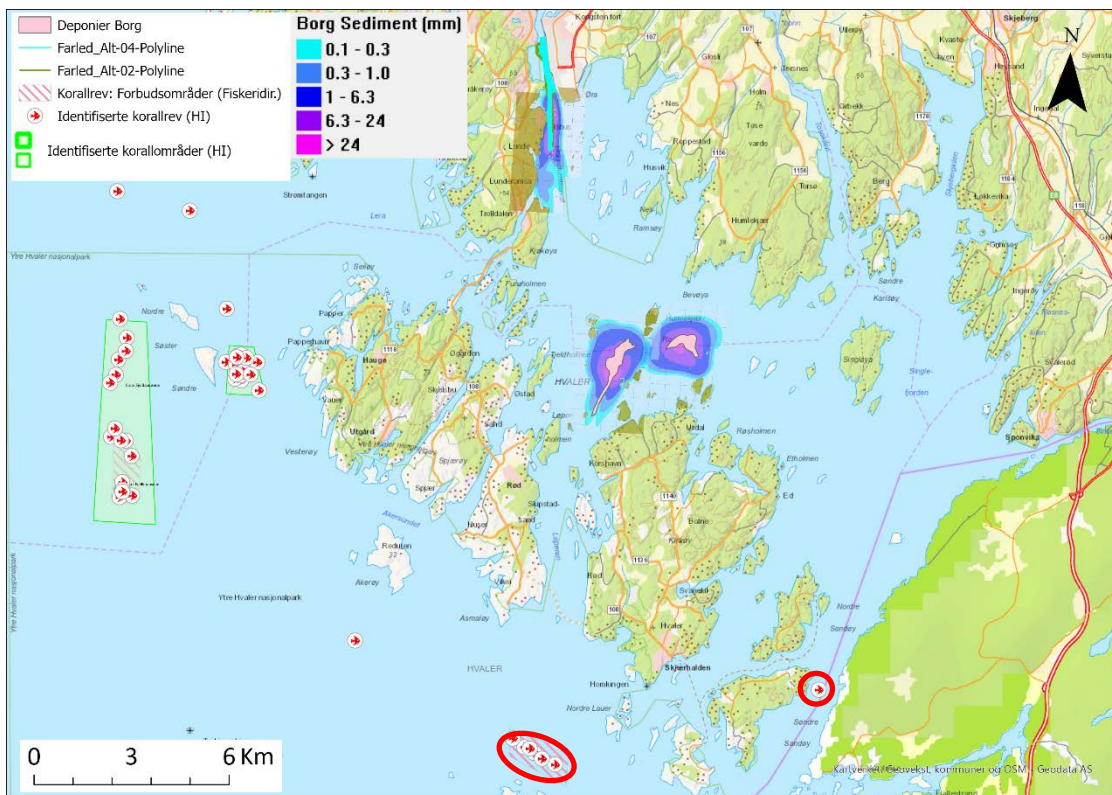
Tabell 6 Oversikt over vilkår i tillatelsen som omfatter koraller, samt informasjon og grunnlagsdokumenter benyttet til vurderingen

Pkt. i tillatelsen	Vilkår	Informasjon og grunnlagsdokumenter
5.1	Kontroll- og overvåkingsprogrammet skal inneholde utredning av hvilke eventuelle økte tilslammingsmengder på koraller som skal føre til stans i mudring, dumping og sprengning (konservativ grense), jf. tillatelsen pkt 5.2.	Foreliggende rapport, avsnitt 2.6.2, samt kontroll- og overvåkingsplan
5.2	Kystverket må overvåke nøye eventuell tilslamming fra tiltaket av korallforekomstene ved Tisler og ved Säckén på svensk side. Tiltakene må stanse hvis de satte grenseverdiene overskrides. Ved forurensende uhell som kan påvirke korallrevene, må beredskapsplanen iverksettes. For å kunne starte opp igjen, må årsaksforholdene avklares og tiltakene ytterligere forbedres slik at det kan argumenteres godt for at videre påvirkning ikke vil kunne skje.	Kontroll- og overvåkingsplanen, og beredskapsplanen

### 2.6.1 Risiko for påvirkning av tiltaket

Grunnet stor avstand fra tiltaksområdet og til korallrev ved Ytre Hvaler nasjonalpark, Tisler og Säckén er det svært liten sannsynlighet for at tiltaket vil påvirke koraller. Spredningsmodellene fra SINTEF i 2018 [5] viser ingen økt partikkelspredning under deponering av masser i Møkkalasset og Svaleskjær.





Figur 7 Spredningsmodellering av partikler under utbedring av farled og deponering av masser i Møkkalasset og Svaleskjær ved bruk av grabb med wire hentet fra SINTEF, 2018. Soner med vernede korallrev er skravert med rødt. Identifiserte koraller er markert med hvitt og rødt symbol, mens identifiserte korallområder er markert med grønne omriss. Korallrevene ved Tisler og Säcken er markert med rød ring.

## 2.6.2 Avbøtende tiltak for å minske risiko for påvirkning av tiltaket

For å minske sannsynligheten for påvirkning på korallrev under tiltaket, skal det utføres kontinuerlig overvåking av turbiditet. Målepunktene skal plasseres på en slik måte at de vil kunne påvise spredning mot korallrev på Tisler og Säcken. Det anbefales derfor at det plasseres ett målepunkt sør for deponiområdet Møkkalasset, samt ett målepunkt ved Damholmene for å påvise uønsket spredning mot korallrevområdene. I henhold til vilkår 5.1 i tillatelsen skal det etableres en konservativ grense for økt tilslamming av koraller som skal føre til stans i mudring, dumping og sprengning [1]. Da det er svært liten sannsynlighet for partikkelspredning og tilslamming av koraller som følge av tiltaket anses det som tilstrekkelig med bruk av visuelle overvåkinger og turbiditetsmålinger ved deponering av masser i Møkkalasset og Svaleskjær. Dersom det påvises turbiditet 25 NTU over bakgrunnsnivå i området i 30 min skal arbeidene stans og årsakene utredes iht. kontroll og overvåkingsplanen [9] jf. vilkår 5.2 i tillatelsen [1]. I henhold til vilkår 5.2 skal det utføres visuell overvåking av korallrevene ved Tisler og Säcken skal før tiltaket iverksettes, og underveis basert på produksjons- og turbiditetsnivå, samt kontrolleres etter at tiltaket er ferdig. Metode og ansvar for overvåkingen er beskrevet i kontroll- og overvåkingsplanen [9].

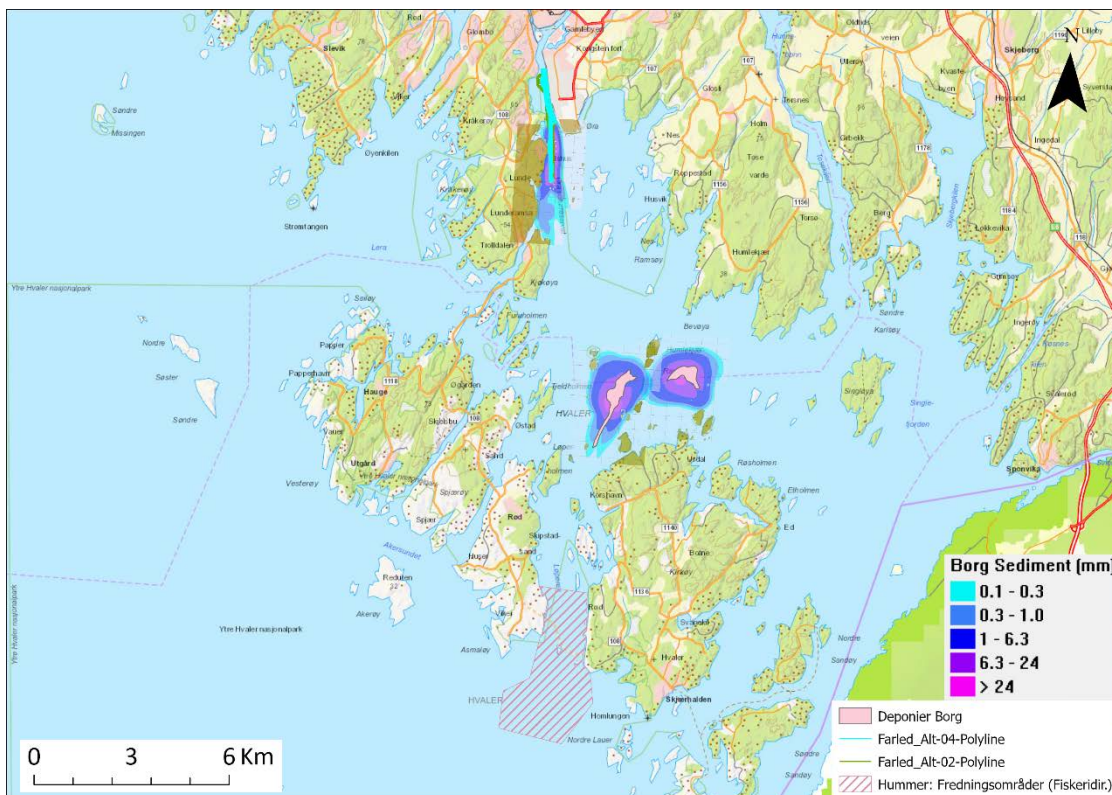
## 2.7 Hummer

Europeisk hummer (*Homarus gammarus*) finnes langs kysten fra svenskegrensen til Trøndelag og lever hovedsakelig ved 5-40 meters dyp på stein- og grusbunn, der de kan grave huler med flere innganger [17]. Hummerbestanden langs norskekysten har blitt kraftig redusert og det er iverksatt fredningssoner for hummer for å forvalte og verne viktige bestandsområder. Kvernskjær-hummerfredningsområde ble opprettet i 2006 for å gi kunnskap om hvor fort hummerbestanden bygger seg opp i et totalfredet område. Som vist i Figur 8, er fredningsområdet i nærheten av tiltaksområdet for deponering. Tabell 7 viser en oversikt over vilkår i tillatelsen som omfatter hummer, samt informasjon og grunnlagsdokumenter benyttet til vurderingen for ivaretagelse av hummer under tiltaket.

Tabell 7 Oversikt over vilkår i tillatelsen som omfatter hummer, samt informasjon og grunnlagsdokumenter benyttet til vurderingen

Pkt. i tillatelsen	Vilkår	Informasjon og grunnlagsdokumenter
4.1	Kystverket må senest 4 måneder før oppstart oversende Miljødirektoratet en plan for hvordan mudring, deponering og sprengning best mulig kan organiseres slik at delområder som er ferdig utdypet i minst mulig grad vil rekontamineres av senere utdypingsarbeid. Planen må også inkludere begrensninger i tiltak som må gjøres for å beskytte hummer, jf. begrensninger i tillatelsen pkt. 4.3.	Foreliggende dokument, avsnitt 2.7.
4.3	Sprengstein må ikke rase ut slik at eksisterende hummerhabitater begraves. Sprengning ved fredningsområdet for hummer ved Kvernskjær må kun gjøres i september måned, fordi skadepotensialet for hummerbestanden da er minst.	Ikke relevant da det ikke er planlagt sprengning under tiltaket, se avsnitt 2.7.2.
4.5	Kystverket må minst 4 måneder før tiltaket skal starte oversende Miljødirektoratet en konkret beskrivelse av hvordan sprengsteinen planlegges håndtert, og dokumentasjon på at steinmasser som ønskes deponert på bunnen vil være egnet som hummerhabitat.	Sprengstein skal ikke håndteres under det planlagte tiltaket, se avsnitt 2.7.2.

Europeisk hummer er i all hovedsak stedbunden og vil oppholde seg i tilnærmet samme område gjennom året. Forplantningen hos hummer skjer i forbindelse med skallskifte om sommeren, hvor hunnene bærer fertiliserte egg på svømmeføttene i om lag et år før de klekkes og hummerlarvene svømmer fritt [17]. Hummerlarver driver så med strømmene og bidrar dermed til rekrutteringen utenfor fredningsområdene. Aktiviteten varierer med temperaturen, og hummer vil være aktiv innenfor sitt hjemmeområde fra april – mai til oktober – november [18].



Figur 8 Spredningsmodellering av partikler under mudring av farled til Borg havn og deponering av masser ved Møkkalasset og Svaleskjær hentet fra SINTEF, 2018. Fredningsområdet for hummer er skravert med rødt.

### 2.7.1 Risiko for påvirkning av tiltaket

Under det planlagte tiltaket skal det ikke utføres sprengningsarbeider ved fredningsområdet for hummer ved Kvern skjær. Det er samtidig liten sannsynlighet for tilslamming av fredningsområdet under deponering av masser i Møkkalasset da spredningsmodelleringene fra SINTEF i 2018 [5] viser ingen partikkelspredning mot fredningsområdet (Figur 8). Tiltaket utgjør derfor svært liten risiko for hummerbestanden i området.

### 2.7.2 Avbøtende tiltak for å minske risiko for påvirkning

Vilkår 4.3 og 4.5 i tillatelsen, for ivaretagelse av hummer ved Kvern skjær [1], er ikke relevante for det planlagte tiltaket da det ikke skal utføres sprengning og det ikke er risiko for at sprengstein raser ut og begraver eksisterende hummerhabitater. Likevel anbefales å inkludere et målepunkt for turbiditet sør for deponiområdet ved Møkkalasset for å overvåke eventuell spredning av partikler mot fredningsområdet for hummer under deponeringen i Møkkalasset.



## 2.8 Kysttorsk

Kysttorsk (*Gadhus morhua*) er en bunntilknyttet rovfisk som finnes langs hele norskekysten og som gyter langt inne i de fleste fjorder. Kysttorsk skiller seg fra nordøstarktisk torsk (skrei) ved at den i hovedsak ikke oppholder seg i de frie vannmassene, ved unntak av i perioder når den beiter og gyter [19]. Forvaltningsmessig skiller man mellom torskebestanden nord eller sør for 62°N, hvor den sørlige kysttorsk ikke har innslag av skrei-gener som kysttorsk lenger nord [20]. De siste tiårene har bestanden av kysttorsk blitt sterkt redusert, særlig i ytre Oslofjord, hvor overfiske, bunntåling og miljøutfordringer relatert økt avrenning og næringssaltbelastning fra landbruk og rensanlegg er påpekt som hovedårsaker til nedgangen [21]. Det er registrert gyteluffer for saltvannsfisk og kysttorsk mellom tiltaksområdet for farleden og deponiområdet Møkkalasset, vist på Figur 9 og Figur 10. Tabell 8 viser en oversikt over vilkår i tillatelsen som omfatter kysttorsk og dens gyteområder, samt informasjon og grunnlagsdokumenter benyttet i vurderingen for ivaretagelse av kysttorsk under det planlagte tiltaket.

Tabell 8 Oversikt over vilkår i tillatelsen som omfatter kysttorsk og dens gyteområder, samt informasjon og grunnlagsdokumenter benyttet til vurderingen

Pkt. i tillatelsen	Vilkår	Informasjon og grunnlagsdokumenter
4.1	Mudring, sprengning og deponering skal i utgangspunktet ikke foregå i gyteperioden for kysttorsk, mellom 1. januar – 30. april.  For å kunne utføre tiltak i denne perioden må det fremlegges teoretisk dokumentasjon på at gyteområder for kysttorsk (1.januar til 30.april) ikke vil påvirkes av tiltaket, verken av nedslamming, støy eller annen negativ belastning, fremlegges til Miljødirektoratet minst 9 måneder før oppstart.	Rambøll, 2018. Miljøkonsekvensutredning ved fareledsutbedring til Borg havn.  DNV, 2021. Borg havn utbedring av farled: Dokumentasjon på påvirkning i gyteperiode for kysttorsk samt utredning av vannutskifting.
4.3	Sprengning skal gjennomføres slik at tiltaket forårsaker minst mulig skade på biota. Bl. a. skal det før hver sprengning gjennomføres varselsprengning for å jage vekk fisk.	Ikke aktuelt med sprengning under det planlagte tiltaket.
4.3	Kystverket skal minst 9 måneder før oppstart av utdypingsprosjektet sende Miljødirektoratet utredning av om sprengning av grunner i Borg 2 vil kunne endre vannutveksling mellom «utsiden» og «innsiden» av Hvalerøyene slik at områdets potensial som gyteluff kan forringes.	Ikke aktuelt med sprengning under det planlagte tiltaket.
5.1	Overvåking av gyteområder for fisk skal inkluderes i kontroll- og overvåkingsprogrammet.	Kontroll- og overvåkingsplanen
5.2	Hvis det tillates tiltak i gytetiden for kysttorsk, jf. tillatelsen pkt. 4.1, må eventuell påvirkning av	Inkluderes i kontroll- og overvåkingsplanen

Pkt. i tillatelsen	Vilkår	Informasjon og grunnlagsdokumenter
	gyteområdene overvåkes kontinuerlig og tiltakene stanse dersom nevneverdig påvirkning registreres. For å kunne starte opp igjen tiltakene, må årsaksforholdene avklares og tiltakene ytterligere forbedres og/ eller flyttes slik at videre påvirkning ikke vil skje. Eventuelt må tiltakene opphøre til gyteperioden er ferdig.	

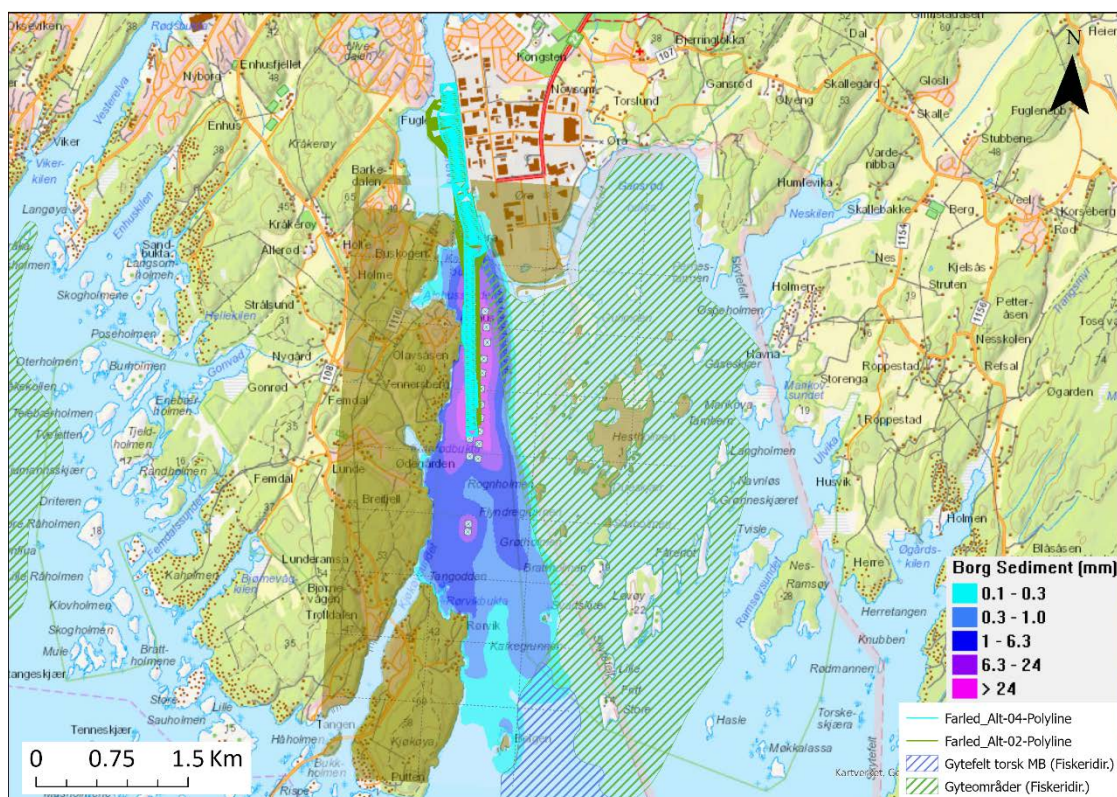
Kysttorsk gyter hovedsakelig i perioden mellom 1. januar til 30. april, avhengig av temperaturen i vannmassene. Da både fisk, egg og larver vil bevege seg fritt i vannet i og utenom gyteperioden og avgrensningen for gytefeltet kan variere mellom år, er det ikke mulig å avgrense gytefeltet helt nøyaktig geografisk sett. Det vil derfor ikke være gitt at et inngrep innenfor et gytefelt påvirker gytefeltets funksjon [22].

Mudring og deponering av masser vil føre til økte konsentrasjoner av partikler fra sedimentet i vannmassene under arbeidene. Høyere turbiditet i vannsøylen kan virke som skjul for mindre fisk mot predatorer som større fisk og fugl, og dermed bidra til å redusere dødeligheten til yngre fisk. Dersom fisken i utgangspunktet har problemer med næringstilgang, kan økt turbiditet virke negativt inn på overlevelsen ved eventuell tilslamming av byttedyr [18]. Partikkeltypen som spres vil hovedsakelig være avrundete eroderte partikler. Høye konsentrasjoner av spisse, nåleformede partikler, som kan penetrere og ødelegge gjeller og egg, er ikke forventet i vannmassene som følge av mudringen [18]. Økt partikkelkonsentrasjon i vannmassene kan medføre effekter på fisk og rekruttering av fiskestammer på flere måter; som f.eks. tilslamming av gyteområder, stressreaksjoner og endret adferd og redusert overlevelse av primært fiskelarver og yngel, men også muligens økt dødelighet hos voksen fisk som følge av skader/irritasjon på gjellene ved høy turbiditet [23, 18]. Fiskeegg og larver er generelt mer følsomme for suspenderte partikler enn voksen fisk, da larver og egg ikke har evne til å svømme vekk fra en partikkelsky på samme måte som voksen fisk, og kan dermed bli eksponert over lengre tid. Fiskelarver er antatt å være mer sensitive for suspenderte sediment partikler enn fiskeegg [23]. DNV [23] har oppsummert relevante funn fra studier på effekter av økt turbiditet og suspenderte partikler hos egg, larver og torsk fisk i Vedlegg C. Det er stor variasjon i hvilke konsentrasjoner som gir signifikante effekter hos fiskeegg og larver da blant annet eksponeringstid, -metode og partikkelkarakteristikk har stor påvirkning på resultatene. Redusert flyteevne og opptil 20 % dødelighet er observert for torsk egg og larver eksponert for suspendert sediment ~ 5-40 mg/L (~5- 40 NTU) [24]. Hos voksne fisker er fravikende adferd observert ved ~3-5 mg/L (~3-5 NTU) suspenderte materialer, mens moderate effekter er påvist ved 550 mg/L (550 NTU) [23].

### 2.8.1 Risiko for påvirkning av tiltaket

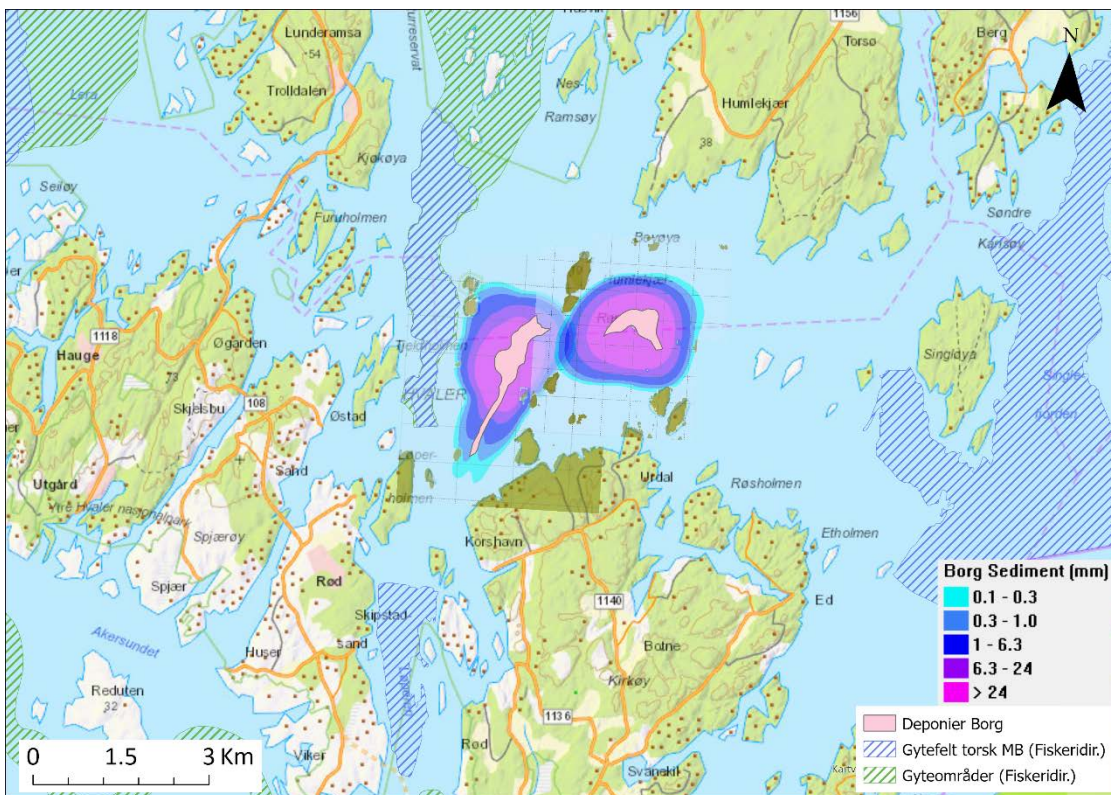
Under mudringen av farleden til Borg havn er det forventet at spredningsskyen for partikkelspredningen under tiltaket utarbeidet av SINTEF [5] vil avsluttes lengre nord enn figuren tilsier. Det kommer av at det planlagte tiltaket er mindre enn vist i Figur 9, der de hvite firkantene viser mudringspunkter benyttet i modellen for spredningsskyen som viser sedimenttykkelse ved slutten av mudringen. Det er derfor lite sannsynlig at det vil være partikkelspredning som fører til turbiditet over ca. 3 NTU (3 ppm) over naturlig bakgrunn i det registrerte gytefeltet for kysttorsk (blå skravor i Figur 9) [5]. Det er samtidig liten sannsynlighet for tilslamming av gytefeltene under deponering av masser i Møkkalasset og Svaleskjær da spredningsmodelleringene fra SINTEF [5] ikke viser partikkelspredning mot gytefeltene sør og vest for Møkkalasset (Figur 8). Dog sannsynligheten for tilslamming er lavere under deponering av masser i Svaleskjær enn i Møkkalasset grunnet nærheten til gytefeltet som strekker seg fra Flyndregrunnen til Morenegrunnen. Da det er svært liten risiko for at mudring av farleden og deponering av masser i Svaleskjær vil påvirke gytefeltet for fisk negativt, kan arbeidene utføres mellom 1. januar og 30. april.

Da gytefeltet for kysttorsk befinner seg i et område med mye skipstrafikk er fisken i dette området habituert ("vant") til undervannsstøy ved mellom 160-200 dB. Mudring og dumping av masser medfører generelt undervannsstøy mellom 170-200 dB [25]. Det skal ikke utføres sprengning av grunner i det planlagte tiltaket, og det er derfor ingen risiko for at tiltaket vil påvirke vannutskiftningen mellom "utsiden" og "innsiden" av Hvalerøyene og at det kan forringe gyteområdet for kysttorsk, jf. pkt 4.3, som er utredet av DNV, 2021 [23] (Vedlegg C).



Figur 9 Spredningsmodellering av partikler under mudring av farled til Borg havn ved bruk av bakgraver hentet fra SINTEF, 2018. Gytefelt for saltvannsfisk er skravert med grønt. Gytefelt for kysttorsk er skravert med blått.





Figur 10 Spredningsmodellering av partikler under deponering av masser i Møkkalasset og Svaleskjær ved bruk av stor sugemudrer hentet fra SINTEF, 2018. Gytefelt for kysttorsk er skravert med blått. Gytefelt for saltvannsfisk er skravert med grønt.

## 2.8.2 Avbøtende tiltak for å minske risiko for påvirkning av tiltaket

For å minske sannsynligheten for påvirkning på gyttende kysttorsk under tiltaket skal det utføres kontinuerlig overvåking av turbiditet og målepunktene skal plasseres på en slik måte at de vil kunne påvise spredning av partikler mot gytefeltene. Under mudringen av farleden bør det plasseres et målepunkt ved Flyndre- eller Kalkgrunnen. Dersom masser skal deponeres i gyteperioden for kysttorsk, er risikoen for partikkelspredning mot gytefeltet mindre dersom deponiområdet Svaleskjær benyttes mellom 1.januar og 30.april. Ved deponering av masser i Møkkalasset bør det kontinuerlig måles turbiditet ved minst to punkter, nord og sør for Store Møkkalasset. Dersom det påvises turbiditet 25 NTU over bakgrunnsnivå i området i 30 min skal arbeidene stanse og årsakene utredes iht. kontroll og overvåkningsplanen jf. vilkår 5.2 i tillatelsen.

## 2.9 Laks og ørret

Atlantisk laks (*Salmo salar*) og sjøørret (*Salmo trutta trutta*) er anadrome (vandrende) fisk som gyter og har ungfiskstadier i ferskvann. Ungfisken (smolt) vandrer deretter ut til havet for å vokse seg stor og bli kjønnsmoden. Voksen gytefisk vil så vandre fra havet og tilbake til sin oppvekstelv for å gyte. Hvert år vil det derfor være perioder der disse artene vil passere eller befinne seg i tiltaksområdet for utbedringen av farleden til Borg havn [18]. Gytevandring av voksen laks og ørret i elvene foregår fra sent på våren til utpå høsten, mens selve gytingen foregår mellom oktober og januar. Vandringen av smolt fra elvene og ut i sjøen foregår i perioden mellom april og juni [26].

Atlantisk laks har gyte- og oppvekstområder i nedre Glommas hovedløp opp til Sarpsfossen og i Aagaardselva (sideløp). Det antas at det beste område for gyting og oppvekst er de øverste 3 km, mellom Sandesundbrua og Sarpsfossen [27]. Dette er et område som ikke berøres av det planlagte tiltaket. En overvåking utført av NIVA i 2021 [28] har vist økt tetthet av lakseunger (0+) i dette området sammenlignet med foregående år, hvorav rekrutteringen har både vært settefisk og naturlig reproduksjon av villfisk.

Tabell 9 Oversikt over vilkår i tillatelsen som omfatter laks og ørret, samt informasjon og grunnlagsdokumenter benyttet til vurderingen

Pkt. i tillatelsen	Vilkår	Informasjon og grunnlagsdokumenter
4.2	For å beskytte vandring av laks og ørret må eventuell mudring i april måned begrenses til den ene siden av elveleiet av gangen.	Kontroll- og overvåkingsplan
4.3	Sprengning skal gjennomføres slik at tiltaket forårsaker minst mulig skade på biota. Bl. a. skal det før hver sprengning gjennomføres varselsprengning for å jage vekk fisk. For å beskytte laks og ørret må sprengning ikke foregå i april måned.	Ikke aktuelt med sprengning under det planlagte tiltaket.
5.1	Program for overvåking av vanninntak for lakseanlegget på Øra under tiltaksgjennomføring og overvåking av gyteområder for fisk skal inkluderes i kontroll- og overvåkingsprogrammet.	Kontroll- og overvåkingsplan. Ikke relevant med overvåking av gyteområder for laks og ørret da disse ikke er i anleggs- eller tiltaksområdet.

Under mudringstiltaket for utbedringen av farleden til Borg havn vil det bli økt turbiditet og partikkelspredning i vannmassene. Høyere turbiditet i vannsøylen kan virke som skjul for mindre fisk mot predatorer som større fisk og fugl, og dermed bidra til å redusere dødeligheten til smolt på vandring. Dersom smolt i utgangspunktet har problemer med næringstilgang, kan økt turbiditet virke negativt inn på overlevelsen [18].

Det kan derfor ikke utelukkes at laksens gytevandring kan påvirkes direkte ved at fisken unngår området eller påføres stressreaksjoner. Uheldige skadevirkninger knyttet til gytevandring hos laks og ørret kan forhindres ved å unngå mudring i perioder med oppgang og utvandring av laks og ørret. Gytevandring pågår fra vår til høst, mens smoltutvandringen pågår hovedsakelig i april. Det har vært vanlig å anta at smolten vandrer hovedsakelig i mørket, men at andelen som vandrer om dagen øker med økende vanntemperatur og at det synes å være omtrent lik andel natt- og dagvandring ved 12-13°C. Undersøkelser basert på fellefangster i små smoltfeller tyder på hovedsakelig nattvandring i Sør-Norge ved lave temperaturer. Smoltens atferd påvirkes når den møter vandringshindre i elva og dette kan forsinke nedvandringen [29]. Det finnes få studier som har undersøkt effekter av økte konsentrasjoner av suspenderte materialer hos smolt og voksen atlantisk laks. En studie på juvenil atlantisk laks har påvist unnvikende adferd ved 22-42 NTU suspendert sediment, hvor fisken svømte for å unngå området med høy turbiditet. Det samme studiet observerte samtidig redusert næringssøkende aktivitet ved 40-90 NTU suspendert sediment [30].

### 2.9.1 Risiko for påvirkning av tiltaket

Gyteområdene for laks i Glomma og Aagaardselva er såpass høyt oppstrøms i elva at de ikke berøres av tiltaket direkte. Selve gytingen og oppveksten av egg og yngel på bunnen av elven berøres derfor ikke av tiltaket, og det er derfor ikke behov for å overvåke gyteområdet for laks og ørret jf. vilkår 5.1. Fisken må imidlertid passere tiltaksområde for å nå gyte- og oppvekstområder i Glomma. Ved mudringsarbeidene utenfor Fuglevikbukta naturreservat og i Røsvikrenna vil spredningen av partikler kunne representere en viss barriere for vandring av laksefisk som skal opp i elven for å gyte, uten at en helt har klare grenseverdier for turbiditet for når og om dette vil inntreffe. Økt turbiditet kan også påvirke smoltvandringen. Spredningsmodelleringene fra SINTEF i 2018 [5] viser høy partikkelspredning i tiltaksområdet under mudring i farleden, men at påslaget i turbiditet vil reduseres betydelig innen 3 timer etter at en mudringsoperasjon er avsluttet. Basert på overnevnte vurderinger er det liten risiko for påvirkning av vandrende laks og ørret under mudring av farleden.

### 2.9.2 Avbøtende tiltak for å minske risiko for påvirkning av tiltaket

I henhold til vilkår 4.2 i tillatelsen skal mudring i april måned begrenses til den ene siden av elveleiet av gangen for å beskytte vandring av laks og ørret. Dette vil da beskytte det meste av smoltvandringen. For å også minske risiko for påvirkning av gytevandrende voksefisk kan dette utvides til å også gjelde tiltak i elveløpet fra april til november. Det skal utføres kontinuerlige målinger av turbiditet i området under tiltaket. Dersom det påvises turbiditet 25 NTU over bakgrunnsnivå i området i 30 min skal arbeidene stanse og årsakene utredes iht. kontroll og overvåkningsplanen og vilkår 5.2 i tillatelsen.

## 2.10 Fugl

Naturrestatene Fuglevikbukta, Alhusbukta og Øra er verdifulle våtmarksområder med et rikt fugleliv. Om sommeren fungerer naturrestatene som hekkeområder og myteplasser, på vår og høst er områdene rasteplasser for trekkfugler og om vinteren er de overvintringsområder. Fuglevikbukta og Alhusbukta er begge velutviklede strandeng- og strandsumpområder som er viktige hekkeområder for flere våtmarksfugler, ande-, vade- og riksefuglearter. Øra fikk i 1985 status som Ramsar-område da våtmarksområdet har et unikt brakkvannsmiljø og internasjonal verdi. Formålet med Ramsar-konvensjonen er å begrense tap av våtmarker og bremse det økende presset på slike arealer. Det er registrert 256 fuglearter i Øra naturrestat (pr. aug. 2014, [31]). Ulike grupper våtmarksfugl som svaner, gjess, ender, vadefugl, måker, terner og skarv dominerer naturrestatene. Det største mangfoldet opptrer under vår- og høsttrekket da store mengder fugl passerer området med sin strategiske beliggenhet. I sommerhalvåret er det hovedsakelig skarv, grågås, måke- og vadefugler som hekker på strandengene. I takrørområdene hekker bl.a. sivhauk, rørsanger, sivpurv og skjeggmeis. I vinterhalvåret dominerer hardføre arter som stokkand, kvinand, laksand og svaner. Selv om våtmarksområdene kan fryse til i kalde vintre er elva alltid åpen og tilfører næring til området. Området tiltrekker seg også flere rovfugler som hauk, våk, falk og ørn på grunn av det rike fuglelivet og fiskeforekomstene [31]. Det finnes også et rikt fugleliv på holmer, skjær og øyer utover mot Hvaler og Ytre Hvaler nasjonalpark. Ved de planlagte deponiområdene Møkkalasset og Svaaleskjær finnes det fire områder med biotopvern med verneplan for sjøfugl (Figur 16).

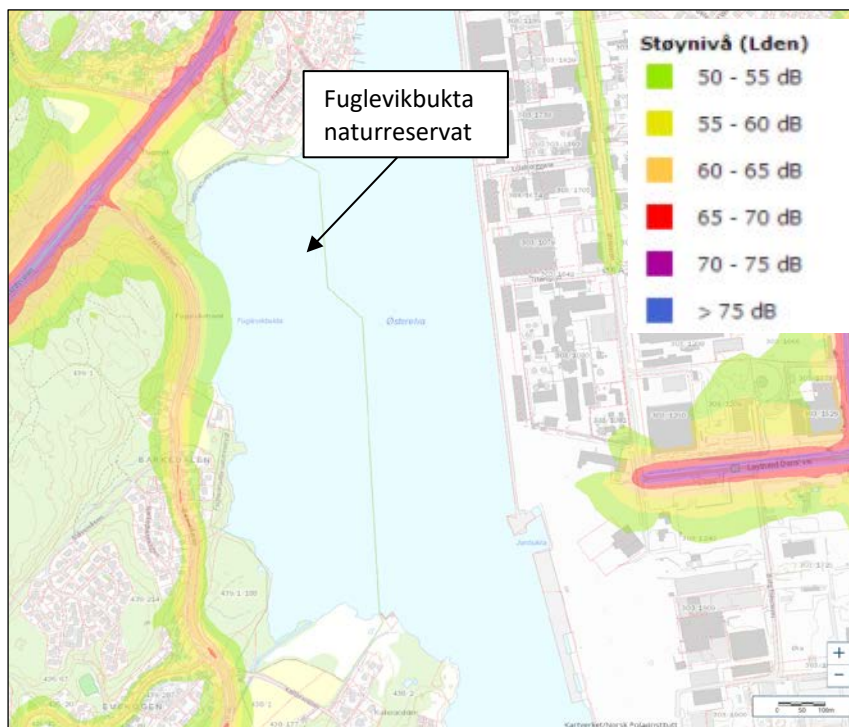
Tabell 10 Oversikt over vilkår i tillatelsen som omfatter fugl, samt informasjon og grunnlagsdokumenter benyttet til vurderingen

Pkt. i tillatelsen	Vilkår	Informasjon og grunnlagsdokumenter
2.7	Ved gjennomføringen av tiltaket må tiltakshaver tilpasse arbeidet og ta hensyn til friluftsliv og naturverdier i området.	Dekkes av kontroll- og overvåkingsplan
4.1	Mudring, sprengning og deponering skal ikke foregå i perioden 1. mai til 31. august. Dermed vil tiltak ikke pågå i hekkeperioden for fugl og i den viktigste perioden for utøvelse av friluftsliv.	Dekkes av kontroll- og overvåkingsplan

Fugl kan påvirkes av mudrings- og deponeringstiltaket ved støy fra anlegget, økt partikkelkonsentrasjon i vannmassene og økt tilslamming av beiteområder og byttedyr. Mudring av farleden kan også føre til redusert ferskvannstilstrømming til Øra-området som kan påvirke brakkvannsmiljøet, da økt elvedyp ofte gir økt innsig av saltvann [32]. Dette er forhindre etter at det ble utført et mudringstiltak i Øra-kanalen i 2016, for å sikre god tilførsel av ferskvann fra Glomma selv etter utbedringen av farleden [33].



I hekketiden er fugl sårbare for forstyrrelser, og selv en enkelt forstyrrende hendelse i en koloni kan medføre redusert eller ingen hekking. Spesielt sårbart er det med ferdsel i hekkeområdet. Dette er bakgrunnen for ferdselsforbud i naturreservatene og verneområdene i sårbare tidsperioder (se Tabell 11 og Figur 17 for mer informasjon). I Oslofjordsregionen er det registrert 110.000 fartøyer i småbåtregisteret i og drøyt 40.000 sjøfuglpar i samme område [34]. Det er derfor sannsynlig at småbåttrafikken i tiltaksområdet utgjør en større trussel mot fugl enn nytte trafikken, særlig med tanke på ferdsel og støy. Det er lite informasjon om bakgrunnsstøy fra båttrafikk og støy fra nærings- og industriområdet for Øra, men det finnes informasjon om støynivåer fra biltrafikk. Figur 11 viser støykart over gjennomsnittlig støynivå i området for biltrafikk, som viser at bakgrunnsnivået i flere områder av Fuglevikbukta naturreservat tilsvarer 50 – 55 dB. Områdene utover i leden og mot Hvaler er i mindre grad belastet med støy fra havneaktiviteten, her er støykildene skip- og småbåttrafikk når de passerer de aktuelle områdene langs leden.



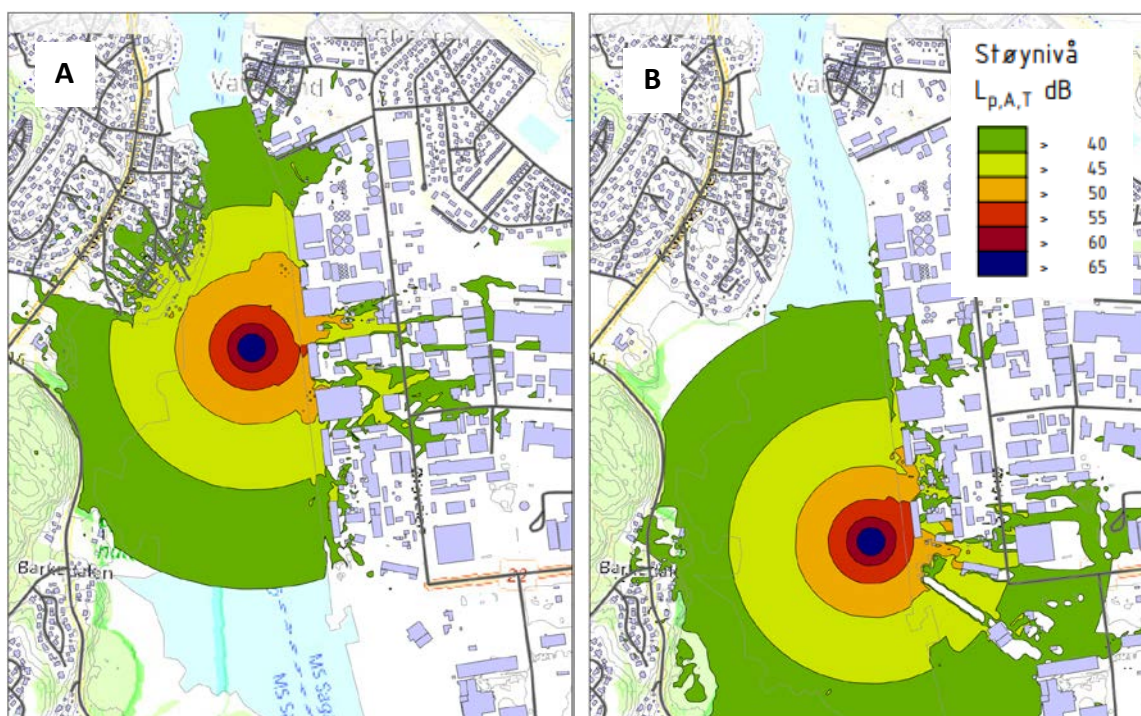
Figur 11 Oversikt over gjennomsnittlig støynivå fra biltrafikk i nærheten av Fuglevikbukta naturreservat, hentet fra Miljøstatus.no.

Våtmarksområdene er viktige for næringstilgangen for fugl. Forhøyet turbiditet i vannmassene under mudring og deponering vil medføre redusert lystilgang til fotosyntetiserende organismer i vannmassene, som planteplankton, tjønnaks og ålegras [18]. Vurderingene utført av Rambøll tilsier imidlertid en eventuell reduksjon i primærproduksjon som følge av mudringsaktiviteten vil være marginal [18]. Høy turbiditet vil redusere sikten i vannmassene og fugl som predatorer på fisk, som utvandrende smolt, ved hjelp av synet, vil kunne få redusert evne til å oppdage byttet når turbiditeten øker. Over avstander på noen få centimeter vil økende turbiditet ha en liten effekt for

predatorens syn. Økt sedimentasjon i grunntvannsområdene kan redusere næringstilgangen til fugl ved at tilslamming av beiteområder og byttedyr som kan føre til at planter og dyr er begravd og evt. dør.

### 2.10.1 Risiko for påvirkning av tiltaket

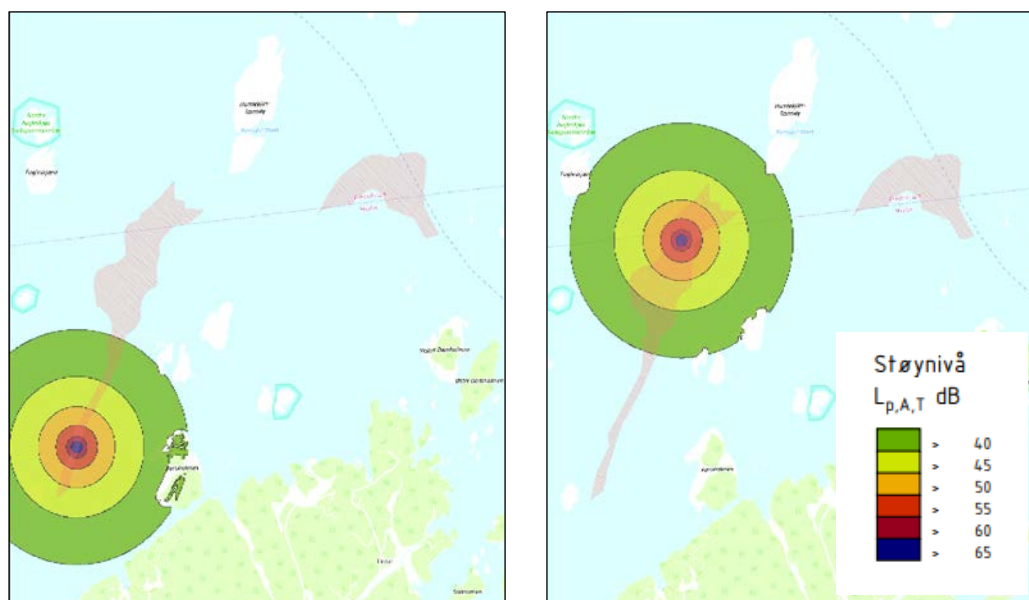
Brekke og Strand har utført støymodellering av de ulike metodene som vurderes anvendt under tiltaket [35], se vedlegg D. Metodene vil medføre ulikt støynivå, det har blitt utført støyanalyser basert på normal (105 dB) og høyt (114 dB) støynivå. Naturreservatet som vil bli mest påvirket av støy under tiltaket er Fuglevikbukta, som er vist i Figur 12. Støymodellene viser at naturreservatet ikke vil påvirkes av mye høyere støynivåer enn bakgrunnsnivåene vist i Figur 11 ved drift under normalt støynivå. Da fuglelivet i vestre del av naturreservatet er habituert ("vant") til bakgrunnsstøy mellom 50 – 55 dB er det sannsynlig at fra tiltaket (ved 105 dB) ikke vil skille seg fra annen støy i Fuglevika naturreservat og fra Borg havn.



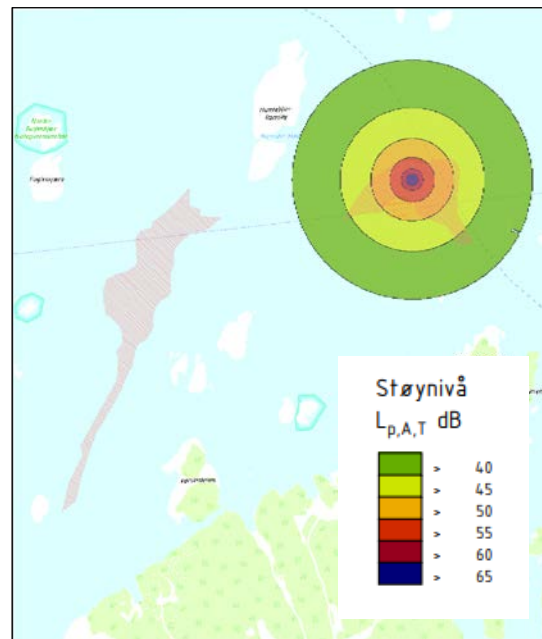
Figur 12 Oversikt over modellert støynivå ved A) mudring av snuplassen og B) mudring av Røsvikrenna ved Fuglevikbukta naturreservat ved bruk av metode med 105 dB lydnivå. Hentet fra Brekke & Strand, 2022.

Videre vil støy fra mudring utover i leden og deponering ved Møkkalasset og Svaleskjær være et fremmedelement i støybildet sammenlignet med dagens situasjon som er preget av skips- og småbåttrafikk. Fredningsområdene Nordre Fugleskjær, Østre Utengskjær og Store Møkkalasset som ligger nær deponiområdene Møkkalasset og Svaleskjær.

Brekke og Strand har utført støymodellering for deponering av masser i Møkkalasset og Svaleskjær ved bruk av metode med 100 dB som støynivå [35]. Dette tilsvarer støynivå fra et fartøy med liten hydraulisk sugemudrer og baserer seg på målinger utført under mudring i Gilhusbukta i Lier kommune. Modellene vist i Figur 13 og Figur 14 viser at fredningsområdene ikke vil bli eksponert for støynivå over 40 dB. Basert på støymodelleringen er det svært liten risiko for at fuglelivet i dette området vil bli utsatt for støy under tiltaket ved bruk av metoder med støynivå under 100 dB.



Figur 13 Oversikt over modellert støynivå ved deponering av masser i deponiområdet Møkkalasset ved bruk av metode med 90 dB lydnivå. Hentet fra Brekke & Strand, 2022.

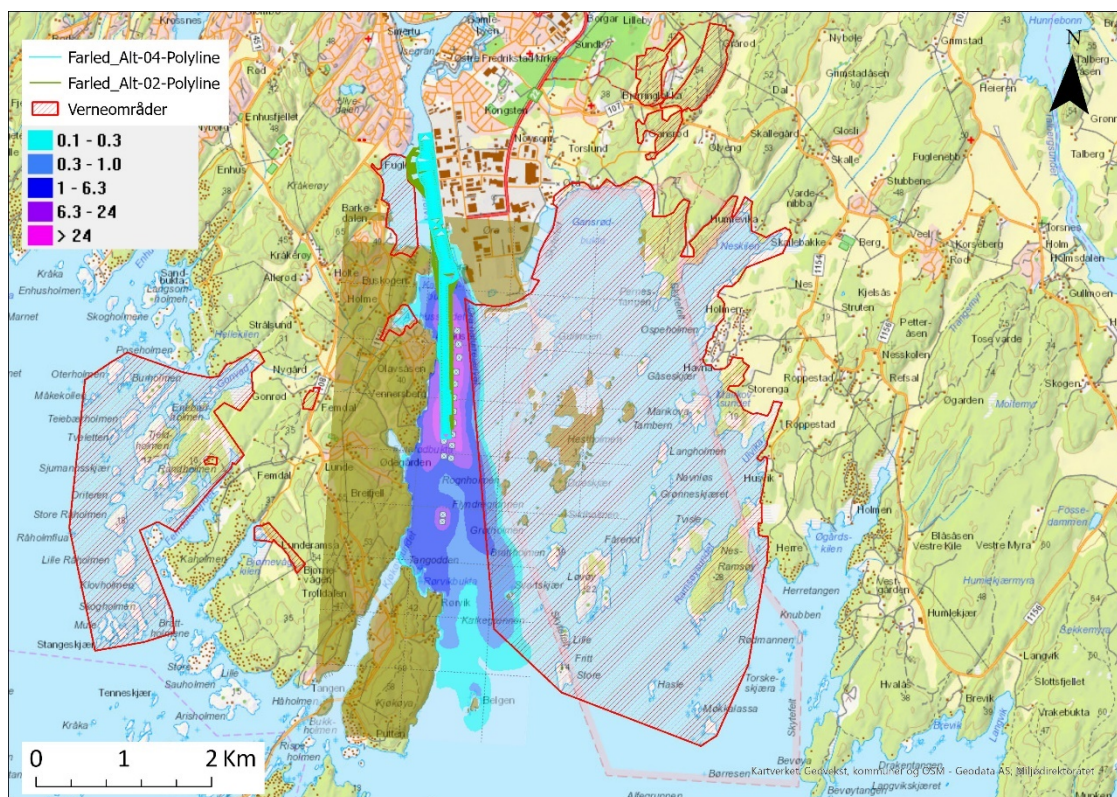


Figur 14 Oversikt over modellert støynivå deponering av masser i deponiområdet Svaleskjæret ved bruk av metode med 90 dB lydnivå. Hentet fra Brekke & Strand, 2022.

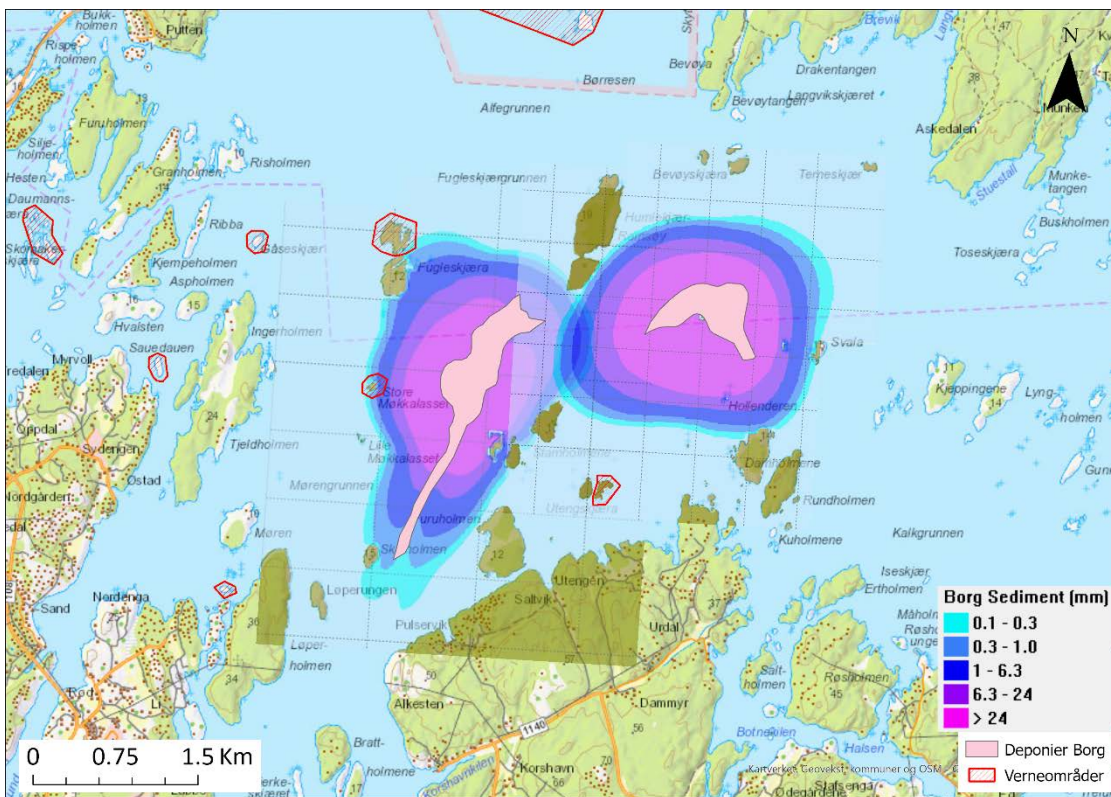
Basert på ovenstående vurderinger er det liten risiko for at fugl i området blir påvirket av økt turbiditet som følge av tiltaket. Under mudringen av snuplassen ved Fuglevikbukta og farleden vil det forventes høy turbiditet av partikler i mudringsområdet, samt noe turbiditet ved deponering av masser [5]. Da det er flere våtmarksområder i nærheten av tiltaksområdet vil det under mudringen av farleden være områder tilgjengelige for næringssøk for fugl som er upåvirket av økt turbiditet. Dette gjelder også for kystområdene i nærheten av deponiområdene. Turbiditeten i vannmassene vil også reduseres betraktelig innen 3 timer etter at arbeidene stanses [5]. Det er derfor liten risiko for at fugl vil påvirkes negativt av økt turbiditet under tiltaket.

På grunn av manglende informasjon om strømningsforhold er ikke utført spredningsmodellering for mudringstiltaket ved snuplassen i Fuglevikbukta og øvre deler av farleden [5]. Spredningsmodellen vist i Figur 15 viser derfor spredningsskyen for partikkelspredning mot slutten av tiltaket ved Røsvikrenna, og viser lite sedimentering av partikler i gruntvansområdene i Alhusbukta og Øra naturreservat. Under mudringen av snuplassen ved Fuglevikbukta og farleden kan det forventes noe sedimentering, men grunnet vinkel mudringsskråningen og sterk strøm i Østerelva er det sannsynlig at dette ikke er mer enn 6,3 mm [18]. Spredningsmodellene for partikkelspredning og sedimentering etter deponering av masser i Møkkalasset og Svaleskjær i Figur 16 viser noe sedimentering innenfor fuglefredningsområdene Store Møkkalasset mindre enn 6.3 mm og ved Nordre Fugleskjæra mindre enn 0.3 mm. På bakgrunn av dette er det liten risiko for at fugl i området blir påvirket av økt sedimentasjon som følge av tiltaket i farleden.





Figur 15 Spredningsmodellering av partikler under mudring av farleden ved bruk av bakgraver hentet fra SINTEF, 2018. Verneområdene med rikt fugleliv er skravert med rødt.



Figur 16 Spredningsmodellering av partikler under deponering av masser i Møkkalasset og Svaleskjær ved bruk av stor sugemudrer hentet fra SINTEF, 2018. Verneområdene for sjøfugl er skravert med rødt.

### 2.10.2 Avbøtende tiltak for å minske risiko for påvirkning av tiltaket

I henhold til tillatelsen vilkår 4.1 skal mudring og deponering skal ikke foregå i perioden 1. mai til 31. august for å unngå arbeider i hekkeperioden for fugl [1]. Dette er et viktig risikoreducerende tiltak for å forhindre påvirkning på hekkende fugler. For å ytterligere redusere risiko for at støy vil påvirke fugl i naturreservatene og verneområdene utenom hekketiden anbefales det å unngå kontinuerlig døgndrift på våren for å sikre roligere perioder. Det er sannsynlig at fuglelivet i Fuglevikbukta naturreservat er mindre sårbare for støypåvirkning, enn fuglelivet ved fredningsområdene rundt Møkkalasset og Svaleskjær, grunnet forhøyet bakgrunnsstøy fra havneområdet og biltrafikk. Områdene rundt deponiområdet Møkkalasset og Svaleskjær er mindre påvirket av bakgrunnsstøy. For å unngå forstyrrelser i form av ferdsel og fysisk tilstedeværelse skal anleggsområdet begrenses slik at en til enhver tid unngår unødig ferdsel i verneområdene og at ferdselsforbudsperiodene for de respektive verneområdene overholdes (se Tabell 11). Det anbefales derfor at det ikke utføres deponering av masser mellom 15. april og 31. august.

For å redusere turbiditet og tilslamming av beiteområder og byttedyr kan det benyttes en siltgardin for å beskytte strandsumpområdet i Alhusbukta naturreservat. Bruk av siltgardin vil ikke være mulig i Fuglevika og Øra på grunn av størrelsen på natur-

reservatene, mudringsarealet ved disse områdene og undervannsstrømningene med tilsig av saltvann inn fra kysten og utslipp av ferskvann fra Glomma og Østerelva. Det anbefales derfor at det settes opp flere målepunkter for kontinuerlig overvåking av turbiditet under mudring i disse områdene som vil påvise eventuell tilslamming av vegetasjon i gruntvannsområdene. Dersom det påvises turbiditet 25 NTU over bakgrunnsnivå i området i 30 min skal arbeidene stanse og årsakene utredes iht. kontroll og overvåkingsplanen [9] og vilkår 5.2 i tillatelsen [1].

### 3 Sårbare tidsperioder for tiltak

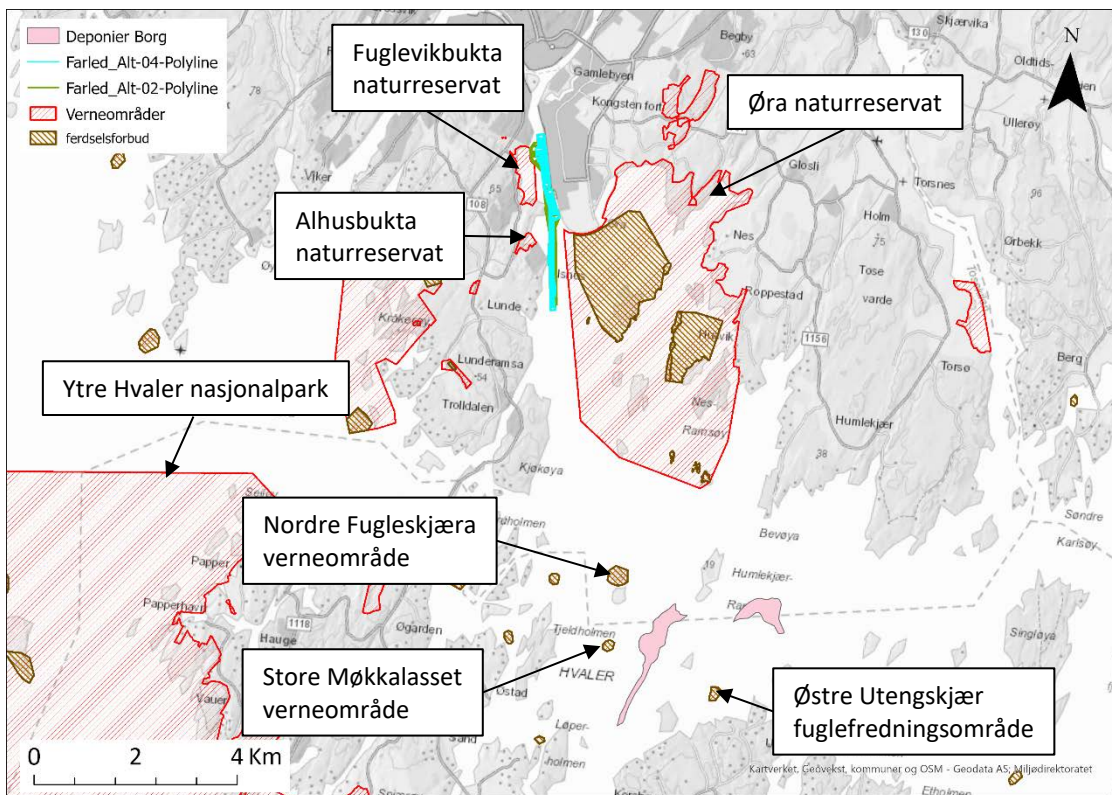
Tabell 11 viser en oppsummering av sårbare tidsperioder for tiltak i nærheten av områder med spesiell regulering eller sårbart naturmiljø. Alle områdene er underlagt Forskrift om Verneplan for Oslofjorden – delplan Østfold. I verneområdene Store Møkkalasset, Nordre Fugleskjæra og Østre Utengskjær er det forbudt med all ferdsel på land og i sjø i verneområdet fra og med 15. april til og med 15. juli i henhold til forskrift om Verneplan for Oslofjorden – delplan sjøfugl, vedlegg 75 og 70.

Avgrensningene for verneområdene er vist i Figur 17 og i Vedlegg A.

Tabell 11 Oversikt over sårbare tidsperioder for tiltak i nærheten av utvalgte områder med spesiell regulering eller sårbart naturmiljø.

Område	Tidsperiode	Bakgrunn
Fuglevika naturreservat	1. mai – 31. august Vår, sommer og høst	Hekkeområde for vade- og andefugler. Laksevandring
Alhusbukta naturreservat	1. mai – 31. august	Hekkeområde for vadefugler
Øra naturreservat	1. januar – 30. april 1. mai – 31. august  1. april – 15. juli 15. august – 30. september	Gyteperiode kysttorsk Tilvekstperiode for ålegras og hekkeområde for fugler  Forbud mot all ferdsel på land og på sjø i området rundt Gullmoen og Hestholmen, samt Marikova-bassenget i verneområdet i nevnte tidsperiode.
Røsvikrenna	Vår, sommer og høst	Laksevandring
Store Møkkalasset verneområde	1. januar – 30. april 1. mai – 31. august  15. april – 15. juli	Gyteperiode for kysttorsk Hekkeområde for truede sjøfugler (vernet biotop). Forbud mot all ferdsel på land og på sjø i verneområdet i nevnte tidsperiode.
Nordre Fugleskjæra verneområde	1. mai – 31. august  15. april – 15. juli	Hekkeområde for truede sjøfugler (vernet biotop). Forbud mot all ferdsel på land og på sjø i verneområdet i nevnte tidsperiode.
Østre Utengskjær fuglefredningsområde	1. mai – 31. august  15. april – 15. juli	Hekkeområde for truede sjøfugler (vernet biotop). Forbud mot all ferdsel på land og på sjø i verneområdet i nevnte tidsperiode.





Figur 17 Oversikt over verneområder i rødt og områder med ferdselforbud i brunt i henhold til perioder beskrevet i Tabell 11. Tiltaksområdet for farledene er markert med grønt og turkis, og deponiområdene er markert med rosa.

## 4 Konklusjon og oppsummering

Omfanget av det planlagte tiltaket vil ha liten risiko for påvirkning på de viktige naturverdiene i naturreservatene Fuglevikbukta, Alhusbukta, Øra og Ytre Hvaler nasjonalpark, samt i omkringliggende områder. Tabell 12 viser sammendrag over de vurderte naturverdiene, sannsynlighet for risiko under mudring av farled og deponering av masser, samt eventuelle avbøtende tiltak for å minske risikoen. Den samlede vurderingen vist i tabellsammendraget og oversikten over sårbare perioder for naturmiljø (Tabell 11) tilsier at det er ingen til liten risiko for påvirkning på ålegras, blåskjell, tare, koraller, hummer, laks, ørret, og fugl under det planlagte tiltaket. Det er samtidig svært liten risiko for påvirkning på kysttorsk dersom mudringen av farledene utføres i gyteperioden, og massene samtidig deponeres i Svaleskjær. Grunnet deponiområdet Møkkalasset nærhet til gytefeltet mellom Flyndregrunnen og Morenegrunnen anbefales det å ikke benytte dette i gyteperioden for kysttorsk for å minske risiko for partikkelspredning til gytefeltet under arbeidene.

Da det ikke er utført spredningsmodellering for mudringstiltaket ved snuplassen i Fuglevikbukta bør dette vurderes som et område for prøvemudringen som er planlagt høsten 2022, samt et område i Røsvikrenna. Det anbefales samtidig å utøve kontinuerlig

turbiditetsovervåking under prøvemudringen for å utføre spredningsvurderinger for snuplassen, samt verifisere spredningsmodellene som er benyttet i vurderingen av farleden i foreliggende rapport. Et av de avbøtende tiltakene for flere naturverdier omtalt i rapporten er kontinuerlig turbiditetsmåling som vil fungere som et strakstiltak for å minimere sannsynligheten for påvirkning. Det vil samtidig utføres prøvetaking med sedimentfeller, som beskrevet i kontroll- og overvåkingsplanen, i nærheten av naturverdier for å måle mengde forurensede sedimenterte partikler over tid. Det mest effektive avbøtende tiltaket for å unngå påvirkning på naturverdier er å unngå arbeider i sårbare perioder som beskrevet i Tabell 11.

*Tabell 12 Sammenheng over vurderte naturverdier, risiko for påvirkning under tiltak og avbøtende tiltak for å minske risiko for påvirkning under tiltak.*

Naturverdi	Risiko for påvirkning under mudring av farled	Risiko for påvirkning under deponering av masser	Avbøtende tiltak
Ålegras	Svært liten	Liten	Kontinuerlig turbiditetsmåling og visuell overvåking.
Blåskjell	Ingen	Ingen	Ingen behov da det ikke er påvist blåskjell i området
Tare	Svært liten	Svært liten	Kontinuerlig turbiditetsmåling og visuell overvåking.
Koraller	Svært liten	Svært liten	Kontinuerlig turbiditetsmåling og visuell overvåking.
Hummer	Svært liten	Svært liten	Kontinuerlig turbiditetsmåling.
Kysttorsk	Svært liten, også under gyteperioden	Liten	Kontinuerlig turbiditetsmåling, benytte Svaleskjær som deponiområde mellom 1. januar – 30. april for å minske risiko for tilslamming av gytefelt i gyteperioden.
Laks og ørret	Liten	Ingen	Kontinuerlig turbiditetsmåling og kun mudring på en side i elveleiet av gangen.
Fugl	Liten	Liten	Vurdere siltgardin i Alhusbukta for å unngå tilslamming av vegetasjon i beiteområder for fugl. Vurdere å unngå kontinuerlig døgndrift i deler av tiltaksområdet på våren, for å minske støypåvirkning under arbeidene.

## 5 Referanser

- [1] Miljødirektoratet, «Tillatelse for Kystverket til mudring, sprengning og deponering i forbindelse med utbedring av innseilingen til Borg havn. Tillatelsesnr. 2019.0486.T, datert 2019-10-18,» 2019.
- [2] NGI, «Innseiling Borg - Miljørisikovurdering. Dok.nr: 20210741-01-R, datert 2022-04-29,» 2022.
- [3] Miljødirektoratet, «Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota, Veileder M-608, revidert 2020-10-30,» 2020.
- [4] Norconsult, «Innseiling Borg - Vurdering av erosjonssikring. Dok.nr.: 52103048-RIK-R01 J02. Datert 2022-02-22,» 2022.
- [5] SINTEF, «Innseiling til Borg havn - modellering av mudrings- og deponeringsoperasjoner. Rapportnr. 2018:00582, Datert 2018-05-31,» 2018.
- [6] Havforskningsinstituttet, «Ålegrasenger og andre undervannsenger,» 16 09 2021. [Internett]. Available: <https://www.hi.no/hi/radgivning/marine-naturverdier-og-tiltak-i-kystsonen/marint-biologisk-mangfold/alegrasenger-og-andre-undervannsenger>. [Funnet 16 03 2022].
- [7] Norconsult, «Kartlegging av ålegras- og blåskjellforekomster. Innseiling Borg Havn. Dok.nr. 52102631-RIM01, Versjon: J04, datert 2021-11-05,» 2021.
- [8] Rambøll, «Borg havn - kartlegging og konsekvensutredning av ålegras. Rev. 001. Datert 2013-12-03,» 2013.
- [9] NGI, «Innseiling Borg. Kontroll- og overvåkingsprogram. Dok.nr. 20210741-03-R, rev. foreløpig,» 2022.
- [10] Havforskningsinstituttet, «Forskerne svarer: Hvorfor forsvinner blåskjellene?,» 04 07 2019. [Internett]. Available: <https://www.hi.no/hi/nyheter/2018/juli/forskerne-svarer-hvorfor-forsvinner-blaskjellene>. [Funnet 16 03 2022].
- [11] Havforskningsinstituttet, «Tema: Blåskjell,» 29 06 2021. [Internett]. Available: <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/blaskjell>. [Funnet 16 03 2022].
- [12] Havforskningsinstituttet, «Tema: Stortare,» 08 12 2020. [Internett]. Available: <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/stortare>. [Funnet 21 03 2022].
- [13] Havforskningsinstituttet, «Tareskogforekomster,» 09 09 2021. [Internett]. Available: <https://www.hi.no/hi/radgivning/marine-naturverdier-og-tiltak-i-kystsonen/marint-biologisk-mangfold/tareskog>. [Funnet 21 03 2022].
- [14] Miljødirektoratet, «Miljøstatus: Stortare,» 06 05 2021. [Internett]. Available: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/hav-og-kyst/kysten/stortare/>. [Funnet 21 03 2022].
- [15] L. S. Sømme, «koralldyr,» Store norske leksikon på snl.no, 16 12 2021. [Internett]. Available: <https://snl.no/koralldyr>. [Funnet 21 03 2022].
- [16] Havforskningsinstituttet, «Tema: Norske korallrev,» 23 07 2020. [Internett]. Available: <https://www.hi.no/hi/temasider/hav-og-kyst/norske-korallrev>. [Funnet 21 03 2022].

- [17] Havforskningsinstituttet, «Tema: Hummer - europeisk,» 14 01 2021. [Internett]. Available: <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/hummer-europeisk>. [Funnet 16 03 2022].
- [18] Rambøll, «Miljøkonsekvensutredning ved farledsutbedring til Borg havn. Dok.nr. M-rap-51,» 2018.
- [19] Havforskningsinstituttet, «Tema: Torsk - nordøstarktisk (skrei),» 24 02 2022. [Internett]. Available: <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/torsk-nordostarktisk-skrei>. [Funnet 21 03 2022].
- [20] Havforskningsinstituttet, «Tema: Gyte- og utbredelsesområde kysttorsk sør,» 28 03 2019. [Internett]. Available: <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/kysttorsk-sor-for-62n>. [Funnet 21 03 2022].
- [21] Havforskningsinstituttet, «Krafttak for kysttorsken. Kunnskap for stedstilpasset gjenoppbygging av bestander, naturtyper og økosystem i Færder- og Ytre Hvaler. Rapportnr. 2021-2, datert 2021-01-18,» 2021.
- [22] Havforskningsinstituttet, «Kartlegging av gytefelt - gytefelt for kysttorsk, rapport nr. 1-2013,» 2013.
- [23] DNV, «Borg havn utbedring av farled: Dokumentasjon på påvirkning i gyteperioder for kysttorsk samt utredning av vannutskiftning. Rapportnr. 2021-0774, Rev. 0, Dok.nr. 1044755, datert 2021-02-25,» 2021.
- [24] P. R. a. H. F. H. Westerberg, «Effects of suspended sediments on cod egg and larvae,» *International Council for the Exploration of the Sea CM 1996/E:26*, 1996.
- [25] T. Fristedt, «Undervannsstøy - risiko for fisk og dyreliv i forbindelse med aktiviteter i kystsonen. Multiconsult AS,» i *Miljøringen 2022. Temamøte for Risikovurdering og tiltaksbehov på land og i sjø. 2022-03-17*, 2022.
- [26] Havforskningsinstituttet, «Tema: Laks,» 26 07 2021. [Internett]. Available: <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/laks>. [Funnet 16 03 2022].
- [27] NIVA, «Overvåking av fisk i Glomma ved Borregaard 2019,» 2020.
- [28] NIVA, «Tiltaksrettet overvåking av Glomma ved Borregaard 2021, rapport nr. 7711-2022,» 2022.
- [29] Miljødirektoratet, «Smolt - en kunnskapsoppsummering, M-136-2014,» Miljødirektoratet, 2014.
- [30] D. S. & K. C. M.J. Robertson, «Seasonal effects of suspended sediment on the behavior of juvenile Atlantic Salmon,» *Transactions of the American Fisheries Society*, pp. 822-828, 26 12 2014.
- [31] O. Krohn, «Forvaltningsplan for Øra naturreservat, rapport nr. 3,» Fylkesmannen i Østfold, miljøvern, 2014.
- [32] J. I. I. Båtvik, «Botanisk inventering av Alhusbukta og Fuglevikbukta på Kråkerøy, Vestsiden av Hestholmen og deler av Gansrødbukta i Øra naturreservat, Fredrikstad kommune,» 2009.
- [33] NGI, «Borg Havn IKS - Ny søknad til Fylkesmannen - Ørakanalen. Kontroll- og overvåkingsplan. Doknr. 20160520-03-R, datert 2016-09-14,» 2016.
- [34] Miljøverndepartementet, «Verneplan for Oslofjorden - delplan sjøfugl,» 2009.

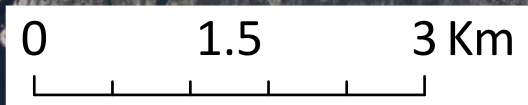
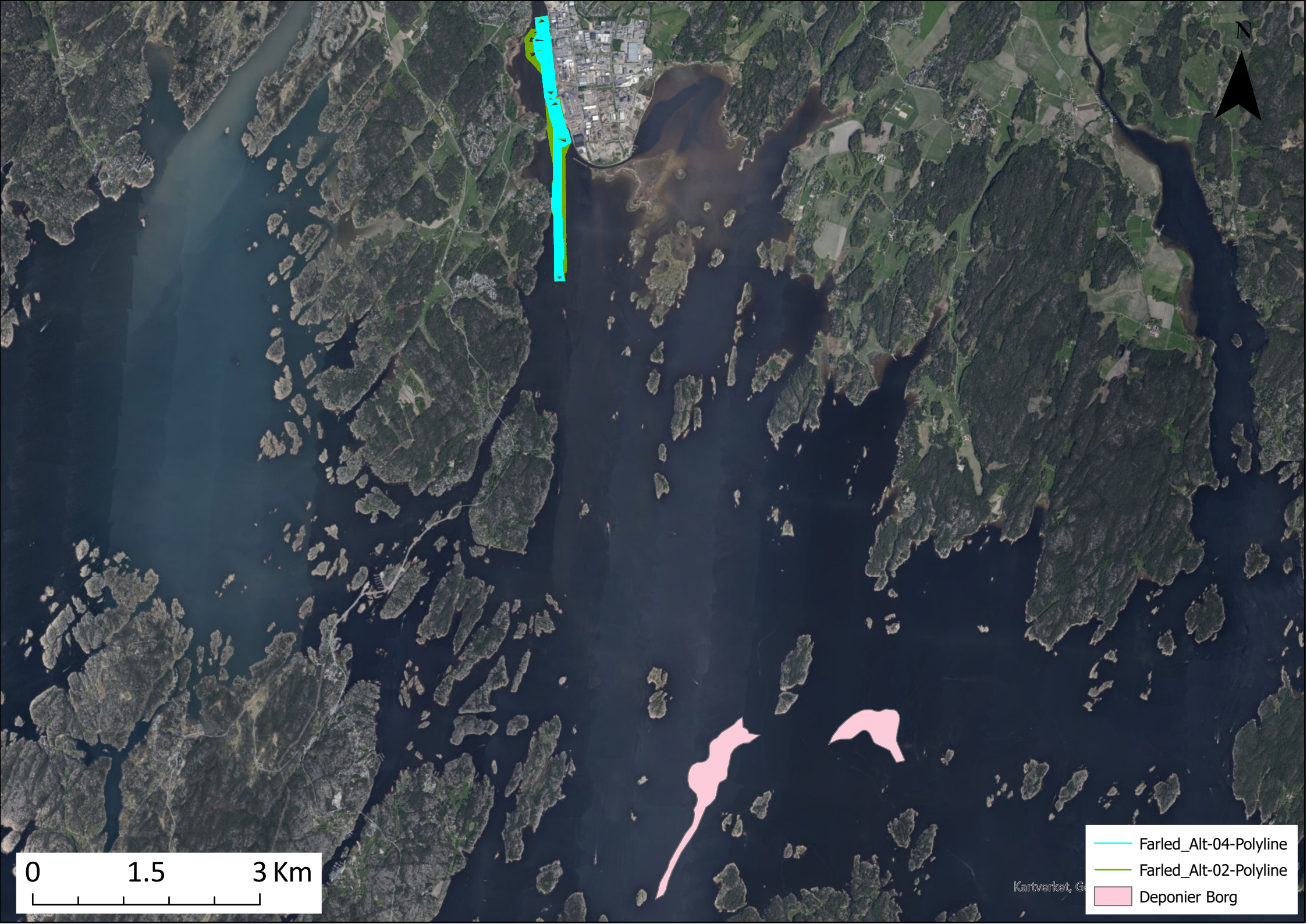
- [35] Brekke & Strand, «Innseiling Borg - Vurdering av støy fra mudringsarbeider og deponering i sjø til naturmiljø. Dok.nr: AKU-02, datert 2022-04-29,» 2022.
- [36] Kystverket, «Rapport,» 2021.
- [37] A. Follestad, «Kunnskapsoversikt over effekter av forstyrrelser på fugler: Innspill til forvaltningsplaner for Lista- og Jærstrendene. NINA Rapport 851:45 s.,» 2012.
- [38] Rådgivende Biologer AS, «Undersøkelse av bløtbunnsfauna. Utrede deponiområder Møkkalasset og Svaleskjæret, Fredrikstad. Rapportnr. 2017-18, datert 2017-09-12,» 2017.
- [39] NGI, «20210741-02-R Innseiling Borg havn - Risikovurdering for naturmiljø,» 2022.




# Vedlegg A

## KART OVER TILTAKSOMRÅDET














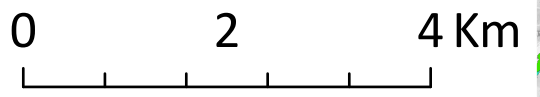
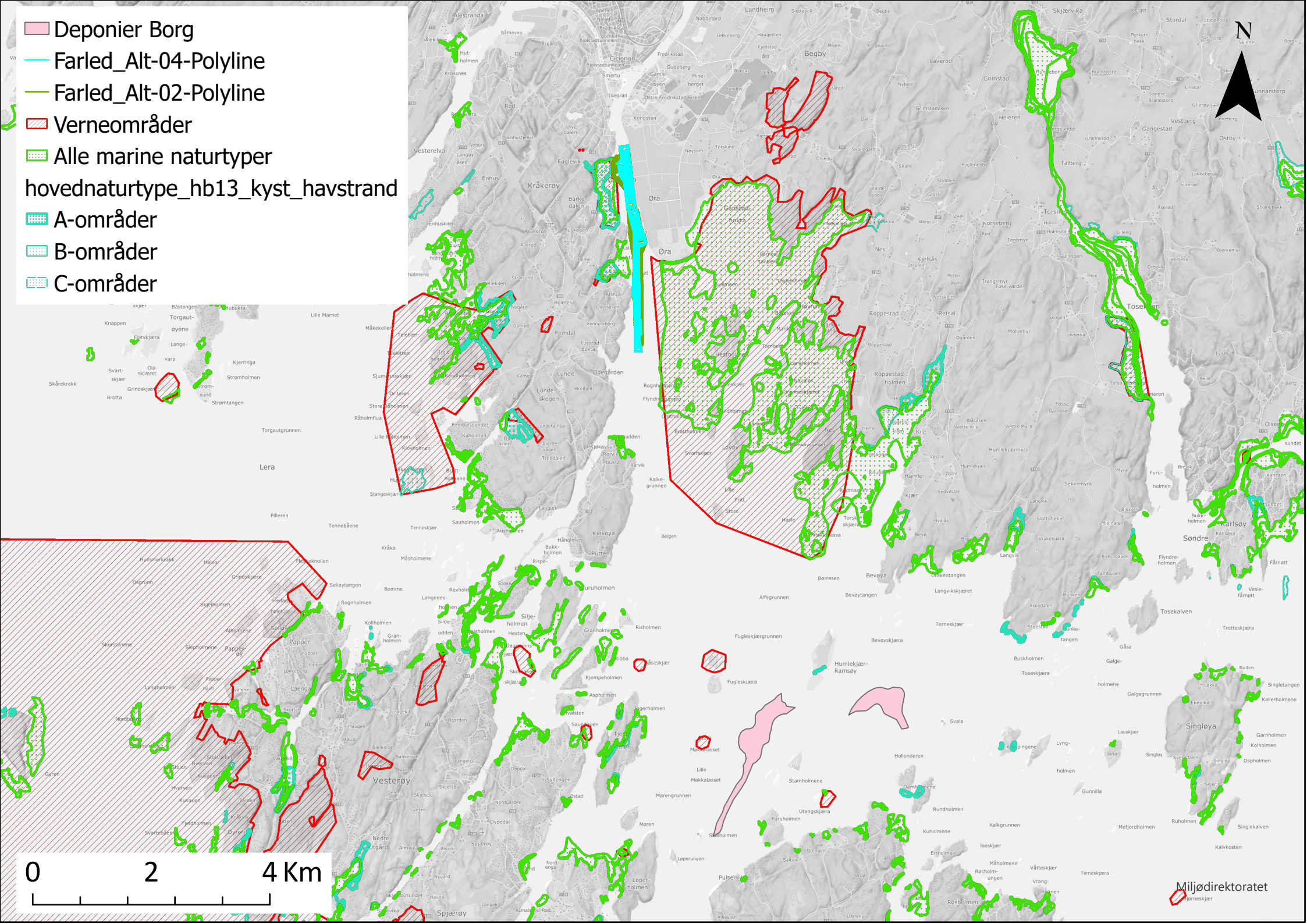


-  Farled\_Alt-04-Polyline
-  Farled\_Alt-02-Polyline
-  Deponier Borg

Kartverket, G



-  Deponier Borg
-  Farled\_Alt-04-Polyline
-  Farled\_Alt-02-Polyline
-  Verneområder
-  Alle marine naturtyper
-  hovednaturtype\_hb13\_kyst\_havstrand
-  A-områder
-  B-områder
-  C-områder



# Vedlegg B

NORCONSULT, 2021. KARTLEGGING AV  
ÅLEGRAS- OG BLÅSKJELLFØREKOMSTER.  
INNSEILING BORG HAVN



Kystverket

# ► Kartlegging av ålegras- og blåskjellforekomster

Innseiling Borg Havn

Oppdragsnr.: 52102631 Dokumentnr.: 52102631-RIM01 Versjon: J04 Dato: 2021-11-05



**Oppdragsgiver:** Kystverket  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Henrik Kristoffersen  
**Rådgiver:** Norconsult AS, Kjørboveien 22, NO-1337 Sandvika  
**Oppdragsleder:** Karin Raamat  
**Fagansvarlig:** Karin Raamat  
**Andre nøkkelpersoner:** Amalie Sofie Liane

J04	2021-11-05	For bruk, rettet opp etter møte	KarRam	AmaLia	KarRam
J03	2021-11-01	For bruk	AmaLia	KarRam	KarRam
C02	2021-10-07	Til kunde for gjennomgang	AmaLia	KarRam	KarRam
A01	2021-08-27	Til fagkontroll	AmaLia		
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.

## ► Sammendrag

Kystverket planlegger utdyping av farleden inn til Borg Havn i Fredrikstad. I den sammenheng skal det mudres i området inn mot Fredrikstad, og muddermassene planlegges deponert øst for farleden mot Hvaler. I den sammenheng er Norconsult engasjert for å kartlegge tidligere registrerte ålegrasforekomster i tiltaks- og influensområdet, samt potensielle blåskjellbanker i området. Kartleggingen skal gjennomføres for å kunne dokumentere førtilstand av området iht. vilkår i «Tillatelse til mudring, sprengning og deponering i forbindelse med utbedring av innseilingen til Borg havn» (tillatelsesnr: 2019.0486.T).

Kartleggingen ble gjennomført august 2021 i områder som på forhånd ble bestemt ut fra tilgjengelig data fra databaser slik som Naturbase, samt tidligere kartlegging gjennomført av Rambøll (2013). Generelt for alle områdene som ble registrert i denne undersøkelsen viser at det er dårligere tilstand enn det som tidligere er registrert i Naturbase og Rambølls kartlegging fra 2013. Enten så har ålegrasengene dårligere tilstand, engen er tilsynelatende mindre enn tidligere registrert, eller så er det ikke ålegras i området lenger. Engene som ble registrert ble vurdert iht. ålegrasindeksen og alle er gitt tilstandsverdien «**Moderat**».

De undersøkte områdene for blåskjellbanker viser at det mest sannsynlig ikke finnes blåskjellbanker i området. Det var også generelt lite blåskjell å finne, også på egnede steder som f.eks. gamle bøyer.



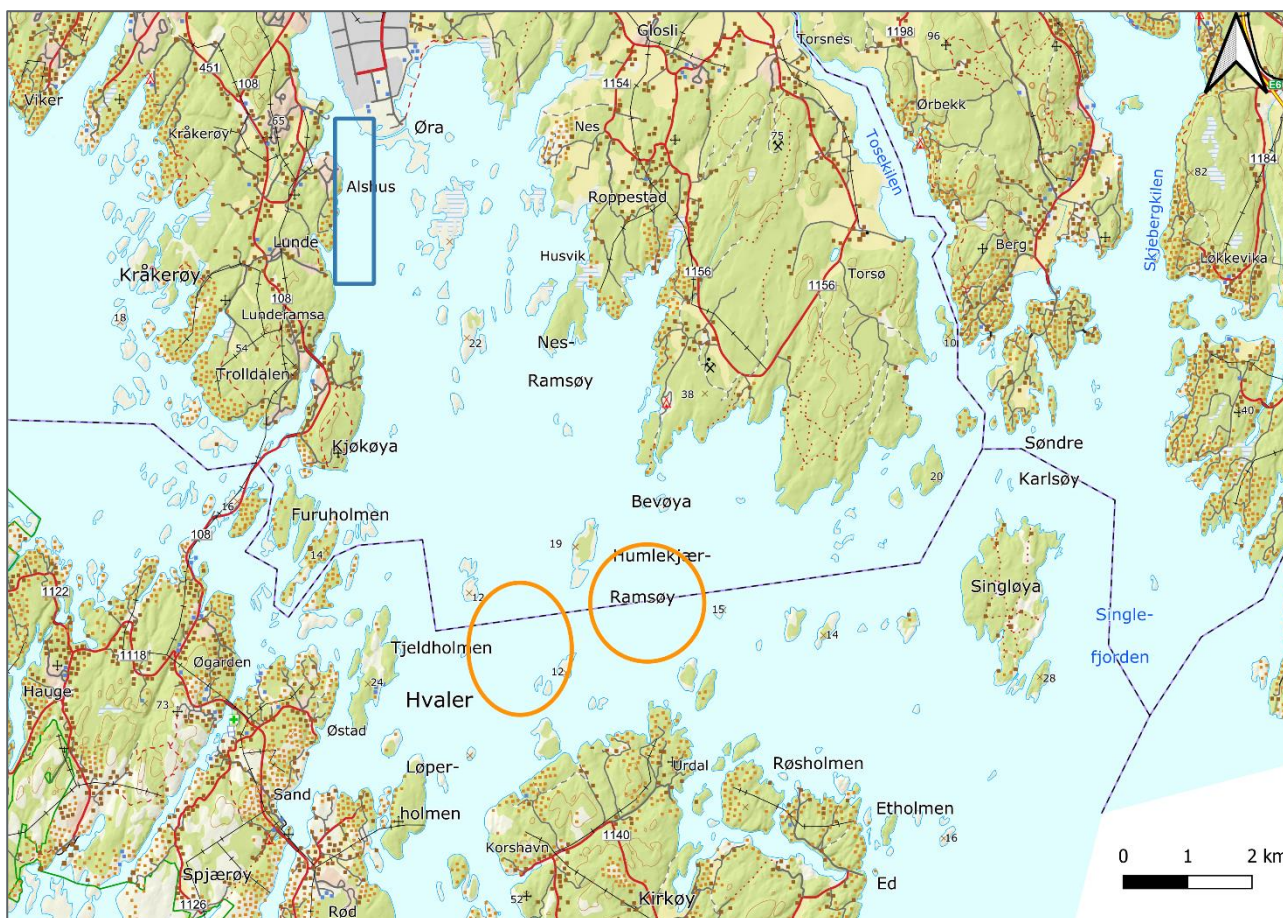
## ► Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>5</b>
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Ålegrasenger	6
1.3	Blåskjellbanker	7
<b>2</b>	<b>Vurderingsgrunnlag</b>	<b>9</b>
2.1	Tilstandsvurdering av ålegras	9
<b>3</b>	<b>Feltarbeid</b>	<b>11</b>
3.1	Ålegrasenger	11
3.2	Blåskjellbanker	11
<b>4</b>	<b>Resultater og vurderinger</b>	<b>12</b>
4.1	Ålegrasenger	12
4.2	Libauen	12
4.2.1	<i>Kuvika</i>	14
4.2.2	<i>Re</i>	14
4.2.3	<i>Utengskjæra</i>	15
4.2.4	<i>Tjeldholmen</i>	16
4.2.5	<i>Ribba</i>	18
4.2.6	<i>Store Risholmen (Sør)</i>	18
4.2.7	<i>Store Risholmen (Nord)</i>	20
4.2.8	<i>Sauholmen</i>	21
4.3	Blåskjellbanker	21
<b>5</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>Referanser</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>Vedlegg</b>	<b>26</b>
7.1	Transekter Vannkikkert	26

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

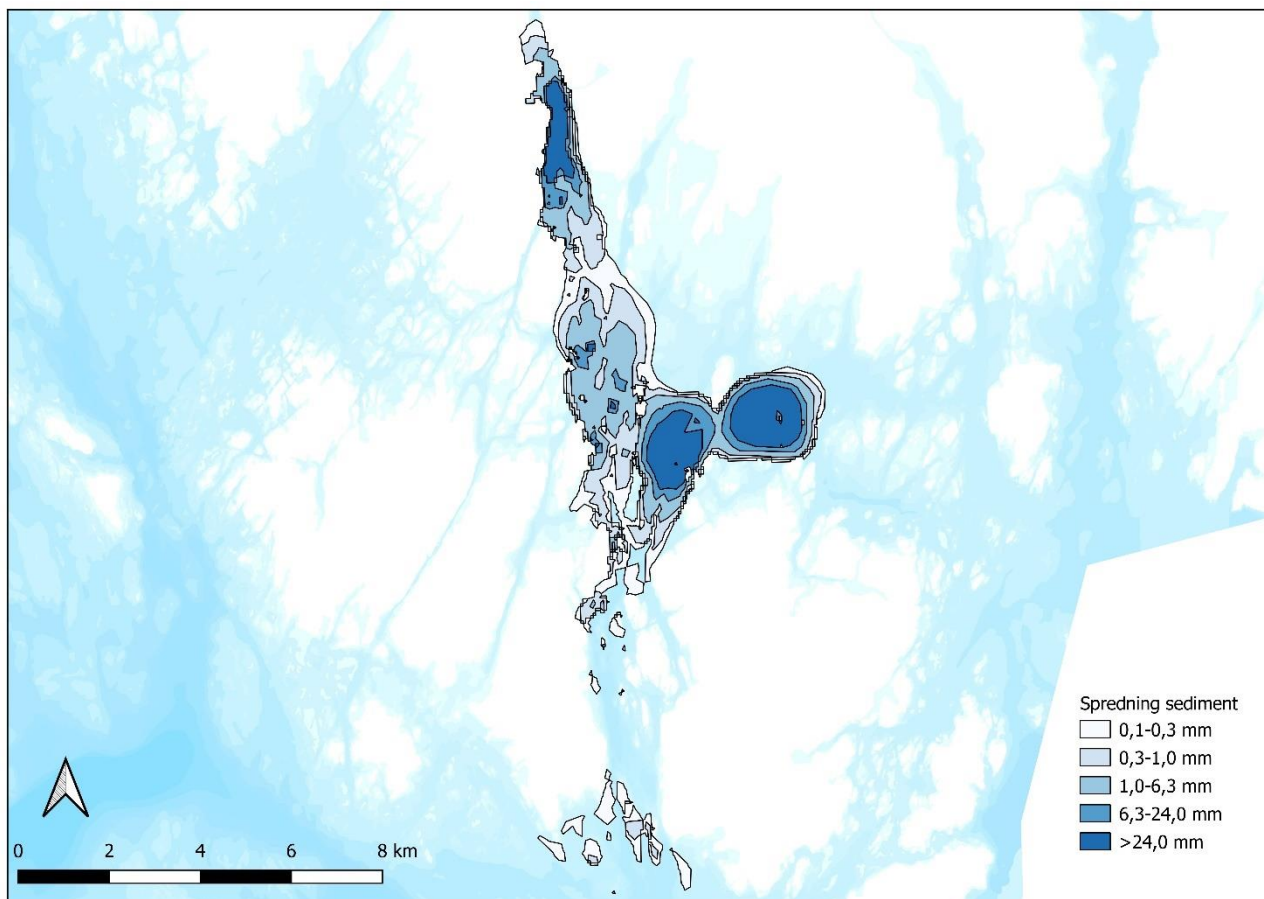
Kystverket planlegger utdyping av farleden inn til Borg Havn i Fredrikstad. I den sammenheng skal det mudres i området inn mot Fredrikstad, og muddermassene planlegges deponert øst for farleden mot Hvaler (Figur 1).



Figur 1: Tiltaksområdene ligger mellom Fredrikstad og Hvaler kommune. Det blå firkantet viser planlagt mudringsområde. De oransje områdene viser planlagte deponiområder.

I forbindelse med vurdering av tiltakets påvirkning på nærliggende områder har SINTEF Ocean AS gjennomført modellering av spredning fra både mudringstiltakene og deponeringstiltakene. Figur 2 viser hvordan sedimentet potensielt vil spre seg.

I tillatelsen fra Miljødirektoratet (2019.0486.T) settes det krav til at Kystverket før oppstart må kartlegge faktisk utbredelse av ålegrasengene i klasse A og B som kan berøres av tiltaket og innhente informasjon om forekomster av blåskjellbanker. I sammenheng med påvirkning på nærliggende områder og for å svare ut kravene i tillatelsen er det i august 2021 gjennomført kartlegging av ålegrasenger og eventuelle blåskjellbanker i spredningsområdet, det vil si både tiltaks- og influensområdet til tiltaket. Kartleggingen i august 2021 er gjennomført av Norconsult AS og har som hensikt å registrere tilstanden på områdene før tiltaket igangsettes.



Figur 2: Oversiktskart av resultater av spredningsmodelleringer utført av SINTEF Ocean AS. Grønne områder viser spredning av sedimenter. Data oversendt av Kystverket.

Tiltaks- og influensområdet ligger i tre ulike vannforekomster, «Løperen» (ID: 0101010408-C [1]), «Østerelva» (ID: 0101010405-C [2]) og «Rasmøflaket – Østerelva» (ID: 0101010401-C [3]). Løperen og Rasmøflaket – Østerelva har moderat økologisk tilstand og dårlig kjemisk tilstand. Østerelva har dårlig økologisk og kjemisk tilstand. Mye av bakgrunnen for tilstandene stammer i hovedsak fra at områdene ligger i utløpet av Glomma og at det er mye industri i området.

## 1.2 Ålegrasenger

Kunnskap og verdi av marine naturtyper er viktig for bevaring av marint biologisk mangfold. Ålegrasenger og andre undervannsenger omfatter grunne områder, vanligvis ned til 2-5 meters dybde (men kan også vokse dypere). De finnes spesielt i grunne sund, beskyttede, langgrunne bukter og tidevannsoner med mer eller mindre brakkvannspåvirkning. Større forekomster av undervannsenger er uvanlige og dels sjeldne. Naturtypen inneholder flere spesialiserte arter og samfunn. Ålegrasenger og andre sjøgrasområder er svært produktive og regnes som viktige marine økosystemer på verdensbasis.

Ålegras (*Zostera marina*) er en av svært få marine blomsterplanter som vokser på sand- eller mudderbunn i grunne områder, hvor det kan danne store undervannsenger. Ålegras skiller seg ut fra makroalger (tang og tare) ved at de har et rotsystem i bunnsedimentet som benyttes for næringsopptak og for å holde planten fast. Havgras (*Ruppia* sp.) kan danne tilsvarende undervannsenger i mer eller mindre brakkvannsområder.



I tiltaks- og influensområdet er det i miljødirektoratets database, Naturbase [4], registrert flere ålegrasenger. Rambøll har i 2013 kartlagt ålegrasenger i området i forbindelse med prosjektet med mudring og deponering for Borg Havn [5]. Rambølls resultater viser samsvar i utbredelse og tetthet med tidligere registreringer i Naturbase. Det vil si at de så ingen indikasjon på at ålegrasets verdi hadde endret seg fra kartleggingen i 2008 til deres undersøkelser i 2013. Registreringene i Naturbase er gjort av det nasjonale kartleggingsprogrammet. Undersøkelsene Rambøll gjennomførte hadde ikke som hensikt å vurdere ålegrasengenes verdi som naturtype.

Ålegrasengene som er valgt ut i denne undersøkelsen er valgt på bakgrunn av Rambølls kartlegging og krav fra tillatelsen. Engene som er undersøkt er vist i Figur 3. Alle registreringene som er valgt ut ble registrert av Havforskningsinstituttet i 2008, og noen av de ble bekreftet av Rambøll i 2013.



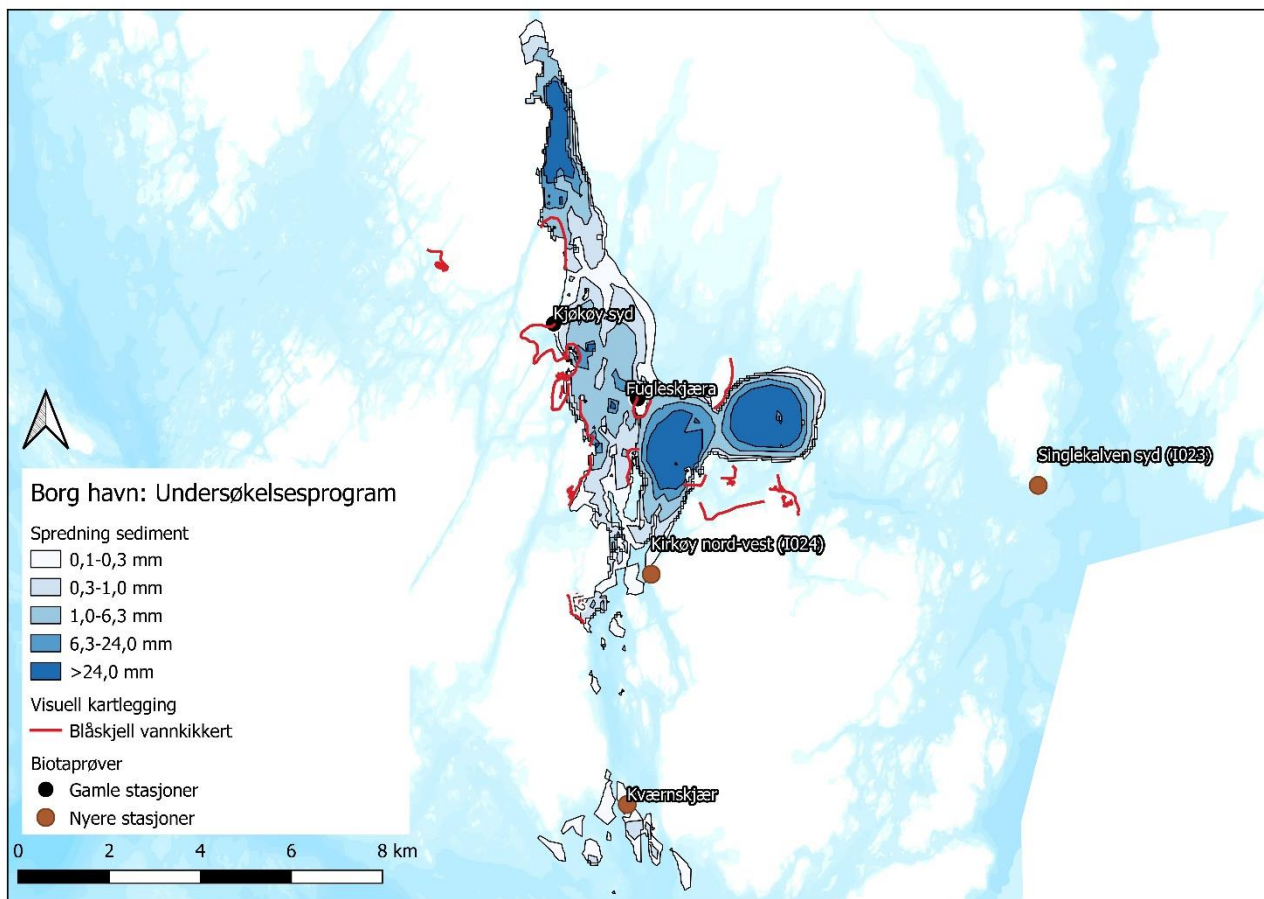
Figur 3: Registrerte ålegrasenger i undersøkelsesområdet er vist med blå markering.

### 1.3 Blåskjellbanker

Blåskjellbanker finnes fra midten til nederst i fjæresonen [6]. Vanligvis finnes banker av blåskjell i mer beskyttede områder, og ofte i vikene og bukter. Bankene etablerer seg i hovedsak på områder med sediment, altså ikke på ulike harde substrater slik som vi vanligvis finner enkelte klaser av blåskjell. Blåskjellbanker danner ofte tre-dimensjonale strukturer hvor blåskjellene holder sammen ved hjelp av byssustrådene. Blåskjellene lager et hardt substrat hvor andre arter kan feste seg, og bidrar til å øke biodiversitet i områder

hvor det vanligvis er bløtbunn og få harde substrater å etablere seg på. Blåskjell er en viktig art for filtrering av vannmassene, for å fjerne potensielle giftige alger og som mat for fugl og andre arter.

I tiltaks- og influensområdet er det ikke registrert blåskjellbanker. Det ble undersøkt hvorvidt det finnes banker i området. Etter en innledende studie av tilgjengelig data i offentlige databaser viser Figur 4 potensielle områder for blåskjellbanker i tiltaks- og influensområdet.



Figur 4: Kart viser omtrentlig hvor det ble planlagt kartlagt sjøbunnen med vannkikkert (røde linjer), samt hvor det var planlagt å ta biotaprøver hvis ikke mer egnede forekomster finnes (brune og svarte punkter). De grønne områdene viser potensiell spredning av partikler fra mudring og dumping av masser i tiltaket.



## 2 Vurderingsgrunnlag

### 2.1 Tilstandsvurdering av ålegras

Tilstandsvurderinger av kartlagte undervannsenger ble gjort i samsvar med Veileder 02:2018. Den nasjonale indeksen for ålegras inneholder foreløpig tre ålegraseng-parametere basert på metoder som brukes i det europeiske vanddirektivarbeidet:

1. **Nedre voksegrense**, dvs. dybdeutbredelse av ålegras er en respons på vannets klarhet, forutsatt at det ikke er andre forhold som f.eks. manglende egnet substrat eller forekomst av andre arter, som begrenser utbredelsen. Overgjødsling og avrenning fra land påvirker vannets klarhet og dermed dyputbredelsen for både vannplanter og makroalger.
2. **Tetthet av ålegras** (forekomst, dekningsgrad). Registrert forløpende for å få en kvantitativ oversikt over hele området (Tabell 1). Tetthet av planter er uttrykk for biomasse og forteller også noe om ålegrasengens tilstand i betydning av hvor livskraftig engen er.

Tabell 1: Skala for dekningsgradvurdering (Veileder 02:2018).

Intervalkode	Tettheten	Dekningsgrad (%)
4 - Svært god	tett, heldekkende eng	75-100
3 - God	flekkvis tett eng (markert flekkvis forekomst)	50-75
2 - Moderat	spredte planter (glissen eng)	25-50
1 - Dårlig	enkeltfunn (enkelte planter)	0-25

3. **Tetthet filamentøse alger** i en ålegraseng kan være en indikasjon på dårlig vannkvalitet og overgjødsling. Tettheten av filamentøse alger sier noe om den økologiske tilstanden i vannforekomsten. Parameteren registreres som areal ikke dekket av alger, slik at høyere poengverdi betyr bedre tilstand, slik det gjør for de øvrige parametrene.

- 1 = mindre enn 50 % av areal uten filamentøse alger
- 2 = 50-85 % av areal uten filamentøse alger
- 3 = mer enn 85 % areal uten filamentøse alger, men fortsatt forekomster
- 4 = 100 % (lite til ingen forekomster)

Basert på de målingene beregnes det ålegrasindeksen etter formelen vist i Figur 5. Poengverdier for parametrene er vist i veilederen 02:2018. Beregnet EQR (*Ecological Quality Ratios*) sammenlignes med Tabell 2 som viser grenseverdier for økologisk tilstand for ålegras.

$$EQR = \left\{ \left[ \frac{0,5 \times \text{poeng nedre voksegrense}}{5} \right] + \left[ \frac{0,3 \times \text{poeng tetthet}}{4} \right] + \left[ \frac{0,2 \times \text{poeng areal uten filamentøse alger}}{4} \right] \right\}$$

Figur 5: Beregning av ålegrasindeksen baseres på nedre voksedyp, tetthet og tetthet filamentøse alger.

Tabell 2: Oversikt over EQR og nEQR verdi for ålegrasindeksen.

EQR/nEQR verdi	Tilstand
1,00-0,80	Svært god
0,80-0,60	God
0,60-0,40	Moderat
0,40-0,20	Dårlig
0,20-0,00	Svært dårlig

I tillegg anbefales det at man ved referanseovervåking, trendovervåking og tiltaksovervåking, registrerer høyde på engen og arealutbredelsen til engen, tilsvarende som i Nasjonalt program for kartlegging av biologisk mangfold – kyst.

4. **Høyde på eng** (lengde av ålegras). Registrert for de referansepunkter som har georefererte visuell data fra tidligere undersøkelser. Høyde på engen, sammen med plantetetthet er en parameter som indikerer økologisk funksjon gjennom å beskrive hvor stort rom ålegraseng skaper. Gode vekstforhold med godt lys gir god vekst og lange blader. Høyden deles inn i tre kategorier:

- 1 = Ålegras < 20 cm
- 2 = Ålegras 20 - 60 cm
- 3 = Ålegras > 60 cm

## 3 Feltarbeid

Ålegrasengene og mulige blåskjellbanker i de utvalgte områdene ble kartlagt den 17-19 august 2021.

### 3.1 Ålegrasenger

Det ble gjennomført en visuell kartlegging av ni områder for å vurdere forekomst, utbredelse og tilstand for registrerte ålegrasforekomstene. Feltarbeidet ble gjort i henhold til Håndbok 19 «Kartlegging av marinbiologisk mangfold» [7]. Undersøkelsen i felt ble gjennomført med ROV (Blueye Pioneer).

Ålegrasengene ble kartlagt i transekter for å verifisere de tidligere registrerte engene. Dette gjøres ved å kjøre 1-3 transekter inn mot den registrerte ålegrasengen og vurdere ålegrasets tilstand ut fra videomateriale. I tillegg kjøres det med båt over områdene for visuell befaring med vannkikkert for å kartlegge de områdene det ikke kjøres ROV. Dette gjøres for å klargjøre at det som er filmet er gjeldende for området for den registrerte ålegrasengen. Transektene er i tillegg valgt for å få informasjonen som er nødvendig for å gjennomføre en tilstandsvurdering av ålegrasengene, samt for å verifisere de registrerte forekomstene i Naturbase.

### 3.2 Blåskjellbanker

Det ble gjennomført visuell kartlegging av potensielle blåskjellforekomster og blåskjellbanker i tiltaks- og influensområdet. I disse områdene ble det gjennomført en screening ved hjelp av båt, vannkikkert og ROV (Blueye Pioneer). Ved hjelp av disse hjelpemidlene ble det verifisert om det var blåskjellbanker i området eller ikke.

Områdene som ble undersøkt ble basert på tidligere registreringer, vanddyp, sjøbunnstopografi og sedimentsstruktur.

## 4 Resultater og vurderinger

### 4.1 Ålegrasenger

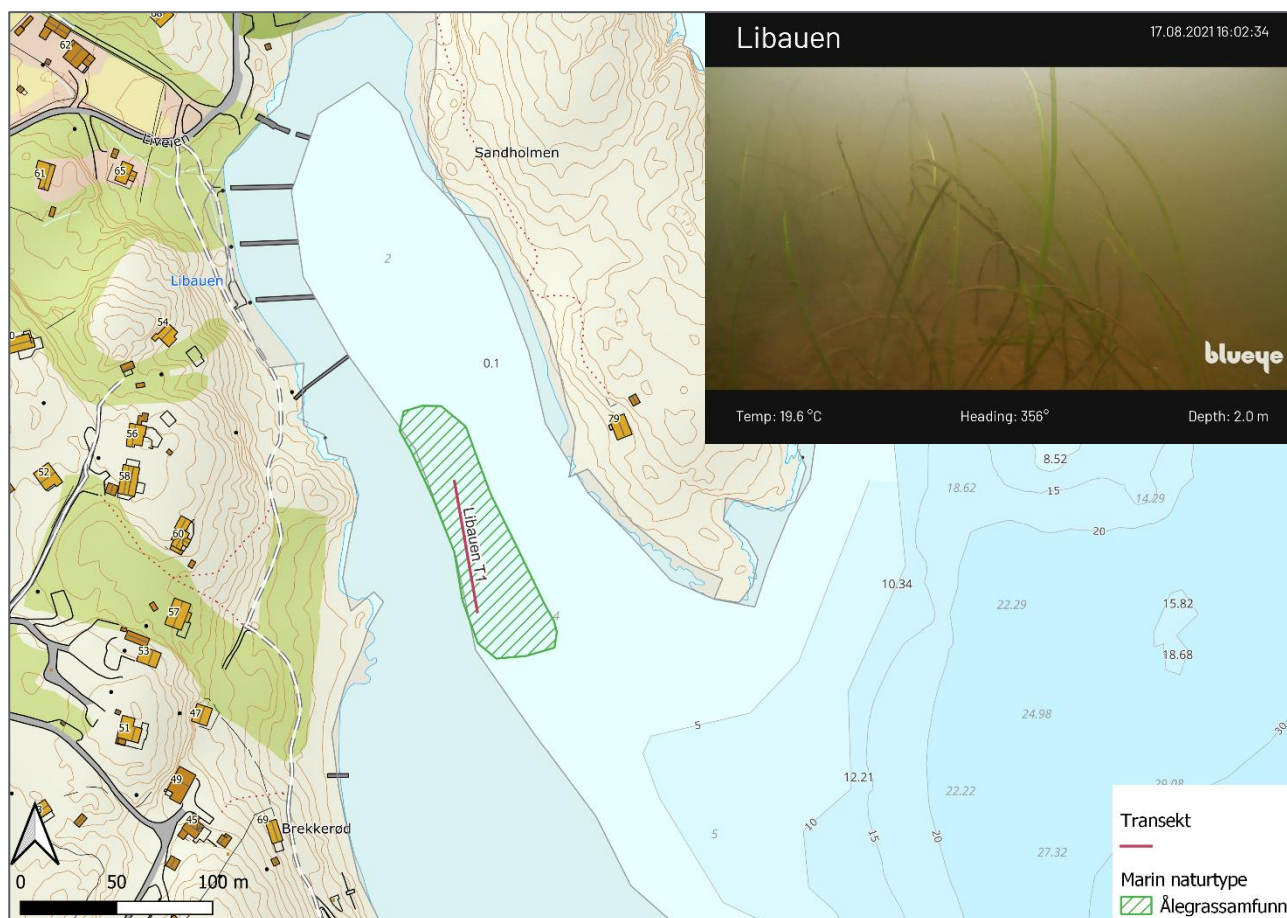
Visuell kartlegging viste tilstedeværelse av ålegras ved noen av de utvalgte ni lokalitetene. Resultatene er vist nedenfor for hvert registrert område og sammenlignet med hva som er registrert i Naturbase og i Rambølls tidligere registreringer. Vurderinger av kartlagte undervannsenger er gjort i samsvar med Veileder 02:2018 (ref. Kapittel 2).

I tillegg til kartlegging av de ni forhåndsbestemte lokalitetene, ble det undersøkt flere små bukter i områder som hadde potensiale for å ha ålegrasforekomst. Disse områdene ble undersøkt ved enkel screening med vannkikkert. Det ble ikke observert ålegras i noen av de buktene. Generelt ble det registrert mye suspendert stoff i vannfasen, samt en del slampåvirkning på ålegraset i de områdene ålegras ble registrert.

### 4.2 Libauen

Visuell kartlegging av området viser enkelte planter av ålegras, med et lite område med flekkvis eng på dyp mellom 1-2 meter. Området besto i hovedsak av mudderbunn, og det var dårlig sikt i området. Naturbase har tidligere registrert flekkvis forekomst i et område på 30-50 m<sup>2</sup> (ID: BM00057288 [8]).

Oversiktskart med kartleggingen ved Libauen og eksempelbilde fra området er vist i Figur 6.



Figur 6: Transekt kjørt ved ålegraseng ved Libauen. Innfelt i øvre høyre hjørne er eksempelbilde av ålegrasengen.

Ålegras ble registrert ned til omtrent 2,8 meters dyp. Dette tilsvarer 2 poeng i en beskyttet kyst/fjord i Skagerrak. Referansedyp for området er 5 meter (for nærmere info om poeng- og referanseverdier se Tabeller 9-16, 9-17 og 9-18 i veileder 02:2018).

Det var kartlagt enkeltplanter og en flekkvis eng av ålegras. Tettheten var dermed klassifisert som «spredte planter» som tilsvarer 2 poeng i indeksberegningen. Referanse for Skagerrak er 4 poeng, dvs. tett eng.

Det ble observert noe filamentøse alger mot de grunnere områdene (ca. 1 meters dyp), men med dekningsgrad under 15 %. Mengde filamentøse alger på ålegraset ble dermed klassifisert som «mer enn 85 % areal uten filamentøse alger, men fortsatt forekomster» som gir 3 poeng i indeksberegningen. Litt til ingen forekomst av filamentøse alger er satt som referanseverdi til ålegrasengene i økoregionen Skagerrak, dvs. 4 poeng.

Basert på disse registreringene ble det beregnet EQR (*Ecological Quality Ratios*) som viser grenseverdier for økologisk tilstand for ålegras (Figur 5):

$$0,5 = \frac{0,5 \times 2}{5} + \frac{0,3 \times 2}{4} + \frac{0,2 \times 3}{4}$$

Etter beregninger ble EQR fastsatt til 0,5, som svarer til tilstandsklasse «moderat».

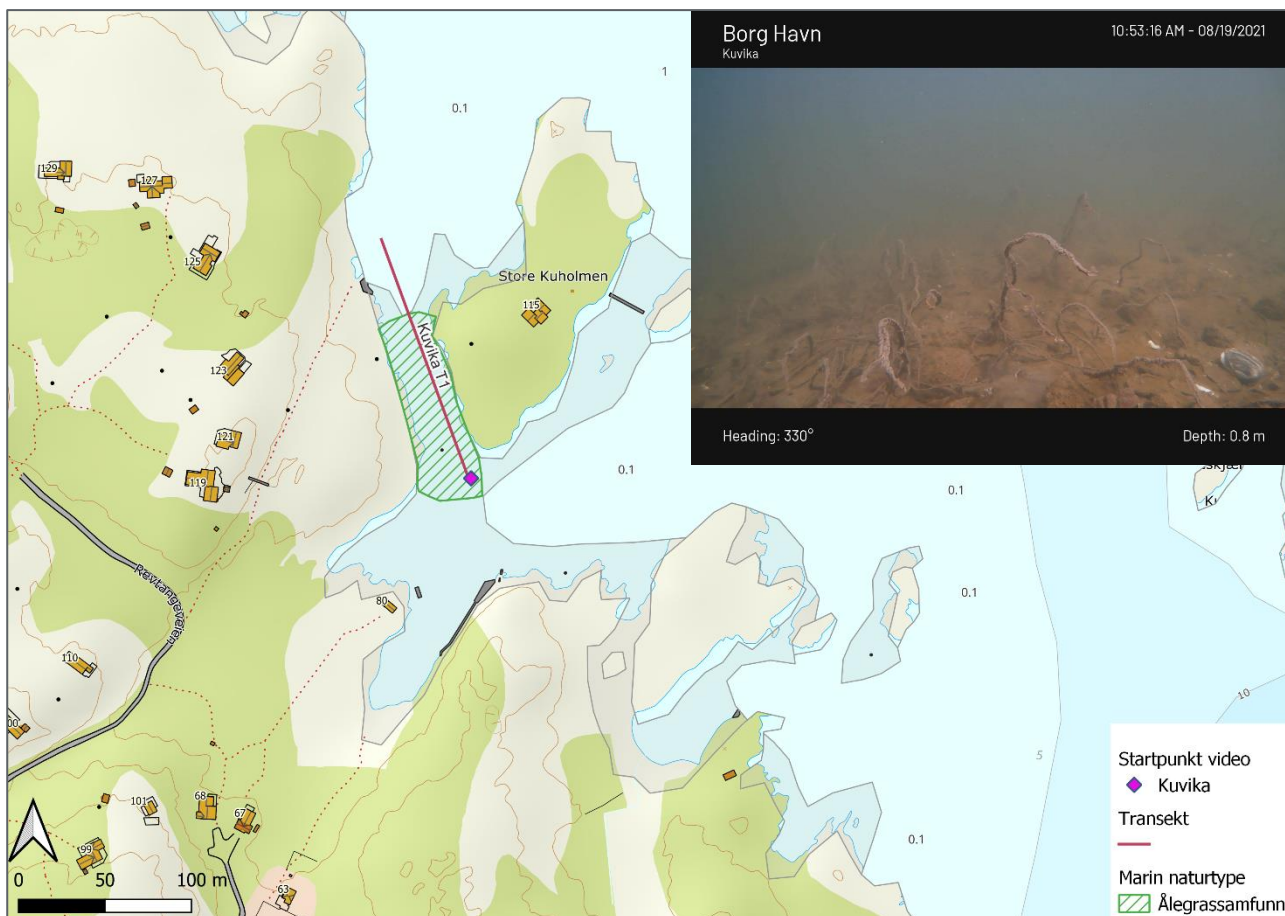


Høyde på engen var mellom 40-50 cm.

#### 4.2.1 Kuvika

Visuell kartlegging av området viser mudderbunn med noe tang (martaum) og skjellrester. Området var grunt (0,5-2 meter) og nedslammet. Det ble ikke registrert ålegras i området. Naturbase har tidligere registrert spredt forekomst av enkeltplanter (ID: BM00057329 [9]).

Oversiktskart med kartleggingen ved Kuvika og eksempelbilde fra området er vist i Figur 7.



Figur 7: Transekt kjørt ved ålegraseng ved Kuvika. Innfelt i øvre høyre hjørne er eksempelbilde av området.

#### 4.2.2 Re

Visuell kartlegging av området viser mudderbunn med skjellrester. I området ble det også registrert et skjær med stillehavsøsters og tang. Det ble observert noen blåskjell nært land, ellers ingen ålegras i området. Naturbase har tidligere registrert spredt forekomst av enkeltplanter (ID: BM00057330 [10]).

Oversiktskart med kartleggingen ved Re og eksempelbilde fra området er vist i Figur 8.

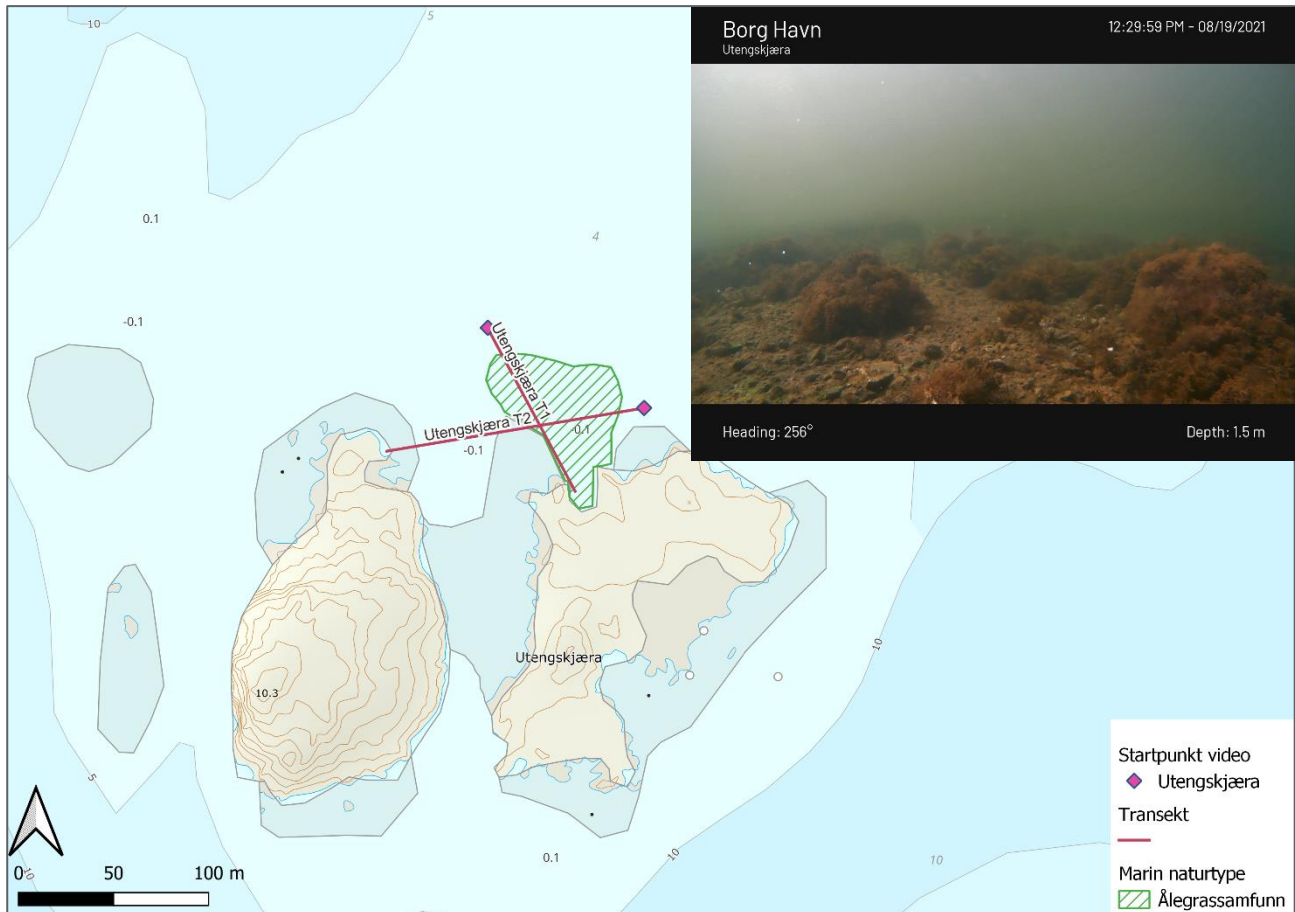


Figur 8: Transekt kjørt ved ålegraseng ved Re. Innfelt i øvre høyre hjørne er eksempelbilde av området.

#### 4.2.3 Utengskjæra

Visuell kartlegging av området viser mudderbunn og hardbunn (med mellomstore steiner) med tang. I området ble det observert noe stillehavsøsters og døde skjell. I Naturbase er det registrert spredt forekomst av enkeltplanter (ID: BM00057331 [11]).

Oversiktskart med kartleggingen ved Utengskjæra og eksempelbilde fra området er vist i Figur 9.

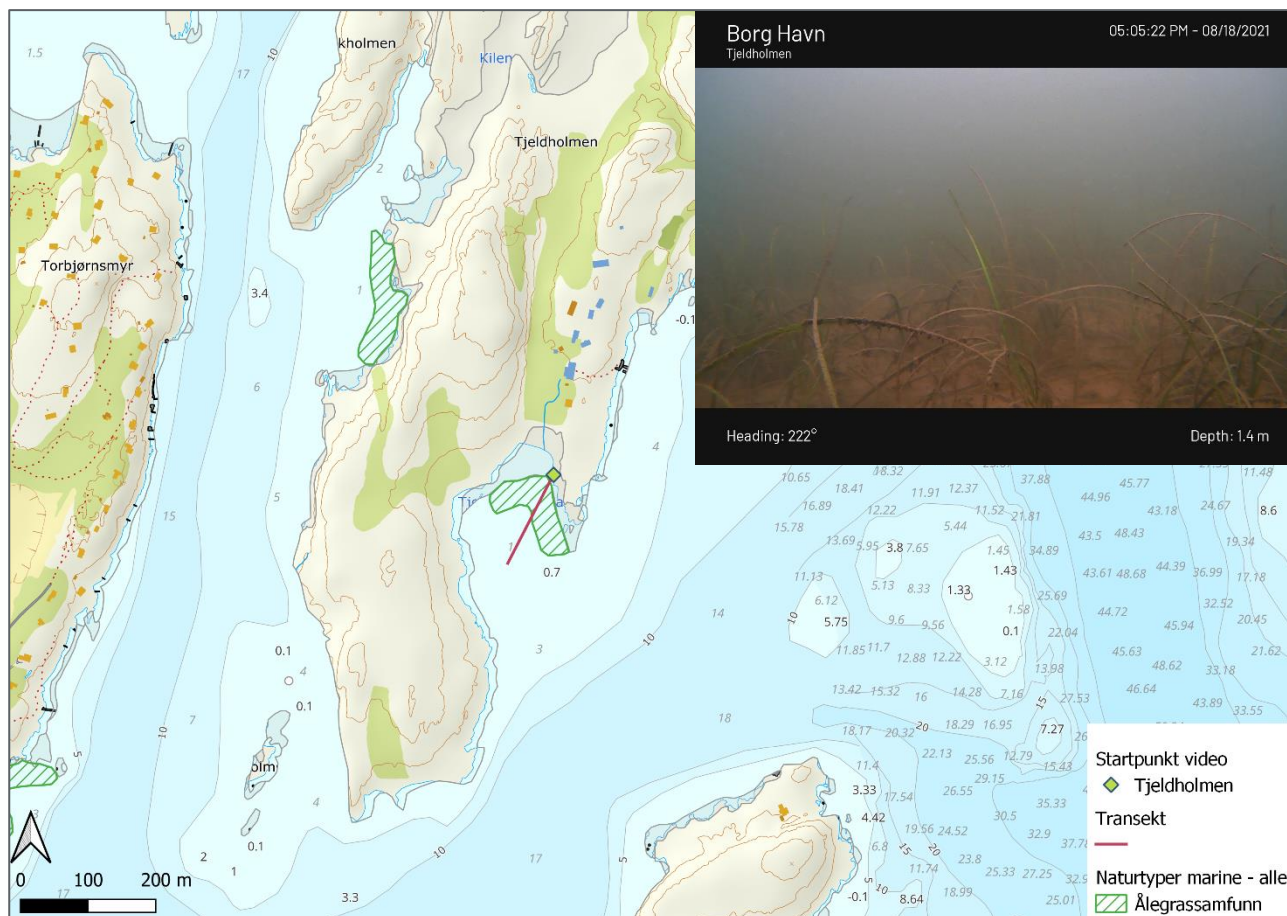


Figur 9: Transekt kjørt ved ålegraseng ved Utengskjæra. Innfelt i øvre høyre hjørne er eksempelbilde av området.

#### 4.2.4 Tjeldholmen

Visuell kartlegging av området viser en flekkvis til tett eng av ålegras, på ca. 1 meters dyp. Forekomsten var begrodd og dekket av slam. I Naturbase er det registrert flekkvis forekomst (ID: BM00057292 [12]). Engen som ble kartlagt var liten i størrelse og mindre enn det som tidligere er registrert i Naturbase.

Oversiktskart med kartleggingen ved Tjeldholmen og eksempelbilde fra området er vist i Figur 10.



Figur 10: Transekt kjørt ved ålegraseng ved Tjeldholmen. Innfelt i øvre høyre hjørne er eksempelbilde av ålegrasengen.

Ålegras ble registrert ned til omtrent 1,6 meters dyp. Dette tilsvarer 1 poeng i en beskyttet kyst/fjord i Skagerrak. Referansedyp for området er 5 meter.

Det var kartlagt en flekkvis eng av ålegras. Tettheten var dermed klassifisert som «flekkvis tett eng» som tilsvarer 3 poeng i indeksberegningen. Referanse for Skagerrak er 4 poeng, dvs. tett eng.

Det ble observert filamentøse alger i området, med en dekningsgrad rundt 40 %. Mengde filamentøse alger på ålegraset ble dermed klassifisert som «50-85 % av areal uten filamentøse alger» som gir 2 poeng i indeksberegningen. Litt til ingen forekomst av filamentøse alger er satt som referanseverdi til ålegrasengene i økoregionen Skagerrak, dvs. 4 poeng.

Basert på disse registreringene ble det beregnet EQR (*Ecological Quality Ratios*) som viser grenseverdier for økologisk tilstand for ålegras (Figur 5):

$$0,425 = \frac{0,5 \times 1}{5} + \frac{0,3 \times 3}{4} + \frac{0,2 \times 2}{4}$$

Etter beregninger ble EQR fastsatt til 0,425, som svarer til tilstandsklasse «moderat».

Høyde på engen var ca. 20-30 cm.



#### 4.2.5 Ribba

Visuell kartlegging av området viser hardbunnssubstrat med tang (martaum) mellom 0-3 meters dyp. Det ble ikke registrert noe ålegras i området. I Naturbase er det registrert flekkvis forekomst på 30-50 m<sup>2</sup> (ID: BM00057274 [13]). Rambølls undersøkelser viser utbredelse som var ca. 50 m<sup>2</sup>, men med spredte planter og enkeltplanter med lite påvekstalger og lite sedimentasjon på bladene [5].

Oversiktskart med kartleggingen ved Ribba og eksempelbilde fra området er vist i Figur 11.



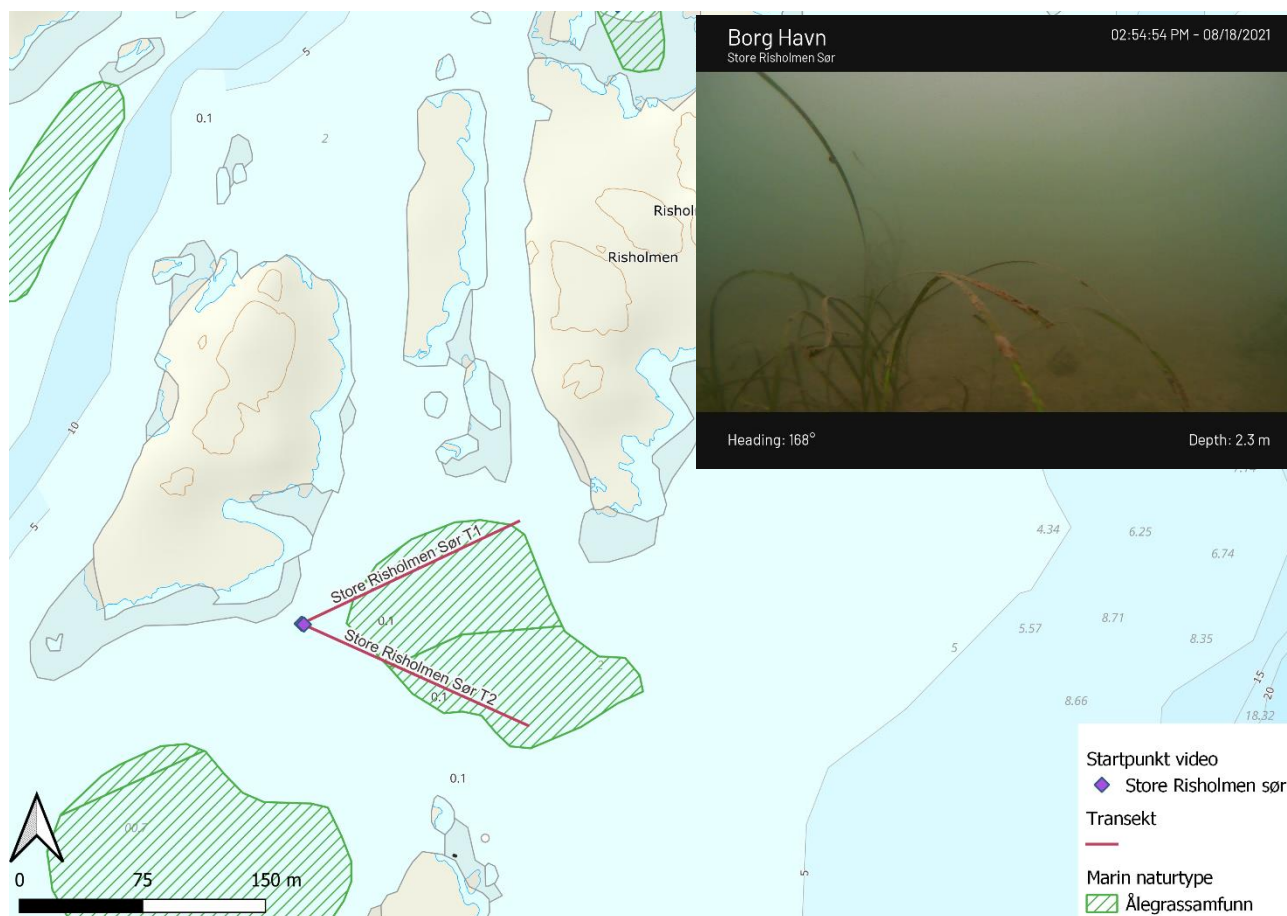
Figur 11: Transekt kjørt ved ålegraseng ved Ribba. Innfelt i øvre høyre hjørne er eksempelbilde av området.

#### 4.2.6 Store Risholmen (Sør)

Visuell kartlegging av området viser en flekkvis eng av ålegras. Forekomsten hadde noe filamentøse alger. I Naturbase er det registrert spredt forekomst av enkeltplanter, registreringen er gjort i både Fredrikstad kommune (ID: BM00057201) og Hvaler kommune (ID: BM00057273 [14]). Rambølls undersøkelse viste spredt til mindre tett forekomst, og utbredelsen var generelt i samsvar med registreringene i Naturbase [5]. Undersøkelsen gjennomført i 2021 viser at utstrekningen er litt større enn det som er registrert i Naturbase, men at den samsvarer med kartleggingen til Rambøll.

Oversiktskart med kartleggingen ved Store Risholmen Sør og eksempelbilde fra området er vist i Figur 12.





Figur 12: Transekt kjørt ved ålegraseng ved Store Risholmen sør. Innfelt i øvre høyre hjørne er eksempelbilde av ålegrasengen.

Ålegras ble registrert ned til omtrent 2,3 meters dyp. Dette tilsvarer 2 poeng i en beskyttet kyst/fjord i Skagerrak. Referansedyp for området er 5 meter.

Det var kartlagt en flekkvis til tett eng av ålegras. Tettheten var dermed klassifisert som «flekkvis tett eng» som tilsvarer 3 poeng i indeksberegningen. Referanse for Skagerrak er 4 poeng, dvs. tett eng.

Det ble observert filamentøse alger i området, med en dekningsgrad rundt 40 %. Mengde filamentøse alger på ålegraset ble dermed klassifisert som «50-85 % av areal uten filamentøse alger» som gir 2 poeng i indeksberegningen. Litt til ingen forekomst av filamentøse alger er satt som referanseverdi til ålegrasengene i økoregionen Skagerrak, dvs. 4 poeng.

Basert på disse registreringene ble det beregnet EQR (*Ecological Quality Ratios*) som viser grenseverdier for økologisk tilstand for ålegras (Figur 5):

$$0,525 = \frac{0,5 \times 2}{5} + \frac{0,3 \times 3}{4} + \frac{0,2 \times 2}{4}$$

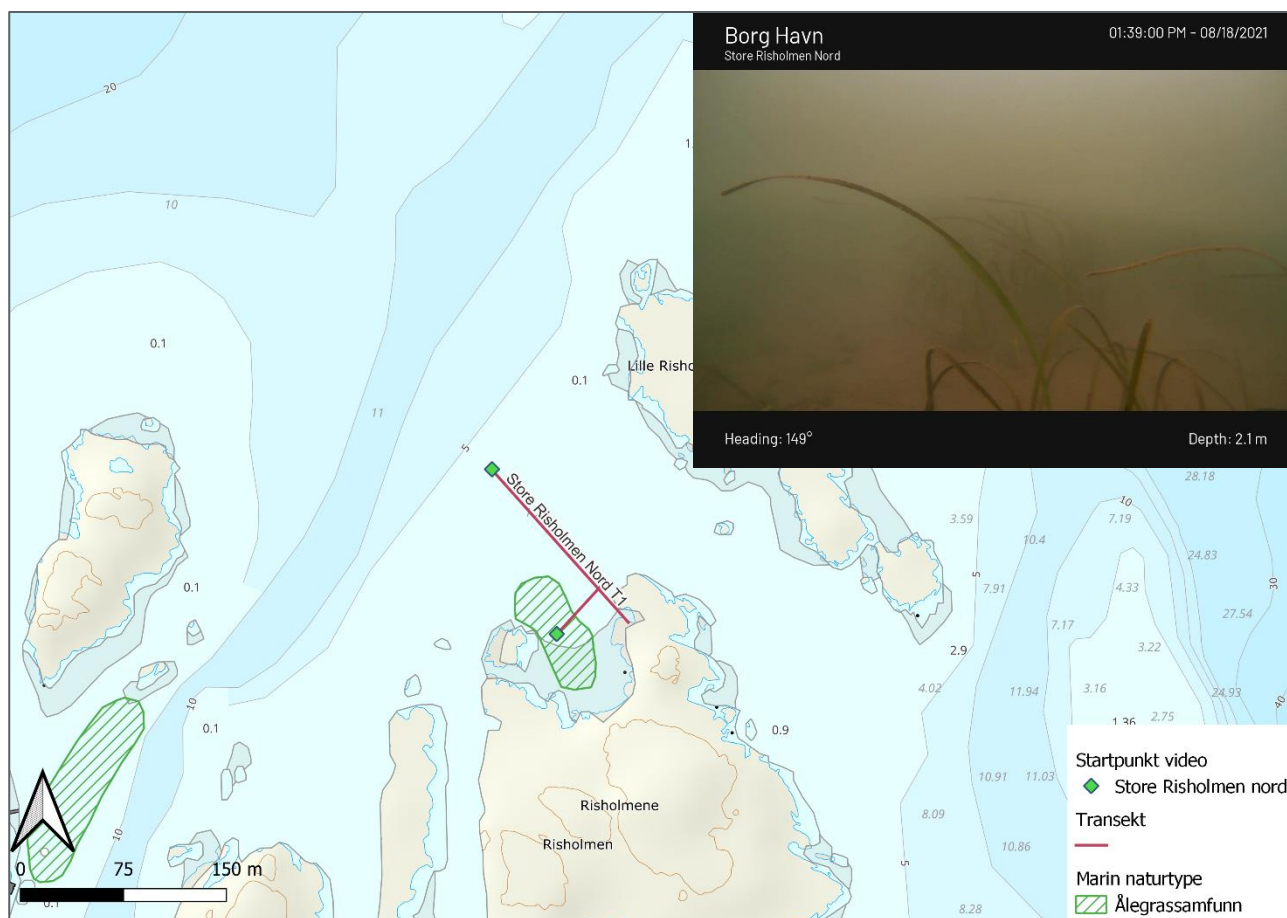
Etter beregninger ble EQR fastsatt til 0,525, som svarer til tilstandsklasse «moderat».

Høyde på engen var ca. 30 cm.

#### 4.2.7 Store Risholmen (Nord)

Visuell kartlegging av området viser en flekkvis til tett forekomst av ålegras. Forekomsten hadde noe filamentøse alger, mer mot grunnere vann (ca. 1,5 meter). Ålegras ble observert kun i området mellom 1-2,5 meters dybde. I Naturbase er det registrert flekkvis forekomst på 30-50 m<sup>2</sup> (ID: BM00057199 [15]).

Oversiktskart med kartleggingen ved Store Risholmen Nord og eksempelbilde fra området er vist i Figur 13.



Figur 13: Transekt kjørt ved ålegraseng ved Store Risholmen Nord. Innfelt i øvre høyre hjørne er eksempelbilde av ålegrasengen.

Ålegras ble registrert ned til omtrent 2,2 meters dyp. Dette tilsvarer 2 poeng i en beskyttet kyst/fjord i Skagerrak. Referansedybde for området er 5 meter.

Det var kartlagt en flekkvis til tett forekomst av ålegras. Tettheten var dermed klassifisert som «flekkvis tett eng» som tilsvarer 3 poeng i indeksberegningen. Referanse for Skagerrak er 4 poeng, dvs. tett eng.

Det ble observert filamentøse alger i området, med en dekningsgrad rundt 40 %. Mengde filamentøse alger på ålegraset ble dermed klassifisert som «50-85 % av areal uten filamentøse alger» som gir 2 poeng i indeksberegningen. Litt til ingen forekomst av filamentøse alger er satt som referanseverdi til ålegrasengene i økoregionen Skagerrak, dvs. 4 poeng.

Basert på disse registreringene ble det beregnet EQR (*Ecological Quality Ratios*) som viser grenseverdier for økologisk tilstand for ålegras (Figur 5):

$$0,525 = \frac{0,5 \times 2}{5} + \frac{0,3 \times 3}{4} + \frac{0,2 \times 2}{4}$$

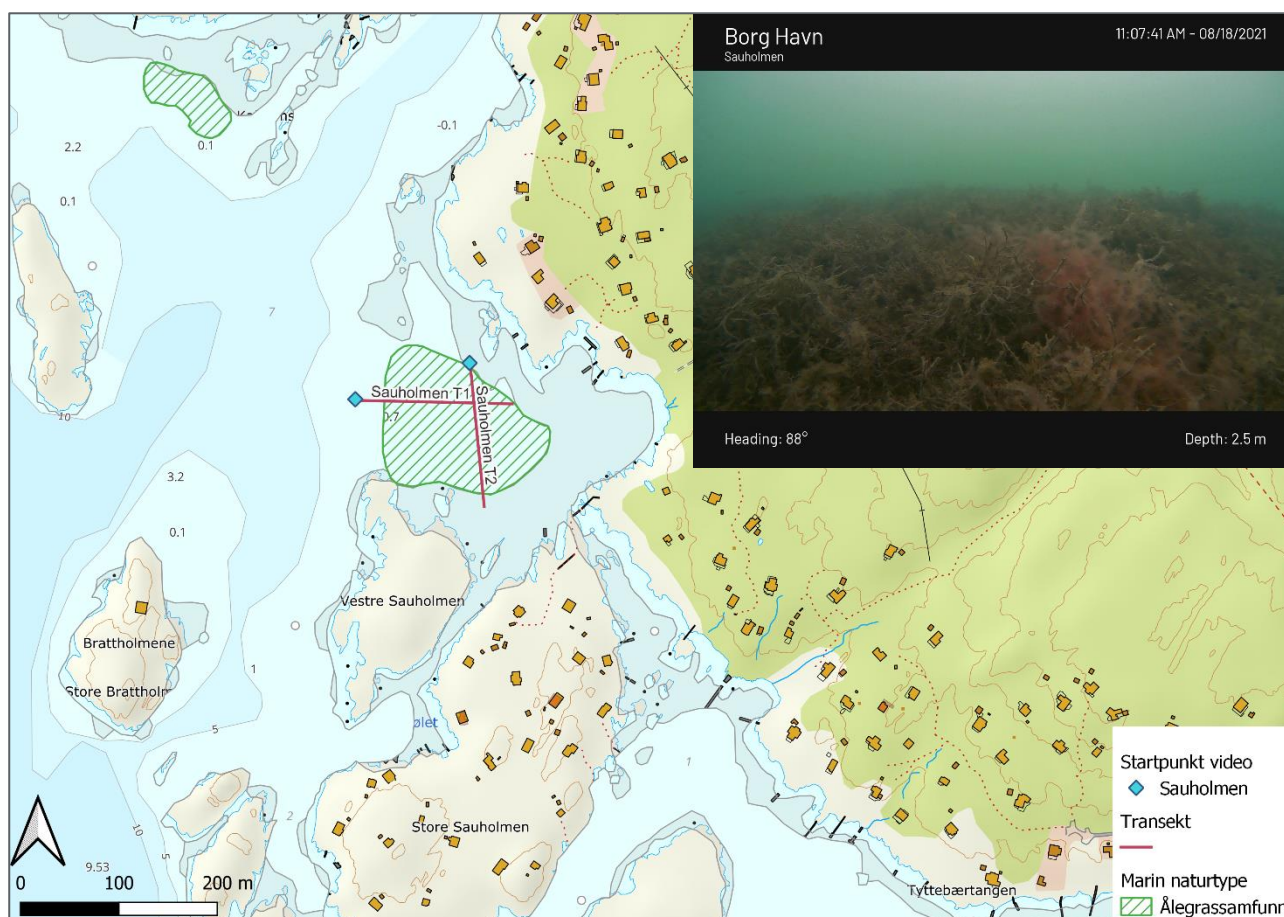
Etter beregninger ble EQR fastsatt til 0,525, som svarer til tilstandsklasse «moderat».

Høyde på engen var ca. 30 cm.

#### 4.2.8 Sauholmen

Visuell kartlegging av området viser hardbunn med tang og skjell som går over i mudderbunn mot land. Det ble observert noen blåskjell og østers på 2,8 meters dyp. Naturbase har tidligere registrert tett ålegraseng med kraftige enkeltplanter (ID: BM00057233 [16]). Rambøll registrer spredte forekomster av ålegras i sin undersøkelse i 2013 [5].

Oversiktskart med kartleggingen ved Sauholmen og eksempelbilde fra området er vist i Figur 14.



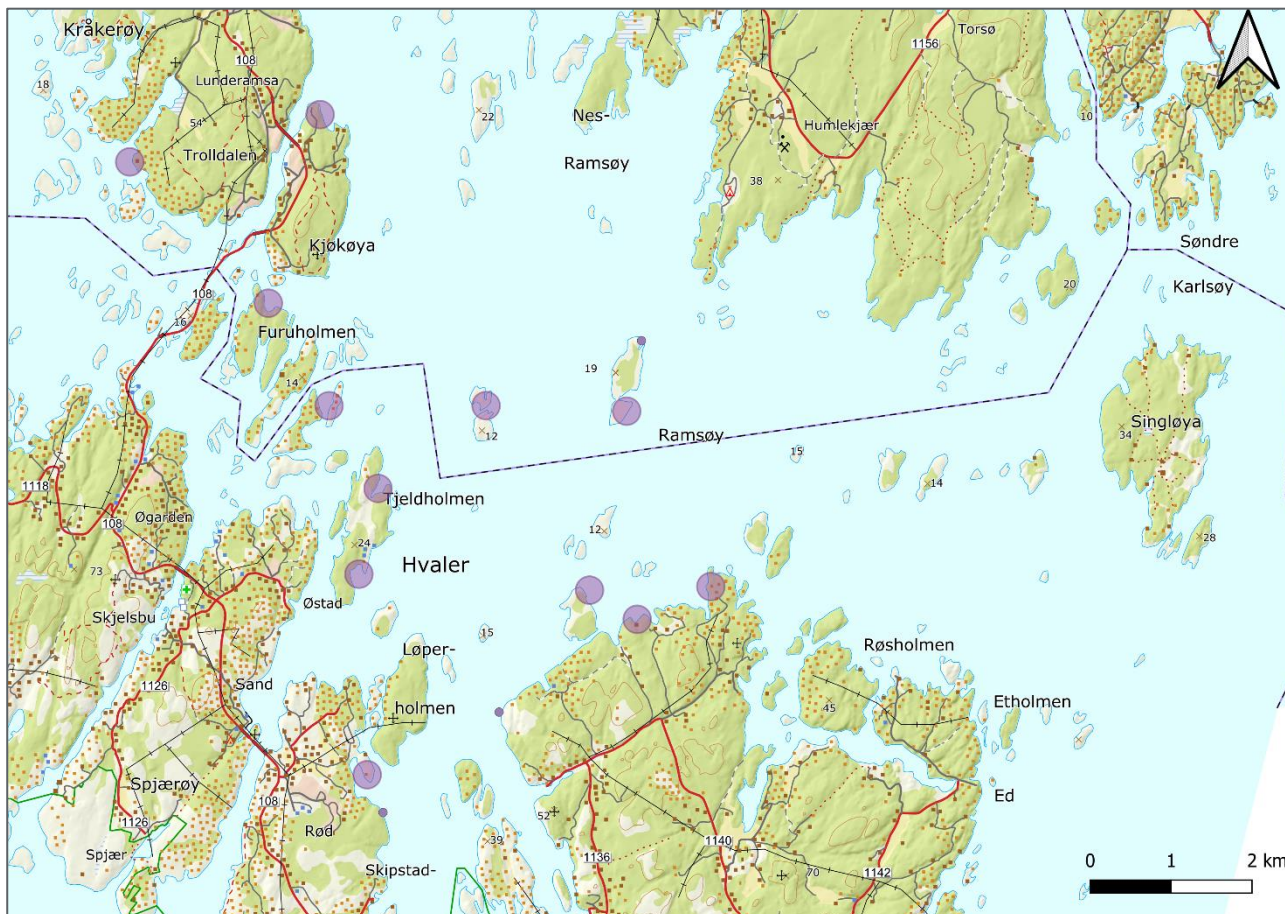
Figur 14: Transekt kjørt ved ålegraseng ved Sauholmen. Innfelt i øvre høyre hjørne er eksempelbilde av området.

#### 4.3 Blåskjellbanker

Totalt ble 12 områder kartlagt ved hjelp av vannkikkert for å registrere eventuelle blåskjellbanker (Figur 15). For hvert område ble det kjørt transekter med båt og ved bruk av vannkikkert ble det bekreftet/avkreftet om



det var blåskjellbanker i området. Det ble ikke registrert blåskjell på noen av lokalitetene. Transektene for hvert område kan sees i vedlegg.



Figur 15: Områder som ble kartlagt for blåskjell ved hjelp av vannkikkert er vist med lilla omkrets.

## 5 Konklusjon

Generelt for alle områdene som ble registrert i denne undersøkelsen viser at det er dårligere tilstand enn det som tidligere er registrert i Naturbase og ved Rambølls kartlegging i 2013. Enten så har ålegrasengene dårligere tilstand, engen er tilsynelatende mindre enn tidligere registrert, eller så er det ikke ålegras i området lenger. Under feltundersøkelser ble det i forbindelse med blåskjellkartlegging undersøkt betydelig større område med vannkikkert for å se om det finnes andre ålegrasforekomster i nærheten til de planlagte tiltakene. Det ble ikke observert ålegras utenfor de allerede registrerte forekomstene.

Engene som ble registrert ble vurdert iht. ålegrasindeksen og alle områder hvor det ble registrert ålegras, fikk tilstandsverdien «**Moderat**». Den eneste engen som viser tilsvarende resultater som tidligere er engen ved Store Risholmen Sør. Tabell 3 viser en oversikt over miljøtilstand ved Rambølls undersøkelser i 2013 og Norconsults undersøkelser i 2021.

De tidligere registreringene i Naturbase ble registrert i 2008, det har skjedd en del endringer de siste årene og noen av engene er ikke der i dag (Tabell 3). Bakgrunnen for dette kan være mangt. Det er anbefalt å oppdatere status til disse forekomstene i Naturbase, ev. legge en kommentar basert på oppdatert informasjon om forekomstene fra nyere undersøkelser.

Området har per dags dato dårlig sikt. Det kan være forårsaket av mye suspendert stoff i vannfasen. Minimert sikt kan føre til negative effekter på ålegras ved at innkommende sollys blokkeres. En slik blokkering vil hindre fotosyntese og medføre at ålegrasene vil dø. Mudring og dumping av masser kan medføre økt turbiditet. Dette kan forverre siktedypet, noe som kan påvirke ålegrasengene i en negativ retning, i hovedsak da redusere dybden de vokser på.

Det er utført en enkel vurdering av risiko for redusert tilstand på engene ved gjennomføring av tiltak med mudring og deponering av masser (Tabell 3). Vurderingen baseres på om det ble registrert ålegras i område i 2021 og resultater fra modellering av spredning av partikler (SINTEF Ocean AS). Det viser at bare to forekomster, Store Risholmen Nord og Store Risholmen Sør hadde påvist ålegrasforekomst og kan ha partikkelspredning opp til 1 mm. Dette er svært lite med tanke på årlig partikkeltilførsel fra Glomma. I tillegg skal mudring og dumping utføres utenfor ålegrasets vekstsesong, noe som reduserer risikoen enda mer.

I driftsfasen, etter at tiltakene under prosjektet Innseiling Borg havn er ferdigstilt, kan det forventes forbedring av de ni ålegrasforekomstene. Ved mudring og øking av vanddybde blir det mindre propelloppvirvling av sjøbunnsedimentet. Det betyr at det kan forventes mindre partikler i vannet og dermed bedre lysforhold til lysavhengige alger og planter i sjø.

De undersøkte områdene for blåskjellbanker viser at det mest sannsynlig ikke finnes blåskjellbanker i området. Det var også svært lite blåskjell å finne andre steder også. Blåskjell vil derfor ikke være anbefalt som en organisme å bruke videre til undersøkelser av effekt på biota, da det er lite sannsynlig at man finner nok og at det kan være usikker mengde på hvert sted fra år til år.



Tabell 3: Oversikt over registrert miljøtilstand på de ulike ålegraslokalitetene, samt vurdering av risiko ved gjennomføring av tiltaket. \*n.a. betyr at området ble ikke undersøkt i 2013.

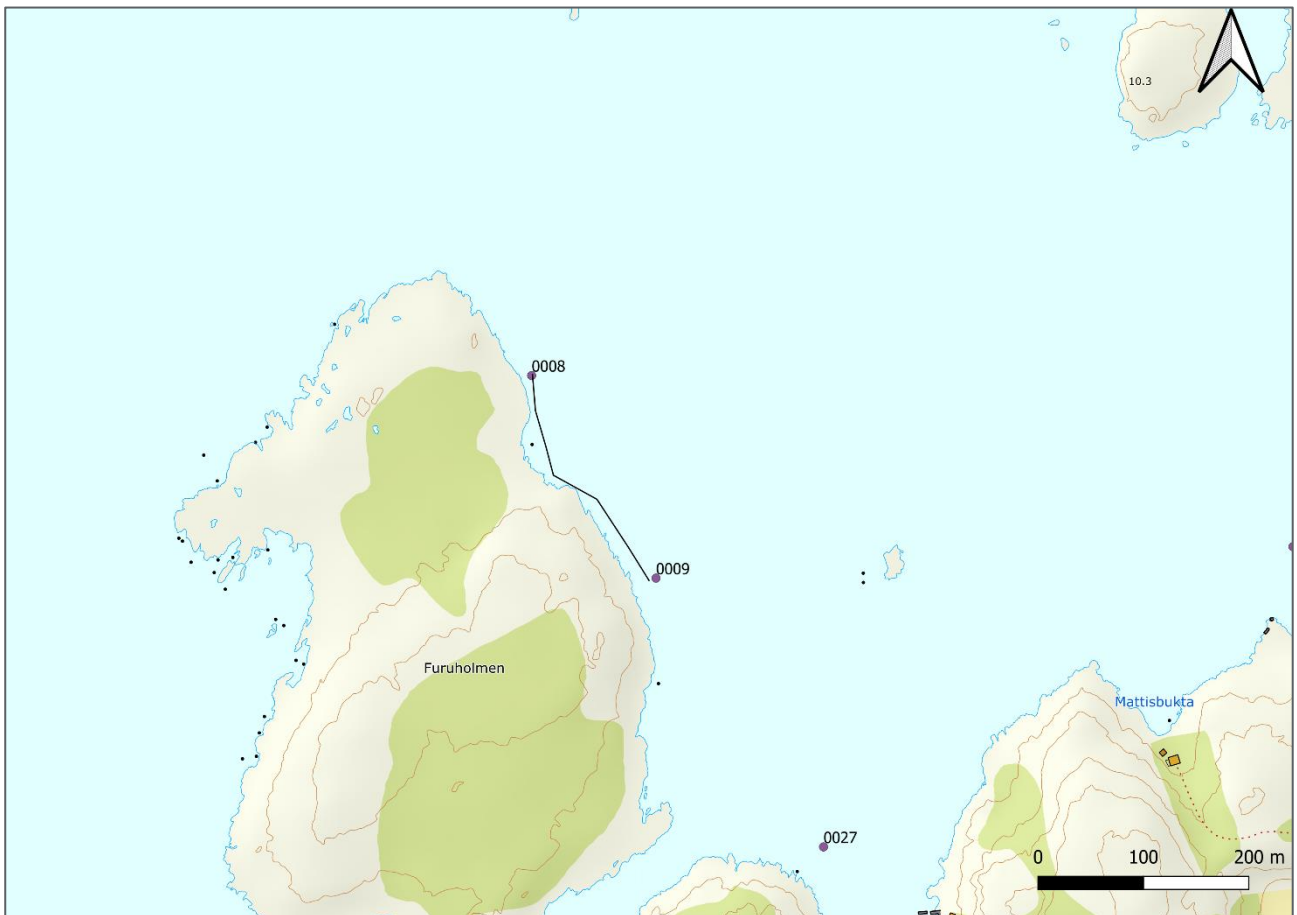
Forekomst	Miljøtilstand 2008 (Naturbase)	Miljøtilstand 2013 (Rambøll)	Miljøtilstand 2021 (Norconsult)	Forventet spredning (SINTEF Ocean AS)	Risiko for redusert tilstand
Libauen	Flekkvis forekomst	n.a.*	Spredte planter 15 % filamentøse alger 2,7 meters dyp  Moderat tilstand	Ingen	Ingen risiko
Kuvika	Spredt forekomst	n.a.	Ikke registrert	Ingen	Ingen risiko
Re	Spredt forekomst	n.a.	Ikke registrert	Ingen	Ingen risiko
Utengskjæra	Spredt forekomst	n.a.	Ikke registrert	Ingen	Ingen risiko
Tjeldholmen	Flekkvis forekomst	n.a.	Flekkvis, tett eng 40 % filamentøse alger 1,6 meters dyp  Moderat tilstand	Ingen	Ingen risiko
Ribba	Flekkvis forekomst	Spredt forekomst Lite filamentøse alger 2,5 meters dyp	Ikke registrert	Ingen	Ingen risiko
Store Risholmen (Sør)	Spredt forekomst	Spredt til tett eng Ingen filamentøse alger	Flekkvis tett eng 40 % filamentøse alger 2,3 meters dyp  Moderat tilstand	0 til 1 mm	Liten risiko
Store Risholmen (Nord)	Flekkvis forekomst	n.a.	Flekkvis tett eng 40 % filamentøse alger 2,2 meters dyp  Moderat tilstand.	0 til 1 mm	Liten risiko
Sauholmen	Tett eng	Spredt forekomst	Ikke registrert	Ingen	Ingen risiko

## 6 Referanser

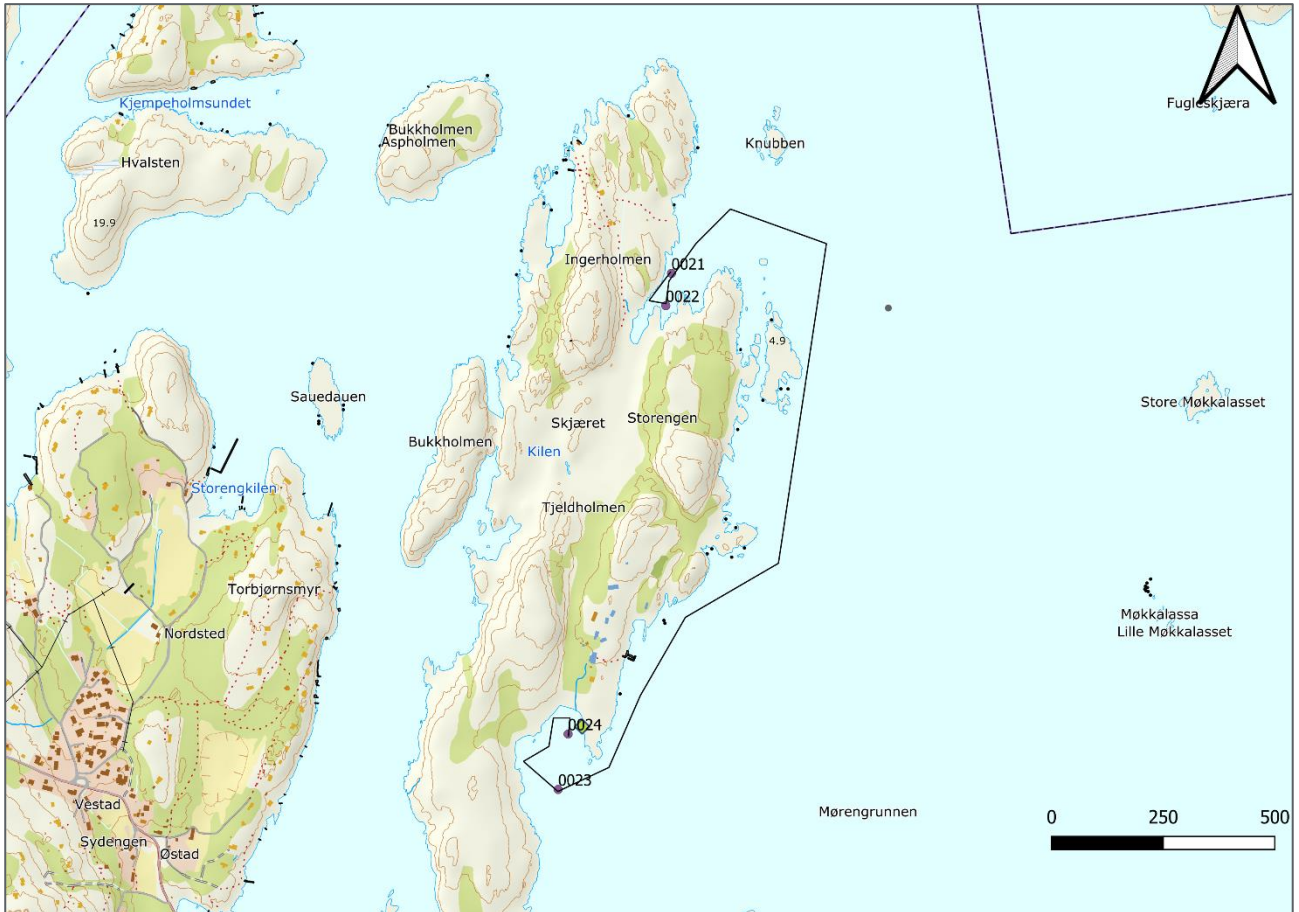
- [1] Vann-nett, «Vann-nett,» [Internett]. Available: <https://www.vann-nett.no/portal/#/waterbody/0101010408-C>. [Funnet 29 08 2021].
- [2] Vann-nett, «Vann-nett,» [Internett]. Available: <https://www.vann-nett.no/portal/#/waterbody/0101010405-C>. [Funnet 29 08 2021].
- [3] Vann-nett, «Vann-nett,» [Internett]. Available: <https://www.vann-nett.no/portal/#/waterbody/0101010401-C>. [Funnet 29 08 2021].
- [4] Miljødirektoratet, «Naturbase,» 29 08 2021. [Internett]. Available: <https://geocortex01.miljodirektoratet.no/Html5Viewer/?viewer=naturbase>.
- [5] Rambøll, «Borg Havn. Kartlegging og konsekvensutredning av ålegras.,» 2013.
- [6] OSPAR, «Background document on Intertidal Mytilus edulis beds on mixed and sandy sediments.,» 2015.
- [7] Direktoratet for naturforvaltning, Håndbok 19. Kartlegging av marint biologisk mangfold, 2007.
- [8] Havforskningsinstituttet, «Naturbase faktaark,» <https://faktaark.naturbase.no/?id=BM00057288>, 2009.
- [9] Havforskningsinstituttet, «Naturbase faktaark,» <https://faktaark.naturbase.no/?id=BM00057329>, 2009.
- [10] Havforskningsinstituttet, «Naturbase faktaark,» <https://faktaark.naturbase.no/?id=BM00057330>, 2009.
- [11] Havforskningsinstituttet, «Naturbase faktaark,» <https://faktaark.naturbase.no/?id=BM00057331>, 2009.
- [12] Havforskningsinstituttet, «Naturbase faktaark,» <https://faktaark.naturbase.no/?id=BM00057292>, 2009.
- [13] Havforskningsinstituttet, «Naturbase faktaark,» <https://faktaark.naturbase.no/?id=BM00057274>, 2009.
- [14] Havforskningsinstituttet, «Naturbase faktaark,» <https://faktaark.naturbase.no/?id=BM00057273>, 2009.
- [15] Havforskningsinstituttet, «Naturbase faktaark,» <https://faktaark.naturbase.no/?id=BM00057199>, 2009.
- [16] Havforskningsinstituttet, «Naturbase faktaark,» <https://faktaark.naturbase.no/?id=BM00057233>, 2009.
- [17] D. vanddirektivet, «Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann.,» 2018.

## 7 Vedlegg

### 7.1 Transekt Vannkikkert



Figur 16: Transekt for kartlegging av blåskjellbanker ved Furuholmen.

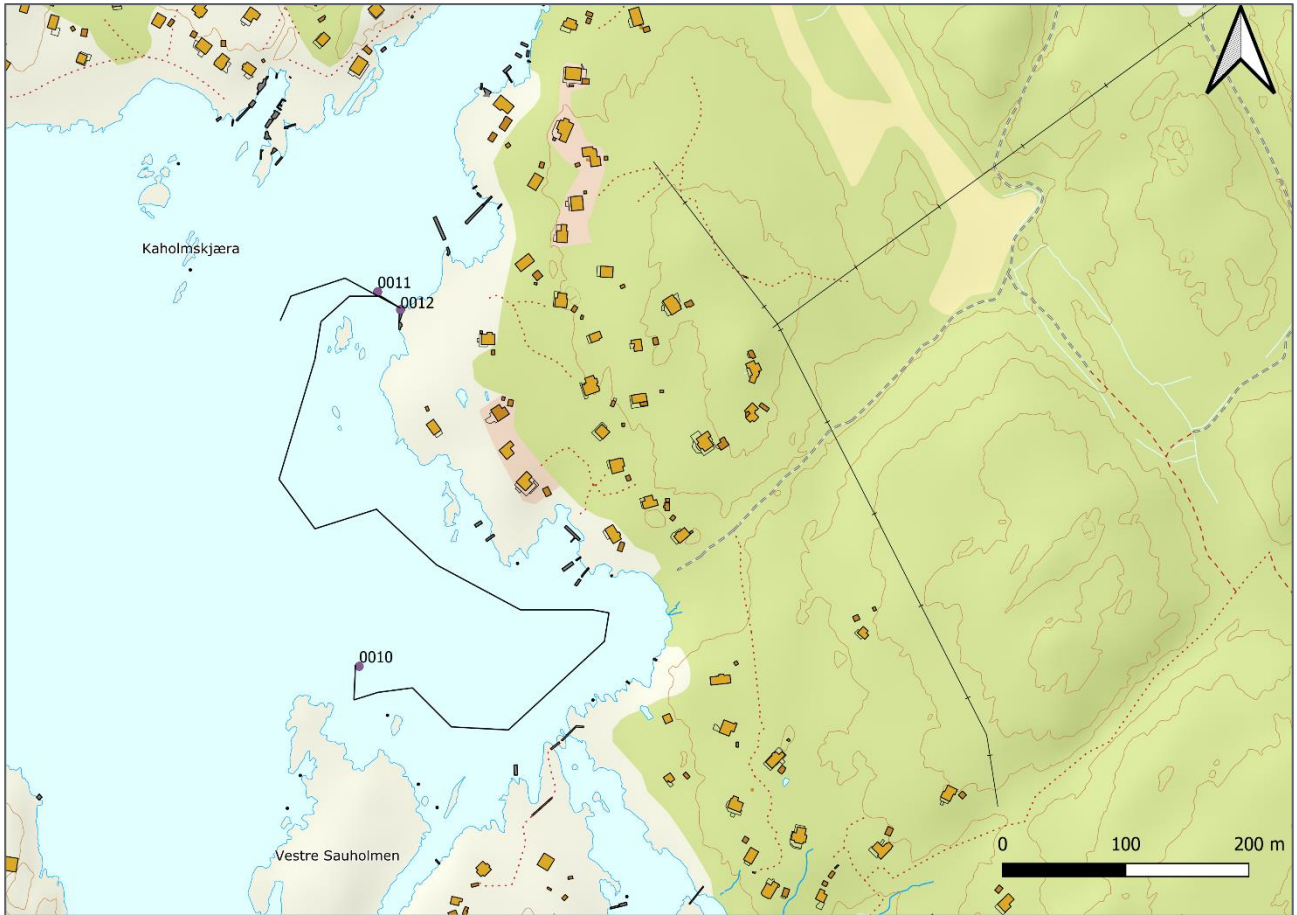


Figur 17: Transekt for kartlegging av blåskjellbanker ved Tjeldholmen.

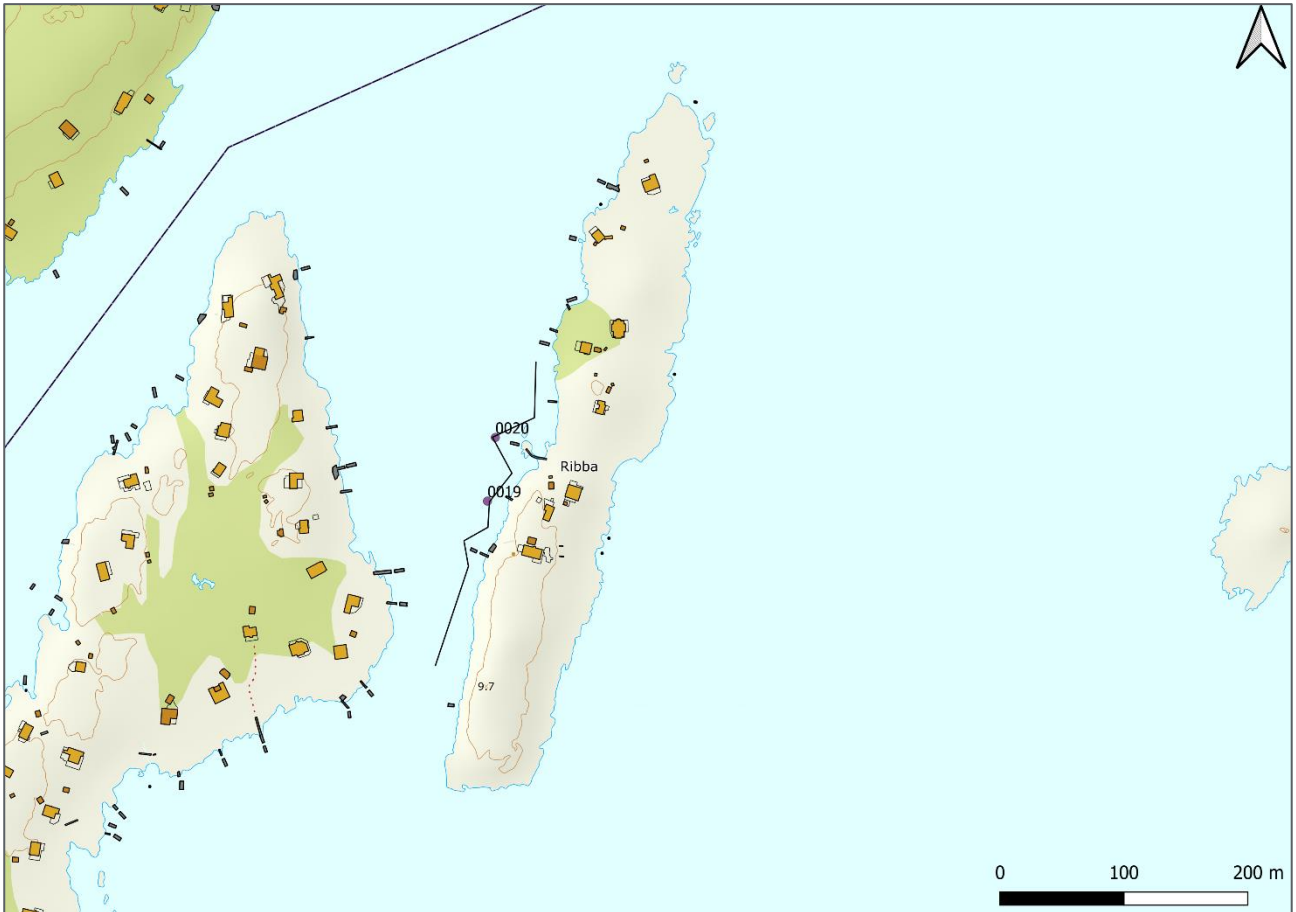


Figur 18: Transekt for kartlegging av blåskjellbanker ved Tangodden.

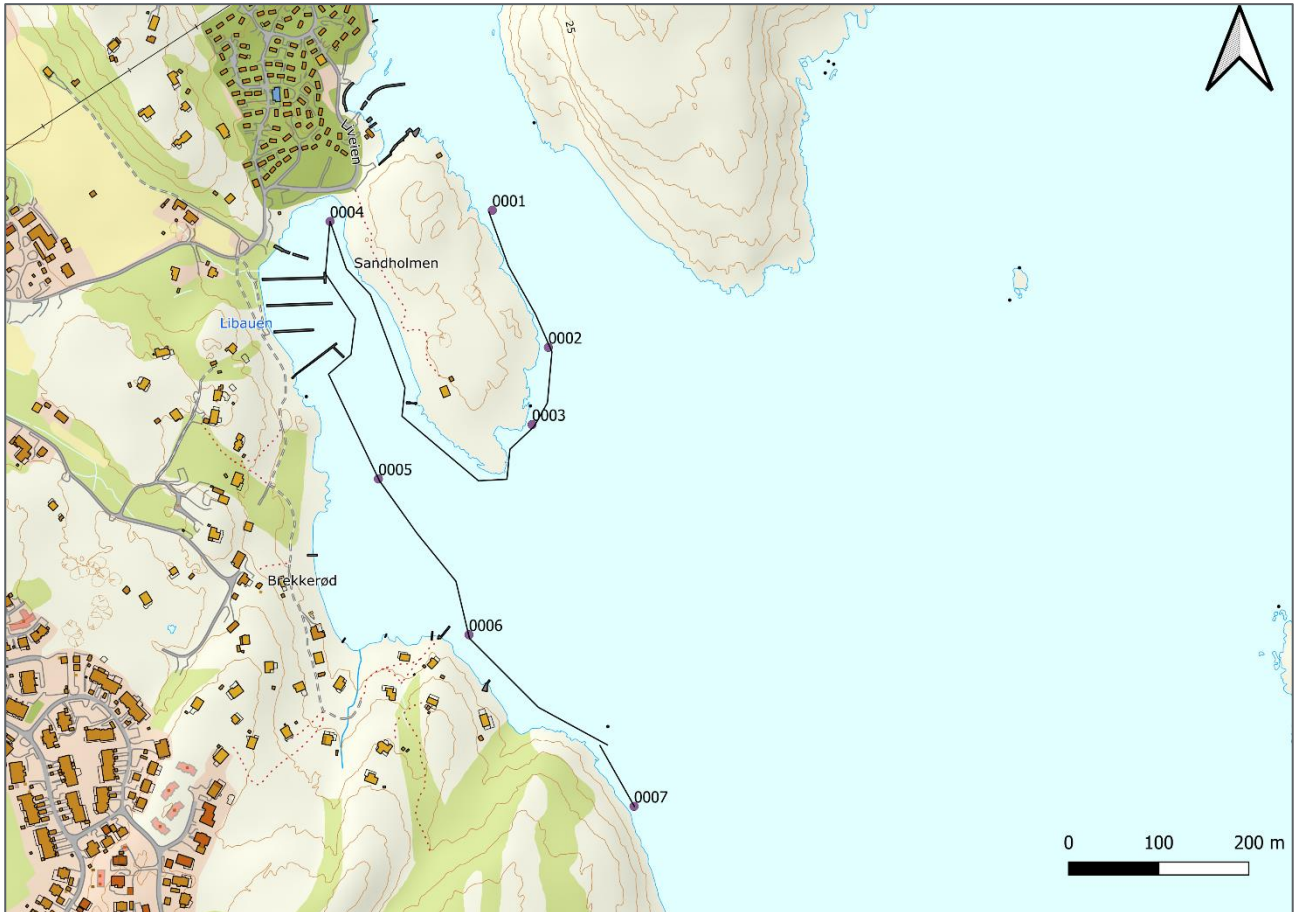




Figur 19: Transekt for kartlegging av blåskjellbanker ved Sauholmen.



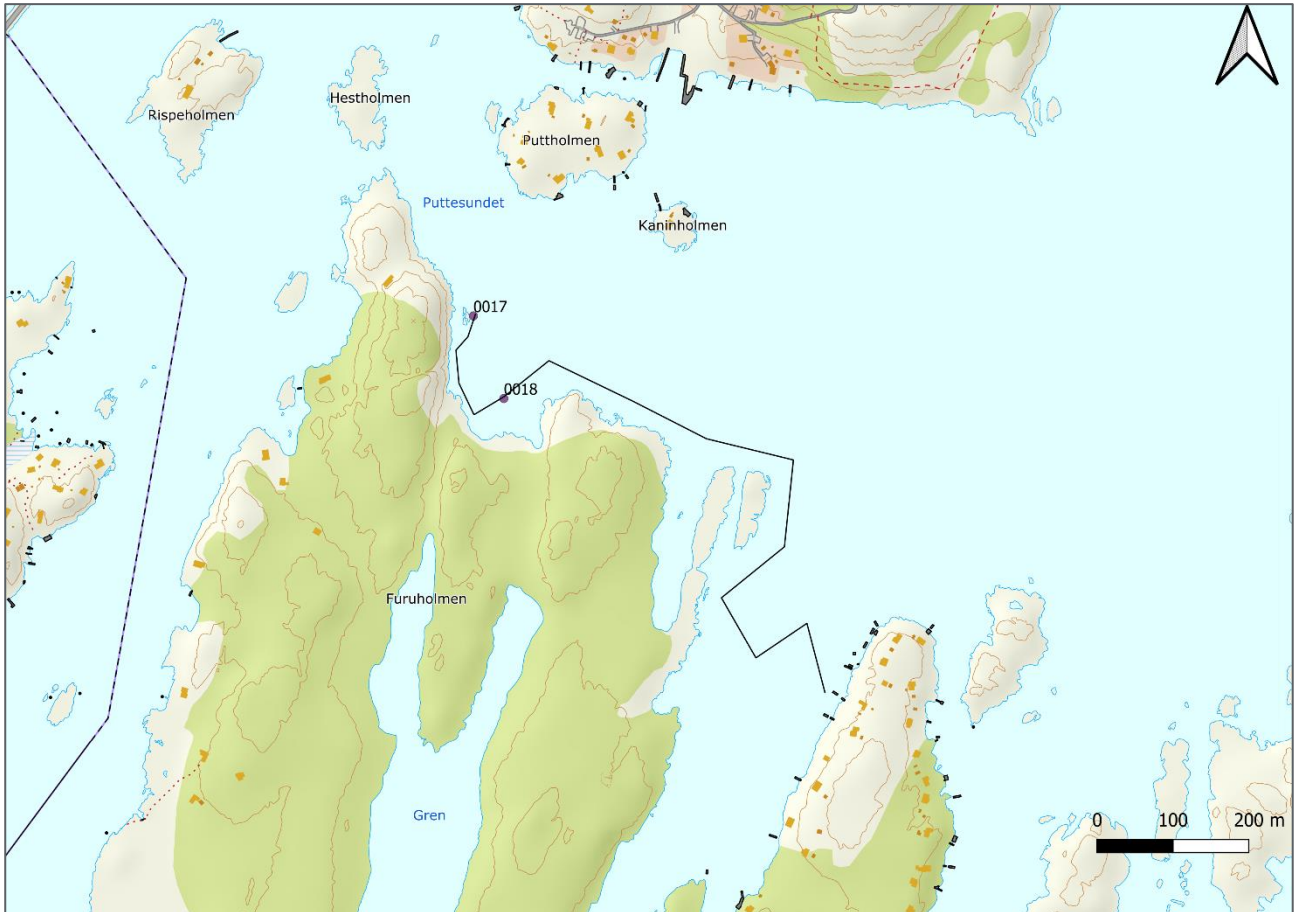
Figur 20: Transekt for kartlegging av blåskjellbanker ved Ribba.



Figur 21: Transekt for kartlegging av blåskjellbanker ved Libauen.

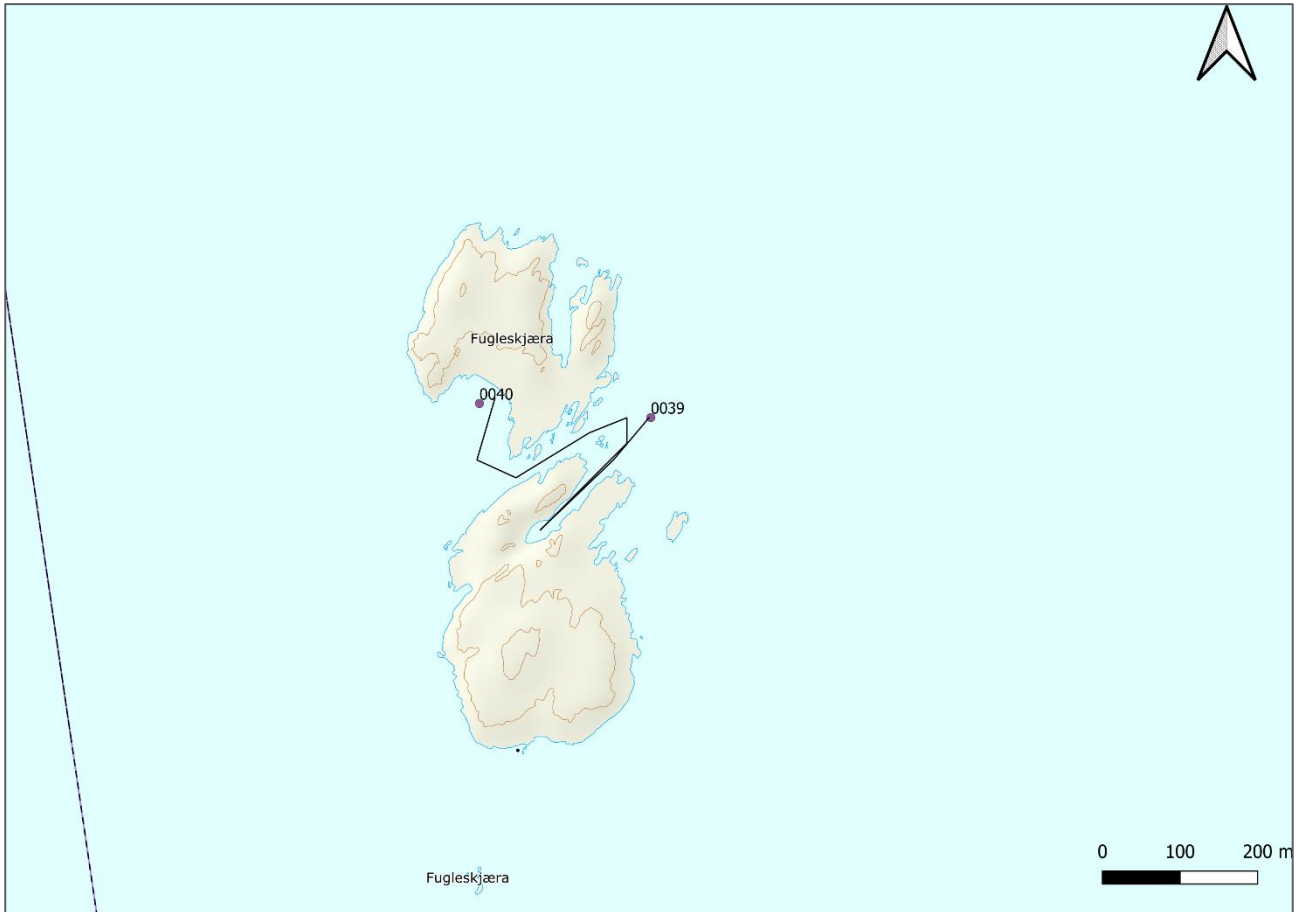


Figur 22: Transekt for kartlegging av blåskjellbanker ved Humlekjær og Ramsøy.

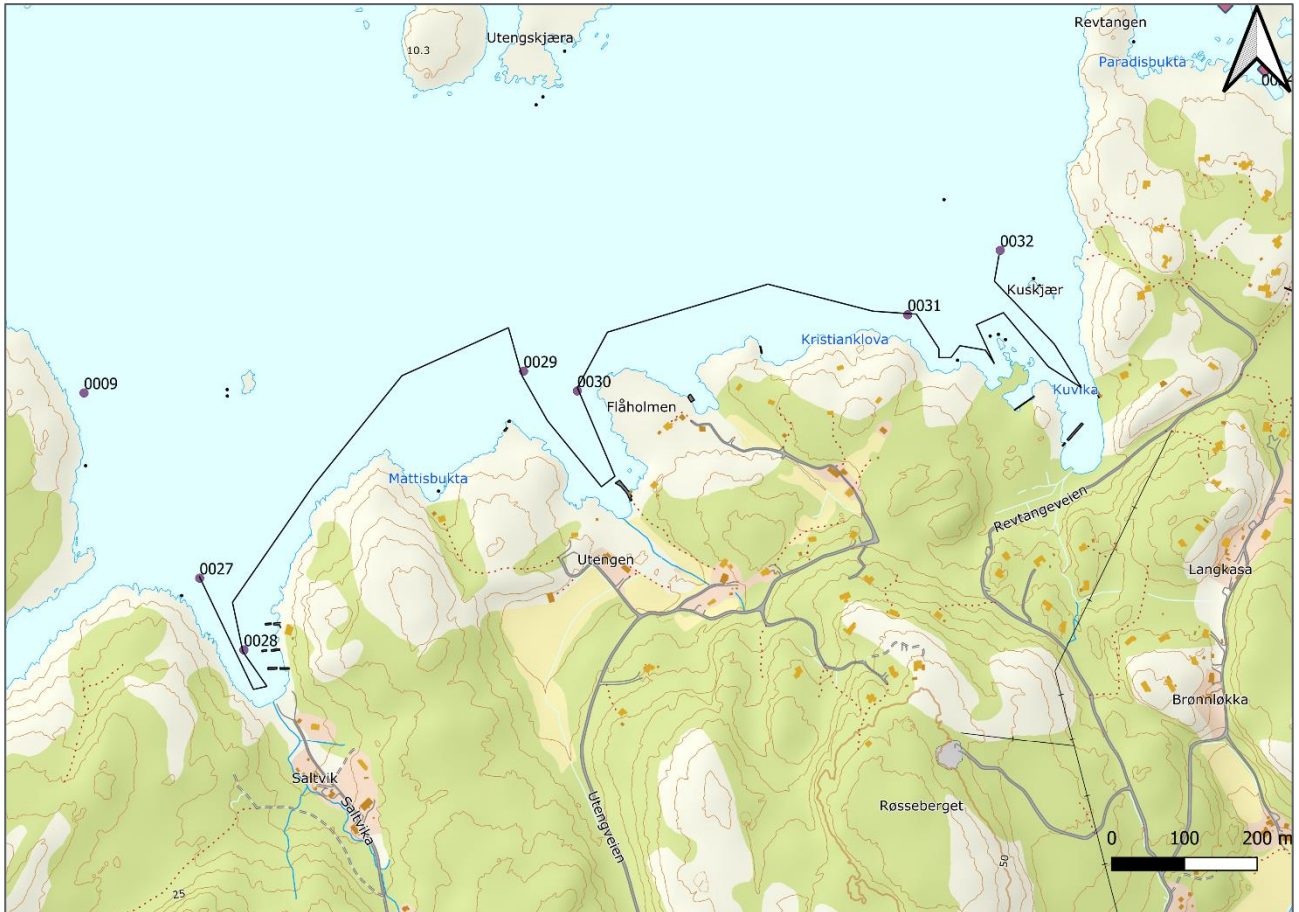


Figur 23: Transekt for kartlegging av blåskjellbanker ved Puttesundet.





Figur 24: Transekt for kartlegging av blåskjellbanker ved Fugleskjæra.



Figur 25: Transekt for kartlegging av blåskjellbanker ved Kjøkøy nord (Mattisbukta, Kuvika etc.)

# Vedlegg C

DNV, 2021. BORG HAVN UTBEDRING AV  
FARLED: DOKUMENTASJON PÅ  
PÅVIRKNING I GYTEPERIODE FOR  
KYSTTORSK, SAMT UTREDNING AV  
VANNUTSKIFTNING

KYSTVERKET BORG HAVN

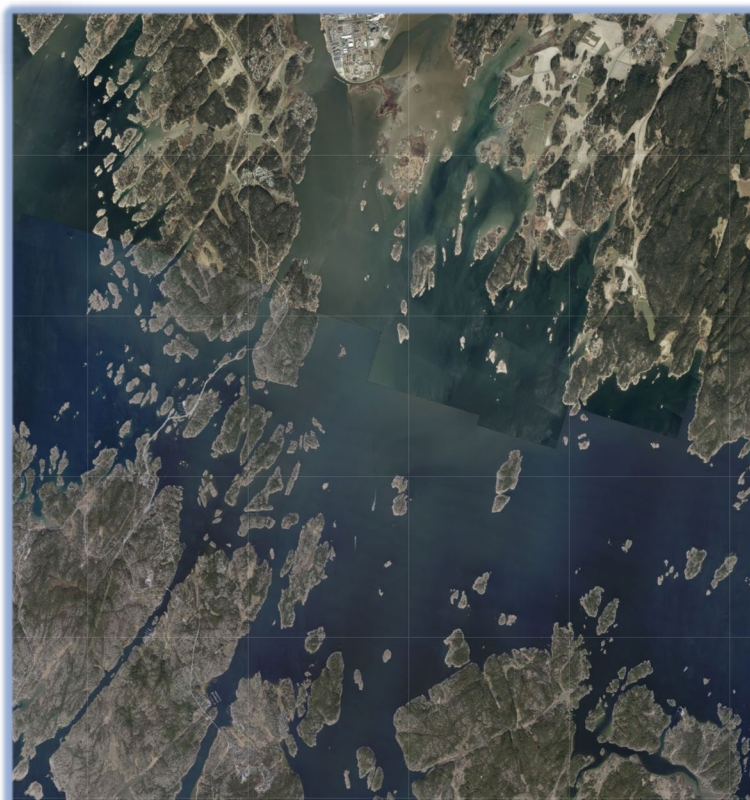
# Borg havn utbedring av farled: Dokumentasjon på påvirkning i gyteperiode for kysttorsk samt utredning av vannutskiftning.

**Kystverket**

**Rapportnr.:** 2021-0774, Rev. 0

**Dokumentnr.:** 1044755

**Dato:** 2021-02-25



Prosjektnavn: Kystverket Borg Havn DNV GL AS Oil & Gas  
Rapporttittel: Borg havn utbedring av farled: Dokumentasjon Environmental Risk Management  
på påvirkning i gyteperiode for kysttorsk samt Veritasveien 1  
utredning av vannutskiftning.  
Oppdragsgiver: Kystverket, Sorenskriver Bulls G. 3  
6002 Ålesund  
Norway 1363 Høvik  
Kontaktperson: Henrik Langseth Kristoffersen Norway  
Dato: 2021-02-25 Tel: +47 67 57 99 00  
Prosjektnr.: 10268173 NO945748931  
Org. enhet: Environmental Risk Management  
Rapportnr.: 2021-0774, Rev. 0  
Dokumentnr.: 1044755

Levering av denne rapporten er underlagt bestemmelsene i relevant(e) kontrakt(er):  
Bestillingsreferanse 32605046. DNV GL gir Kystverket tillatelse til å fritt distribuere rapporten.

Oppdragsbeskrivelse:

Utført av:

Verifisert av:

Godkjent av:

Øyvind Fjukmoen  
Principal Consultant

Thomas Møskeland  
Senior Principal Consultant

Tor Jensen  
Vice President - Head of Section

Eirik Sæbø  
Consultant

Beskyttet etter lov om opphavsrett til åndsverk m.v. (åndsverkloven) © DNV GL 2021. Alle rettigheter forbeholdes DNV GL. Med mindre annet er skriftlig avtalt, gjelder følgende: (i) Det er ikke tillatt å kopiere, gjengi eller videreformidle hele eller deler av dokumentet på noen måte, hverken digitalt, elektronisk eller på annet vis; (ii) Innholdet av dokumentet er fortrolig og skal holdes konfidensielt av kunden, (iii) Dokumentet er ikke ment som en garanti overfor tredjeparter, og disse kan ikke bygge en rett basert på dokumentets innhold; og (iv) DNV GL påtar seg ingen aktsomhetsplikt overfor tredjeparter. Det er ikke tillatt å referere fra dokumentet på en slik måte at det kan føre til feiltolkning. DNV GL og Horizon Graphic er varemerker som eies av DNV GL AS.

DNV GL distribusjon:

- ÅPEN. Fri distribusjon, intent og eksternt.  
 INTERN. Fri distribusjon internt i DNV GL.  
 KONFIDENSIELL. Distribusjon som angitt i distribusjonsliste. Distribution within DNV GL according to applicable contract.\*  
 HEMMELIG. Kun autorisert tilgang.

\*Distribusjonsliste:

Nøkkelord:

Mudring, deponering, partikkelspredning, modellering, sedimentering, torskelarver, Borg havn

Rev.nr.	Dato	Årsak for utgivelser	Utført av	Verifisert av	Godkjent av
A	2021-02-15	First draft	FJUKM	THM	
0	2021-02-23	First issue	FJUKM	THM	TJEN



## Innholdsfortegnelse

1	SAMMENDRAG.....	1
2	INTRODUKSJON .....	3
3	BAKGRUNN.....	3
3.1	Gytefelt torsk	3
3.2	Tiltak og tiltaksområder	5
3.3	Relevante tidligere studier relatert til gytefelt torsk og mudring ved Borg	8
4	VURDERING AV TILTAK OG PÅVIRKNING PÅ GYTEFELT I GYTEPERIODE FOR TORSK.....	15
4.1	Bakgrunn/hensikt	15
4.2	Effekter på torsk, egg og larver fra suspenderte partikler	15
4.3	Metode	19
4.4	Risikovurdering tiltak og gyteperiode	24
4.5	Diskusjon	32
4.6	Konklusjon og anbefalinger	33
5	UTREDNING AV SPRENGNING GRUNNER OG VANNUTSKIFTNING.....	34
5.1	Bakgrunn/hensikt	34
5.2	Metode	34
5.3	Konklusjon	44
5.4	Vurdering larvedrift basert på DHIs modellering	45
6	REFERANSER .....	47

### VEDLEGG A - DHI rapport. Strømningsmodell i Hvalerskjærgården

- Vannutvekslingen mellom utsiden og innsiden av Hvalerøyene

## 1 SAMMENDRAG

DNV GL i samarbeid med DHI har på vegne av Kystverket utført en studie av mulige effekter på kjente gytefelt for torsk fra planlagte mudring og sprengningsoperasjoner i innseilingsleden til Borg havn.

Det er gjort vurderinger av om tiltak i noen deler av tiltaksområdet kan foregå i gyteperioden for kysttorsk (1. januar – 30. april) uten å belaste gytefeltene.

Det er også utredet om sprengning av grunner i ytre deler av tiltaksområdet vil kunne endre vannutveksling mellom «utsiden» og «innsiden» av Hvalerøyene slik at området potensial som gytefelt kan forringes.

### Vurderingene for spredning av partikler og påvirkning på gytefeltene

Vurderingene for spredning av partikler og påvirkning på gytefeltene fra dette er konservative, og verst tenkte tilfelle («worst case» scenarier) er benyttet:

- Vurderinger er basert på opprinnelige omsøkte mengder masser.
- Modelleringsdata av partikkelspredning (DREAM, utført av SINTEF i 2018) omfatter utførelse av tiltak i periode med størst vannføring i Glomma (mai) hvor det er forventet størst spredning av partikler i overflatelaget av vannmassene og særlig fra de nordligste mudringsoperasjoner ved Borg havn (tiltaksområde Borg 1), mens det i gyteperioden for torsk vil være mindre vannføring i Glomma og mindre sannsynlighet for spredning fra disse operasjonene.
- Det er benyttet modellresultater med 95% konfidensintervall for antatte mengder av forurensede masser som fjernes. Altså konservativt med tanke på spredning av masser i de øverste sedimentlag i Røsvikrenna og Fuglevikbukta.

Gjennomgang av modellerte scenarier (SINTEF, 2018) og vurderinger av effekter basert på litteraturstudie og kjente grenseverdier har vist at:

- Det konkluderes generelt med at mudring av masser ved alle grunner sør for grunnen Flyndregrunnen har høy konflikt med gytefelt for torsk og bør ikke utføres i gyteperioden (1. januar-30. april). Øvrige arbeidsoperasjoner innenfor tiltaket har lav eller ingen konflikt og bør kunne utføres i gyteperioden.
- Mudring av forurensede masser med langtrekkende bakgraver i Borg 1, mudring av ikke-forurensede masser med liten sugemudrer i Borg 1 og deponeringer ved Svaleskjær vil ikke påvirke gytefeltet for torsk negativt, og kan utføres i gyteperiode for torsk.
- Deponeringer ved Møkkalasset vil ikke påvirke gytefeltet Flyndregrunnen negativt (teoretiske verdier på <0,002 mg/l) og kan utføres i gyteperiode for torsk.
- Mudring av forurensede masser med bakgraver i Borg 1 representerer verst tenkte tilfelle for spredning fra operasjonene i Borg 1 og har sedimentasjon som viser noe overlapp med nordlig grense av gytefelt Flyndregrunnen. Grad av konflikt ansees som lav, og kan utføres i gyteperiode for torsk forutsatt at metode benyttes tilsvarende det som er modellert. Total deponering i randsone gytefeltet nord viser et nedslag på maksimalt 0,3-1 mm etter fullført operasjon. Maksimal eksponering av partikler i vannmassen er 8,5 mg/l (1 time totalt for hele perioden). Antall timer med eksponering over 3 mg/l er 23 timer for hele mudringsoperasjonen, sjelden over 2 timer sammenhengende. Antall timer med eksponering over 5 mg/l er totalt 5 timer for hele mudringsoperasjonen.

- Mudring av ikke-forurensede masser med wireoperert grabb og stor sugemudrer Borg 1 og 2 har høy grad av konflikt for deloperasjoner mudring Belgebåen, Fugleskjær, Tjeldholmen, og Lubbegrunnen, noe for Løpeungen, og bør ikke mudres i gyteperiode for torsk. Operasjoner i Borg 1 kan utføres i gyteperiode for torsk.
- Tiltak for å minimere spredning under mudring og deponerings operasjonene må benyttes. Det er av stor viktighet at operasjonene utføres skånsomt ved at diffusor benyttes under deponering og at det ved mudring med bakgraver for eksempel ikke graves større volum enn det skuffen kan holde og at måten graveskuffen beveges gjennom vannet til overflaten utføres kontrollert. Ved sugemudring skal systerne ikke overfylles. Avvik fra dette vil kunne medføre større spredning av partikler enn det de modellerte scenarier tilsier.
- Et overvåkingsprogram som kontinuerlig monitorer tilførsel av partikler til gyteområdene bør være på plass ved mudring i gyteperiode for torsk.

### **Utredning av mudring/ sprengning og effekter på vannutskiftning basert på DHIs hydrodynamiske modellering**

- Valideringer av modellen har vist at modellen beskriver tidevann og residual vannstand godt, sammenligningene av strømhastighetene viser en fornuftig overenstemmelse, og at lagdelingen for salinitet og temperatur er godt beskrevet.
- Undersøkelsen av vannutvekslingen er basert på inn- og utstrømningslinjer, og massebudsjetter, som beskriver inn- og utstrømning av vann, salt og varme over utvalgte tverrsnitt, og vann, salt og varmebalanse innenfor de to gyteområdene.
- Undersøkelsene før- og etter tiltak viser for inn- og utstrømningslinjene at det kun er en liten endring i gjennomstrømningen, som kan sies å være såpass liten at endringen i vann, salt og varmeutvekslingen er minimal. Det skal merkes at det i perioden hvor det er lavere vannføring i Glomma (januar-april), kommer det mer tidevann opp i Glomma fra Østerelven etter tiltak. Dette tidevannet ser ut til å gå delvis ut gjennom Vesterelven, siden mer salt strømmer gjennom her etter tiltak. Den totale vannføringen endres likevel ikke mye. Når vårfloppen kommer (mai - juni) er endringen mellom før- og etter tiltak liten.
- For vannutvekslingen til de gitte gyteområdene til torsk er det minimal endring i det stående vannet, -saltet og -varmen i massebudsjettene.
- Det er også vist at lagdelingen i interesseområdet er tilnærmet uendret før- og etter tiltak.
- Den planlagte mudringen/sprengningen av fem grunner og i Glomma ved Røsvikrenna har svært begrenset innvirkning på den samlede vannutvekslingen for Hvalerskjærgården. Med hensyn til vann, varme og saltbalansen i de to gyteområdene, har prosjektet nærmest en ubetydelig effekt.

## 2 INTRODUKSJON

Kystverket har mottatt tillatelse gitt av Miljødirektoratet, til mudring, sprengning og deponering i forbindelse med utbedring av innseilingen til Borg havn (18.10.2019). Tillatelsen er gitt på strenge vilkår for å hindre at tiltaket får uakseptable negative konsekvenser for berørte, svært verdifulle og sårbare naturverdier og for friluftslivsinteresser. I tillatelsen stilles det blant annet krav om utredning av mulige endringer i vannutskiftning skapt av tiltakene. Det settes som forutsetning for eventuelt arbeid i gyteperioden for torsk at:

*Senest 9 måneder før anleggsarbeidet igangsettes skal Miljødirektoratet, for at det eventuelt skal være aktuelt å gjennomføre tiltak i gyteperioden for torsk, motta følgende informasjon:*

*- Teoretisk dokumentasjon på at tiltak i noen deler av tiltaksområdet kan foregå i gyteperioden for kysttorsk (1. januar – 30. april) uten å belaste gytefeltene, jf. Tillatelsen pkt 4.1.*

*Senest 9 måneder før anleggsarbeidet igangsettes skal Miljødirektoratet motta følgende informasjon:*  
*- Utredning av om sprengning av grunner i Borg 2 vil kunne endre vannutveksling mellom «utsiden» og «innsiden» av Hvalerøyene slik at områdets potensial som gytefelt kan forringes, jf tillatelsen pkt. 4.3.*

DNV GL i samarbeid med DHI har utarbeidet denne rapporten for svare på disse to punktene. Rapporten er delt inn to hoveddeler hvor disse to problemstillingene er utredet separat; vurdering av effekter fra mudringsoperasjonene på gytefelt for kysttorsk og dokumentasjon på at tiltak i enkelte deler kan utføres uten risiko for gytefeltene (seksjon 4) og utredning av mudring/ sprengning og effekter på vannutskiftning (seksjon 5).

Vurdering av effekter fra mudringsoperasjonene er gjort basert på tilgjengelige modellresultater for partikkelspredning utført av SINTEF (2018), litteratursøk og kjente grenseverdier for effekt. Utredning av effekter på vannutskiftning er gjort basert på hydrodynamisk modellering utført av DHI i dette prosjektet.

## 3 BAKGRUNN

### 3.1 Gytefelt torsk

Gytefelt er et nøkkelområde for reproduksjon hos fisk. Utbygging og tiltak kan redusere verdien av et gytefelt gjennom å påvirke rekruttering og overlevelse. Ulike tiltak kan på forskjellige måter føre til fysiske endringer i miljøet fiskene er avhengige av. Det er likevel stor usikkerhet knyttet til hvilken effekt og hvor stor effekt forskjellige tiltak vil ha på et gytefelt (Espeland et al., 2013).

Som del av «Nasjonalt program for kartlegging av marine naturtyper» og «Program for kartlegging av gytefelt og oppvekstområder for kommersielt viktige arter i kystsonen» kartlegger Havforskningsinstituttet (HI) gytefelt for kysttorsk (*Gadus morhua*). Datasettene for Havforskningsinstituttets kartlegging av gytefelt for kysttorsk bygger på en sammenstilling av eggdata og strømmodellering. I tillegg har Fiskeridirektoratet gjort kartlegging av gytefelt (kalt gyteområder) gjennom intervjuundersøkelser/ kjent forekomst av gytemoden fisk. Intervjuundersøkelsene er ikke testet i forhold til biologiske vitenskapelige undersøkelser.

I nærområdet til Borg havn har Havforskningsinstituttet identifisert fire gytefelt for torsk (Figur 3-1). Detaljer er gitt i Tabell 3-1, to av feltene er ikke verdivurdert. I nærområdet til Borg ble det i 2019 tatt håvtrekk/prøver, disse avventer genetisk analyse og videre verdivurdering, eggantallet var oppgitt til å være relativt lavt (pers. komm., HI Sigurd Heiberg Espeland). De fire avgrensede gytefeltene identifisert

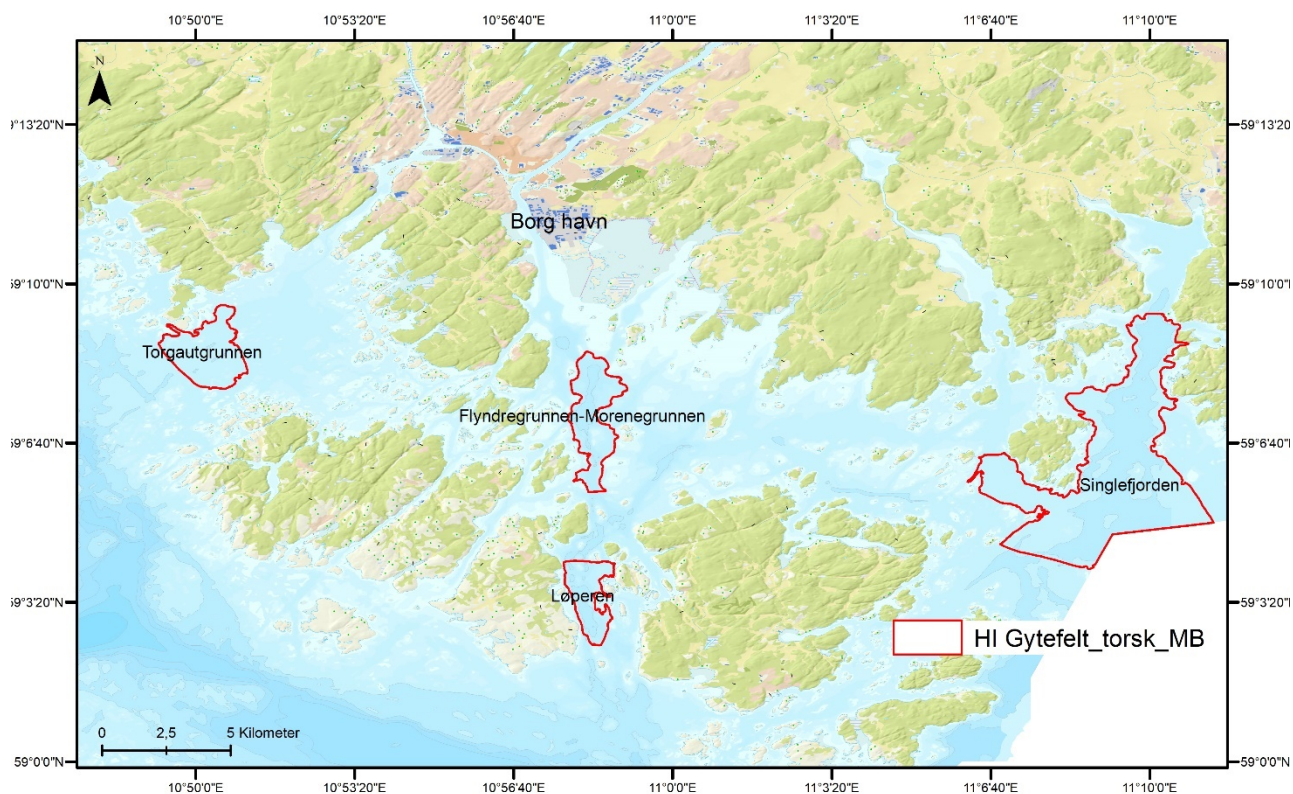
av HI danner grunnlaget for vurderinger i denne rapporten. Gytefeltet «Flyndregrunnen» ligger nærmest de planlagte mudring og deponeringsarbeider ved Borg. **Vi gjør oppmerksom på at dette gytefeltet Flyndregrunnen ikke må forveksles med grunnen «Flyndregrunnen» som skal mudres og som ligger nærmere Borg havn** (se Figur 3-2).

Gyteperioden for kysttorsk er satt til å være fra 1. januar til 30. april. For å beskytte kysttorsken i Oslofjord-området vedtok Nærings- og fiskeridepartementet i april 2019 en forskrift med forbud mot alt fiske av torsk hele året langs kysten fra og med Telemark til svenskegrensen. I tillegg forbyes all annen fiskeaktivitet av alle arter i 14 gyteområder for kysttorsken i gyteperioden 1. januar – 30. april.

**Tabell 3-1** Gyteområder torsk i nærheten av Borg (kilde: Fiskeridirektoratet, kartlag Gytefelt torsk MB, <https://open-data-fiskeridirektoratet-fiskeridir.hub.arcgis.com/>).

Stedsnavn	Bmverdi*	Info	Opphav
<b>Flyndregrunnen – Morenegrunnen</b>	D	Kun intervjuinformasjon	HI Flødevigen
<b>Løperen</b>	D	Kun intervjuinformasjon	HI Flødevigen
<b>Torgautgrunnen</b>	C	C-1 Mindre viktig gytefelt	HI Flødevigen
<b>Singlefjorden</b>	C	C-1 Mindre viktig gytefelt	HI Flødevigen

\* Verdivurdering henhold til DN håndbok 19-2007. C- områder som ansees som viktige på lokalt nivå, D - Ikke verdivurdert grunnet mangelfulle eggdata/retensjonsberegninger (D er ikke en kategori i DN håndbok men intern HI kategori).



**Figur 3-1** Gytefelt torsk (kartlagt av Havforskningsinstituttet) i nærheten av innseiling Borg havn.



## 3.2 Tiltak og tiltaksområder

### 3.2.1 Generelt

Omsøkte tiltaksplaner omfatter fjerning/flytting av totalt ca. 3 000 000 m<sup>3</sup> masser (forurensede masser, rene masser og utsprengt fjell samlet) fra farled inn mot Borg havn. Mengdeberegningene har endret seg siden søknaden, og tillatelsen ble gitt, og er per i dag estimert til å omfatte ca. 1 800 000 m<sup>3</sup> masser (dvs. en reduksjon på ca. 1 200 000 m<sup>3</sup> masser i henhold til omsøkt tiltak). En oversikt over mengder ulike delområder omsøkt tiltak og nåværende tiltak er gitt i Tabell 3-2 og Tabell 3-3.

Det bemerkes at vurderinger av effekter av mudring på gytefelt for kysttorsk, og om tiltak kan utføres i deler av tiltaksområdet (Kapittel 4) er basert på de opprinnelige omsøkte mengder. Modelleringer av partikkelspredning (SINTEF, 2018) er basert på de omsøkte masser og dermed er et konservativt mål på mulige effekter fra partikkelspredning (verst tenkte tilfelle / «worst case scenario»).

Hydrografiske modelleringer (kapittel 5) baserer seg på siste gjelde batymetridata oversendt til DHI fra kystverket, samt opprinnelige dybder der det manglet data, og er også konservativt med tanke på faktiske endringer i dyp som vil finne sted.

Det henvises til Multiconsult (2018), vedlegg til søknad, for detaljert beskrivelse av bakgrunn for tiltak og detaljert informasjon om planlagte arbeider. Kort oppsummering basert på dette er gitt under.

Tiltaksområdet for utdyping strekker seg over ca. 18 km fra Borg havn i Fredrikstad kommune til grunnen Duken i Hvaler kommune (se Figur 3-2). Leden skal utvides fra 90 til 150 m. Mudringsmasser i tilstandsklasse I-III (heretter beskrevet som ikke-forurensede masser) fra utdypingen av Borg 1 og Borg 2 skal deponeres i sjø, på henholdsvis Møkkalasset og Svaleskjær. De to sjødeponiene ligger på kommunegrensen mellom Fredrikstad og Hvaler, på Ramsø-flaket. Forurensede mudringsmasser i tilstandsklasse IV-V skal deponeres i landdeponi godkjent for mottak av forurensede sedimenter, dels i strandkantdeponi ved Frevar og dels i annet deponi som ikke er fastlagt på søknadstidspunktet.

Tiltak som skal utføres er i søknad til Miljødirektoratet oppsummert som følger:

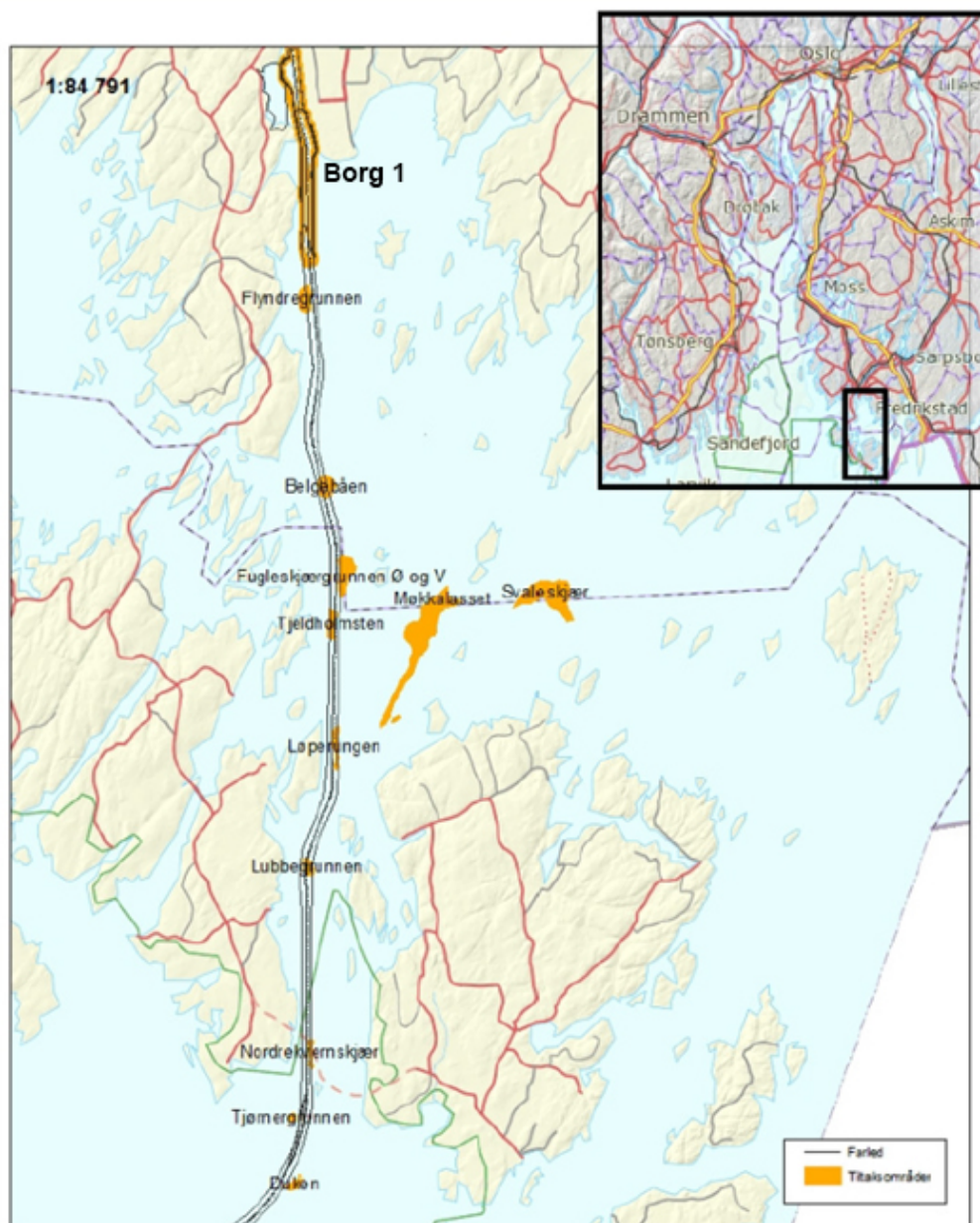
#### **Delprosjekt 1: Borg 1**

- Mudring av Røsvikrenna og området ved Borg havn samt etablering av snuplass i Fuglevikbukta.
- Mudring av ca. 700 000 m<sup>3</sup> forurensede masser (tilstandsklasse IV-V, jfr. Miljødirektoratets veileder M-608/2016) og ca. 2 050 000 m<sup>3</sup> rene og lettere forurensede masser, heretter omtalt som ikke forurensede masser (tilstandsklasse I-III, jfr. Miljødirektoratets veileder M-608/2016). Mengdene er oppgitt som målt in situ som faste masser.
- Sprengning av ca. 450 m<sup>3</sup> fjell.
- Deponering av forurensede masser i deponi hos Frevar IKS samt i tilleggsdeponi som ikke er avklart på søknadstidspunktet.
- Deponering av ikke forurensede sedimenter i sjøbunnsdeponiene Møkkalasset og Svaleskjær.

#### **Delprosjekt 2: Borg 2**

- Mudring og/eller sprengning av 9 grunner fra Flyndregrunnen til Duken.
- Mudring av om lag 50 000 m<sup>3</sup> forurensede og ca. 510 000 m<sup>3</sup> ikke-forurensede løsmasser (målt in situ som faste masser).

- Sprengning av om lag 250 000 m<sup>3</sup> fast fjell, sprengsteinen skal deponeres på sjøbunnen like utenfor hver grunne.
- Forurensede masser skal deponeres i deponi hos Frevar IKS, ikke-forurensede sedimenter planlegges deponert i sjøbunnsdeponiene Møkkalasset og Svaleskjær.



**Figur 3-2** Farleden inn til Borg Havn ved utløpet av Glomma. Områdene Røsvikrenna og Fuglevikbukta utgjør Borg 1, grunnene Flyndregrunnen til Duken utgjør Borg 2. Områdene hvor tiltak skal gjennomføres er merket gult. Tiltaksområdet i Røsvikrenna er markert med gul strek. Det gjøres oppmerksom på at hele området innenfor gul markering skal mudres (Søknad/Multiconsult, 2018).

**Tabell 3-2** Masseskjema opprinnelig omsøkt tiltak

Område		Vann dyp (m)	Rene sedimenter (m <sup>3</sup> )	Forurense de sedimenter (m <sup>3</sup> )	Fjell (m <sup>3</sup> )	Total volum (m <sup>3</sup> )
Borg 1 (Røsvikrenna)	Nordlig del inkl Fuglevikbukta	11,3	407 265	80 404	-	487 669
	Sørlike del	13,3	1 021 552	684 505	450	1 706 507
	<b>Total Borg 1</b>		<b>1 428 817</b>	<b>764 909</b>	<b>450</b>	<b>2 194 176</b>
Borg 2 (Grunner)	Duken	16,3	8 870	-	-	8 870
	Tjørnergrunnen	16,3	-	-	6 698	6 698
	Nordre Kvernskjær	14,7	-	-	2 474	2 474
	Lubbegrunnen	13,5	6 056	-	39 876	45 932
	Løperungen	13,5	3 724	-	58 134	61 858
	Tjeldholmsten	13,5	15 906	-	9 985	25 891
	Fugleskjærgrunnen Vest	13,3	86 107	-	81 026	167 133
	Belgebåen	13,3	221 833	-	50 082	271 915
	Flyndregrunnen	13,3	122 611	52 092	-	174 703
	<b>Total Borg 2</b>		<b>465 107</b>	<b>52 092</b>	<b>248 275</b>	<b>765 474</b>
<b>Total</b>			<b>1 893 924</b>	<b>817 001</b>	<b>248 725</b>	<b>2 959 650</b>

**Tabell 3-3** Masseskjema nåværende tiltak

Område		Vann dyp (m)	Rene sedimenter (m <sup>3</sup> )	Forurense de sedimenter (m <sup>3</sup> )	Fjell (m <sup>3</sup> )	Total volum (m <sup>3</sup> )
Borg 1 (Røsvikrenna)	Nordlig del inkl Fuglevikbukta	11,3	335 690	85 576	9	421 275
	Sørlike del	12,8	402 065	423 457	173	825 695
	<b>Total Borg 1</b>		<b>737 755</b>	<b>509 033</b>	<b>182</b>	<b>1 246 970</b>
Borg 2 (Grunner)	Duken	-	-	-	-	-
	Tjørnergrunnen	-	-	-	-	-
	Nordre Kvernskjær	-	-	-	-	-
	Lubbegrunnen	13,3	16 583	-	25 388	41 971
	Løperungen	13,3	22 411	-	10 222	32 633
	Tjeldholmsten	13,3	22 113	-	11 624	33 737
	Fugleskjærgrunnen Vest	-	-	-	-	-
	Belgebåen	12,8	204 447	-	40 485	244 932
	Flyndregrunnen	12,8	113 953	48 111	-	162 064
	<b>Total Borg 2</b>		<b>379 507</b>	<b>48 111</b>	<b>87 719</b>	<b>515 337</b>
<b>Total</b>			<b>1 117 262</b>	<b>557 144</b>	<b>87 901</b>	<b>1 762 307</b>

### 3.3 Relevante tidligere studier relatert til gytefelt torsk og mudring ved Borg

Det er utført et stort antall studier i forbindelse med de planlagte mudringsoperasjoner i farled inn mot Borg og søknad til Miljødirektoratet.

Av spesiell relevans for dette prosjektet trekkes frem undersøkelser relatert til volumberegninger, forurensningsgrad i sedimentene, strømningsforhold, partikkelinnhold, modellering av partikkelspredning, og miljøkonsekvensvurdering (det henvises til vedlegg i søknaden):

- Vedlegg C: Miljøkonsekvensvurdering ved farledsutbedring til Borg havn (Rambøll, datert 13. juni 2018)
- Vedlegg D: Farledsutbedring Borg havn. Miljøgiftbudsjett (Rambøll, 13. juni 2018)
- Vedlegg E: Modellering av mudrings- og deponeringsoperasjoner. Spredning av finpartikulært materiale (SINTEF-Deltares-Van 't Hoff Consultancy, 31. mai 2018)
- Vedlegg F: Oppsummering av volumberegninger og resultater (Rambøll, 20. mars 2018)
- Vedlegg G: Strømforhold og partikkelkonsentrasjoner i nedre del av Glomma utenfor Borg havn (NIVA, 20. november 2015)
- Vedlegg H: Farledsutbedring Borg havn. Sedimentprøver og analyseresultater. (Rambøll, mai 2018)
- Vedlegg J: Statistisk analyse av forurenset sediment i Borg 1 og Flyndregrunnen, basert på samlet kjemisk analysemateriale frem til 2017 (NIVA, 9. mai 2018)
- Vedlegg K: Farledsutbedring Borg havn. Volum rent og forurenset sediment fra tiltaket – metode og resultater (Rambøll, 17. januar 2018)
- Vedlegg L: Supplerende sedimentundersøkelser, Borg havn (Multiconsult, 3. november 2017)
- Vedlegg R: Reguleringsplaner Fredrikstad og Hvaler kommuner Innseiling Borg havn- Vedlegg B multiconsult.no Generell område- og tiltaksbeskrivelse 2 Områdebeskrivelse 713909-ADM-RAP-002 6. juli 2018

#### 3.3.1 Detaljer vedrørende volumberegninger og miljøgifter

Det er utført flere beregninger av volumer for de enkelte tiltak og antatte mengder forurensede og rene masser som fjernes/deponeres, i den senere tid av NIVA (NIVA, 2018); SINTEF og Van't Hoff (SINTEF, 2018) og av Rambøll (2018b). Rambøll (2018a) oppsummerer og sammenligner disse studiene. Beregningene er utført for ulike konfidensintervaller som gjenspeiler sannsynlighetsgrad for fjerning av forurensede masser (se for eksempel NIVA, 2018 for utfyllende forklaring). Dette er av viktighet for denne gjeldende studien siden det i de følgende vurderinger er benyttet 95% konfidensintervall, som i dette tilfellet regnes som konservativt og vil medføre størst mengde partikler (forurensede) tilgjengelig for spredning mot gytefeltene for torsk fra operasjonene i Røsvikrenna og Fuglevikbukta.

**Tabell 3-4** Sammenstilling av arealer, sediment volumer i tilstandsklassene I-III og IV-V og volum av fjell som planlegges mudret og sprengt i delområdene i farleden inn til Borg havn. Det er beregnet to for-skjellige scenarier for volumet av forurenset sediment, 80 og 95 % konfidensnivå for forurensingstilstand (Rambøll, 2018c).

Område	Areal (m <sup>2</sup> )	80 % konfidensnivå		95 % konfidensnivå		Fjell (m <sup>3</sup> )	Total volum (m <sup>3</sup> )	Total volume, sediment (m <sup>3</sup> )
		Sediment i tiltaks-klasse I-III (m <sup>3</sup> )	Sediment i tiltaks-klasse IV-V (m <sup>3</sup> )	Sediment i tiltaks-klasse I-III (m <sup>3</sup> )	Sediment i tiltaks-klasse IV-V (m <sup>3</sup> )			
<b>Røsvikrenna - Borg 1</b>	675000	1621097	573076	1437144	757029	450	2194623	2194173
<b>Grunner Borg 2</b>	Duken	8900	8870	0	8870		8870	8870
	Tjørnergrunnen	3300	0	0	0	6698	6698	0
	Nordre-Kvernskjær	2412	0	0	0	2474	2474	0
	Lubbegrunnen	17800	6056	0	6056	39876	45932	6056
	Løperungen	11500	3724	0	3724	58134	61858	3724
	Tjeldholmsten	14500	15906	0	15906	9985	25891	15906
	Fugleskjørgrunnen vest	35200	86107	0	86107	81026	167133	86107
	Belgebåen	54800	221833	0	221833	50082	271915	221833
Flyndregrunnen	55400	130293	39057	127284	42066	173476	173476	
<b>Totalt volum Borg 2</b>		427789	39057	469780	42066	248275	764247	515972
<b>Totalt Borg 1&amp;2</b>		<b>2093886</b>	<b>612133</b>	<b>1906924</b>	<b>799095</b>	<b>248725</b>	<b>2954744</b>	<b>2706019</b>
<b>Deponiområder</b>								
	Svaleskjær	150000						
	Møkkalasset	200000						

Rambøll (2018c) har utført miljøgiftbudsjett basert på tidligere studier og konkluderer med at det er kun delområdene Røsvikrenna og Flyndregrunnen som har forurensete overflatesedimenter, og disse er i mindre grad forurenset enn eksempelvis sedimenter i prioriterte havner for miljøoppdydding. En samlet oversikt over sediment volumer i tilstandsklassene I-III og IV-V er vist i Tabell 3-4. Tabellen viser også arealer av tiltaksområdene. Gjennomsnittskonsentrasjoner av stoffene inkludert i miljøgiftbudsjettet er oppsummert i Tabell 3-5. Gjennomsnittskonsentrasjonene i tilstandsklassene I-III og IV-V er benyttet for å beregne spredning som følge av selve mudrings-aktivitetene, dvs. oppvirvling ved mudring og deponering. Eksempel på antatt spredning av miljøgifter i forbindelse med mudring er gitt i Tabell 3-6.

**Tabell 3-5** Gjennomsnittlige konsentrasjoner av miljøgifter (mg/kg) i sedimenter i tiltaks-klasse I-III og IV-V i Borg 1 og Borg 2. For rene sedimenter i Borg 2 er konsentrasjonene vektet etter volum masse som skal fjernes på grunnene. Sedimentene i tiltaks-klasser I-III er planlagt deponert i sjødeponiene Svaleskjær og Møkkalasset (Rambøll, 2018c).

	Borg 1			Borg 2		
	Borg 1 sedimenter i TK I-III (mg/kg)	Borg 1 sedimenter i TK IV-V (mg/kg)	Borg 1 vektet gjennomsnitt	Borg 2 sedimenter i TK I-III (mg/kg)	Borg 2 sedimenter i TK IV-V (mg/kg)	Borg 2 vektet gjennomsnitt
Kobber	23,04	82,11	38,40	26,24	70,78	30,69
Kvikksølv	0,11	0,45	0,20	0,10	0,61	0,15
Antracen	0,0054	0,124	0,036	0,0057	0,0323	0,008
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,0113	0,117	0,038	0,0123	0,0683	0,018
Tributyltin (TBT-ion)	0,0027	0,051	0,015	0,0017	0,0074	0,0023
PCB7	0,0036	0,066	0,020	0,0011	0,0234	0,0033



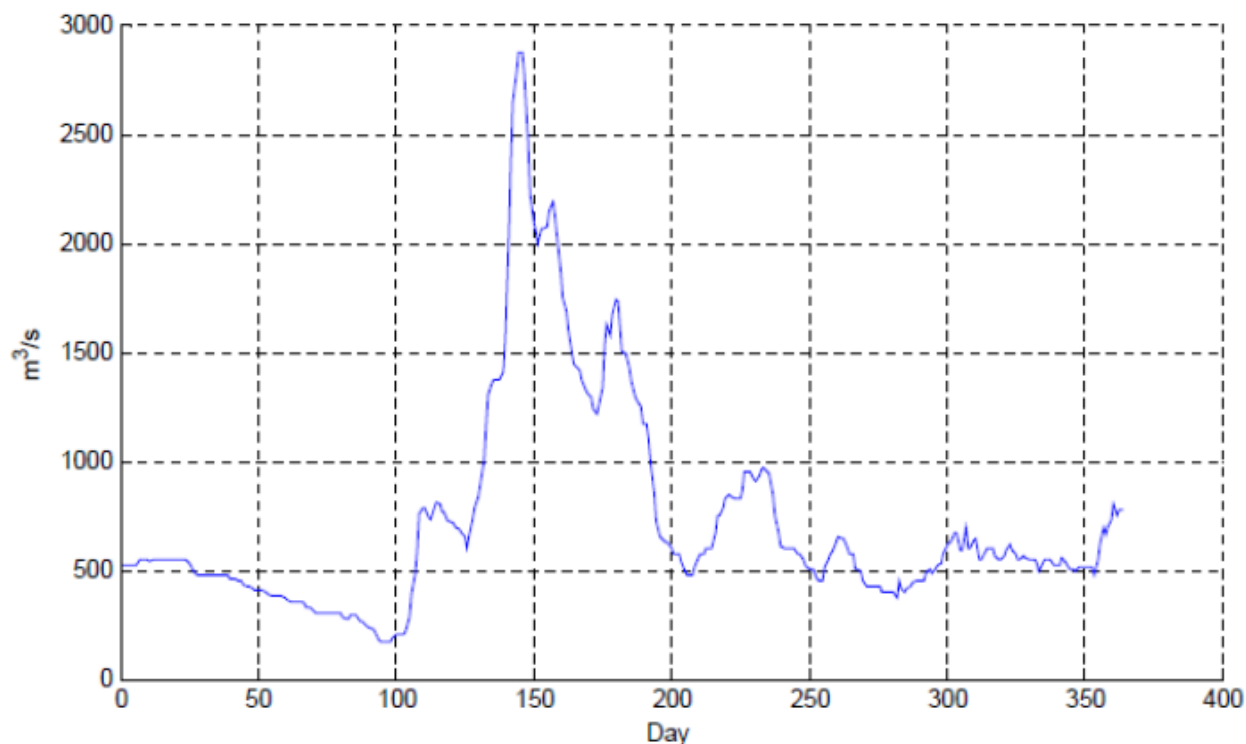
**Tabell 3-6** Beregnet spredning av kobber, kvikksølv, antracen, indeno(1,2,3 - cd)pyren, tributyltin (TBT), og klorerte bifenyler (PCB7) (g) fra sedimentene i mudreområder under tiltak. Spredning er beregnet separat for sedimenter i tilstandsklasser (TK) I-III og IV-V (Rambøll, 2018c).

Mekanisme	Enhet	Kobber	Kvikksølv	Antracen	Indeno (1,2,3-cd) pyren	TBT	PCB7
<b>Spredning som følge av mudring</b>							
<b>Alternativ 1: 80 % konfidensnivå i volumberegninger</b>							
Spredning ved oppvirvling, Borg 1 og 2, TK I-III	g/2 år	146 009	659	34	71	15	19
Spredning ved oppvirvling, Borg 1 og 2, TK IV-V	g/2 år	182 826	1 028	267	257	109	143
Porevannsutpressing under mudring	g/2 år	2 684	4	102	1	1 374	8
<b>Alternativ 1: 95 % konfidensnivå i volumberegninger</b>							
Spredning ved oppvirvling, Borg 1 og 2, TK I-III	g/2 år	135 210	610	31	66	14	18
Spredning ved oppvirvling, Borg 1 og 2, TK IV-V	g/2 år	237 321	1 335	347	333	142	186
Porevannsutpressing under mudring	g/2 år	2 684	4	102	1	1 374	8
<b>Bidrag fra sedimentene - lik for begge alternativer</b>							
Diffusjon fra sediment mudreområde i Borg 1 som mudres	g/år	2 682	4	133	1	1 142	4
Oppvirvling som følge av propellersjon i mudreområde Borg 1	g/år	166 960	876	244	168	1 138	97
Transport via organismer i område Borg 1 som mudres	g/år	45	0	44	4	1 699	32
Diffusjon fra sediment i område Borg 2 som mudres	g/ år	678	1	11	0	64	1
Oppvirvling som følge av propellersjon i mudreområde Borg 2	g/år	52 540	254	22	34	88	15
Transport via organismer i område Borg 2 som mudres	g/år	11	0	4	1	131	5
<b>Alternativ 1: 80 % konfidensnivå i volumberegninger</b>							
Total spredning fra mudreområde under to år (hele tiltaksperiode)	g/2 år	777 350	3 962	1318	746	10 023	478
Sum spredning under tiltak (g/år)	g/år	388 675	1 981	659	373	5 012	239
<b>Alternativ 2: 95 % konfidensnivå i volumberegninger</b>							
Total spredning fra mudreområde under to år (hele tiltaksperiode)	g/2 år	821 047	4 220	1396	817	10 055	520
Sum spredning under tiltak (g/år)	g/år	410 523	2 110	698	408	5 027	260

### 3.3.2 Spredningsmodellering

Opprinnelige beregninger og modellerte scenarier (SINTEF, 2018) er benyttet i dette prosjektet da de utførte scenarier er antatt å representere «worst case» scenarier/ verst tenkte tilfelle av mulige effekter på gytefeltene for torsk. Det foreligger ikke modellerte resultater basert på nåværende masseberegninger for tiltak. Begrunnelse for å benytte de allerede utførte modelleringene er at det er ønskelig å følge føre var prinsippet og ha en konservativ tilnærming til vurdering av om det vil være mulig å utføre enkelte operasjoner i gytetiden for kysttorsk (1. januar – 30. April). Følgende antakelser støtter opp under at denne tilnærmingen vil være konservativ:

- Vurderinger er basert på spredningsmodelleringer for opprinnelige omsøkte mengder masser, som i nåværende fase i utbedringsprosjektet er redusert med omtrent 1 200 000 m<sup>3</sup> masser i forhold til de omsøkte mengder.
- Spredningsmodelleringene er utført for perioden april-oktober (og sammenfaller dermed ikke med gyteperioden). Modellresultatene er likevel vurdert å representere «worst case scenario» da modellen dekker tidsperiode med størst vannføring i Glomma (mai, se Figur 3-3) og dermed representerer størst mulig spredning i de øverste vannmassene fra mudringsoperasjonene i Røsvikrenna og Fuglevikbukta (Borg 1).
- Det er benyttet modellresultater med 95% konfidensintervall for antatte mengder av forurensede masser som fjernes. 80% konfidensintervall kunne vært benyttet, men 95% ansees som mest konservativt med tanke på spredning av partikler fra de øverste sedimentlag i Røsvikrenna og Fuglevikbukta.



**Figur 3-3** Vannføring i Glomma Januar – Oktober 2013 (Michelsen og Alver, 2015) som er brukt som inngangsdata i SINMOD modellen. Merk toppen i vannføring som opptrer i mai måned, og vil representere teoretisk topp i spredning fra mudringsoperasjoner i Røsvikrenna og Fuglevikbukta mot gytefelt for Torsk.

## Om DREAM modellen

SINTEF har gjennomført modelleringer for å vurdere spredning av finpartikulært materiale som følge av mudring og deponering ved ulike metoder. Modelleringene er gjort ved hjelp av SINTEFs partikkelbaserte DREAM-modell (se SINTEF, 2018).

DREAM-modellen bruker et detaljert datasett for strøm generert av SINTEFs numeriske 3D-modell SINMOD. Datasettet dekker de hydrodynamiske forholdene i innseilingen til Borg havn fra 1. april til 8. oktober 2013 og inkluderer de tidsavhengige variasjonene i Glommas vannføring, tidevannsstrømmer og barokline strømmer (strøm som er drevet av helning av tetthetsflater i vannet) samt atmosfæriske påvirkninger. Siden strømdatasettet kun dekker en periode på drøyt 6 måneder, har alle de ulike mudrings- og deponeringsscenariene blitt modellert separat. Dette betyr at det samme strømdatasettet har blitt brukt for alle simuleringene. Det understrekes at den faktiske totale tidsperioden for mudringen av innseilingen til Borg havn vil avhenge av metoder og tidsplan som utarbeides av den valgte operatøren.

Borg havneområde inneholder både forurenset og ikke-forurenset sediment og stein. Basert på omfattende feltmålinger ble lokalitetene av de forskjellige bunnmaterialene bestemt for to usikkerhetsnivåer (konfidensintervall) på 80 % og 95 %. For detaljer se for eksempel NIVA (2018).

Basert på forholdene i Borg havneområde, sediment undersøkelsen og formålet med mudringsarbeidet ble egnede og validerte mudringsteknikker brukt i simuleringen. Mudringsteknikkene ble valgt for å muliggjøre diagnostisk modellering, men valgene forutsetter ikke at det ikke kan være enda mer praktiske og "formålstjenlige" teknikker eller tenkelige operasjoner. For turbiditetsmodelleringen ble kildeverdier tatt fra internasjonal litteratur, felt- og laboratoriemålinger. Disse kildene for turbiditet ble tilpasset DREAM-modellen, som betyr at kun de fine fraksjonene som er tilgjengelig for spredning fra mudrings- og deponeringsoperasjoner, ble modellert, ikke de store klumpene. Med denne tilnærmingen oppnås et akseptabelt nøyaktighetsnivå for å få en idé om hvilke turbiditetsnivåer man kan forvente fra mudringsoperasjonene, gitt det beste og riktige valget av mudringsteknikk.

Modelleringene av mudringsoperasjonene baserer seg på følgende metoder:

- Mudring med bakgraver (forurensete masser)
- Mudring med wireoperert grabb (rene masser)
- Mudring med liten sugemudrer (rene masser)
- Mudring med stor sugemudrer (rene masser)
- Deponering gjennom rør med diffusor (rene masser, mudret med enten wireoperert grabb, liten eller stor sugemudrer).

Bildeeksempler på utstyr/metode er gitt i Figur 3-4. Detaljer omkring ulike mudringsteknikker finnes i DNV (2008). Se videre detaljer for modellerte scenarier i avsnitt 4.3.



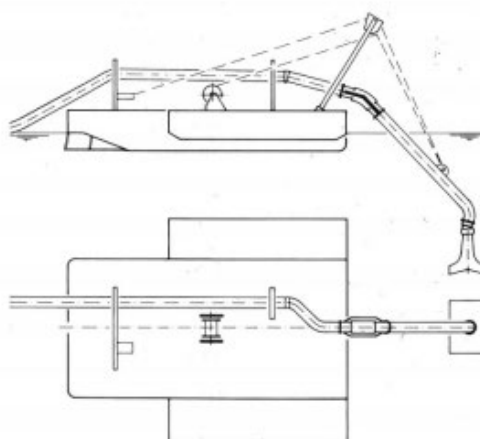
### Bakgraver



### Grabb med wire



### Sugemudrer



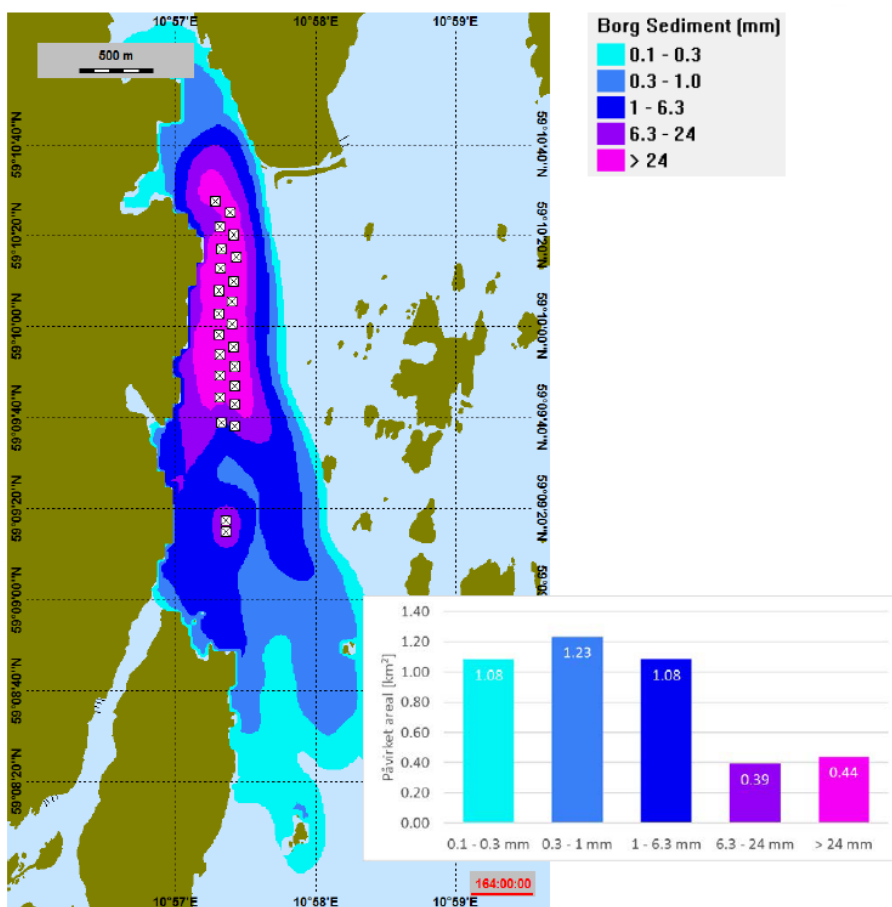
### Diffusor, brukt under deponering (SINTEF, 2018)

**Figur 3-4** Eksempler på mudring og deponeringsutstyr modellert i SINTEF's DREAM modell. Bakgraver (Kilde: Secora og [www.udl.com.hk](http://www.udl.com.hk)). Wireoperert grabb (kilde: Skanska). Utstyr for sugemudring (kilde: [www.damen.nl](http://www.damen.nl) og NCC, Håkonsvern, Bergen). (DNV, 2008). Diffusor (kilde: SINTEF, 2018).

Tabell 3-7 gir en oppsummering over totalt mudret/deponert forurensete og ikke-forurensete masser samt av volum tilgjengelig for spredning, fremkommet ved modellering (antatt å tilsvare 5% av den totale massen). Modelleringen har vist at det er svært liten forskjell mellom spredning av finpartikler i vannsøylen og deponering i sjøbunnsdeponi for 80 % og 95 % konfidensintervall. Spredningen av finpartikler i vannsøylen under mudringsoperasjonen varierer med strømf forholdene. Men når mudringsoperasjonen er avsluttet, vil konsentrasjonen av finpartikler i vannsøylen raskt falle under terskelnivået på 3 mg/l (Multiconsult, 2018).

**Tabell 3-7** Totalt mudret volum og volum tilgjengelig til spredning i vannsøylen (SINTEF, 2018).

	Konfidensintervall	Mudret volum	Volum tilgjengelig for spredning
Total mudret/deponert - forurenset masse	80 %	742 433 m <sup>3</sup>	37 122 m <sup>3</sup>
	95 %	963 728 m <sup>3</sup>	48 186 m <sup>3</sup>
Total mudret/deponert – ikke-forurensete masser	80 %	2 545 293 m <sup>3</sup>	185 656 m <sup>3</sup>
	95 %	2 354 985 m <sup>3</sup>	171 822 m <sup>3</sup>
Totalt volum mudret masse (inkludert over-mudring) og volum tilgjengelig til spredning	80 %	3 287 726 m <sup>3</sup>	222 777 m <sup>3</sup>
	95 %	3 318 713 m <sup>3</sup>	220 008 m <sup>3</sup>



**Figur 3-5** Sediment tykkelse ved slutten av mudring forurensete masser med bakgraver ved Borg 1 og Borg 2 (grunnen Flyndregrunnen). Deponering av forurensete masser > 0.1 mm i lagtykkelse. Mudrelokasjonen er angitt av den hvite firkanten. Påvirket areal i de ulike intervallene er gitt i diagrammet (SINTEF, 2018).



## 4 VURDERING AV TILTAK OG PÅVIRKNING PÅ GYTEFELT I GYTEPERIODE FOR TORSK

### 4.1 Bakgrunn/hensikt

Hensikten med deloppgaven er å gjøre vurderinger av om tiltak i noen deler av tiltaksområdet kan foregå i gyteperioden for kysttorsk (1. januar – 30. april) uten å belaste gytefeltene.

### 4.2 Effekter på torsk, egg og larver fra suspenderte partikler

En oppsummering av noen relevante studier relatert til effekter på torsk, egg og larver er gitt under. Tabeller som oppsummerer resultater fra forsøk relatert til mengde partikler i vannmassene er gitt i Tabell 4-1. Noen studier relatert til forurensningskomponenter (PAH) i vannmassene og larver/ egg er oppsummert i Tabell 4-2.

#### 4.2.1 Generelt

Fiskeegg og larver er generelt mer følsomme for endringer i det naturlige vannmiljø enn voksen fisk. I tillegg har ikke fiskelarver evnen til å svømme vekk fra en partikkelsky på samme måte som voksen fisk og kan derfor potensielt bli eksponert over lengre tid. «Skremme effekter» som holder voksne borte fra gytefeltene må sees i sammenheng med partikkelkonsentrasjon og varighet.


Overlevelse av pelagiske fiskeegg antas først og fremst å avhenge av deres evne til å holde seg flytende i de øvre vannlag hvor det er mest gunstige forhold for overlevelse og utvikling. Ved eksponering fra partikler som hefter seg til eggene kan disse begynne å synke. Eggene vil da synke til de treffer på vannlag med høyere tetthet, eller legger seg på bunnen. I begge tilfeller vil det medføre økt fare for å påtreffes anoksiske forhold, eller vil være ugunstig grunnet økt predasjon, mekanisk eller fysiologisk stress (Engell-Sørensen, 2001).

Fiskelarver er antatt å være mer sensitive til suspendert sediment enn fiskeegg, effektene klassifiseres som sub-letale og letale. For mange arter er synet svært viktig når det gjelder å finne føde, og flere arter deriblant torsk oppdager bytte først ved avstander på noen mm (Batty, 1987; Bone et al., 1995). Det er kritisk viktig at larvene finner føde innen et par dager etter at plommesekk næringen er brukt opp ellers er det risiko for at de vil bli for svake for å søke føde. Ved økt turbiditet (partikkelmengde) i vannet vil sjansen for overlevelse av larver reduseres, og det er dessuten økt sannsynlighet for at partikler vil feste seg til gjellene og medføre kvelning og redusert overlevelse (Groot, 1980). Tidligere undersøkelser har vist at økende turbiditet i vannsøylen fører til endret lysregime i vannsøylen, og dermed endret adferd for fisk som vertikalvandrer. Redusert lysgjennomtrengelighet førte til at bunnfisk som øyepål, laksesild og lysprikkfisk om natten vandret 20-30 m høyere opp i vannsøylen enn normalt for å spise. Torskelarver og yngel befinner seg normalt høyt i vannsøylen om natten for så å vertikalvandre ned til større dyp om natten. Når fisk som predatorer på fiskelarver vandrer høyere i vannsøylen for å spise, kan dette føre til at beitetrykket på fiskelarvene øker (DNV, 2006).

#### 4.2.2 Kjente effekter fra økte mengder suspendert materiale

Når det kommer til effekter av økt sedimentering og turbiditet på egg og fiskelarver, er det gjort en del studier som fokuserer på effekter ved mudring- og utfyllingstiltak, det er imidlertid ikke så mange studier som omfatter torskelarver og egg. Noen relevante funn er oppsummert under.

Westerberg et al. (1996) utførte en rekke studier av effekter på økt konsentrasjon av kalk/leire partikler på blant annet voksen torsk. Studien viser at voksen torsk generelt er lite påvirket av økte partikler i vannmassene. Noe påvirkning kunne dokumenteres knyttet til orientering grunnet lavere visibilitet som



følge av økt turbiditet. Studien konkluderte med fant delvis unnvikende adferd ved 3 mg/l og total unnvikende adferd ved 6-8mg/l. Westerberg et al. (1996) fant også at torskelarver med eggsekk hadde høyere dødelighet enn torskeegg når de ble eksponert for sediment, noe som ble antatt å skyldes tilstopping av gjellene til larvene. Videre viste studien at konsentrasjoner over 10 mg/l kalk medførte raskere benyttelse av næring i plommesekk, lavere aktivitetsnivå, høyere predasjon og generelt økt dødelighet, sensitivitet var høyere for kalk partikler enn leire partikler. En viktig konklusjon fra studien var også at økt konsentrasjon av suspenderte partikler medførte økt tetthet på pelagiske torskeegg. Det ble registrert økt synkerate proporsjonal med sediment konsentrasjon og eksponeringstid. Ved de laveste konsentrasjoner (5 mg/l) var en eksponeringstid på 11 timer nødvendig for å skape en økt synkerate tilsvarende en økt synkerate ved redusert salinitet i vannet på 1 PSU (‰). Dårligere flyteevene som følge av økt turbiditet og sedimentering indikeres også i nyere studier (eks. Wenger et al.. (2017). FeBEC (2013) utførte forsøk med torskeegg og viste at små partikler kleber fast på eggene og fører til at disse synker til bunns, med målbare effekter allerede ved en partikkelkonsentrasjon på 4 mg/l. Egg utsatt for konsentrasjoner på 10 mg/L medførte utsynkning tilvarende en endring i salinitet fra 19 til 24 PSU på mindre enn 20 timer. Ved 5 mg/L eksponering ble det kalkulert at det tok 59 timer å synke fra 19-24 PSU. Det ble poengtert at klekkesid for torskeegg var 314 timer i denne studien.

Kanadiske vannkvalitetskriterier på 25 mg/L for total partikkelkonsentrasjon i lakseelver (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2002) er satt for å garantere beskyttelse av tidlige livsstadier i laksefisker. Økt direkte dødelighet i fiskelarver er rapportert ved konsentrasjoner over 100 mg/L (Van Daltsen, 1999; Kjørboe *et al.*, 1981). Mens 3,5 mg/l er forventet å medføre subletale effekter på egg og larver (Van Daltsen, 1999). Reinardy et al. (2019) undersøkte utslipp fra gruvevirksomhet på Svalbard og fant 8% økt dødelighet av torskelarver ved eksponering av 3,2 mg/L partikler over 21 dager.

Johnston & Wildish (1982) viste at sildelarver foret i vann med 20 mg/L suspenderte sedimenter spiste mindre *Artemia* enn larver fra kontrollgruppen, noe som også ble gjenspeilet i en lavere vekstrate i eksponerte larver. Studien viste også at de minste larvene var mer følsomme enn større larver. Messieh et al. (1981) rapporterte imidlertid redusert fødeinntak hos sildelarver allerede ved 3 mg/L.

Gjennomgang av litteraturstudie i forbindelse med utvikling av PNEC verdier (Predicted No-Effect Concentration) for vektmaterialer i borevæske, inkludert vannbasert borevæske (Smit et al., 2006) oppsummerer tilsvarende funn som nevnte studier over, eller oppgir effekter ved høyere konsentrasjoner for fiskelarver (torsk ikke vurdert). Studien konkluderte med at kalkulerte PNEC verdier for ulike vektmaterialer i borevæske er over 5 ganger lavere enn forventede naturlig forekommende nivåer av suspendert partikulært materiale i vannmasser med lave mengder suspendert materiale, for alle dyregrupper av akvatiske organismer. Resultatene er ikke direkte overførbare til torskelarver eller egg i forbindelse med mudring av naturlige partikler.

Det foreligger ulike grenseverdier for forurensingskomponenter i vannmassene blant annet i vanndirektivets veiledere klassifisering av vannmasser med tanke på miljøgifter (Direktoratsgruppa vanndirektivet, 2018), og en rekke giftighetsvurderinger foreligger for liv i vannmasser generelt. Det er viktig å skille mellom korttidseffekter som kan opptre ved mudring og langtidseffekter av forurensingskomponenter som vedvarer i vannmassene, for eksempel fra utlekking fra havbunnen.

**Tabell 4-1** Oppsummering av relevante studier relatert til fiskelarver og egg.

Referanse	Art	Påvirkning	Eksposering	Varighet	Kriterier	Funn
Fitzpatrick et al., 2000.	Akvatiske organismer	Nedslamming	PNEC: 6,3 mm sedimentering.	Enkelttilfelle	PNEC	PNEC: 6,3 mm sedimentering.
Reinardy et al., 2019.	<i>Gadus morhua</i>	Partikler, gruveavfall	3,2 mg partikler/L	21 dager	Embryo, egg og larve, dødelighet/skader.	8% økt larvedødelighet
Westerberg et al., 1996.	<i>Gadus morhua</i> , <i>Clupea harengus</i>	Suspendert sediment	Overstigende 3 mg/L		Torsk og sild	Fisk fraviker fra vannmasser.
			Overstigende 10 mg/L		Torsk og sild	Økt dødelighet egg-sekk larver
		Suspendert sediment	5- 40 mg/L		Torskeegg	Redusert flyteevne proporsjonelt til dose og eksponeringstid
		Moreneleire	250 mg/L	3 dager	Torskeegg	Ikke signifikant økt dødelighet
		Kalk	100 mg/L	3 dager	Torskeegg	Økt dødelighet
Newcombe, 2003.	Marine fiskearter	Partikler i vannsøylen	400 mg/L		Samlet litteraturstudie	Letale effekter voksne og ungfisk.
			7 mg/L		Samlet litteraturstudie	Subletale effekter egg og ungfisk.
Van Dalfsen, 1999.	Marine fiskearter	Partikler i vannsøylen	100 mg/L		Samlet litteraturstudie	Letale effekter egg/ungfisk.
			3,5 mg/L		Samlet litteraturstudie	Subletale effekter egg/ungfisk.
FeBEC, 2013	Torsk, flyndre , sild	Suspendert sediment (grovt, fint)	500 og 1000 mg/L		Samlet litteraturstudie	Signifikant lavere fertiliseringsrate
			10 mg/L	20 timer	Torskeegg	Utsynkning tilvarende en endring i salinitet fra 19 til 24 PSU
			5 mg/L	59 timer	Torskeegg	Utsynkning tilvarende en endring i salinitet fra 19 til 24 PSU
Johnston & Wildish (1982)	<i>Clupea harengus</i>	Suspendert sediment	20 mg/L		Juvenile	Redusert fødeopptak
Messieh et al. (1981)	<i>Clupea harengus</i>	Suspendert materiale	3 mg/l		Larver	Redusert fødeinntak
Humborstad et al. (2006)	<i>Gadus morhua</i>	Suspendert sediment	550 mg/L	1- 10 dager	Voksne individer	Ikke signifikant dødelighet, men moderate gjelleskader, trolig reversible
Appelberg et al. (2005)	<i>Gadus morhua</i>	Suspendert materiale	~3-5 mg/L		Voksne individer	Fravikende adferd

**Tabell 4-2** Oppsummering av relevante studier relatert til fiskelarver og egg og PAH/hydrokarboner.

Referanse	Art	Påvirkning	Eksposering	Varighet	Kriterier	Funn
Nepstad et al., 2020.	<i>Gadus morhua</i>	PAH	2-8 µmol/g	Årlig		Generell grense for letale effekter i tidlige livsfaser
Sørensen et al., 2017.	<i>Gadus morhua</i> og <i>Melanogrammus aeglefinus</i>	PAH	2,8 – 9,1 µg/L tPAH.	11 dager (fra befruktning til klekking)	Skader på Egg/embryo	Skader og misdannelser hos embryo.
			tPAH < 0,3 µg/L.	11 dager (fra befruktning til klekking)	Skader på Egg/embryo	Få til ingen effekter.
Sørensen et al., 2019.	<i>Gadus morhua</i>	PAH	Subletale doser		Senskader ved eksponering av fiskeegg	Flere senskader observert. Ingen klar doseringsrespons.
Hjermann et al. 2007.	<i>Gadus morhua</i> , <i>Mallotus villosus</i> og <i>Clupea harengus</i>	Hydrokarboner	PNEC: 90 ppb	Enkelttilfelle	PNEC	PNEC: 90 ppb

**Tabell 4-3** Klassifiseringssystem for vann og sediment. Direktoratgruppen vanndirektivet (2018).

I Bakgrunn	II Gog	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids-eksponering	Akutt toksiske effekter ved korttids-eksponering	Omfattende toksiske effekter
Øvre grense: bakgrunn	Øvre grense: AA-QS, PNEC	Øvre grense: MAC-QS, PNECakutt	Øvre grense: PNEC <sub>akutt</sub> * AF <sup>1)</sup>	

Klassifiseringssystem for vann og sediment. <sup>1)</sup> AF: sikkerhetsfaktor

**Tabell 4-4** Tilstandsklasser for kystvann (µg/l) fra Direktoratgruppen vanndirektivet (2018). Utvalgte miljøgifter funnet i sedimenter ved Borg havn.

Navn på substans	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	Klasse V
	Bakgrunn	AA-EQS	MAC-EQS		Omfattende akutt tox eff.
Kobber	0 - 0.3	2.6		2.6 - 5.2	> 5.2
Kvikksølv	0 - 0.001	0.001 - 0.047	0.047 - 0.07	0.07 - 0.14	> 0.14
Antracen	0 - 0.004	0.1	0.1	0.1 - 1	> 1
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0 - 0.000017	0.0027		0.0027 - 0.1	> 0.1
TBT		0 - 0.0002	0.0002 - 0.0015	0.0015 - 0.003	> 0.003

## 4.3 Metode

### 4.3.1 Datagrunnlag påvirkning

Modellerte data for mudring og deponering (DREAM modellen, SINTEF, 2018) er benyttet i vurderingene av påvirkning fra de ulike operasjoner. 95% konfidensintervall for sannsynlighet for fjerning av forurensede masser er benyttet, da dette vil være mest konservativt med tanke på å avklare hvilke områder som eventuelt kan mudres i gyteperioden for kysttorsk (bruk av 95% konfidensintervall innebærer at et større område vil betegnes som forurenset sammenlignet med 80% konfidens intervall. Og medfører størst mengder spredning fra Borg 1. For detaljer se for eksempel NIVA, 2018). Det bemerkes at det generelt er liten forskjell i modellresultatene mellom 80% og 95% konfidensintervall

#### Modellerte scenarier

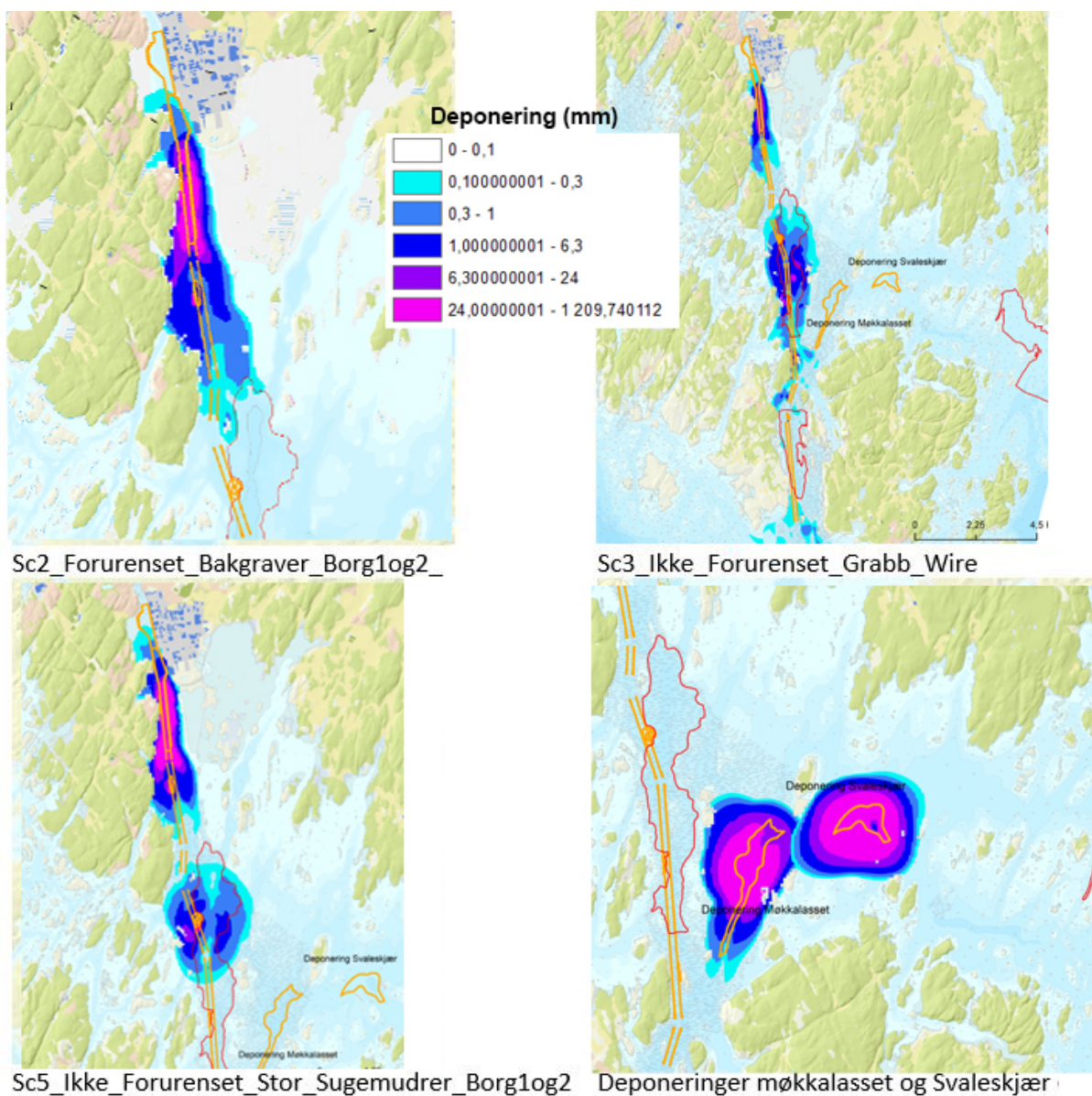
Mudringsarbeidene har blitt modellert ved å dele operasjonene i følgende atskilte steg/ scenarier (Sc) i modell (basert på DREAM resultater fra SINTEF, 11 scenarier, 95% konfidensintervall):

- Mudring av forurensede masser med bakgraver i Fuglevikbukta (Borg 1)
  - *Sc 1: Forurenset\_Langtrekkende\_bakgraver\_Borg1*
- Mudring av forurensede masser med bakgraver (Borg 1 og Borg 2 - Flyndregrunnen)
  - *Sc2\_Forurenset\_Bakgraver\_Borg1og2*
- Mudring av ikke-forurensede masser med wireoperert grabb (Borg 1 og Borg 2 – Vestre Fugleskjærgrunnen, Tjeldholmsten, Lubbegrunden, Løperungen og Duken)
  - *Sc3\_Ikke\_Forurenset\_Grabb\_Wire*
- Mudring av ikke-forurensede masser med liten sugemudrer (Borg 1)
  - *Sc4\_Ikke\_Forurenset\_Liten\_Sugemudrer\_Borg1*
- Mudring av ikke-forurensede masser med stor sugemudrer (Borg 1 og Borg 2 Flyndregrunnen og Belgebåen)
  - *Sc5\_Ikke\_Forurenset\_Stor\_Sugemudrer\_Borg1og2*
- Deponering av ikke-forurensede masser etter mudring med wireoperert grabb gjennom et rør med diffusor (Møkkalasset og Svaleskjær)
  - *Sc3u\_Deponering\_Pipe\_Mudring\_Grabb\_Wire\_Mokkalasset*
  - *Sc3u\_Deponering\_Pipe\_Mudring\_Grabb\_Wire\_Svaleskjaer*
- Deponering av ikke-forurensede masser gjennom diffusor etter mudring med liten sugemudrer (Møkkalasset og Svaleskjær)
  - *Sc4u\_Deponering\_Pipe\_Liten\_Sugemudrer\_Svaleskjaer*
  - *Sc4u\_Deponering\_Pipe\_Liten\_Sugemudrer\_Mokkalasset*
- Deponering av ikke-forurensede masser gjennom diffusor etter mudring med stor sugemudrer (Møkkalasset og Svaleskjær)
  - *Sc5u\_Deponering\_Pipe\_Stor\_Sugemudrer\_Svaleskjaer*
  - *Sc5u\_Deponering\_Pipe\_Stor\_Sugemudrer\_Mokkalasset*



## Spredning og sedimentering de ulike scenarier

For de modellerte scenariene, basert på data oversendt fra SINTEF har DNV GL ekstrahert ut total deponering på havbunnen (i mm). Dette er tatt inn i ArcGis for kartpresentasjoner som illustrerer «fotavtrykket» av de ulike mudrings og deponeringsoperasjonene, uttrykt i mm deponering på havbunnen. Se Figur 4-1 for eksempler på mudringsoperasjoner som medfører spredning i eller nær gytefelt for torsk. Det er ikke laget kart som viser partikkelkonsentrasjon i vannmassene, da det er et øyeblikksbilde for et spesifikt vandndyp, eller en presentasjon av maksimumskonsentrasjoner for eksempel for hele perioden, alle vandndyp, som ville være misvisende med tanke på reelle modellerte eksponeringer.



**Figur 4-1** Kart som viser eksempler på total sedimentering i mm, «fotavtrykk» fra utvalgte relevante modellerte scenarier for mudring og deponering (data fra SINTEF, 95 % konfidens intervall). Figuren viser de tre mudringsoperasjoner som medfører spredning i eller nær gytefelt for torsk (røde polygoner) ref. Figur 4-2, samt eksempler på deponeringsscenarier ved Møkkalasset og Svaleskjær.

## Vannsøylekonsentrasjoner

Det er analysert konsentrasjoner i vannmassene gjennom hele varigheten av de modellerte scenariene. Det er plukket ut 7 punkt (Tabell 4-5, Figur 4-2) hvor det er gjort tidsserieanalyser av partikkelkonsentrasjoner i hele vannsøylen på de gitte punktene. Punktene er valgt for å presentere følgende eksponeringsområder:

- 1) Randsone av gytefelt flyndregrunnen for vurdering av mengde partikler fra mudringsoperasjoner i Røsvikrenna og Fuglevikbukta, Borg 1 (Pos 1 og Pos 2).
- 2) Randsone gytefelt Flyndregrunnen sørøst for vurdering av mengder partikler fra deponering ved møkkalasset (Pos 3). Avstand til senter deponeringsområde Møkkalasset er ca. 1 km.
- 3) Punkter sentralt i gytefelt Flyndregrunnen for dokumentasjon av påvirkning under mudringsoperasjoner i dette området, Belgebåen og Fugleskjærgrunnen (Pos 4 og Pos 5).
- 4) Punkter i gytefelt Løperen for dokumentasjon av påvirkning under mudringsoperasjoner i dette området (Pos 6 og Pos 7).

Basert på tidsserieanalysene er det analysert partikkelkonsentrasjoner opp mot relevante grenseverdier og eksponeringstider (se neste avsnitt). Hensikten har vært å avdekke hvilke mudrings og deponeringsscenarier som eventuelt kan utføres uten å komme i konflikt med gytefelt.

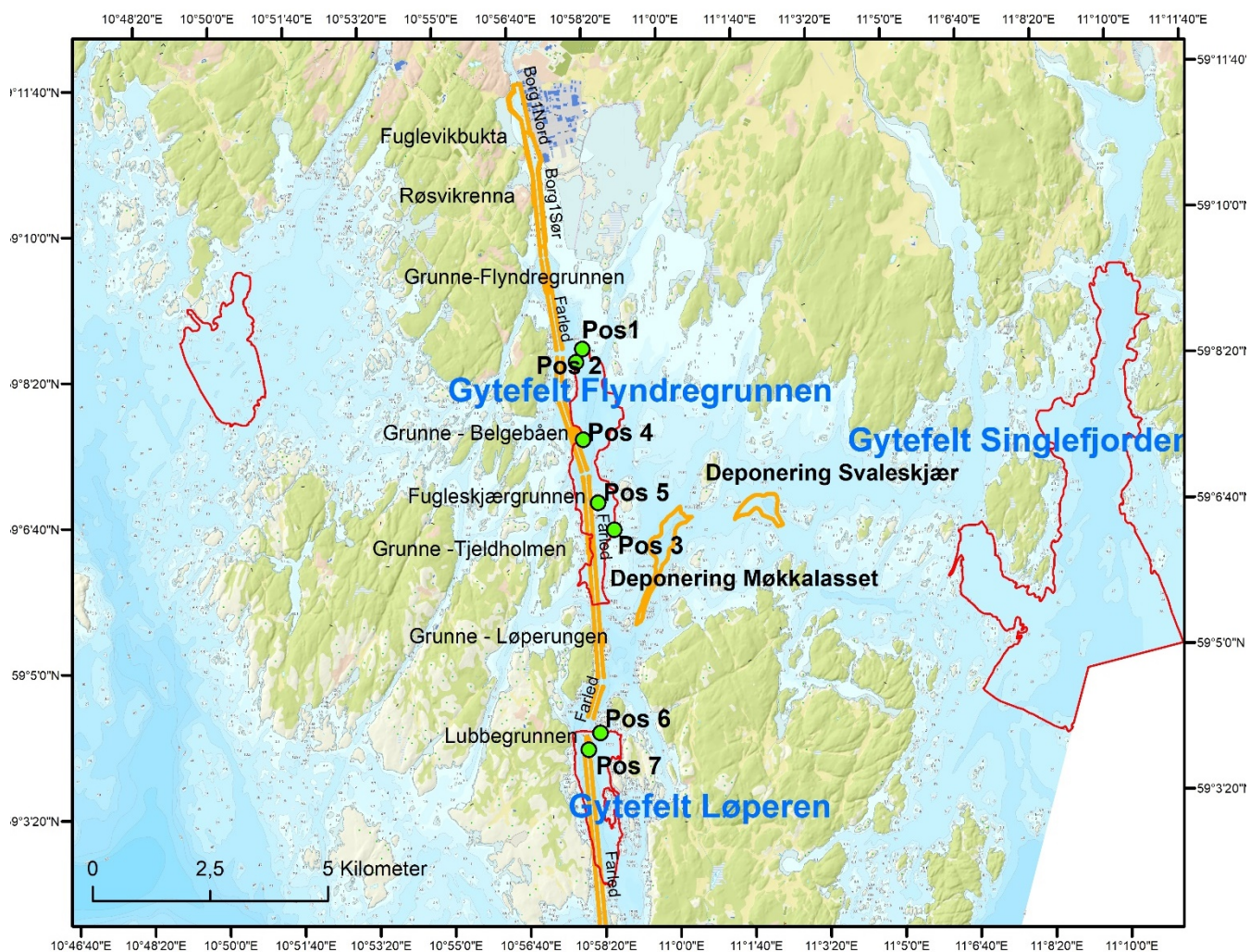
Som det fremkommer av Figur 4-1 er scenariet «Sc2\_Forurenset\_Bakgraver\_Borg1og2» det scenariet med størst utbredelse (deponering) mot nordlig del av gytefeltet Flyndregrunnen. Mudring av ikke-forurensede masser i Borg 1 delområdet (nordlige deler av resultatene for scenariene «Sc3\_Ikke\_Forurenset\_Grabb\_Wire» og «Sc5\_Ikke\_Forurenset\_Stor\_Sugemudrer\_Borg1og2») er modellert til å ha mindre total deponering mot gytefeltet Flyndregrunnen enn scenariet «Sc2\_Forurenset\_Bakgraver\_Borg1og2». Merk at disse to scenariene omfatter også mudring i eller nær gytefeltene hvor det følgelig vil være stor konflikt med gytefelt dersom disse delene skulle mudres under gyteperiode for torsk. Grunnet datagrunnlaget man får fra DREAM modellen er det ikke mulig å dele opp scenariene i deloperasjoner for å se på eksempelvis bidrag til partikkelspredning mot gytefeltet Flyndregrunnen fra deloperasjoner i Borg 1 for disse to scenariene for mudring av ikke-forurensede masser. Scenariet «Sc2\_Forurenset\_Bakgraver\_Borg1og2» ansees å representere «worst case scenario» for mudringsoperasjoner i delområde Borg 1 og har som nevnt størst fotavtrykk/nedslagsfelt.

For mudring av grunnen Løperungen som omfattes av scenariet «Sc3\_Ikke\_Forurenset\_Grabb\_Wire» er det grunnet begrensninger i dataene som forklart i forrige avsnitt, ikke gjort nøyaktige analyser av spredning av partikler mot det nærliggende gytefeltet Flyndregrunnen (~550 meter nord) fra kun denne deloperasjonen. Overlapp med mm sedimentering fra operasjonene i området indikerer imidlertid at det trolig vil være lav deponering fra akkurat denne operasjonen, så sant man ikke mudrer i selve farleden. Grunnet usikkerheter i omfang av potensiell spredning og at deloperasjonen Løperungen ligger plassert midt mellom 2 gytefelt anbefales på generelt grunnlag ikke å mudre denne uten mer detaljert vurdering/modellering, eller nøye overvåking under operasjonene.



**Tabell 4-5** Punkter brukt i vurderinger av partikkelkonsponering i vannmassene fra ulike modellerte mudring og deponeringsscenarier.

Punkt	Posisjon, WGS 84		Kommentar
	Øst	Nord	
Pos 1	10,9696	59,1428	Randsone Flyndregrunnen nordøst, første mottaker av spredning fra mudring i Røsvikrenna og Fuglevikbukta
Pos 2	10,9671	59,1403	Randsone Flyndregrunnen nord, første mottaker av spredning fra mudring i Røsvikrenna og Fuglevikbukta
Pos 3	10,9795	59,1082	Randsone Flyndregrunnen sørøst første mottaker av spredning fra deponering møkkalasset
Pos 4	10,9689	59,1255	Senter Flyndregrunnen nord nær mudring ved Belgebåen
Pos 5	10,9737	59,1134	Senter flyndregrunnen sør nær mudring Fugleskjærgrunnen
Pos 6	10,9721	59,0696	Randsone gytefelt Løperen nord
Pos 7	10,9676	59,0664	Gytefelt Løperen nær mudring Lubbegrunnen



**Figur 4-2** Kart over gytefelt, mudring og deponerings lokaliteter samt punkter brukt i vurderinger av partikkelspredning i vannmassene fra de ulike modellerte scenarier (DREAM modell, SINTEF 2018).

Til informasjon ligger deponeringsområdet ved Svaleskjær ca. 4,4 km unna gytefeltet Singlefjorden som er lokalisert langt øst for de planlagte arbeidene (3,2 km unna ved randsone deponering fotavtrykk ved modellering deponering Svaleskjær), og ca. 2,8 km unna gytefeltet Flyndregrunnen (1,8 km unna randsone deponering, Pos 3, fotavtrykk ved modellering). **Ingen spredning til noen av gytefeltene er forventet ved deponering ved Svaleskjær, basert på de modellerte scenariene.**

### 4.3.2 Effektkonsentrasjon i egg og larver

DNV GL (2014), satt en effektgrense på 5 mg/l partikler fra gruveindustrien, basert på resultater for torskeegg og sildelarver. Dette ble brukt som den samme effektgrensen for unnvikelse i voksen fisk. For egg og larver ble det ikke skilt mellom letale/subletale effekter, men subletale effekter var forventet å føre til indirekte letaleffekter ved konsentrasjoner over 5 mg/L. Eksponeringstid så vel som partikkelkonsentrasjon bør tas med i betraktningene når det gjelder mulige effekter fra mudringsoperasjonene på gytefeltene ved Borg. Bakgrunns verdier av turbiditet er også av viktighet spesielt i kystnære områder, og effektkonsentrasjonene må sees i forhold til dette.

For formålet å vurdere risiko for gytefelt for torsk ved Borg basert på kjente effekter (avsnitt 4.2) og modellert partikkelspredning benyttes følgende teoretiske grenseverdier:

- **3 mg/l**, nedre grense for påvirkning. Eksponering over lengre perioder nødvendig for å se effekter på egg og larver.
- **5 mg/l**, effektkonsentrasjon subletale effekter på egg, larver og delvis unnvikelse voksen fisk. >48 timers sammenhengende eksponering trolig nødvendig for egg og larver.
- **8 mg/l**, total unnvikelse voksen fisk, nedre grense irreversible effekter/ påbegynnende letale effekter på egg og larver som utsynking av egg, redusert fødeopptak og økt dødelighet. > 24 timers sammenhengende eksponering trolig nødvendig for egg og larver.

Det presiseres at det er relativt store usikkerheter forbundet med antakelsene om eksponeringstid, og effekter må sees i forhold til naturlige variasjoner i for eksempel strømforhold, turbiditet, saltholdighet og temperatur. Antakelsene ovenfor er ansett som relativt konservative med tanke på effekter. For eventuell styring av mudringsoperasjonene og fastsettelse av terskelverdier for stans i arbeid må det gjøres en helhetlig vurdering basert på flere faktorer, blant annet bakgrunnsnivåer, hvor lenge partiklene er forventes å befinne seg i vannmassene etter eventuelt stans i arbeid, og om andre dyregrupper i vannmassene vil kunne påvirkes.

## 4.4 Risikovurdering tiltak og gyteperiode

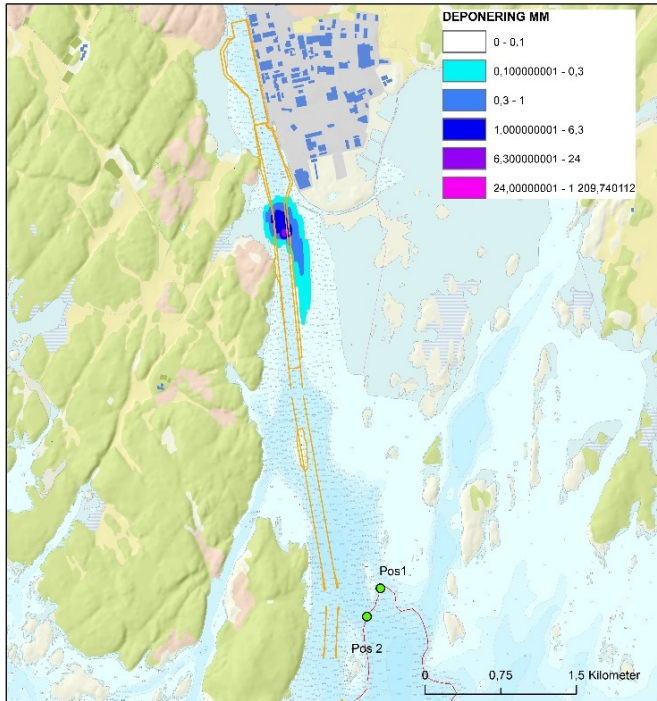
En oppsummering av de ulike modellerte scenariene og vurdering av grad av konflikt med gytefelt er vist i Tabell 4-6, og illustrert i Figur 4-3 til Figur 4-8. En gjennomgang av de ulike scenariene er gitt under.

- 5 av de modellerte scenariene vil ha ingen konflikt med gytefeltene (Figur 4-3 og Figur 4-4), dette omfatter mudring av forurensede masser med langtrekkende bakgraver Borg 1, mudring av ikke- forurensede masser med liten sugemudrer Borg 1 og deponeringer ved Svaleskjær.
- 3 av scenariene har svært lav grad av konflikt (Figur 4-5). Dette omfatter deponeringer ved Møkkalasset hvor fotavtrykket fra modell resultatene viser total sedimentering lavere enn 0,1 mm deponering, og maksimale eksponeringer av partikler mot randsone av gytefeltet på 0,002 mg/l (kun teoretiske verdier).
- 1 scenario, mudring av forurensede masser med bakgraver Borg 1 har et lite overlapp med nordlig grense av gytefelt Flyndregrunnen (Figur 4-6). Grad av konflikt ansees som lav. Total deponering i randsone gytefeltet nord viser et nedslag på maksimalt 0,3-1 mm etter fullført operasjon. Maksimal eksponering av partikler i vannmassen er 8,5 mg/l (1 time totalt for hele perioden). Antall timer med eksponering over 3 mg/l er 23 timer for hele mudringsoperasjonen, sjelden over 2 timer sammenhengende. Antall timer med eksponering over 5 mg/l er totalt 5 timer for hele mudringsoperasjonen. Total påvirkning på gytefeltet ansees som lav, grenseverdier for eksponering og modellerte eksponeringstider tatt i betraktning. Det anbefales på generell basis å ikke mudre lenger sør enn grunnen Flyndregrunnen i gyteperioden for torsk. Det bemerkes at faktiske spredninger fra disse operasjonene trolig vil være mindre enn modellert grunnet mindre mengder masse som skal mudres, samt at modellen omfatter periode med størst spredning i overflatelaget grunnet vannføring i Glomma, mens forholdene i vintermånedene (gyteperiode torsk) tilsier mindre spredning mot gytefeltet Flyndregrunnen grunnet mindre vannføring i overflatelaget.
- 2 scenarier som omfatter mudring av ikke-forurensede masser med wireoperert grabb og stor sugemudrer Borg 1 og 2 (Figur 4-7 og Figur 4-8) har høy grad av konflikt for deloperasjoner mudring Belgebåen, Fugleskjær, Tjeldholmen, og Lubbegrunnen. Mudring av grunnen Løperungen kan trolig ha noe (lav grad) konflikt, men omfanget er usikkert. Deloperasjonene innenfor gytefeltet Flyndregrunnen vil medføre eksponering av mengde partikler over 5 mg/l på over 550 timer totalt med teoretiske maksimumskonsentrasjoner på over 400 mg/l og bør ikke mudres i gyteperioden. Deloperasjoner innenfor gytefeltet Løperen (Lubbegrunnen) vil medføre eksponering på over 35 timer for konsentrasjoner over 5 mg/l og over 24 timer for konsentrasjoner over 10 mg/l med maksimumskonsentrasjoner på over 80 mg/l. Deloperasjonen er antatt å ha kort varighet, men bør ikke utføres i gyteperioden for torsk. Det bemerkes at de delene av scenariene som omfatter kun mudring av ikke-forurensede masser i Borg 1 kan trolig utføres i gyteperiode for torsk siden dette vil medføre lav grad av konflikt med gytefeltet. Lavere enn «worst case» scenariet for mudring av forurensede masser med bakgraver Borg 1, omtalt i avsnitt over.



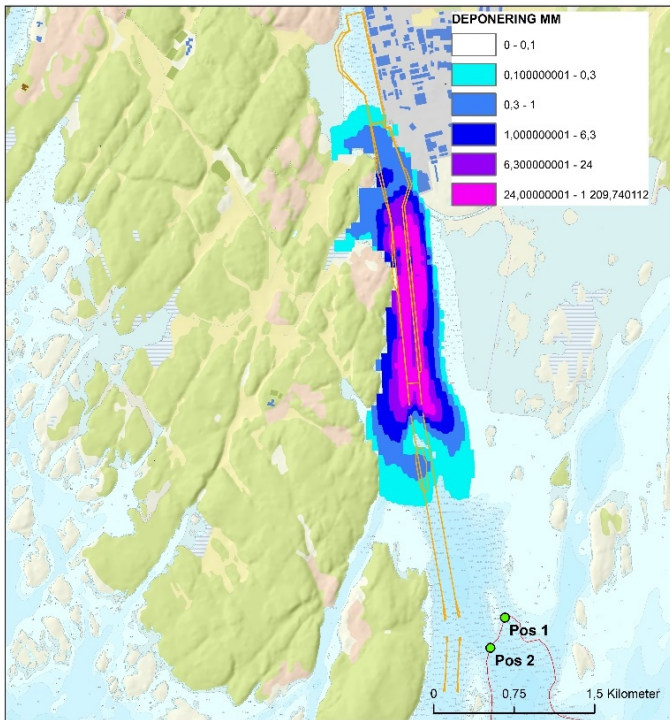
**Tabell 4-6** Tabell som oppsummerer ulike modellerte mudring og deponeringsscenarier utført av SINTEF (2018) og grad av konflikt med gytefelt for torsk (kartlag «Gytefelt torsk MB» fra fiskeridirektoratet/HI) i området for utbedring av farled inn mot Borg havn.

Scenarie (SINTEF, 2018, DREAM modell, 95% konf. intervall)	Risiko/konflikt med gytefelt torsk MB?	Kommentar
<b>Mudring</b>		
Sc1_Forurenset_Langtrekkende_bakgraver_Borg1	Ingen konflikt	
Sc2_Forurenset_Bakgraver_Borg1og2	Lav, noe overlapp Flyndregrunnen nordlig grense. Kan mudres i gyteperiode basert på modellert eksponering	Se eksponeringsgrafer (Figur 4-6, Pos 1, Pos 2, Pos 4, Pos 5, Pos 3-økende avstand fra kilde)
Sc3_Ikke_Forurenset_Grabb_Wire	Antatt høy for Flyndregrunnen. Moderat for Løperen	Se eksponeringsgrafer (Figur 4-7, Pos 1-7). <b>Bør mudre kun Borg 1 i gyteperiode, -&gt; antatt lav risk for Flyndregrunnen</b>
Sc4_Ikke_Forurenset_Liten_Sugemudrer_Borg1	Ingen konflikt	
Sc5_Ikke_Forurenset_Stor_Sugemudrer_Borg1og2	Antatt moderat-høy for Flyndregrunnen. Ingen konflikt med Løperen	Se eksponeringsgrafer (Figur 4-8, Pos 1-5). <b>Bør mudre kun Borg 1 i gyteperiode, -&gt; antatt lav risk for Flyndregrunnen</b>
<b>Deponering</b>		
Sc3u_Deponering_Pipe_Mudring_Grabb_Wire_Mokkalasset	Svært lav, randsone Flyndregrunnen	Se eksponeringsgraf (Figur 4-5, Pos 3)
Sc3u_Deponering_Pipe_Mudring_Grabb_Wire_Svaleskjaer	Ingen konflikt	
Sc4u_Deponering_Pipe_Liten_Sugemudrer_Svaleskjaer	Ingen konflikt	
Sc4u_Deponering_Pipe_Liten_Sugemudrer_Mokkalasset	Svært lav, randsone Flyndregrunnen	<0,001 mg/l
Sc5u_Deponering_Pipe_Stor_Sugemudrer_Svaleskjaer	Ingen konflikt	
Sc5u_Deponering_Pipe_Stor_Sugemudrer_Mokkalasset	Svært lav, randsone Flyndregrunnen	<0,001 mg/l



Sc1\_Forurenset\_Langtrekkende\_bakgraver\_Borg1

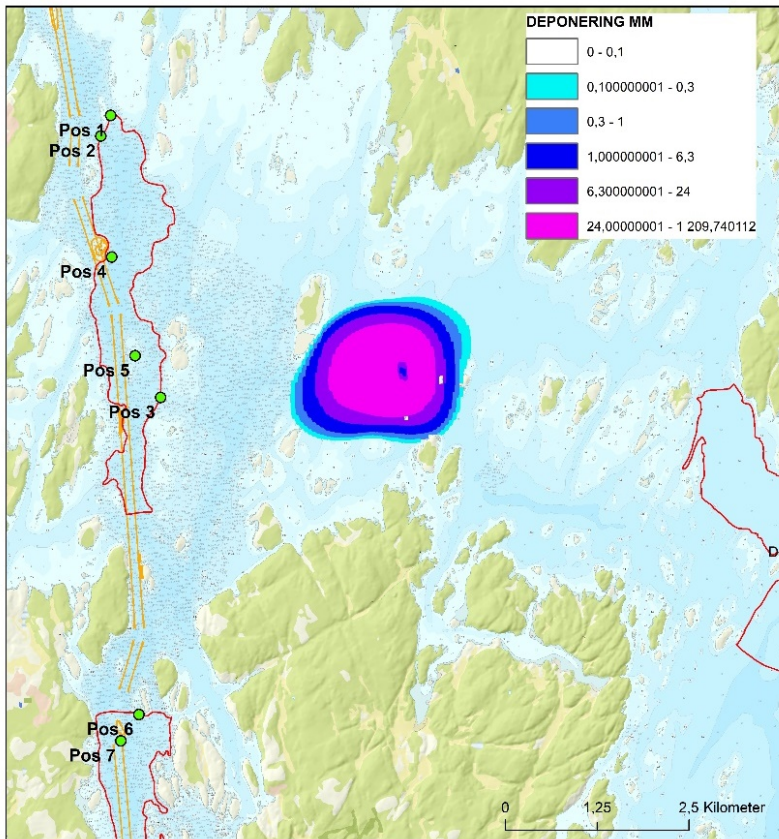
Ingen konflikt.  
 Utbredelse ~1km  
 sørover (ved grense  
 for 0,1- 0,3 mm  
 deponering). Avstand  
 fra gytedefelt  
 Flyndregrunnen (0,1-  
 0,3 mm deponering)  
 er 2,6 km.



Sc4\_Ikke\_Forensset\_Liten\_Sugemudrer\_Borg1

Ingen konflikt.  
 Utbredelse sørover  
 ~3 km (ved grense  
 0,1-0,3 mm  
 deponering). Avstand  
 til gytedefelt  
 Flyndregrunnen (0,1-  
 0,3 mm deponering)  
 er 1,1 km.

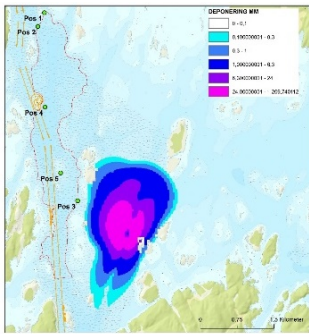
**Figur 4-3** Modellerte scenarier for mudring som vil ha ingen konflikt med gytedefelt



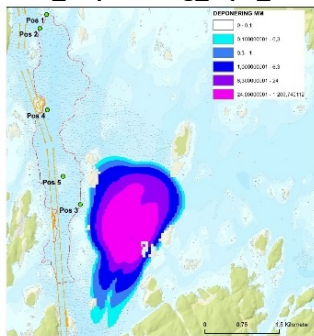
Sc3u\_Deponering\_Pipe\_Mudring\_Grabb\_Wire\_Svaleskjaer  
 Sc5u\_Deponering\_Pipe\_Stor\_Sugemudrer\_Svaleskjaer  
 Sc4u\_Deponering\_Pipe\_Liten\_Sugemudrer\_Svaleskjaer

**Figur 4-4** Modellerte scenarier deponeringer ved Svaleskjær som vil ha ingen konflikt med gytefelt. Kun et eksempel vist, det er kun mindre forskjeller i fotavtrykk fra de ulike scenariene.

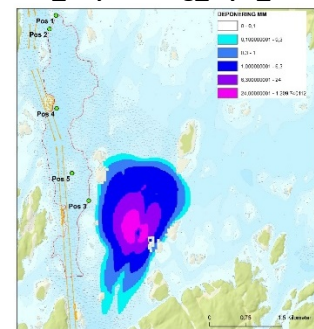
Ingen konflikt.  
 Senter av området er ~4,4 km unna gytefeltet Singlefjorden som er lokalisert øst for de planlagte arbeidene (3,2 km unna ved randsone deponering fotavtrykk ved modellering deponering Svaleskjær), og ca. 2,8 km unna gytefeltet Flyndregrunnen (1,8 km unna randsone fotavtrykk deponering).



Sc4u\_Deponering\_Pipe\_Liten\_Sugemudrer\_Mokkalasset



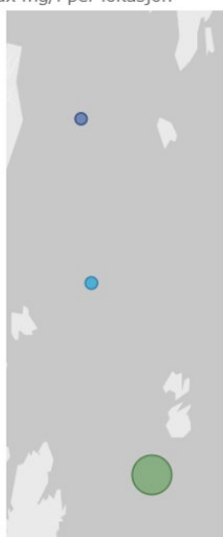
Sc5u\_Deponering\_Pipe\_Stor\_Sugemudrer\_Mokkalasset



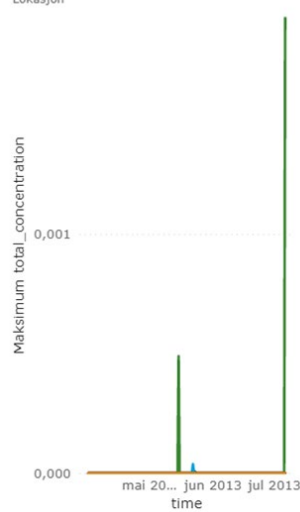
Svært lav grad av konflikt, randsone gytefelt Flyndregrunnen

Max mg/l per lokasjon

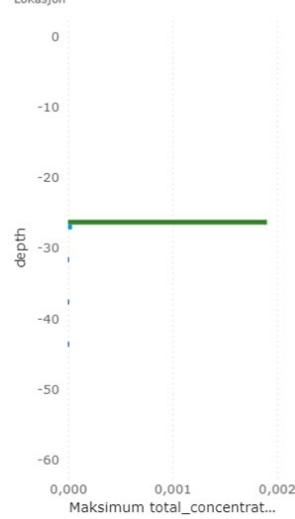
- Pos1
- Pos2
- Pos3
- Pos4
- Pos5
- Pos6
- Pos7



Maksimum total\_concentration av time og Lokasjon



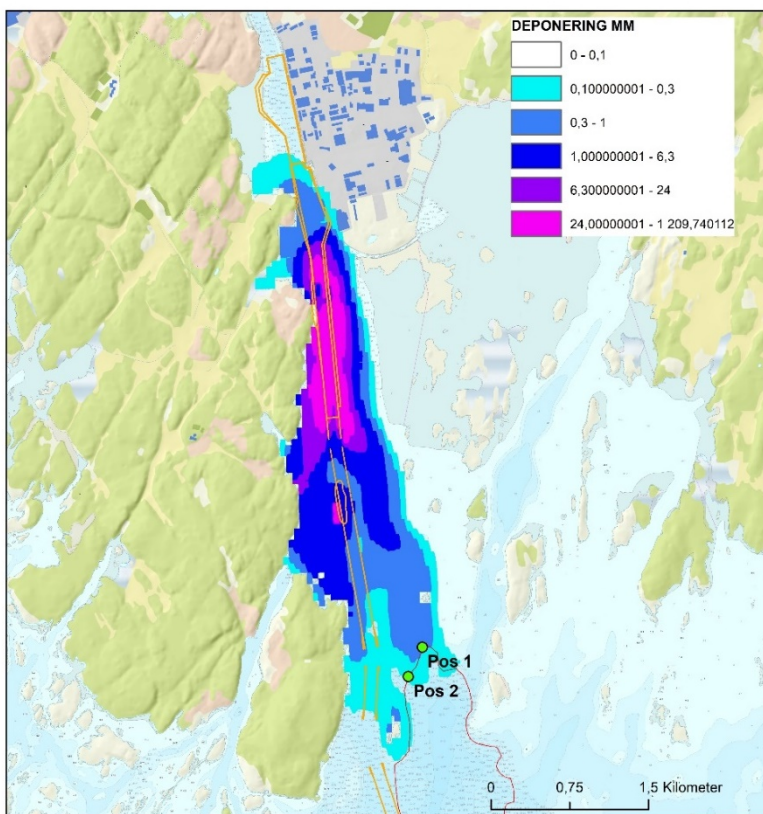
Maksimum total\_concentration av depth og Lokasjon



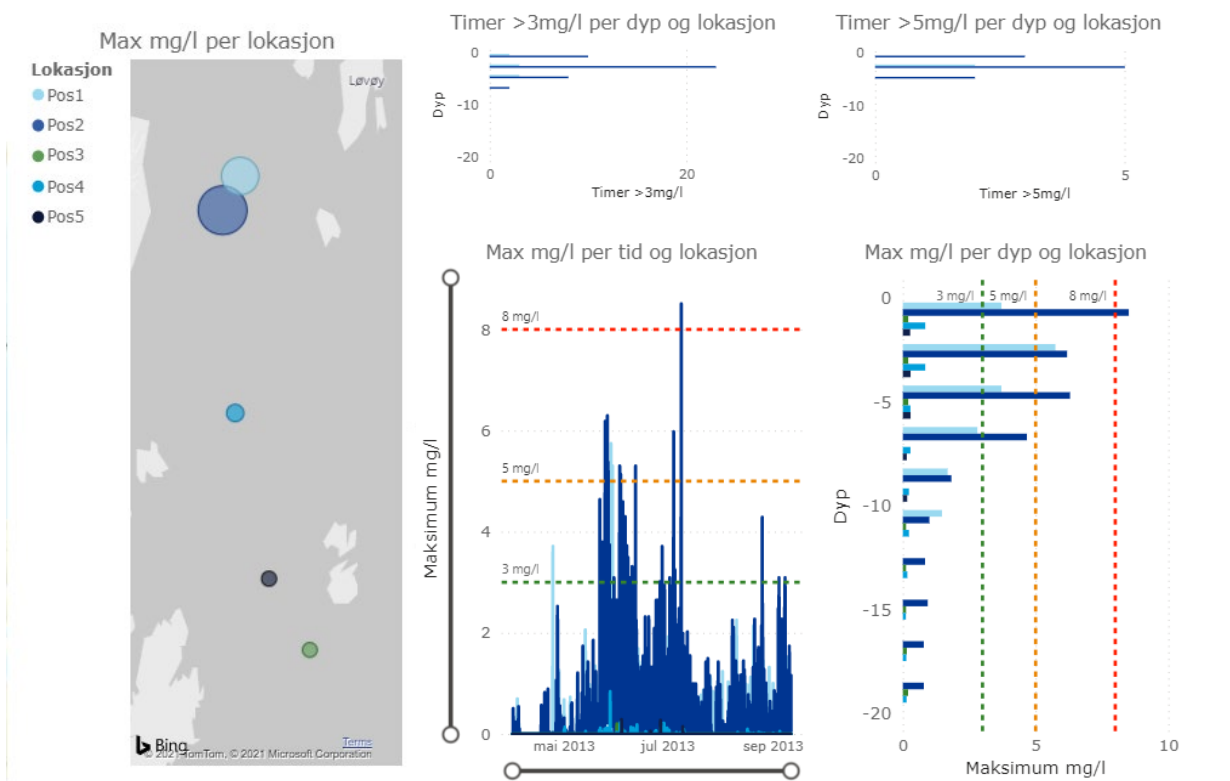
Sc3u\_Deponering\_Pipe\_Mudring\_Grabb\_Wire\_Mokkalasset

**Figur 4-5** Modellerte scenarier deponeringer ved Møkkalasset som vil svært lav grad av konflikt med gytefelt. Nederste figur viser grad av eksponering vannsøyle (svært lave, kun teoretiske verdier under 0,002 mg/l).





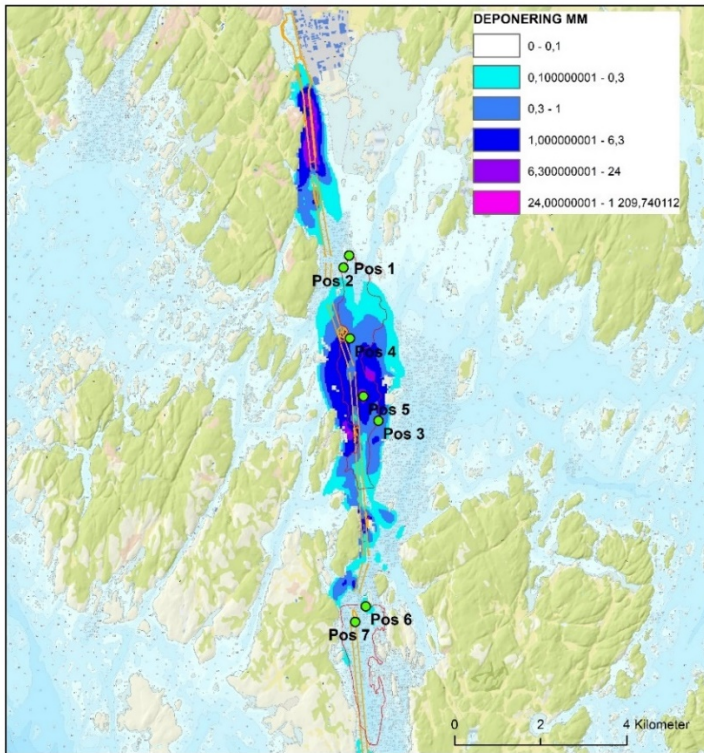
Lav risiko, lite overlapp gytefeltet  
 Flyndregrunnen nordlig grense. Kan mudres i gyteperiode basert på modellresultater og grad av eksponering. Representerer «worst case scenario» for spredning fra Borg 1



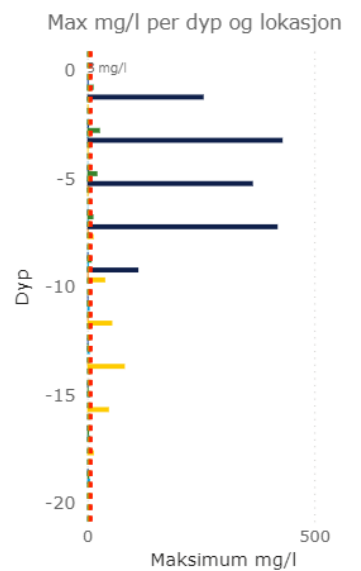
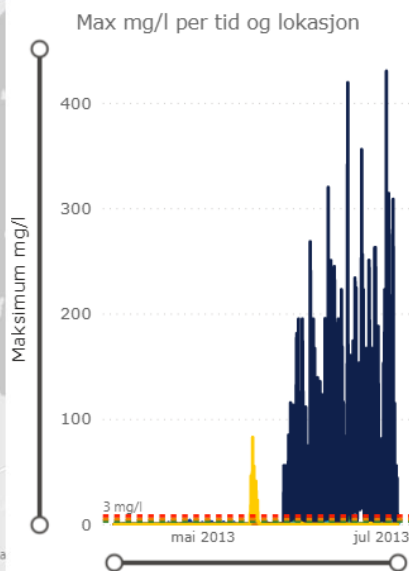
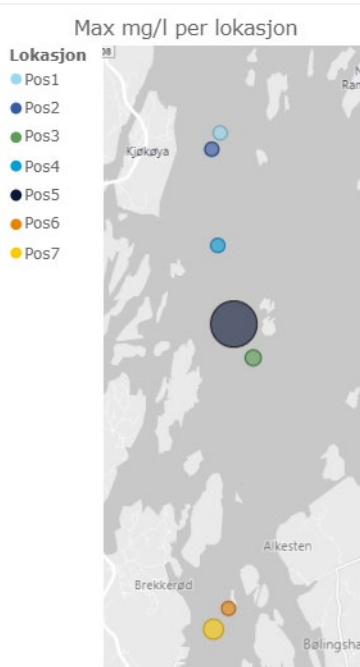
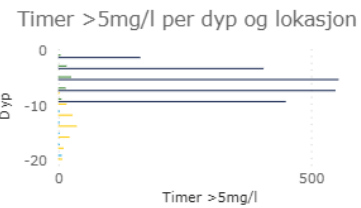
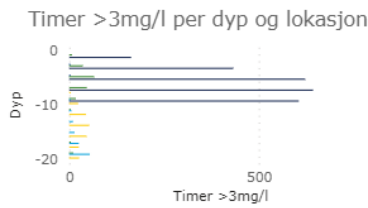
Sc2\_Forensset\_Bakgraver\_Borg1og2

**Figur 4-6** Modellert scenario med lav grad av konflikt med gytefelt, mudring av forurensete masser Borg 1 og 2 med bakgraver. Nederste figur viser grad av eksponering for utvalgte punkter over tid, per punkt med dyp og totalt antall timer eksponering over 3 mg/l og 5 mg/l med dyp, per punkt.



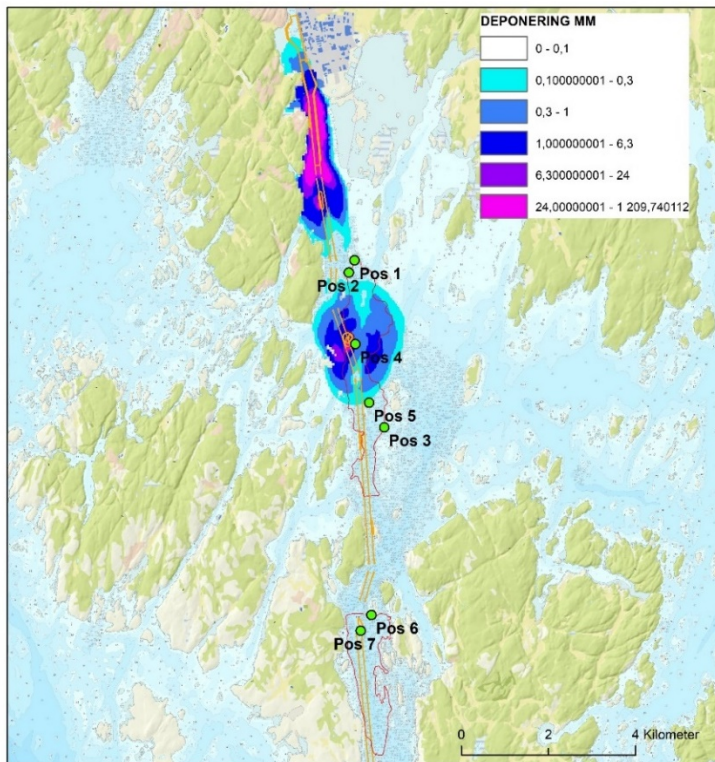


Antatt høy risiko for gytefelt Flyndregrunnen. Moderat for gytefelt Løperen.  
**Bør mudre kun Borg 1 i gyteperiode, -> antatt lav risiko for gytefelt Flyndregrunnen**

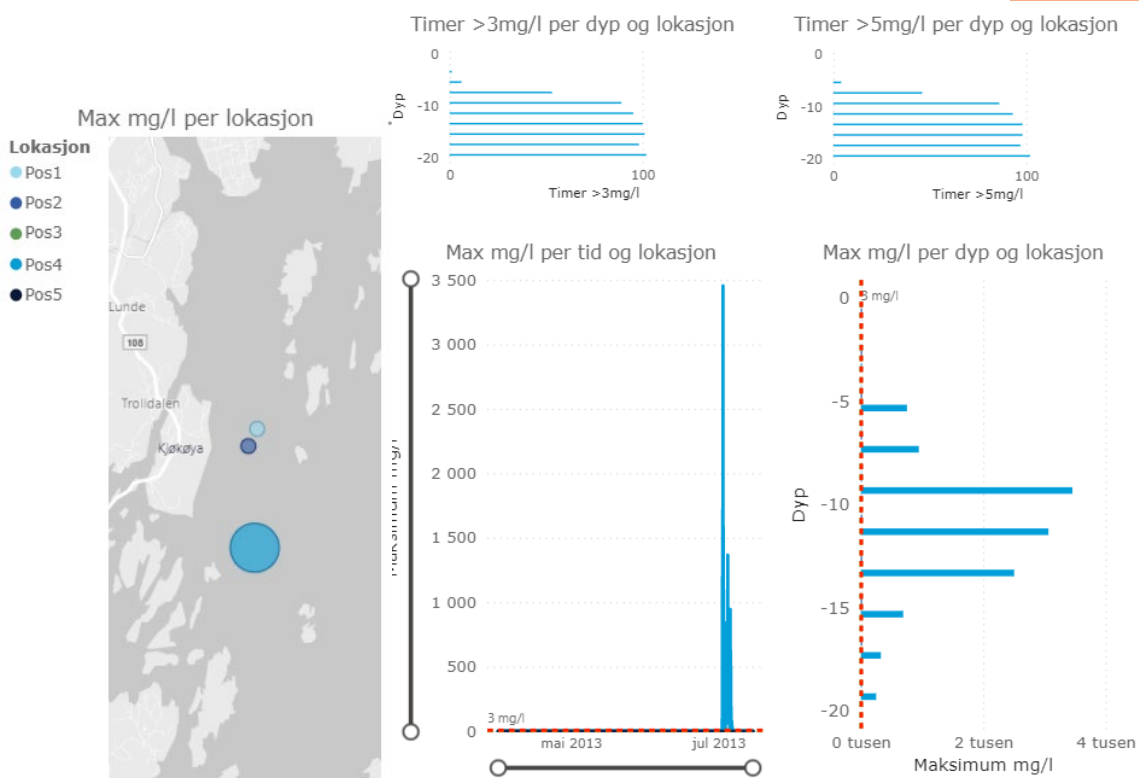


Sc3\_Ikke\_Forensset\_Grabb\_Wire

**Figur 4-7** Modellert scenario med høy grad av konflikt med gytefelt. Mudring av ikke-forurensete masser med wireoperert grabb. Nederste figur. Nederste figur viser grad av eksponering for utvalgte punkter over tid, per punkt med dyp og antall timer eksponering over 3 mg/l og 5 mg/l med dyp, per punkt.



Antatt moderat-høy for gytefelt  
 Flyndregrunnen. Ingen konflikt med Løperen.  
**Bør mudre kun Borg 1 i gyteperiode, -> antatt lav risiko for gytefelt Flyndregrunnen**



Sc5\_Ikke\_Foreurenset\_Stor\_Sugemudrer\_Borg1og2

**Figur 4-8** Modellert scenario med høy grad av konflikt med gytefelt. Mudring av ikke-forensete masser med sugemudrer. Nederste figur viser grad av eksponering for utvalgte punkter over tid, per punkt med dyp og antall timer eksponering over 3 mg/l og 5 mg/l med dyp, per punkt.

## 4.5 Diskusjon

Analyse av modellerte spredninger av finstoff i forbindelse med mudring og deponering, og overlapp med avgrensede områder klassifisert som gytefelt er en teoretisk øvelse ment å belyse grad av reell risiko for egg og larver som kan forventes å ha opphold i gytefeltene. Det er flere usikkerheter som spiller inn, som for eksempel faktisk utbredelse av gytefeltet, variasjoner i mudringsteknikk som faktisk vil benyttes, vannføring, strømningsforhold etc., men de utførte vurderingene er som beskrevet i avsnitt 3.3.2 ment å representere verst tenkte tilfelle av effekter, basert på modellerte operasjoner på de avgrensede gytefeltene definert av Havforskningsinstituttet. Drift av torskelarver er ikke modellert i dette prosjektet, men antakelser omkring larvedrift og forventede områder med størst tetthet av egg og larver danner grunnlaget for de definerte gytefeltene, klassifisert av HI som er brukt i vurderingene. Videre vurderinger omkring vanntransport og hydrodynamiske modelleringer utført av DHI er oppgitt i Kapittel 5.

Analysene av grad av eksponering av partikler fra de ulike aktivitetene, viste at operasjoner i områdene Belgebåen, Fugleskjær, Tjeldholmen, og Lubbegrunnen og Løperungen bør unngås i gyteperioden for torsk 1 jan - 30 april. Dette er i tråd med hva Rambøll (2018d) i sin konsekvensutredning også konkluderte med.

Arbeider som kan utføres i gyteperiode for torsk 1 januar - 30 april omfatter mudringsoperasjoner i Fuglevikbukta og Røsvikrenna, Borg 1. Dersom arbeider ikke kommer i gang før januar, og første operasjoner som utføres er fjerning av forurensede masser vil dette medføre det verst tenkte tilfelle for spredning av partikler mot gytefeltet Flyndregrunnen, og mulig eksponering av miljøgifter tilsvarende teoretisk eksponering på maksimalt 5 mg/l over 5 timer. Eksponeringen kan teoretisk komme fra partikler med gjennomsnittlige miljøgift konsentrasjon eksempelvis for kvikksølv 0,45 mg/kg, kobber 82,6 mg/kg og PCB7 0,011 mg/kg (Tabell 3-5). Det er ikke utført DREAM modelleringer av EIF (Environmental Impact factor), eller beregninger av spredning via porevann spredning fra dette i randområdet til gytefeltet. Men tatt i betraktning de lave mengdene partikler og generelle antakelser om løselighet (fordelingskoeffisienter) vil det ikke løses ut mengder kvikksølv i vannmassene utover det som klassifiseres som bakgrunnsverdier (ref. Tabell 4-4) ved disse partikkelmengdene. Bioakkumulering hos filtrerende organismer kan være relevant å vurdere, men det forventes ingen effekter på fiskelarver fra dette.

Det er viktig å være klar over at de modellerte scenarier forutsetter en viss mengde av den totale masse som mudres eller deponeres vil være tilgjengelig for spredning (se SINTEF, 2018 for detaljer) og at tiltak for å redusere spredning er satt i verk, som for eksempel bruk av diffusor ved deponering, at overløp fra systerne under sugemudring ikke tillates og at graving med bakgraver utføres kontrollert. Dersom de faktiske forhold under mudring eller deponering avviker fra dette vil spredning kunne være større enn det de modellerte scenariene viser. Et velfungerende overvåkingsprogram bør være på plass for å sikre at gytefeltene ikke mottar større mengder partikler enn det denne studien viser.

Det forventes relativt store svingninger i mengde partikler i vannmassene utenfor Glomma. Og naturlige mengder tilsvarende gjennomsnittlige turbiditetsverdier på 14 FNU i ferskvannslaget og mellom 3,2 og 9,2 FNU i saltkilen utenfor Borg har blitt rapportert (Staalstrøm og Skogan, 2015). Det forventes også tidvis høyere maksimumsverdier som følge av for eksempel partikkelskyer fra propeller. Det foreligger ikke turbiditetsmålinger fra randsoner ved gytefelt utenfor Borg. De naturlige bakgrunnsnivåene i partikkelkonsentrasjoner må tas høyde for når det gjelder eventuell overvåking av mudringsoperasjoner og fastsettelse av eventuell grenseverdi og varighet. Eksempelvis bruk av en grenseverdi for akseptabel turbiditet på 5 FTU over bakgrunnsnivået og med varighet på 20 minutter (Oslo havn og Malmøykalven), eller for eksempel 10 FTU, eventuelt 2 ganger bakgrunns verdien dersom denne oversteg 5 FTU (Trondheim Iilsvika, 2003), SINTEF (2012).

## 4.6 Konklusjon og anbefalinger

Gjennomgang av teoretiske modellerte scenarier (SINTEF, 2018) og vurderinger av effekter basert på litteraturstudie og kjente grenseverdier har vist at:

- Mudring av masser ved alle grunner sør for grunnen Flyndregrunnen har høy konflikt med gytefelt for torsk og bør ikke utføres i gyteperioden (1. januar-30. april). Øvrige arbeidsoperasjoner innenfor tiltaket har lav eller ingen konflikt og bør kunne utføres i gyteperioden.
- Mudring av forurensede masser med langtrekkende bakgraver Borg 1, mudring av ikke-forurensede masser med liten sugemudrer Borg 1 og deponeringer ved Svaleskjær vil ikke påvirke gytefeltet for torsk negativt, og kan utføres i gyteperiode for torsk.
- Deponeringer ved Møkkalasset vil ikke påvirke Gytefeltet Flyndregrunnen negativt (teoretiske verdier på <math><0,002\text{ mg/l}</math>) og kan utføres i gyteperiode for torsk.
- Mudring av forurensede masser med bakgraver Borg 1 representerer verst tenkte tilfelle for spredning fra operasjonene i Borg 1 og har sedimentasjon som viser noe overlapp med nordlig grense av gytefelt Flyndregrunnen. Grad av konflikt ansees som lav, og kan utføres i gyteperiode for torsk forutsatt at metode benyttes tilsvarende det som er modellert. Total deponering i randsone gytefeltet nord viser et nedslag på maksimalt 0,3-1 mm etter fullført operasjon. Maksimal eksponering av partikler i vannmassen er 8,5 mg/l (1 time totalt for hele perioden). Antall timer med eksponering over 3 mg/l er 23 timer for hele mudringsoperasjonen, sjelden over 2 timer sammenhengende. Antall timer med eksponering over 5 mg/l er totalt 5 timer for hele mudringsoperasjonen. Det anbefales på generell basis å ikke mudre lenger sør enn grunnen Flyndregrunnen i gyteperioden for torsk. Det bemerkes at faktiske spredninger fra disse operasjonene trolig vil være mindre enn modellert grunnet mindre mengder masse som skal mudres, samt at modellen omfatter periode med størst spredning i overflatelaget grunnet vannføring i Glomma, mens forholdene i vintermånedene (gyteperiode torsk) tilsier mindre spredning mot gytefeltet Flyndregrunnen grunnet mindre vannføring i overflatelaget.
- Mudring av ikke-forurensede masser med wireoperert grabb og stor sugemudrer Borg 1 og 2 har høy grad av konflikt for deloperasjoner mudring Belgebåen, Fugleskjær, Tjeldholmen, og Lubbegrunnen, noe for Løpeungen, og bør ikke mudres i gyteperiode for torsk. Operasjoner i Borg 1 kan utføres i gyteperiode for torsk.
- Tiltak for å minimere spredning under mudring og deponerings operasjonene må benyttes. Det er av stor viktighet at operasjonene utføres skånsomt ved at diffusor benyttes under deponering og at det ved mudring med bakgraver for eksempel ikke graves større volum enn det skuffen kan holde og at måten graveskuffen beveges gjennom vannet til overflaten utføres kontrollert. Ved sugemudring skal sistene ikke overfylles. Avvik fra dette vil kunne medføre større spredning av partikler enn det de modellerte scenarier tilsier.
- Et overvåkingsprogram som kontinuerlig monitorer tilførsel av partikler til gyteområdene bør være på plass ved mudring i gyteperiode for torsk.

Det foreligger relativt lite data på bakgrunnsnivåer og naturlige svingninger i partikkelkonsentrasjoner i vannmassene rundt gytefeltene. For overvåking eller etablering av grenseverdier for stans i arbeid opp mot gytefelt bør det vurderes om det er behov for mer kunnskap vedrørende naturlige partikkelkonsentrasjoner i disse områdene.

## 5 UTREDNING AV SPRENGNING GRUNNER OG VANNUTSKIFTNING

### 5.1 Bakgrunn/hensikt

Hensikten med deloppgaven er å utføre en utredning av om sprengning av grunner i Borg 2 vil kunne endre vannutveksling mellom «utsiden» og «innsiden» av Hvalerøyene slik at områdets potensial som gytefelt kan forringes.

Vurderingene baserer seg på hydrodynamiske modelleringer utført av DHI i dette prosjektet.

### 5.2 Metode

DHI har utført en detaljert hydrodynamisk modellering av vannutvekslingen mellom utsiden og innsiden av Hvalerøyene og undersøkt om mudring/sprengning av fem grunner og Glomma ved Røsvikrenna vil kunne endre denne vannutvekslingen.

**DHI rapporten «Strømningsmodell i Hvalerskjærgården» er gitt i sin helhet i vedlegg A.** Det henvises til detaljer i denne rapporten for modelloppsett, valideringer og generelle nyttige funn som gjelder vannsirkulasjon i tiltaksområdet. En generell oppsummering av modelleringen og detaljer vedrørende eventuelle effekter på gytefelt er oppsummert nedenfor (utdrag fra rapporten).

#### 5.2.1 Hydrodynamisk modellering (DHI)

DHI etablerte en tredimensjonal strømningsmodell (hydrodynamisk modell) basert på modellsystemet MIKE 3 FM som inkluderer Hvalerskjærgården fra Glomma helt ut til Tisler. Modellen bruker grensebetingelser fra en av DHIs regionale modeller som dekker Skagerrak, slik at offshore-effekter, stormflo og relevante sirkulasjonsmønstre beskrives for hele modellsystemet. Modellen er drevet av meteorologiske felter og ferskvannstilstrømning fra bl.a. Glomma. Den ble validert mot målinger av vannstand, strøm, salinitet og temperatur for perioden 01.01.15 – 01.07.15.

Området av hovedinteresse for analysen er de indre delene av Hvalerskjærgården, som er området fra ytterkant av Hvalerøyene og inn mot Fredrikstad, for å se om vannutskiftningen i dette området vil endres. Dette systemet er koblet sammen oppstrøms til Østerelva (østre del av Glomma etter at den splitter seg) og nedstrøms til Skagerrak (åpent hav). For å modellere interesseområdet er en liten del av Glomma samt en del av havområdet utenfor Hvalerøyene inkludert i modellen, se Figur 5-1. Dette sikrer at innflytelsen på skjærgården fra elven og havet er godt representert av modellen.

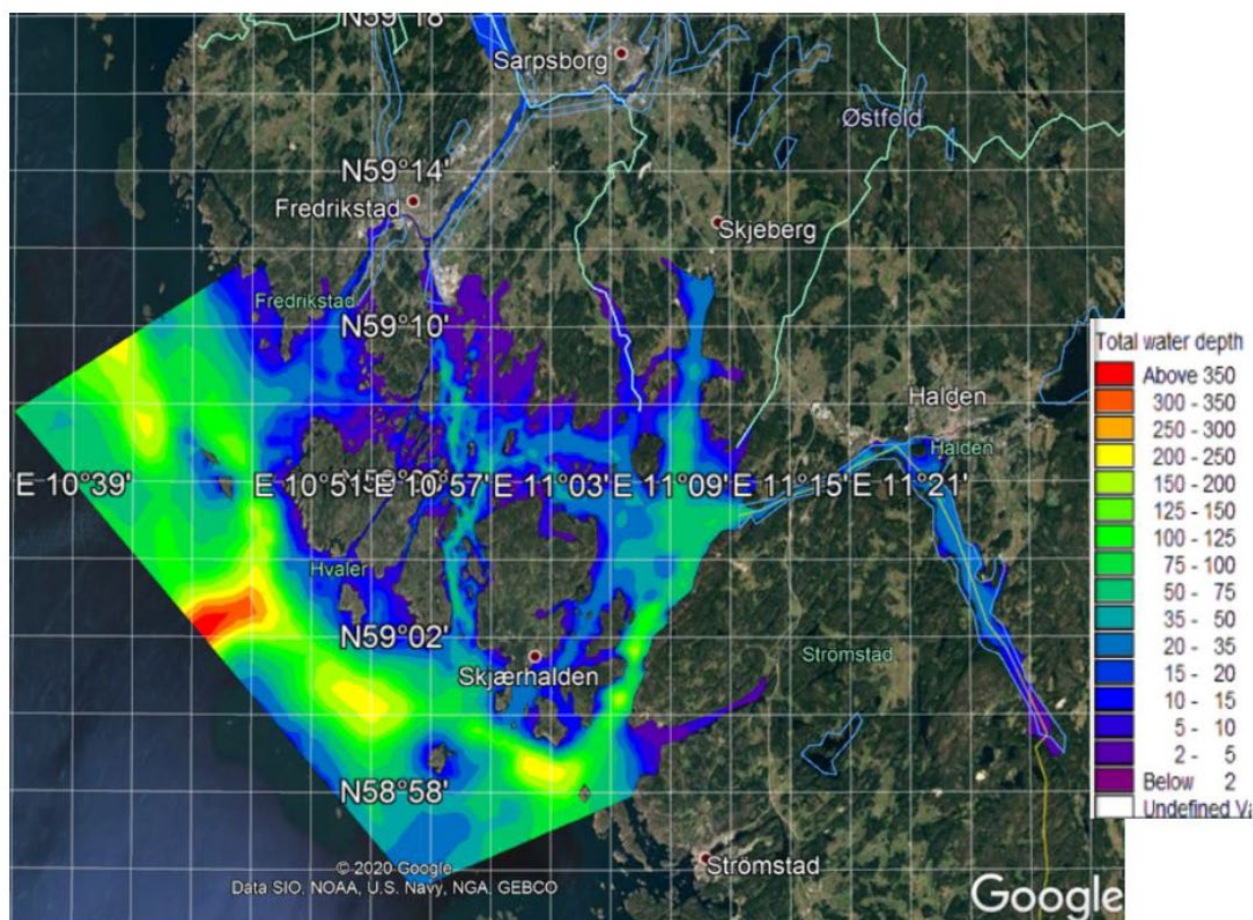
Når det gjelder modellen er det viktig at denne kan beskrive en rekke hydrodynamiske prosesser som strekker seg fra elvevannføring, stratifisering av vannsøylen, innblanding, estuarin sirkulasjon, fra vindgenerert sirkulasjon, tidevann og stormflo, til kystsirkulasjon. For å sjekke dette har DHI etablert en tredimensjonal strømningsmodell (hydrodynamisk modell) som inkluderer Hvalerskjærgården fra Glomma helt ut til Tisler, inklusiv Iddefjorden. Modellen inkluderer grensebetingelser fra en av DHIs regionale modeller som dekker Skagerrak, slik at offshore-effekter, stormflo og relevante sirkulasjonsmønstre beskrives for hele modellsystemet.

I strømningsmodellen er det benyttet et fleksibelt beregningsnett til å beskrive vannmassene. Dette gjør det mulig å modellere områder med ulik oppløsning avhengig av lengdeskalaene fra de viktigste hydrodynamiske prosessene og detaljeringsgrad. For Hvalerskjærgården er det satt opp et beregningsnett som har relativt grov oppløsning i de ytre områdene (Ytre Hvaler Nasjonalpark), men med fin oppløsning i indre Leira og på innsiden av Hvalerøyene der det er viktig å få med detaljene i

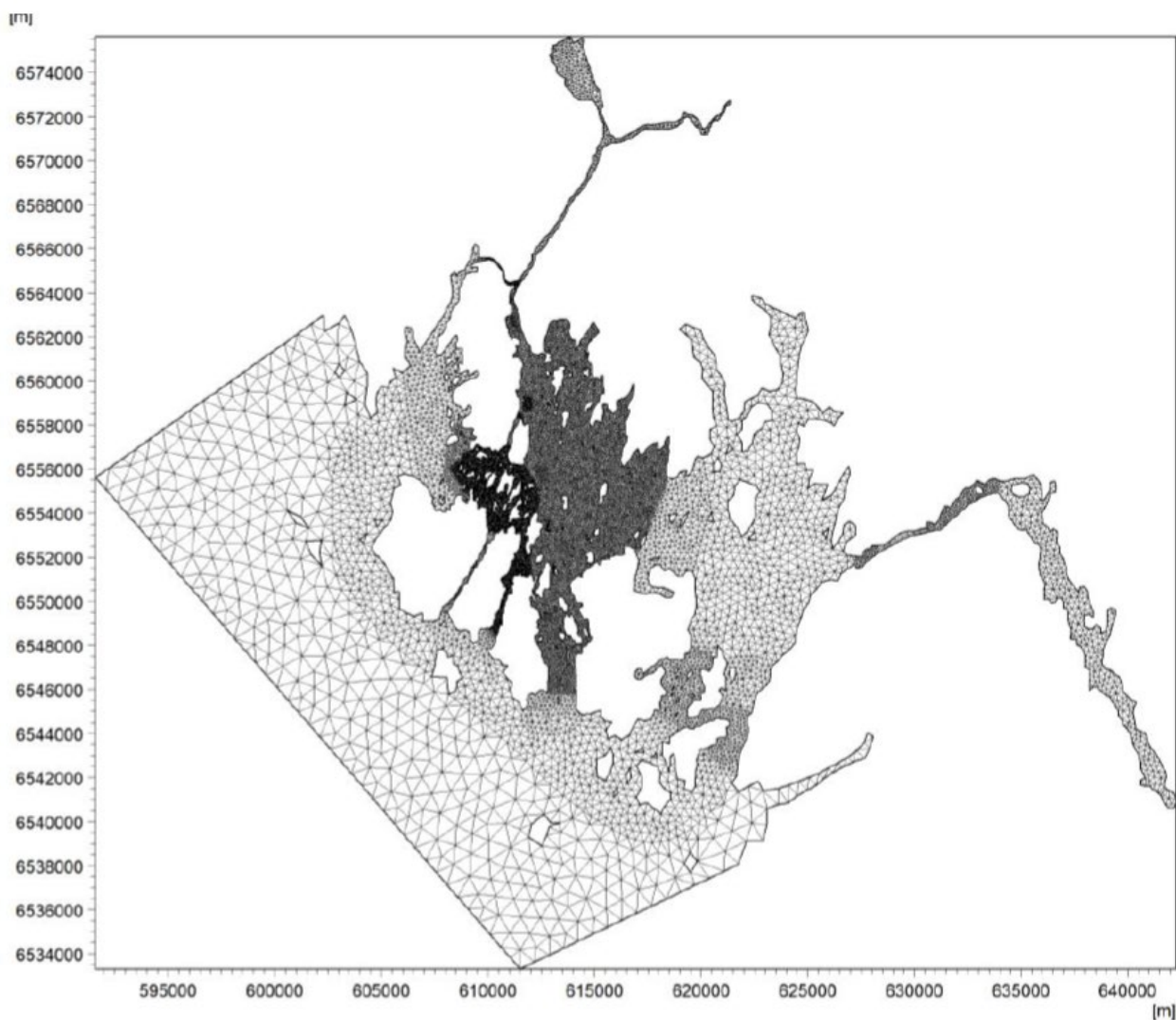


vannutskiftningen. Modellområdet er vist i Figur 5-1 og modellopløsningen i interesseområdet er vist i Figur 5-2. Det horisontale beregningsnett består av både rektangulært og et triangulært nett. Rektangulært beregningsnett er brukt i smale kanaler og deler av Glomma, ellers er resten triangulært. I indre deler av Hvalerskjærgården og Leira lengden på siden av elementene på 60m-110m for å få med havbunnstopografitrekene og de mindre horisontale skalaene til de hydrodynamiske prosessene som forekommer her. I de ytre delene av Hvaler hvor den horisontale skalaen til de hydrodynamiske prosessene er større, varierer elementstørrelsene mellom 200-1000m. Detaljene i modellopløsningen kan ses i Figur 2.3 og Figur 2.4. Havbunnstopografidataene som er brukt for det horisontale modellnettet er basert på de 50m x 50m og 1mx1m (i Glomma) gitrete havbunnstopografidataene fra Kystverket og data fra digitale navigasjonskart fra C-Map Norge.

I tillegg er det benyttet dybde data fra GEONORGE, som er en løsning fra Kartverket: <https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/kartverket/dybde-data-terrengmodeller-50-meters-grid-landsdekkende/bbd687d0-d34f-4d95-9e60-27e330e0f76e>. Dette er en terrengmodell i 50x50m oppløsning som viser terrengvariasjon på havbunnen for norske sjø- og havområder. Terrengmodellen har blitt skapt ved bruk av interpolering og har derfor varierende nøyaktighet med hensyn til pålitelighet i posisjon og dybde. Datasettene er laget på bakgrunn av moderne data, det vil si data innsamlet ved bruk av multistråle ekkolodd. Disse dataene er kun brukt der Kystverket ikke har oppmålte data tilgjengelig.



**Figur 5-1** Modellområdet, som viser vanndybde, over satellittbilde fra Google Earth (DHI, 2021).



**Figur 5-2** Horisontal modellopløsningen av domenet (DHI, 2021).

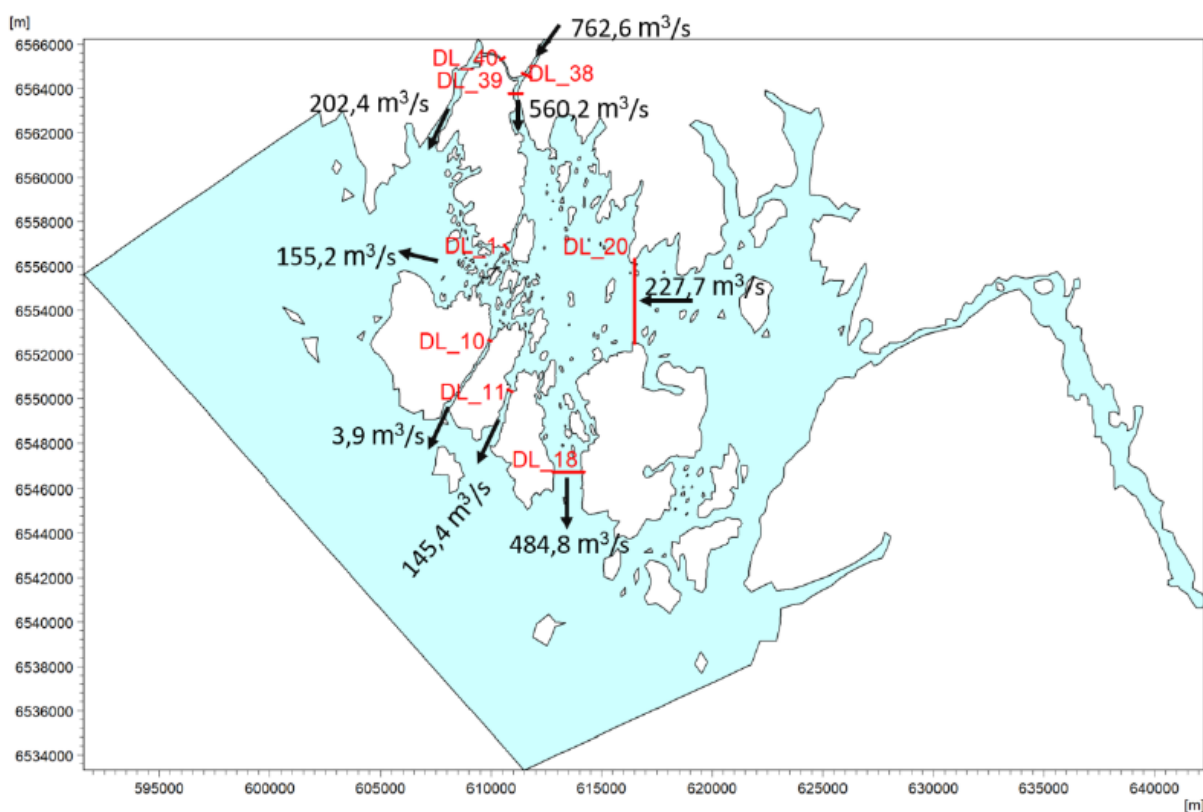
Den generelle sirkulasjonen i Hvalerskjærgården er sterkt påvirket av vannføringen fra elvene i domenet; spesielt Glomma, som er Norges største elv og er vesentlig større enn de andre elvene i domenet. Den store ferskvannstilstrømningen fra spesielt Glomma skaper et brakkvannslag i den øverste delen av vannsøylen i systemet og opprettholder en sterk stratifisering av vannsøylen. Elvene er inkludert i modellen som såkalte punktkilder. I hver punktkilde er både vannføring, temperatur og salinitet spesifisert enten som en tidsserie eller som en konstant. Totalt er det 38 punktkilder som representerer vannføring fra elver. Temperaturen i alle elvene satt til å være lik temperaturen til Glomma, og saliniteten er satt til 0 psu (ferskvann) i alle kildene.

### Vannutskiftning og massebudsjett

Etter at modellen er satt opp, kalibrert og validert er modellen klar til å bli brukt til å undersøke vannutskiftningsforholdene. For å undersøke om sprengning/mudring av grunner vil endre vannutvekslingen mellom utsiden og innsiden av Hvalerøyene er det satt opp inn- og utstrømningslinjer og massebudsjetter for torskegyttingsområde i modellen (Figur 5-3). Modellert netto vannvolum er også vist i figuren. For alle inn- og utstrømningslinjene er positiv retning inn mot skjærgården, (bortsett fra en linje). I inn- og utstrømningslinjen for DL1 kan en se hvordan gjennomstrømningen varierer gjennom modellperioden, i tillegg til hva netto gjennomstrømning (gjennomsnittlig gjennomstrømning) er. En kan

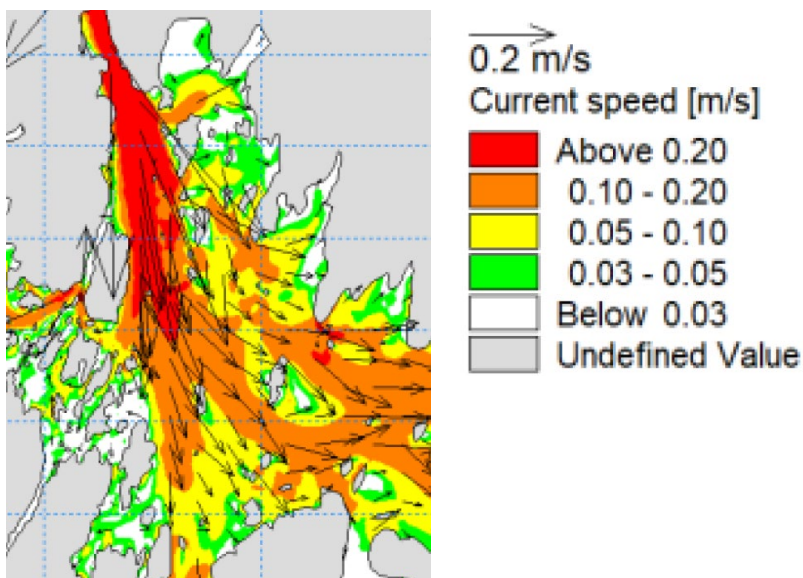
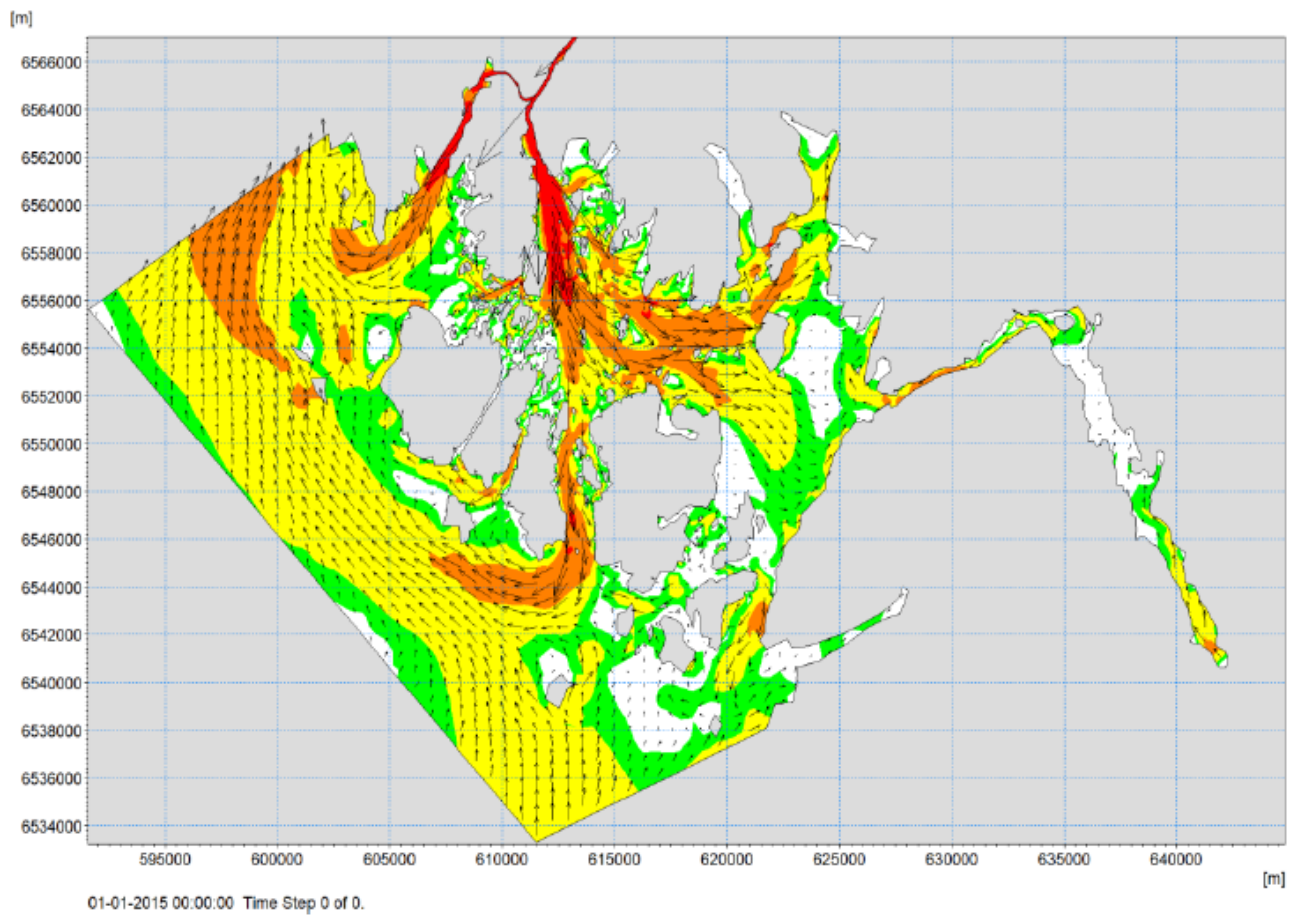
se at det i topplaget er en klar netto strøm ut av den indre skjærgården mot det åpne havet (Figur 5-4). Litt dypere på en dybde mellom 8 og 9 m (Figur 5-5), er det lavere strømhastigheter, og en kan se en kompensasjonsstrøm inn mot Glomma i indre Hvalerskjærgården (drevet av meddriving).

Det er utført et massebudsjett Massebudsjettet beskriver budsjettet for det stående vannvolumet, -saltet og varmen innenfor et avgrenset område, inklusiv transporten over grensene til det avgrensede området for hvert tidssteg. I Hvalerskjærgården er det to gyteområder for torsken som er vurdert og to massebudsjetter (modell output) definert for de to gyteområdene Flyndregrunnen og Løperen.

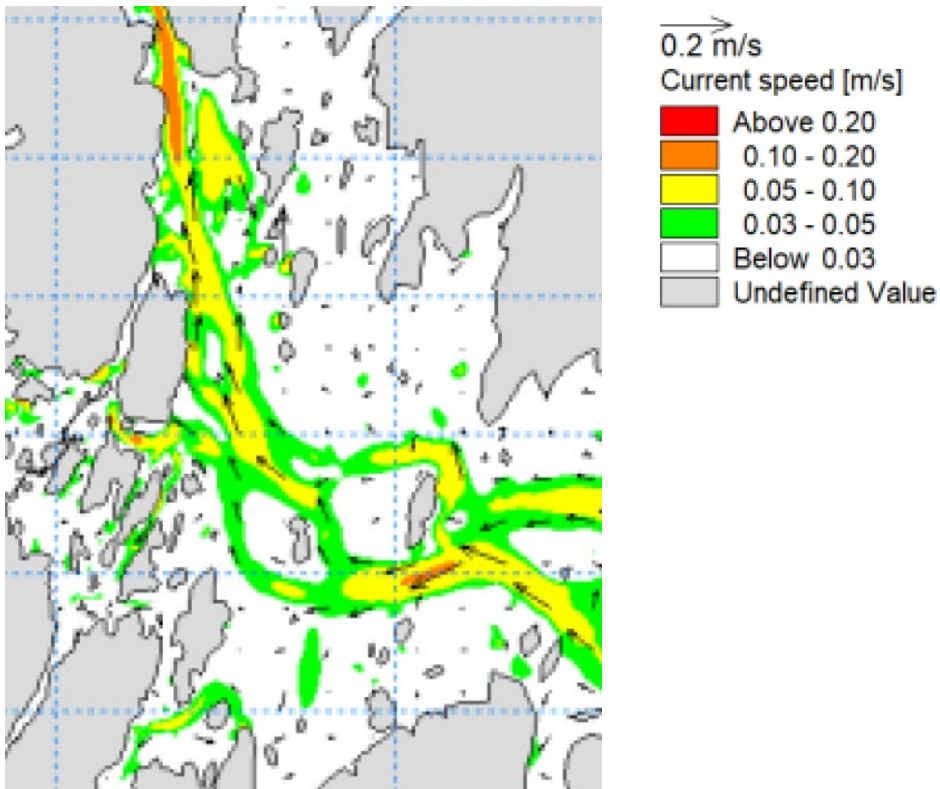
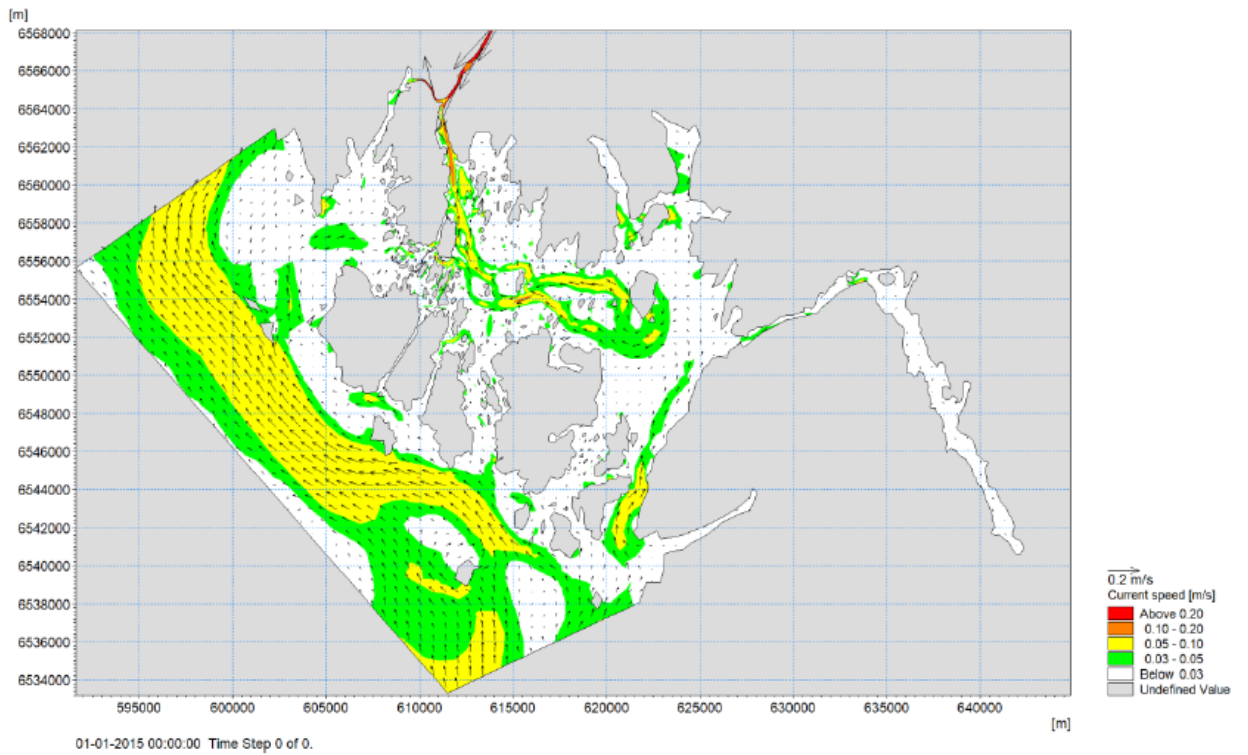


**Figur 5-3** Utvalgte inn- og utstrømningslinjer i den indre skjærgården i modellen og netto vannvolum gjennomstrømning i modellperioden. Pilene peker i positiv retning (DHI, 2021).



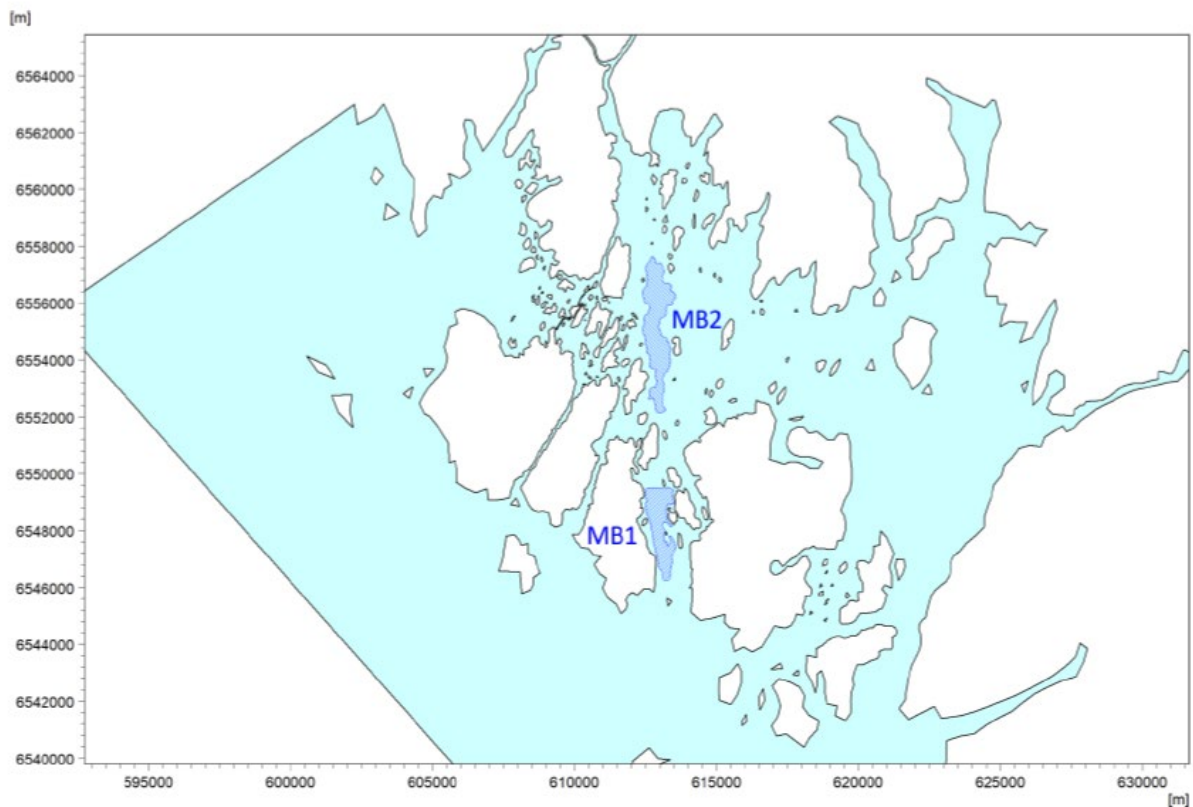


**Figur 5-4** Netto strøm mellom 0-1 m, januar 2015 (DHI, 2021)



**Figur 5-5** Netto strøm mellom 8-9 m, januar 2015 (DHI, 2021).



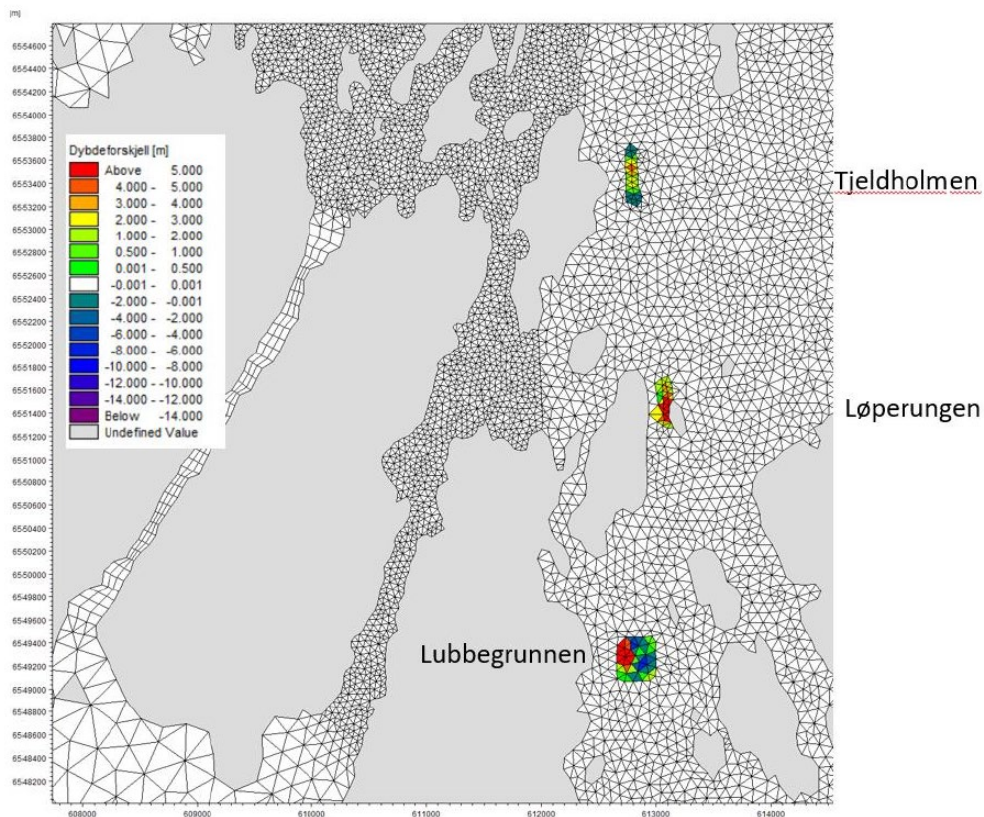
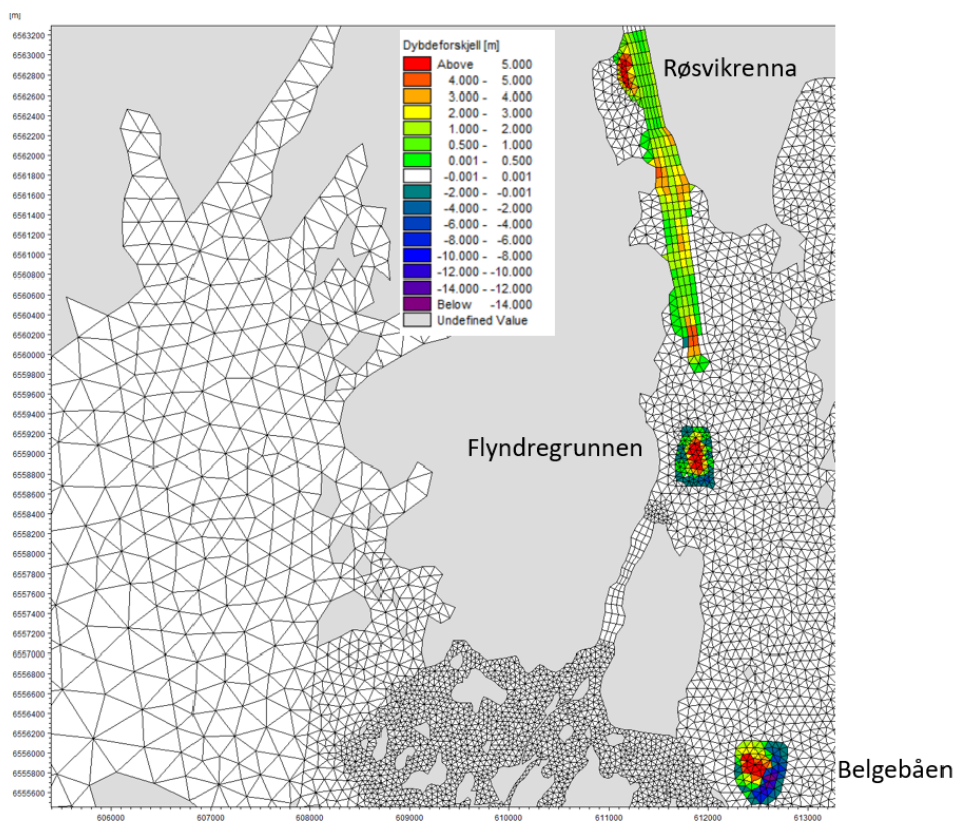


**Figur 5-6** Masebudsjettene avgrensner området for de to gytefeltene Flyndregrunnen (MB2) og Løperen (MB1), DHI (2021).

## 5.2.2 Tiltaksanalyse (DHI)

For å undersøke om tiltakene Kystverket ønsker å utrede vil endre vannutvekslingen mellom utsiden og innsiden av Hvalerøyene har det, i tillegg til å bli opprettet en modell før tiltak, blitt opprettet en modell for situasjonen etter tiltakene. Det eneste som er endret i den andre modellen er dybdene i tiltaksområdet.

Tiltakene omfatter mudring/sprengning av seks (6) grunner fra grunnen Flyndregrunnen til Lubbegrunnen i tillegg til Røsvikrenna. I denne rapporten er det kun mudring/sprengning/deponering i Røsvikrenna, grunnen Flyndregrunnen, Belgebåen, Tjeldhomsten, Løperungen og Lubbegrunnen som er inkludert. Dybdene for tiltaksområdene etter tiltak ble gitt av Norconsult i xyz-format (Breyholtz, et al., 2020). I elementene i beregningsnettet blir dybdene interpolert på bakgrunn av disse dybde-dataene. Dette gjorde at noen av elementene var noe grunnere enn kriteriene for planlagt mudringsdybde gitt i (Kystverket, 2018). Det ble derfor satt som et kriteriene at dybdene skulle være minimum planlagt mudringsdybde. Det endte dermed med at endringene ble som vist i Figur 5.1. Her ser en dybdeforskjellene mellom før- og etter tiltak. Der figuren viser en høyere vanndybde har modellen blitt dypere etter tiltak, mens der den har negative verdier har den blitt grunnere. Det vil si at der det er positive verdier vil havbunnen bli mudret/sprengt til et dypere nivå, mens der det er negative verdier vil det deponeres og bli grunnere.



**Figur 5-7** Dybdeforskjellen (etter- minus før tiltak); en økning i vanddybde viser hvor mye dypere det elementet er blitt, og vice versa for en negativ verdi (DHI, 2021).

Vannutskiftningen mellom utsiden og innsiden av Hvalerøyene kan bli funnet ved å undersøke inn- og utstrømningslinje DL\_1, DL\_10, DL\_11, DL\_18, DL\_20 og DL\_39 (Figur 5-1). Resultatene fra disse inn- og utstrømningslinjene er både presentert som grafer og i tabellform (Vedlegg A – DHI rapporten).

I Tabell 5-1 til Tabell 5-3 er alle de gjennomsnittlige tallene presentert for alle de avgrensede inn- og utstrømningslinjene for vann, varme og salt. Sammenlignet med forholdene i Figur 4.4 kan en se fra tabellene at det overordnede strømningsmønsteret endres i liten grad. Den største endringen er at det går mer tidevann opp i Østerelven, som trolig delvis går ut i Vestelven, men endringen av den totale vannføringen i de to elvene er minimal. Endringen før- og etter tiltak er noe som hender i januar-april, men når vårfloppen kommer i mai-juni er det så og si ingen differanse før- og etter tiltak. For endring gjennomstrømningen for de andre inn- og utstrømningslinjene kan en se at differansen mellom før- og etter tiltak varierer mellom 0,1 – 1,3 %.

Endring i vannutskiftningen i de gitte gyteområdene er funnet ved å undersøke massebudsjettet før- og etter tiltak. Resultatene fra de to massebudsjettene er både presentert som grafer og i tabellform (Vedlegg A – DHI rapporten).

I Tabell 5-4 til Tabell 5-6 er alle de gjennomsnittlige tallene presentert for alle de avgrensede inn- og utstrømningslinjene for vann, varme og salt. En ser fra tabellene at endringen i den stående massen før- og etter tiltak er mellom 0.0 – 0.1%.

**Tabell 5-1** Øyeblikkelig gjennomstrømning vann i inn- og utstrømningslinjene som avgrensede utsiden og innsiden av Hvalerøyene. Positive tall for «gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning» betyr at gjennomsnittlig gjennomstrømning er rettet inn mot innsiden av Hvalerøyene. For «gjennomsnittlig endring øyeblikkelig gjennomstrømning» vil positive tall vil si at det er mer gjennomstrømning etter at tiltakene er gjennomført, vice versa for negative tall (DHI, 2021).

Inn- og utstrømningslinje	Etter tiltak Gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning vann [m <sup>3</sup> /s]	Før tiltak Gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning vann [m <sup>3</sup> /s]	Etter tiltak - Før tiltak Gjennomsnittlig endring i øyeblikkelig gjennomstrømning vann [m <sup>3</sup> /s]	Gjennomsnittlig endring øyeblikkelig gjennomstrømning vann [%] (relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse)
DL_1	-155,0	-155,2	0,2	0,1
DL_10	-3,9	-3,9	-0,1	-0,9
DL_11	-145,2	-145,4	0,2	0,1
DL_18	-483,5	-484,8	1,3	0,2
DL_20	229,3	227,7	1,6	0,3
DL_39	557,1	560,2	-3,2	-0,6

**Tabell 5-2** Øyeblikkelig gjennomstrømning salt i inn- og utstrømningslinjene som avgrensers utsiden og innsiden av Hvalerøyene. Positive tall for «gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning» betyr at gjennomsnittlig gjennomstrømning er rettet inn mot innsiden av Hvalerøyene. For «gjennomsnittlig endring øyeblikkelig gjennomstrømning» vil positivt tall vil si at det er mer gjennomstrømning etter at tiltakene er gjennomført, vice versa for negative tall (DHI, 2021).

Inn- og utstrømningslinje	Etter tiltak		Før tiltak		Etter tiltak - Før tiltak	
	Gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning salt [kg/s]	Gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning salt [kg/s]	Gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning salt [kg/s]	Gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning salt [kg/s]	Gjennomsnittlig endring i øyeblikkelig gjennomstrømning salt [kg/s]	Gjennomsnittlig endring øyeblikkelig gjennomstrømning salt [%] (relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse)
DL_1	-2 795,7	-2 786,7	-2 786,7	-2 786,7	-9,0	-0,2
DL_10	-71,1	-71,1	-69,5	-69,5	-1,6	-1,3
DL_11	-2 892,2	-2 892,2	-2 892,2	-2 892,2	0,0	0,0
DL_18	-7 736,8	-7 736,8	-7 778,0	-7 778,0	41,1	0,2
DL_20	13 434,3	13 434,3	13 432,0	13 432,0	2,3	0,0
DL_39	-101,8	-101,8	-71,7	-71,7	-30,1	-7,3

**Tabell 5-3** Øyeblikkelig gjennomstrømning varme i inn- og utstrømningslinjene som avgrensers utsiden og innsiden av Hvalerøyene. Positive tall for «gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning» betyr at gjennomsnittlig gjennomstrømning er rettet inn mot innsiden av Hvalerøyene. For «gjennomsnittlig endring øyeblikkelig gjennomstrømning» vil positivt tall vil si at det er mer gjennomstrømning etter at tiltakene er gjennomført, vice versa for negative tall

Inn- og utstrømningslinje	Etter tiltak		Før tiltak		Etter tiltak - Før tiltak	
	Gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning varme [J/s]	Gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning varme [J/s]	Gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning varme [J/s]	Gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning varme [J/s]	Gjennomsnittlig endring i øyeblikkelig gjennomstrømning varme [J/s]	Gjennomsnittlig endring øyeblikkelig gjennomstrømning varme [%] (relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse)
DL_1	-4 102 854 780,5	-4 102 854 780,5	-4 110 820 774,7	-4 110 820 774,7	7965994,2	0,1
DL_10	-101 615 837,2	-101 615 837,2	-100 302 627,6	-100 302 627,6	-1313209,6	-0,7
DL_11	-4 148 582 242,2	-4 148 582 242,2	-4 154 239 082,1	-4 154 239 082,1	5656839,9	0,1
DL_18	-14 169 850 009,6	-14 169 850 009,6	-14 219 313 513,7	-14 219 313 513,7	49 463 504,1	0,2
DL_20	5 838 968 372,7	5 838 968 372,7	5 794 243 358,0	5 794 243 358,0	44 725 014,7	0,2
DL_39	14 858 918 985,6	14 858 918 985,6	14 952 207 930,1	14 952 207 930,1	-93 288 944,5	-0,6

**Tabell 5-4** Stående vann i gitte gyteområder på innsiden av Hvalerøyene. Positive tall for «gjennomsnittlig stående vann» betyr at gjennomsnittlig stående vann er rettet inn mot gyteområdet. For «gjennomsnittlig endring stående vann» vil positivt tall vil si at det er mer stående vann etter at tiltakene er gjennomført, vice versa for negative tall. De initiale forskjellene på bakgrunn av endret dybde er fjernet i «Gjennomsnittlig endring i stående vann» (DHI, 2021).

Massebudsjett	Etter tiltak		Før tiltak		Etter tiltak - Før tiltak	
	Gjennomsnittlig stående vann [m <sup>3</sup> ]	Gjennomsnittlig stående vann [m <sup>3</sup> ]	Gjennomsnittlig stående vann [m <sup>3</sup> ]	Gjennomsnittlig stående vann [m <sup>3</sup> ]	Gjennomsnittlig endring i stående vann [m <sup>3</sup> ]	Gjennomsnittlig endring stående vann [%]
MB1	82 054 116,8	82 054 116,8	81 906 044,5	81 906 044,5	-63,7	0,0
MB2	127 279 373,1	127 279 373,1	127 712 841,9	127 712 841,9	-900,7	0,0

**Tabell 5-5** Stående salt i gitte gyteområder på innsiden av Hvalerøyene. Positive tall for «gjennomsnittlig stående salt» betyr at gjennomsnittlig stående salt er rettet inn mot gyteområdet. For «gjennomsnittlig endring stående salt» vil positivt tall vil si at det er mer stående salt etter at tiltakene er gjennomført, vice versa for negative tall. De initiale forskjellene på bakgrunn av endret dybde er fjernet i «Gjennomsnittlig endring i stående salt» (DHI, 2021).

Massebudsjett	Etter tiltak		Før tiltak	
	Gjennomsnittlig stående salt [kg]	Gjennomsnittlig stående salt [kg]	Gjennomsnittlig endring i stående salt [kg]	Gjennomsnittlig endring stående salt [%]
MB1	2 327 834 652,3	2 322 547 989,3	1 128 199,0	0,0
MB2	3 477 700 217,8	3 488 705 758,7	2 167 451,1	0,1

**Tabell 5-6** Stående varme i gitte gyteområder på innsiden av Hvalerøyene. Positive tall for «gjennomsnittlig stående varme» betyr at gjennomsnittlig stående varme er rettet inn mot gyteområdet. For «gjennomsnittlig endring stående varme» vil positivt tall vil si at det er mer stående varme etter at tiltakene er gjennomført, vice versa for negative tall. De initiale forskjellene på bakgrunn av endret dybde er fjernet i «Gjennomsnittlig endring i stående varme» (DHI, 2021).

Massebudsjett	Etter tiltak		Før tiltak	
	Gjennomsnittlig stående varme [TJ]	Gjennomsnittlig stående varme [TJ]	Gjennomsnittlig endring i stående varme [TJ]	Gjennomsnittlig endring stående varme [%]
MB1	2 348,8	2 344,4	1,6	0,1
MB2	3 578,1	3 590,9	-3,0	-0,1

### 5.3 Konklusjon

Utredning av om mudring/sprengning av fem grunner og Glomma ved Røsvikrenna vil kunne endre vannutveksling mellom «utsiden» og «innsiden» av Hvalerøyene, basert på DHIs hydrodynamiske modellringer oppsummeres følgende:

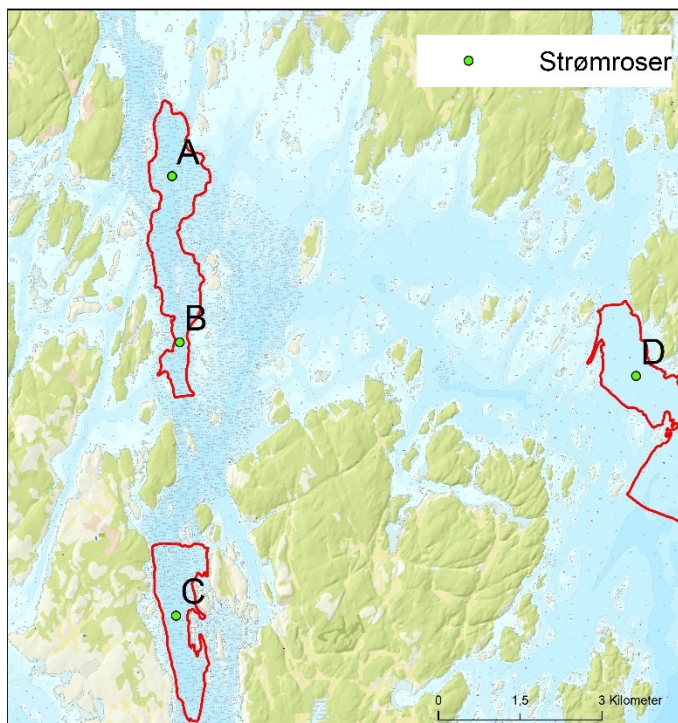
- Valideringer av modellen har vist at modellen beskriver tidevann og residual vannstand godt, sammenligningene av strømhastighetene viser en fornuftig overenstemmelse, og at lagdelingen for salinitet og temperatur er godt beskrevet.
- Undersøkelsen av vannutvekslingen er basert på inn- og utstrømningslinjer, og massebudsjetter, som beskriver inn- og utstrømning av vann, salt og varme over utvalgte tverrsnitt, og vann, salt og varmebalanse innenfor de to gyteområdene.
- Undersøkelsene før- og etter tiltak viser for inn- og utstrømningslinjene at det kun er en liten endring i gjennomstrømningen, som kan sies å være såpass liten at endringen i vann, salt og varmeutvekslingen er minimal. Det skal merkes at det i perioden hvor det er lavere vannføring i Glomma (januar-april), kommer det mer tidevann opp i Glomma fra Østerelven etter tiltak. Dette tidevannet ser ut til å gå delvis ut gjennom Vesterelven, siden mer salt strømmer gjennom her etter tiltak. Den totale vannføringen endres likevel ikke mye. Når vårfloppen kommer (mai - juni) er endringen mellom før- og etter tiltak liten.
- For vannutvekslingen til de gitte gyteområdene til torsken er det minimal endring i det stående vannet, -saltet og -varmen i massebudsjettene.
- Det er også vist at lagdelingen i interesseområdet er tilnærmet uendret før- og etter tiltak.
- Den planlagte mudringen/sprengningen av fem grunner og Glomma ved Røsvikrenna har svært begrenset innvirkning på den samlede vannutvekslingen for Hvalerskjærgården. Med hensyn til vann, varme og saltbalansen i de to gyteområdene, har prosjektet nærmest en ubetydelig effekt.



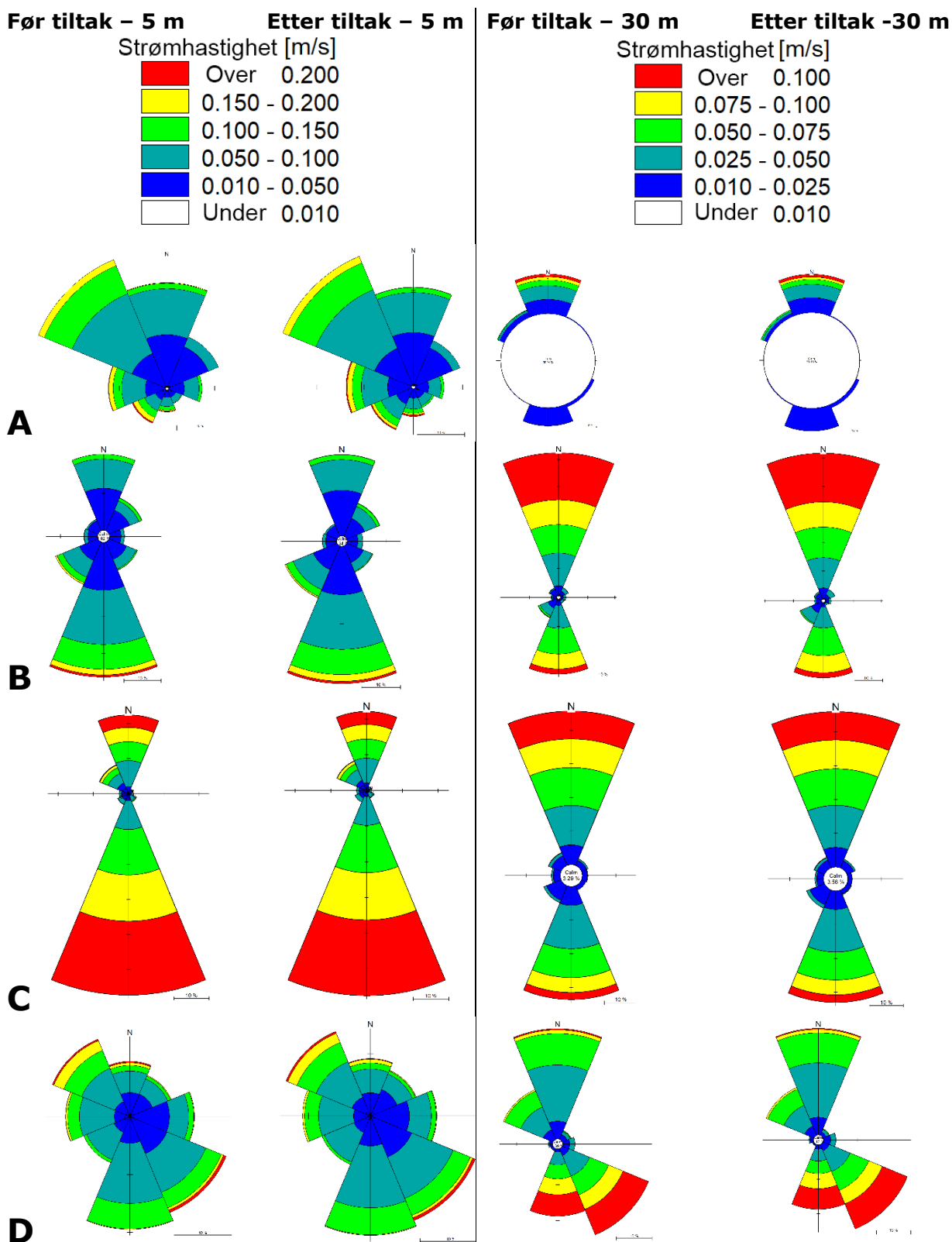
## 5.4 Vurdering larvedrift basert på DHIs modellering

Basert på data fra DHI er det gjort en enkel vurdering av mulig larvedrift fra gytefeltene. Dette har ikke blitt modellert spesifikt i dette prosjektet, men noen antakelser vedrørende netto strøm og mulig larvedrift er gitt. Strømroser tatt ut på 4 ulike punkter i gytefeltene på to dyp (5 og 30 m) gjennom den modellerte perioden (Figur 5-8 og Figur 5-9) viser mye av det samme som i Figur 5-4 og Figur 5-5 (januar), med unntak av overflatestrøm i punkt A. I overflatelaget er det generelt i gyteperioden en nettostrøm ut av skjærgården, mens det på dypere vann er en kompensasjonsstrøm med lavere hastighet inn mot Glomma i den indre del av Hvalerskjærgården. Modellresultatene er sammenlignbare med Staalstrøm og Skogan (2015), april måned.

Solemdal og Sundby (1981) oppga torskeegg til å ha en nøytral tetthet ved 29,5-33 PSU i Vestfjorden. Sundby (1991) rapporterte pelagiske egg til å ha høyest konsentrasjon nær overflaten, med eksponentiell minking nedover i vannmassene. I estuarine miljøer med lav overflatetetthet vil eggene ansamles under overflaten med høyest tetthet i pyknoklinen. Eggene vil være relativt upåvirket av variasjoner i turbulens, men vil være mer avhengige av de lokale salinitetsprofilene (Sundby, 1991). Basert på modellert nettostrøm vil trolig vil eggene sirkulere rundt i områdene identifisert som gytefelt av HI, med en mulig transport ut av gytefeltet Flyndregrunnen i nord langs bunnen inn mot Glomma men nettotransport utover og bort fra de indre deler ved Glomma dersom eggene flyter opp i de øverste meterne. Vanntransporten er relativt langsom i de dypere vannlagene, antatt en strømhastighet på 5 cm / sek (3 meter i timen) vil eggene kunne forflyttes ~900 meter totalt fra eggene gytes til de klekker (~300 timer).



**Figur 5-8** Punkter i gytefelt hvor det er tatt ut strømroser (Figur 5-9) for perioden jan-april, 2015, modelldata DHI.



**Figur 5-9** Strømroser tatt ut for hele modellingsperioden (DHI), punktene A-D (Figur 5-8) for dypene 5 meter og 30 meter, modellerte resultater før og etter tiltak. Som beskrevet tidligere er det kun små forskjeller i modellresultater mellom før og etter tiltak.

## 6 REFERANSER

- Appelberg, M; Holmqvist, M and Lagenfelt, I. 2005. Øresundsforbindelsens inverkan paa fisk och fiske. Underlagsrapport 1992-2005. 2005, pp. 1-230.
- Breyholtz, B. et al., 2020. Innseiling Borg - utdyping av farled - Mengdeberegning av tiltaksalternativer, Sandvika: Norconsult.
- DHI. 2021. Strømningsmodell i Hvalerskjærgården Vannutvekslingen mellom utsiden og innsiden av Hvalerøyene. DHI rapport
- Engell-Sørensen K, Holm SP. 2001. Evaluation of the Effect of Sediment Spill from Offshore Wind Farm Construction on Marine Fish.
- Espeland SH, Albertsen J, Nedreaas K, Sannæs H, Bodvin T, Moy F. 2013. Kartlegging av gytefelt. Gytefelt for kysttorsk. Havforskningsinstituttet rapport 1/2013.
- DNV. 2006. Utvidelse av farleden til Borg havn. Rapport nr: 2006-1502.
- DNV. 2008. TA 2425. Mudringsmetoder for forurenset sjøbunn. Rapport nr:2008-0476. Rapport til Statens forurensningstilsyn.
- DNV GL, 2014. Marinbiologisk tilleggsundersøkelse i Førdefjorden. Rapport nr.: 2014-1193, rev 1. Kap. 4.)
- FeBEC, 2013. Fish Ecology in Fehmarnbelt. Environmental Impact assessment Report. Fehmarn Belt Environment Consortium JV Report No. E4TR0041 - Volume I.
- Fitzpatrick, M., Warren, R., Ekrol, N. 2000. South Arne Field Development: An Environmental Impact Assessment of Oil Spills. Spill Science & Technology Bulletin, Vol. 6, No. 2, pp. 133-143.
- Hjermann, D. Ø., Melsom, A., Dingsør, G. E., Durant, J. M., Eikeset, A. M., Røed, L. P., Ottersen, G., Storvik, G., Stenseth, N. C. 2007. Fish and oil in the Lofoten-Barents Sea system: synoptic review of the effect of oil spills on fish populations. Marine Ecology Progress Series, Vol. 339: 283-299
- Humborstad, O-B, Jørgensen, T and Grotmol, S. 2006. Exposure of cod *Gadus morhua* to resuspended sediment: an experimental study of bottom trawling. Marine Ecology Progress Series. 2006, Vol. 309, pp. 247-254.
- NIVA. 2018. Statistisk analyse av volum av forurenset sediment i Borg 1 og Flyndregrunnen, basert på samlet kjemisk analysemateriale fram til 2017. RAPPORT L.NR. 7277-2018.
- Multiconsult. 2018. Innseiling Borg havn- Vedlegg B. Generell område- og tiltaksbeskrivelse – sammendrag av søknad. Dokumentkode: 713909-ADM-RAP-001.
- Rambøll. 2018a. Farledsutbedring Borg havn. Oppsummering av volumberegninger og resultater. M-rap-057-1110438.
- Rambøll. 2018b. Farledsutbedring Borg havn. Volum rent og forurenset sediment fra tiltaket. – Metode og resultater. M-rap-55-1110438-019.
- Rambøll. 2018c. Miljøgiftbudsjett for farledsutbedring i Borg havn. Spredning av miljøgifter før, under og etter tiltaket er beregnet. Rapport nr: M-rap-050-1110438.



Rambøll. 2018d. Miljøkonsekvensvurdering ved farledsutbedring til Borg Havn. Rapport nr: M-rap-51

Staalstrøm, A. og Skogan, O. A., 2015. Strømforhold og partikkelkonsentrasjoner i nedre del av Glomma utenfor Borg Havn. NIVA rapport nr 6911-2015, 27 s.

SINTEF. 2010. Dumping av løsmasser på sjøbunnen ved Fredrikstad. Kartlegging av strømforhold i Ørakanalen. Sluttrapport. SINTEF rapport F16114.

SINTEF. 2012. Deponering av løsmasser fra mudring av Røsvikrenna. Strøm og spredningsberegninger. Rapport nr. SINTEF F22633.

SINTEF. 2018. Innseiling til Borg havn – modellering av mudrings- og deponeringsoperasjoner. Spredning av finpartikulært materiale. Rapport nr 2018:00582.

Johnston DD, Wildish DJ, 1982. Effect of suspended sediment on feeding by larval Herring *Clupea harengus harengus*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 49:261-7.

Michelsen FA, Alver MO. 2015. Current modelling for the Røsvikrenna outlet area. SINTEF report nr F26768.

Messieh SN, Wildish DJ, Peterson RH, 1981. Possible impact from dredging and spoil disposal on the Miramichi Bay herring fishery. Canadian Technical Report on Fisheries and Aquatic Science 1008.

Nepstad, R., Hansen, B. H., Skancke, J. 2020. North sea produced water PAH exposure and uptake in early life stages of Atlantic Cod. Marine Environmental Research.

Newcombe CP, Jensen JOT, 1996. Channel suspended sediment and fisheries: a synthesis for quantitative assessment of risk and impact. North American Journal of Fisheries Management 16(4):693-727.

Reinardy H, Pedersen KB, Nahrgang J, Frantzen M. 2019. Effects of Mine Tailings Exposure on Early Life Stages of Atlantic Cod. Environmental Toxicology and Chemistry—Volume 38, Number 7—pp. 1446–1454.


Solemdal p, Sundby S. 1981. Vertical distribution of pelagic fish eggs in relation to species, spawningbehaviour and wind conditions. ICES council Meeting 1981/G77, 27.

Sundby S. 1991. Factors affecting the vertical distribution of eggs. ICES Marine Science Symposia, 192: 33-38.

Sørensen, L., Sørhus, E., Nordtug, T., Incardona, J. P., Lindbo, T. L., Giovanetti L., Karlsen, Ø., Meier, S. 2017. Oil droplet fouling and differential toxicokinetics of polycyclic aromatic hydrocarbons in embryos of Atlantic haddock and cod. PLoS ONE 12(7).

Sørensen L et al. 2019. Accumulation and toxicity of monoaromatic petroleum hydrocarbons in early life stages of cod and haddock. Environmental Pollution 251 (2019) 212-220.

Van Daltsen J, 1999. Ecologische effecten van grootschalige zandwinning. Werkdocument t.b.v. visieontwikkeling op kustplannen. Werkdocument RIKZ/AB-98.105xxx.



Westerberg H, Rönnbäck P, Frimansson H, 1996. Effects of suspended sediments on cod eggs and larvae and on the behaviour of adult herring and cod. ICES CM 1996/E:26:13.

Wenger et al. 2017. A critical analysis of the direct effects of dredging on fish. Fish and Fisheries 18(5).



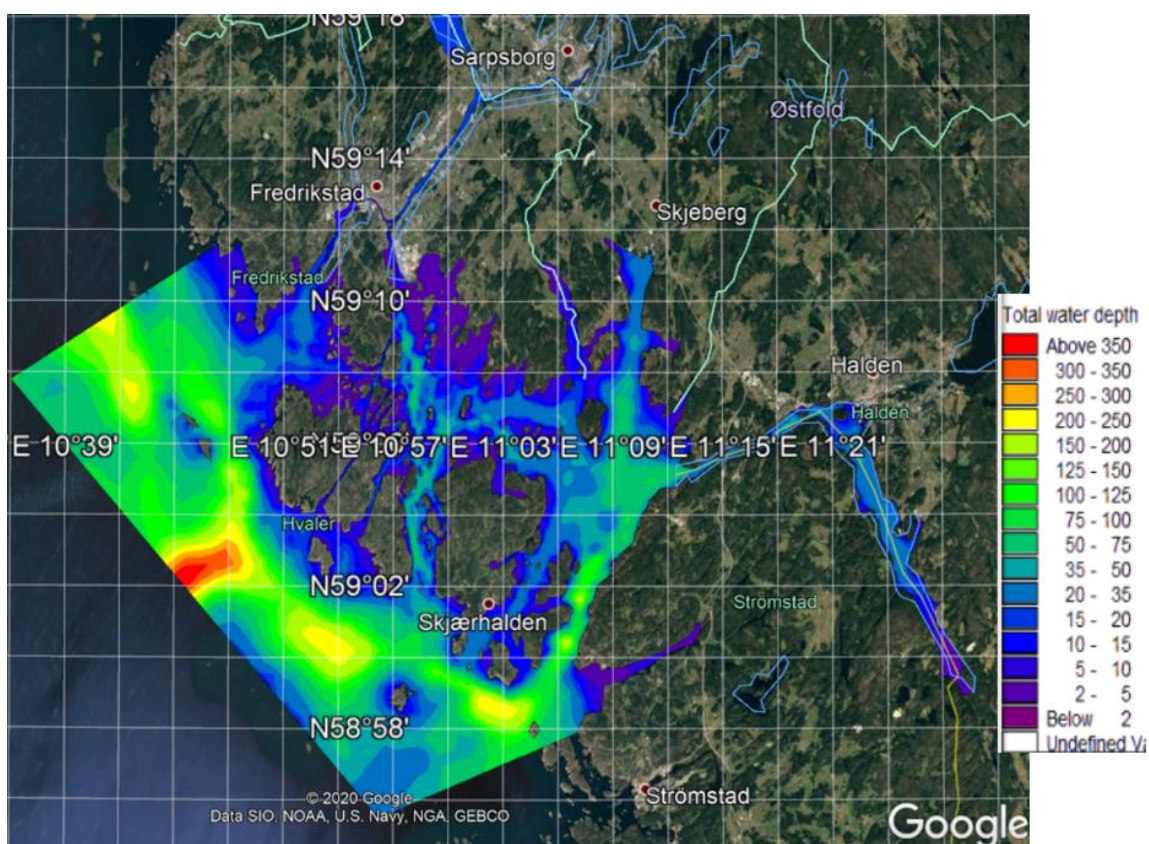


## VEDLEGG A - DHI rapport. Strømningsmodell i Hvalerskjærgården

- Vannutvekslingen mellom utsiden og innsiden av Hvalerøyene

## Strømningsmodell i Hvalerskjærgården

Vannutvekslingen mellom utsiden og innsiden av Hvalerøyene



Denne rapport er utarbeidet under DHIs ledelsessystem, som er sertifisert av Bureau Veritas for overensstemmelse med ISO 9001 (kvalitetsstyring)

ISO 9001  
Management System Certification

BUREAU VERITAS  
Certification Denmark A/S



# Strømningsmodell i Hvalerskjærgården

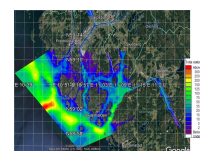
Vannutvekslingen mellom utsiden og innsiden av  
Hvalerøyene

Utarbeidet for

DNV GL

Representert ved

Øyvind Fjukmoen



Modellområde

Prosjektleder	Henrik Fjørtoft
Forfatter	Mathias Singsaas Frøseth
Kvalitetsansvarlig	José Antonio Arenas og Thomas Uhrenholdt

Prosjektnummer	13801188
Godkjennelsesdato	03.02.2021
Revisjon	Final 1.1
Klassifikasjon	Åpen

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Introduksjon .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Modelloppsett og - kalibrasjon.....</b>	<b>2</b>
2.1	Modellsystem .....	2
2.2	Modellberegningsnett.....	2
2.3	Elvekilder.....	6
2.4	Atmosfærisk forsering .....	8
2.5	Modellgrensene.....	8
2.6	Initial betingelser .....	9
2.7	Kalibrering.....	9
<b>3</b>	<b>Modellvalidering.....</b>	<b>10</b>
3.1	Vannstand .....	10
3.2	Strøm .....	12
3.3	Salinitet og temperatur .....	14
3.3.1	Saltvannskilen i nedre Glomma .....	14
3.3.2	Ramsø, Østerelva .....	16
3.3.3	Leira, Vesterelva .....	16
3.3.4	Haslau, Singlefjorden .....	17
3.3.5	Ringdalsfjorden og Iddefjorden .....	18
<b>4</b>	<b>Vannutskiftning.....</b>	<b>20</b>
4.1	Inn- og utstrømningslinjer .....	20
4.2	Massebudsjett .....	24
<b>5</b>	<b>Tiltaksanalyse.....</b>	<b>27</b>
5.1	Tiltaksbeskrivelse .....	27
5.2	Endring vannutskiftning.....	29
5.2.1	Inn- og utstrømningslinjer .....	29
5.2.2	Massebudsjett .....	34
5.2.3	Lagdeling.....	38
<b>6</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>Bibliografi .....</b>	<b>40</b>

## FIGURER

Figur 1.1	Tiltaksområde Borg. (Helland, et al., 2018) .....	1
Figur 2.1	Modellområdet, som viser vanndybdene, over satellittbilde fra Google Earth .....	3
Figur 2.2	Horisontal modellopløsningen av domenet.....	4
Figur 2.3	Horisontal modellopløsning for den nordre delen av interesseområdet .....	4
Figur 2.4	Horisontal modellopløsning for den sørlige delen av interesseområdet .....	5
Figur 2.5	Vertikal modellopløsning fra kysten på Vesterøy (fra venstre) i offshore retning .....	5
Figur 2.6	Lokasjon på alle elvekildene .....	6
Figur 2.7	Vannføring i alle elvene bortsett fra Glomma .....	7
Figur 2.8	Vannføring Glomma ved vannmerke 2.605 Solbergfoss (kilde: NVE Hydra II) .....	7
Figur 2.9	Temperatur Glomma ved målestasjon 2.31 Sarpfoss m (kilde: NVE Hydra II) .....	8



Figur 3.1	Lokasjonene til stasjonene brukt til modellvalidering.....	10
Figur 3.2	Modellert (rød kurve) og målt (sort kurve) vannstand ved Kungsvik. Det øverste panelet viser hele modellperioden, mens det nederste panelet viser et eksempel zoom for april. Merk at modellert vannstand (venstre akse) har blitt oppjustert med 10 cm for å hensynta en liten vertikal datum forskjell mellom de to datasettene .....	11
Figur 3.3	Modellert (rød kurve) vannstand og målt (sort kurve) vanddybde ved G3. Merk at figuren har blitt justert så modellert vannstand er vist på venstre akse, mens målt vanddybde er vist på høyre akse .....	12
Figur 3.4	Oppsett av stasjon ved G3 for periode 3. Rammen var utstyrt med en tilt-sensor som gjorde det mulig å verifisere at rammen landet riktig, fra (Staalstrøm & Skogan, 2015).....	12
Figur 3.5	Målte strømhastigheter, hvor den blå kurven er rådataen fra målingene, mens den sorte linjen viser strømhastighetenes 3 timers løpende middel.....	13
Figur 3.6	Modellert (rød kurve) og 3 t midlete målte (sort kurve) strømhastigheter i overflatelaget (-1 m) ved G3 .....	13
Figur 3.7	Målte strømrretning, hvor den blå kurven er rådataen fra målingene, mens den sorte linjen viser strømrretningene midlet over 3 timer .....	13
Figur 3.8	Modellert (rød kurve) og 3 t midlete målte (sort kurve) strømrretninger i overflatelaget (-1 m) ved G3 .....	14
Figur 3.9	Strømroser i overflatelaget (1 m under havoverflaten) ved G3. Strømrosen til venstre viser de midlete verdiene fra målingene, mens strømrosen til høyre viser strømrosen fra modellen .....	14
Figur 3.10	Transekt for saltvannskile .....	15
Figur 3.11	Vertikalt transekt av nedre Glomma, som viser et øyeblikksbilde av saltvannskilen når havvannet trenger inn i bunnen av Glomma.....	15
Figur 3.12	Målt (symbol) og modellert (kurve) salinitet ved forskjellige dybder ved Ramsø gjennom modellperioden.....	16
Figur 3.13	Målt (symbol) og modellert (kurve) temperatur ved forskjellige dybder ved Ramsø gjennom modellperioden.....	16
Figur 3.14	Målt (symbol) og modellert (kurve) salinitet ved forskjellige dybder ved Leira gjennom modellperioden.....	17
Figur 3.15	Målt (symbol) og modellert (kurve) temperatur ved forskjellige dybder ved Leira gjennom modellperioden.....	17
Figur 3.16	Målt (symbol) og modellert (kurve) salinitet ved forskjellige dybder ved Haslau gjennom modellperioden.....	17
Figur 3.17	Målt (symbol) og modellert (kurve) temperatur ved forskjellige dybder ved Haslau gjennom modellperioden.....	18
Figur 3.18	Målt (symbol) og modellert (kurve) salinitet ved forskjellige dybder ved Ringdalsfjorden gjennom modellperioden .....	18
Figur 3.19	Målt (symbol) og modellert (kurve) temperatur ved forskjellige dybder ved Ringdalsfjorden gjennom modellperioden .....	19
Figur 3.20	Målt (symbol) og modellert (kurve) salinitet ved forskjellige dybder ved Iddefjorden gjennom modellperioden.....	19
Figur 3.21	Målt (symbol) og modellert (kurve) temperatur ved forskjellige dybder ved Iddefjorden gjennom modellperioden .....	19
Figur 4.1	Utvalgte inn- og utstrømningslinjer i den indre skjærgården i modellen .....	20
Figur 4.2	Inn- og utstrømningslinjer for gjennomstrømning vann, varme og salt for DL1 (positivt rettet inn mot skjærgården) .....	21
Figur 4.3	Netto vannvolum gjennomstrømning i modellperioden. Pilene peker i positiv retning .....	22
Figur 4.4	Netto salt gjennomstrømning i modellperioden. Pilene peker i positiv retning .....	23
Figur 4.5	Netto strøm mellom 0-1 m .....	23
Figur 4.6	Netto strøm mellom 8-9 m .....	24
Figur 4.7	Masebudsjettene avgrensner området for de to gyteområdene angitt av Kystverket .....	25
Figur 4.8	Masebudsjett for stående vannvolum, -varme og -salt i det nordlige gyteområdet MB2.....	26
Figur 5.1	Dybdeforskjellen (etter- minus før tiltak); en økning i vanddybde viser hvor mye dypere det elementet er blitt, og vice versa for en negativ verdi .....	28

Figur 5.2	Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning vann for DL1, posisjonen til linjene er vist i .Figur 4.1. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før- og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter- minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også den relative endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter- minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne .....	30
Figur 5.3	Massebudsjett for stående vann for MB2. Den øverste figuren viser stående vann før- og etter tiltak, her er også det gjennomsnittlige stående vannet i MB2 presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i stående vann (etter- minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i stående vann er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også den relative endringen i stående vann (etter- minus før tiltak), her presentert i prosent, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne.....	35
Figur 5.4	Isoplettplot av salinitet gjennom modellperioden i et sentralt punkt i MB2. Den øverste delfiguren er før tiltak mens den nederste delfiguren er etter tiltak. Merk at x-aksen er tid og y-aksen er dybde.....	38

## TABELLER

Tabell 2.1	Sammendrag av anvendte modellinnstillinger og konstanter .....	9
Tabell 5.1	Øyeblikkelig gjennomstrømning vann i inn- og utstrømningslinjene som avgrenser utsiden og innsiden av Hvalerøyene. Positive tall for «gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning» betyr at gjennomsnittlig gjennomstrømning er rettet inn mot innsiden av Hvalerøyene. For «gjennomsnittlig endring øyeblikkelig gjennomstrømning» vil positivt tall vil si at det er mer gjennomstrømning etter at tiltakene er gjennomført, vice versa for negative tall .....	31
Tabell 5.2	Øyeblikkelig gjennomstrømning salt i inn- og utstrømningslinjene som avgrenser utsiden og innsiden av Hvalerøyene. Positive tall for «gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning» betyr at gjennomsnittlig gjennomstrømning er rettet inn mot innsiden av Hvalerøyene. For «gjennomsnittlig endring øyeblikkelig gjennomstrømning» vil positivt tall vil si at det er mer gjennomstrømning etter at tiltakene er gjennomført, vice versa for negative tall .....	32
Tabell 5.3	Øyeblikkelig gjennomstrømning varme i inn- og utstrømningslinjene som avgrenser utsiden og innsiden av Hvalerøyene. Positive tall for «gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning» betyr at gjennomsnittlig gjennomstrømning er rettet inn mot innsiden av Hvalerøyene. For «gjennomsnittlig endring øyeblikkelig gjennomstrømning» vil positivt tall vil si at det er mer gjennomstrømning etter at tiltakene er gjennomført, vice versa for negative tall .....	33
Tabell 5.4	Stående vann i gitte gyteområder på innsiden av Hvalerøyene. Positive tall for «gjennomsnittlig stående vann» betyr at gjennomsnittlig stående vann er rettet inn mot gyteområdet. For «gjennomsnittlig endring stående vann» vil positivt tall vil si at det er mer stående vann etter at tiltakene er gjennomført, vice versa for negative tall. De initiale forskjellene på bakgrunn av endret dybde er fjernet i «Gjennomsnittlig endring i stående vann».....	36
Tabell 5.5	Stående salt i gitte gyteområder på innsiden av Hvalerøyene. Positive tall for «gjennomsnittlig stående salt» betyr at gjennomsnittlig stående salt er rettet inn mot gyteområdet. For «gjennomsnittlig endring stående salt» vil positivt tall vil si at det er mer stående salt etter at tiltakene er gjennomført, vice versa for negative tall. De initiale forskjellene på bakgrunn av endret dybde er fjernet i «Gjennomsnittlig endring i stående salt» .....	36
Tabell 5.6	Stående varme i gitte gyteområder på innsiden av Hvalerøyene. Positive tall for «gjennomsnittlig stående varme» betyr at gjennomsnittlig stående varme er rettet	

inn mot gyteområdet. For «gjennomsnittlig endring stående varme» vil positivt tall vil si at det er mer stående varme etter at tiltakene er gjennomført, vice versa for negative tall. De initiale forskjellene på bakgrunn av endret dybde er fjernet i «Gjennomsnittlig endring i stående varme» .....37

## VEDLEGG

### **VEDLEGG A – Sammenligning**

Inn- og utstrømningslinjer og massebudsjetter

## Sammendrag

På oppdrag for Kystverket og DNV GL er det undersøkt for Kystverket om mudring/sprengning av fem grunner og Glomma ved Røsvikrenna vil kunne endre vannutveksling mellom «utsiden» og «innsiden» av Hvalerøyene. Denne rapporten oppsummerer resultatene fra undersøkelsene, og gir en vurdering av hvilken effekt tiltakene vil ha på vannutvekslingen.

Til å undersøke dette har DHI etablert en tredimensjonal strømningsmodell (hydrodynamisk modell) basert på modellsystemet MIKE 3 FM som inkluderer Hvalerskjærgården fra Glomma helt ut til Tisler. Modellen bruker grensebetingelser fra en av DHIs regionale modeller som dekker Skagerrak, slik at offshore-effekter, stormflo og relevante sirkulasjonsmønstre beskrives for hele modellsystemet. Modellen er drevet av meteorologiske felter og ferskvannstilstrømning fra bl.a. Glomma. Den ble validert mot målinger av vannstand, strøm, salinitet og temperatur for perioden 01.01.15 – 01.07.15.

I kapittel 3 er det vist at modellen beskriver tidevann og residual vannstand godt, sammenligningene av strømhastighetene viser en fornuftig overenstemmelse, og at lagdelingen for salinitet og temperatur er godt beskrevet.

Undersøkelsen av vannutvekslingen er basert på inn- og utstrømningslinjer, og massebudsjetter, som beskriver inn- og utstrømning av vann, salt og varme over utvalgte tverrsnitt, og vann, salt og varmebalanse innenfor de to gyteområdene.

Undersøkelsene før- og etter tiltak viser for inn- og utstrømningslinjene at det kun er en liten endring i gjennomstrømningen, som kan sies å være såpass liten at endringen i vann, salt og varmeutvekslingen er minimal. Det skal merkes at det i perioden hvor det er lavere vannføring i Glomma (januar-april), kommer det mer tidevann opp i Glomma fra Østerelven etter tiltak. Dette tidevannet ser ut til å gå delvis ut gjennom Vesterelven, siden mer salt strømmer gjennom her etter tiltak. Den totale vannføringen endres likevel ikke mye. Når vårfloppen kommer (mai - juni) er endringen mellom før- og etter tiltak liten.

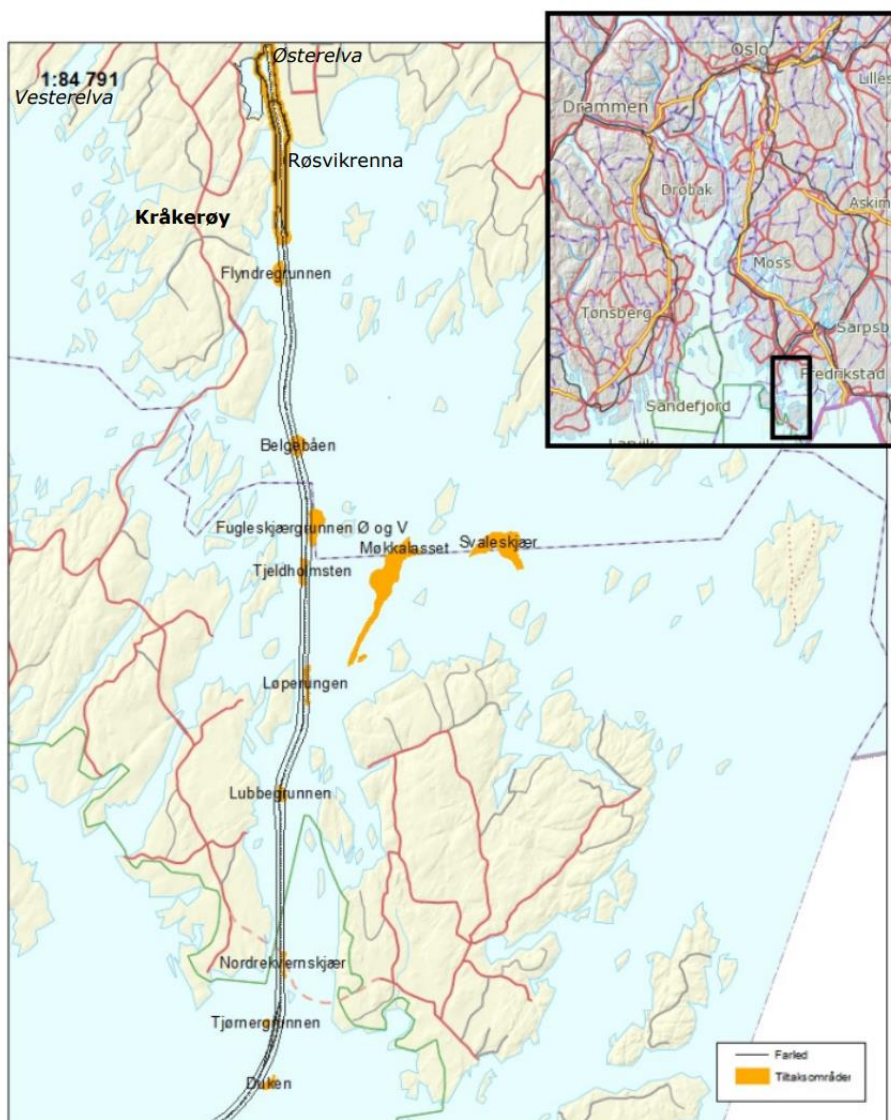
For vannutvekslingen til de gitte gyteområdene til torsken er det minimal endring i det stående vannet, -saltet og -varmen i massebudsjettene.

## 1 Introduksjon

Kystverket planlegger å forbedre hovedleden inn til Glomma ved Røsvikrenna og etablering a snuplass ved å mudre området. Planen er å utvide og utdype leden fordi dette er en smal og grunn del av innseilingen til Fredrikstad og Sarpsborg. Dette er vist som Borg 1 i Figur 1.1.

I tillegg ser også Kystverket på mudring/sprengning av seks (6) grunner fra Flyndregrunnen til Lubbegrunnen. Tiltakene er vist i Figur 1.1. I dette tiltaket er det kun mudring/sprengning/deponering på Flyndregrunnen, Belgebåen, Tjeldholmsten, Løperungen og Lubbegrunnen som er inkludert.

Dette er et oppdrag DNV GL gjør for Kystverket, hvor DHI er underleverandør til DNV GL. I denne rapporten vil det bli gjort en utredning av om mudring/sprengning av grunner og utdypning av Glomma vil kunne endre vannutveksling mellom «utsiden» og «innsiden» av Hvalerøyene, som skal brukes til å se om området potensial som gytefelt kan forringes.



Figur 1.1 Tiltaksområde Borg. (Helland, et al., 2018)



## 2 Modelloppsett og - kalibrasjon

Området av hovedinteresse for analysen er de indre delene av Hvalerskjærgården, som er området fra ytterkant av Hvalerøyene og inn mot Fredrikstad, for å se om vannutskiftningen i dette området vil endres. Dette systemet er koblet sammen oppstrøms til Østerelva (østre del av Glomma etter at den splitter seg) og nedstrøms til Skagerrak (åpent hav). For å modellere interesseområdet er en liten del av Glomma samt en del av havområdet utenfor Hvalerøyene inkludert i modellen, se Figur 2.1. Dette sikrer at innflytelsen på skjærgården fra elven og havet er godt representert av modellen.

Når det gjelder modellen er det viktig at denne kan beskrive en rekke hydrodynamiske prosesser som strekker seg fra elvevannføring, stratifisering av vannsøylen, innblanding, estuarin sirkulasjon, fra vindgenerert sirkulasjon, tidevann og stormflo, til kystsirkulasjon.

For å sjekke dette har DHI har etablert en tredimensjonal strømningsmodell (hydrodynamisk modell) som inkluderer Hvalerskjærgården fra Glomma helt ut til Tisler, inklusiv Iddefjorden. Modellen inkluderer grensebetingelser fra en av DHIs regionale modeller som dekker Skagerrak, slik at offshore-effekter, stormflo og relevante sirkulasjonsmønstre beskrives for hele modellsystemet.

### 2.1 Modellsystem

Modellen er satt opp ved bruk av DHI sitt eget modelleringsverktøy, MIKE powered by DHI, som også benyttes av 95% av de største, globale rådgivende konsulentfirmaene som arbeider med miljøkonsekvensvurderinger.

Den hydrodynamiske modellen er basert på modelleringsprogramvaren MIKE 3 FM (versjon 2020) utviklet av DHI. MIKE 3 FM er basert på en fleksibel beregningsnett-tilnærming og er utviklet for applikasjoner innen oseanografiske, kystnære og estuarine miljøer.

Modellsystemet er basert på numeriske løsninger av tredimensjonale (3D) inkompressible Reynolds-gjennomsnittlige Navier-Stokes ligninger, under forutsetning av Boussinesq og hydrostatisk trykk. Dermed består modellen av kontinuitet, momentum, temperatur, saltholdighet og tetthetsligninger, og den lukkes av et turbulent lukkeskjema. Den frie overflaten anses ved hjelp av en sigma-koordinat-transformasjonsmetode. Den vitenskapelige dokumentasjonen til MIKE 3 FM er gitt i (DHI, 2020).

### 2.2 Modellberegningsnett

I strømningsmodellen er det benyttet et fleksibelt beregningsnett til å beskrive vannmassene. Dette gjør det mulig å modellere områder med ulik oppløsning avhengig av lengdeskalaene fra de viktigste hydrodynamiske prosessene og detaljeringsgrad. For Hvalerskjærgården er det satt opp et beregningsnett som har relativt grov oppløsning i de ytre områdene (Ytre Hvaler Nasjonalpark), men med fin oppløsning i indre Leira og på innsiden av Hvalerøyene der det er viktig å få med detaljene i vannutskiftningen. Modellområdet er vist i Figur 2.1 og modellopløsningen i interesseområdet er vist i Figur 2.2.

Det horisontale beregningsnettet består av både rektangulært og et triangulært nett. Rektangulært beregningsnett er brukt i smale kanaler og deler av Glomma, ellers er resten triangulært. I indre deler av Hvalerskjærgården og Leira lengden på siden av elementene på 60m-110m for å få med havbunnstopografitrekene og de mindre horisontale skalaene til de hydrodynamiske prosessene som forekommer her. I de ytre

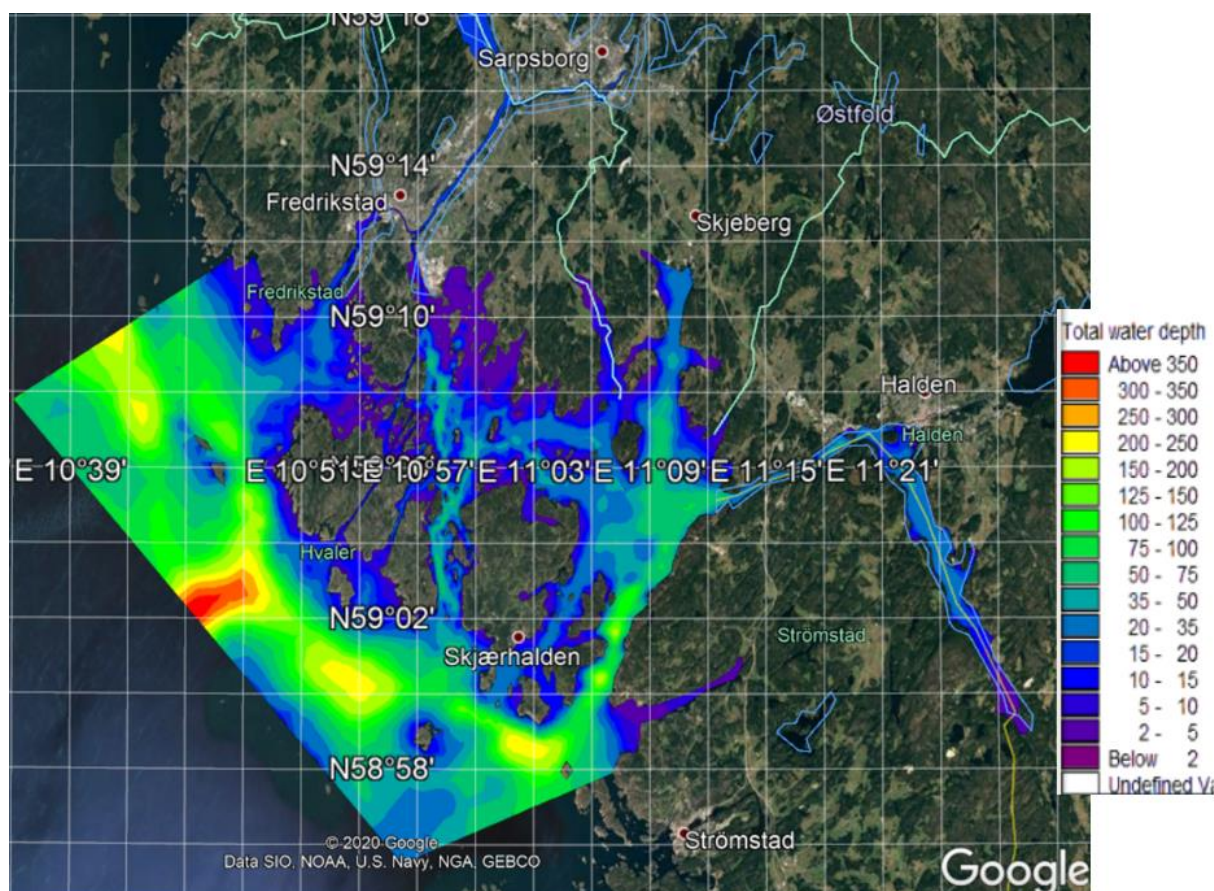
delene av Hvaler hvor den horisontale skalaen til de hydrodynamiske prosessene er større, varierer elementstørrelsene mellom 200-1000m. Detaljene i modellopløsningen kan ses i Figur 2.3 og Figur 2.4.

Havbunnstopografidataene som er brukt for det horisontale modellnettet er basert på de 50m x 50m og 1mx1m (i Glomma) gitrete havbunnstopografidataene fra Kystverket og data fra digitale navigasjonskart fra C-Map Norge.

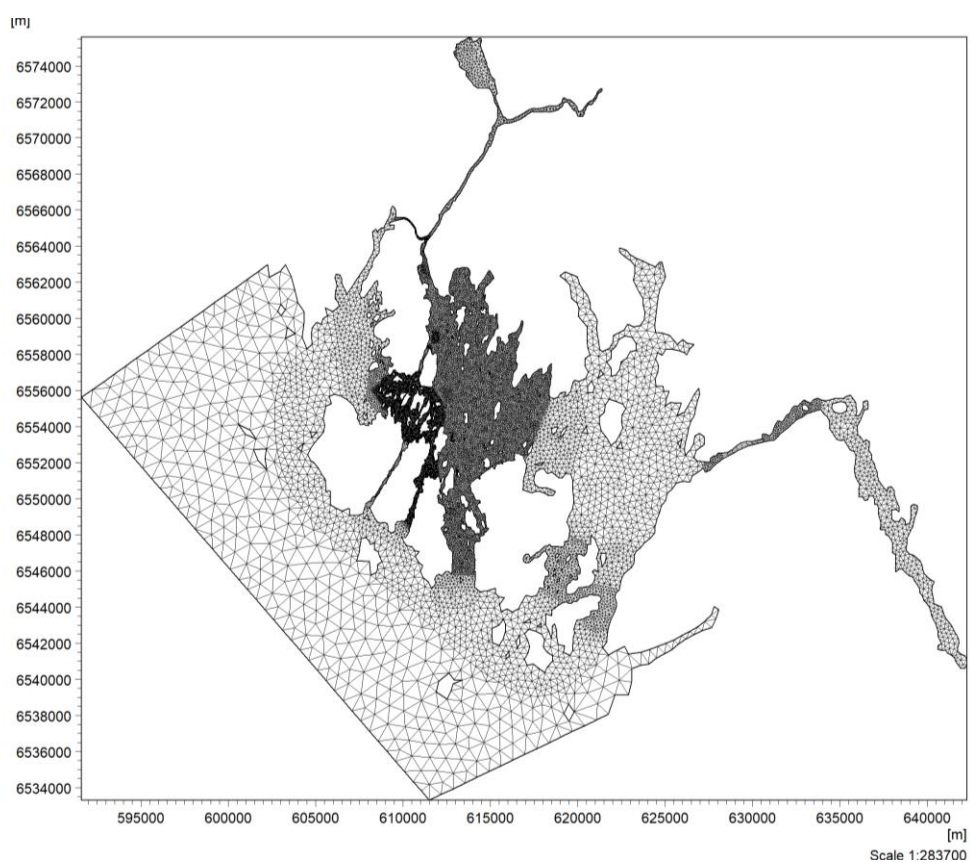
I tillegg er det benyttet dybde data fra GEONORGE, som er en løsning fra Kartverket: <https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/kartverket/dybde-data-terrengmodeller-50-meters-grid-landsdekkende/bbd687d0-d34f-4d95-9e60-27e330e0f76e>. Dette er en terrengmodell i 50x50m oppløsning som viser terrengvariasjon på havbunnen for norske sjø- og havområder. Terrengmodellen har blitt skapt ved bruk av interpolering og har derfor varierende nøyaktighet med hensyn til pålitelighet i posisjon og dybde. Datasettene er laget på bakgrunn av moderne data, det vil si data innsamlet ved bruk av multistråle ekkolodd. Disse dataene er kun brukt der Kystverket ikke har oppmålte data tilgjengelig.

Det horisontale nettverket er basert på ETRS 1989-referansen og UTM-32N-kartprojeksjonen. Havbunnstopografien til modellen refererer til middelvann (MSL).

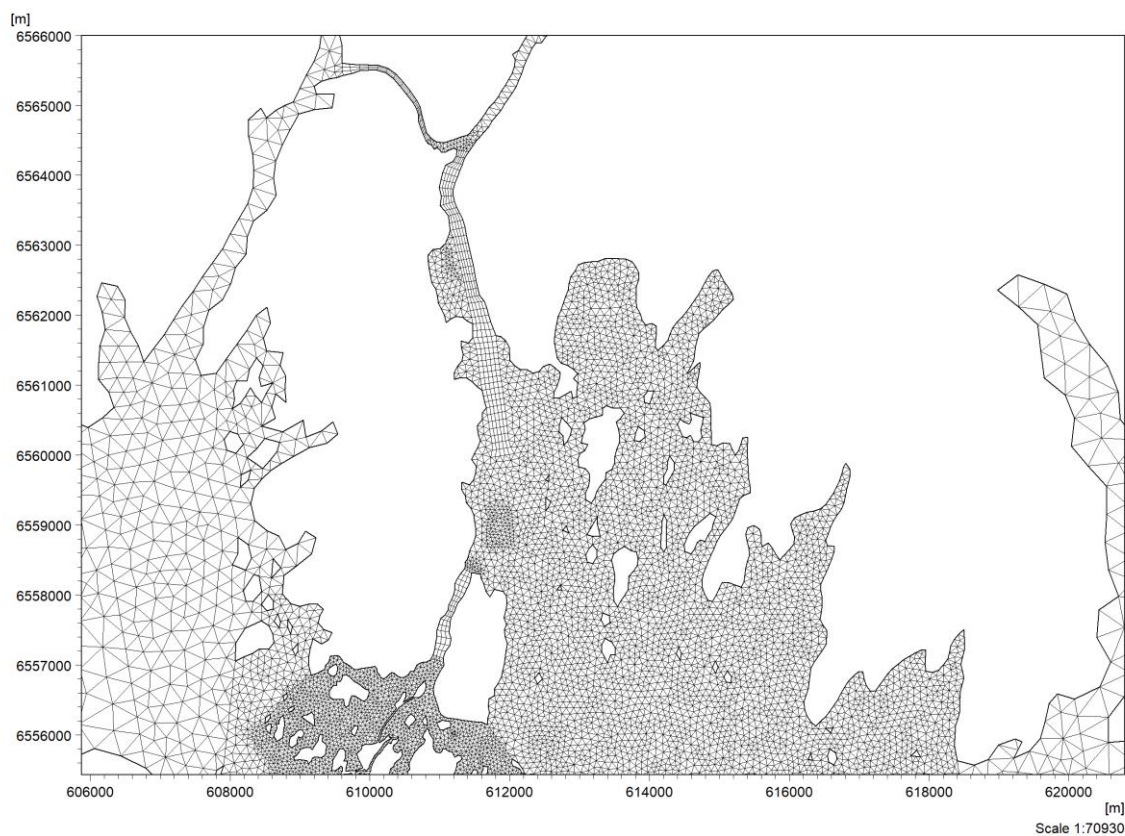
I den vertikale retningen består beregningsnettet av 10  $\sigma$ -lag ned til -10m og 35 z-lag fra -10m til havbunnen. Tykkelsen på z-lagene er 2m ned til -62m, 5m ned til -92m og 10m fra -92m til -120m, det siste laget er dybdetilpasset og går fra 120m til havbunnen (dette gjelder få elementer). Den vertikale modellopløsningen er vist i Figur 2.5.



Figur 2.1 Modellområdet, som viser vanddybdene, over satellittbilde fra Google Earth

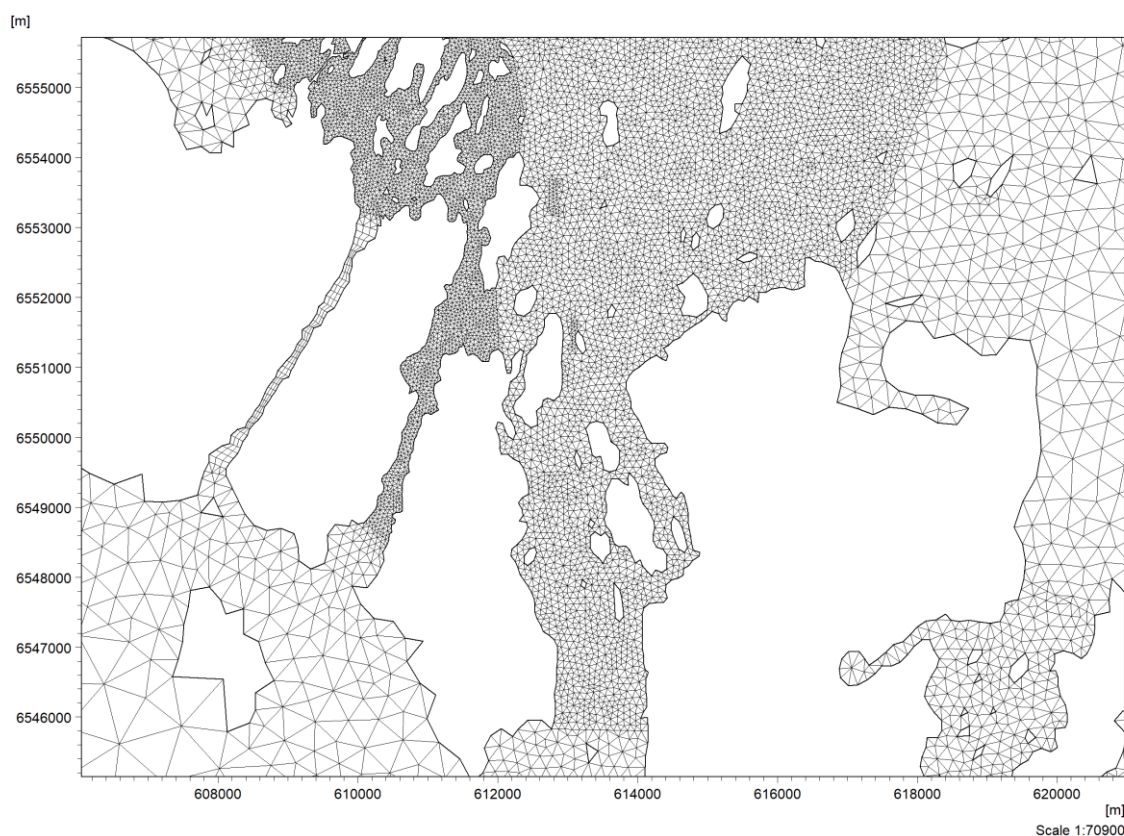


Figur 2.2 Horizontal modelopløsningen av domenet

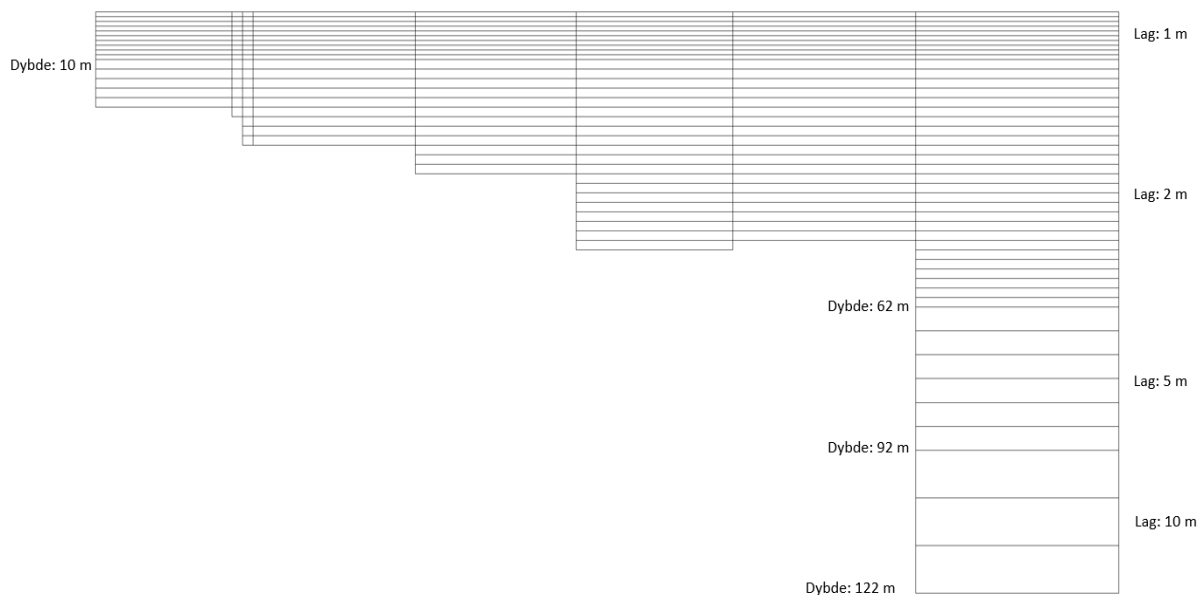


Figur 2.3 Horizontal modelopløsning for den nordre delen av interesseområdet





Figur 2.4 Horisontal modeloppløsning for den sørlige delen av interesseområdet

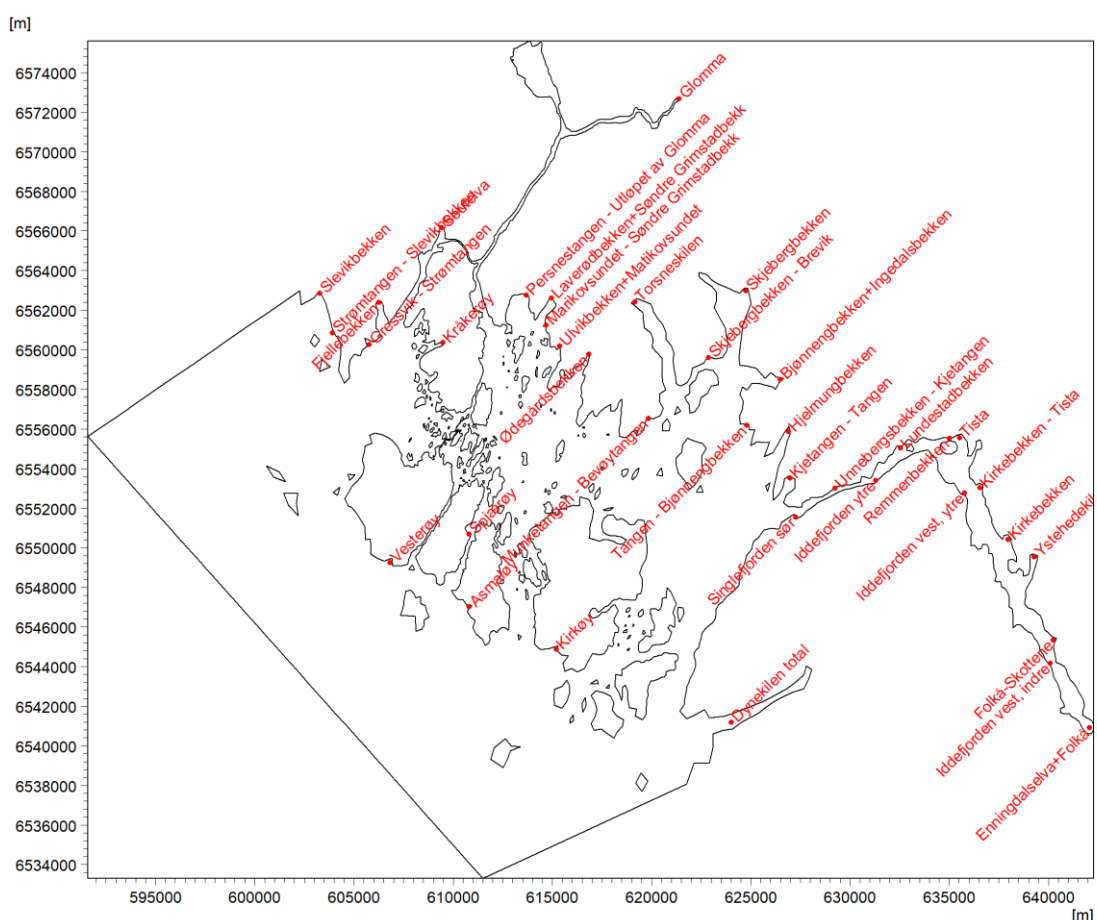


Figur 2.5 Vertikal modeloppløsning fra kysten på Vesterøy (fra venstre) i offshore retning

## 2.3 Elvekilder

Den generelle sirkulasjonen i Hvalerskjærgården er sterkt påvirket av vannføringen fra elvene i domenet; spesielt Glomma, som er Norges største elv og er vesentlig større enn de andre elvene i domenet. Den store ferskvannstilstrømmingen fra spesielt Glomma skaper et brakkevannslag i den øverste delen av vannsøylen i systemet og opprettholder en sterk stratifisering av vannsøylen. Alle kilder og deres lokasjoner er vist i Figur 2.6.

Elvene er inkludert i modellen som såkalte punktkilder. I hver punktkilde er både vannføring, temperatur og salinitet spesifisert enten som en tidsserie eller som en konstant. Vannføringen for alle elvene bortsett fra Glomma er vist i Figur 2.7, vannføringen i Glomma er vist i Figur 2.8. Totalt er det 38 punktkilder som representerer vannføring fra elver. Temperaturen i alle elvene satt til å være lik temperaturen til Glomma, se Figur 2.9, og saliniteten er satt til 0 psu (ferskvann) i alle kildene.

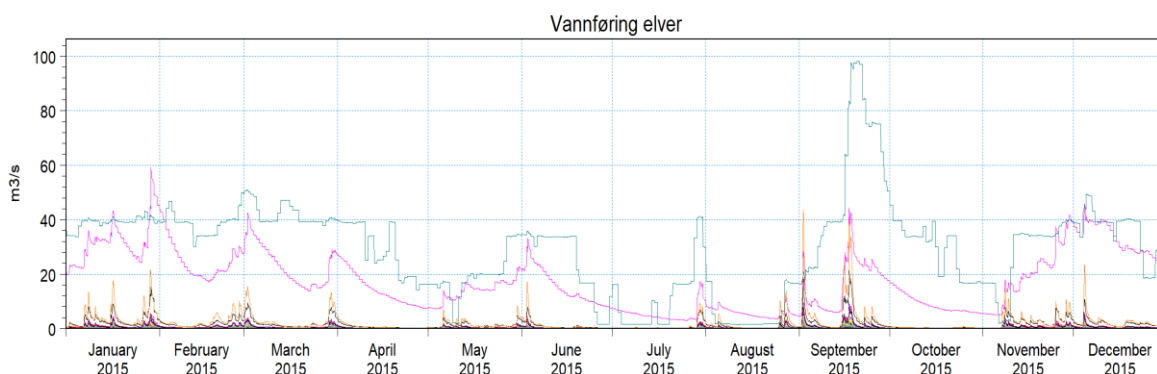


Figur 2.6 Lokasjon på alle elvekildene

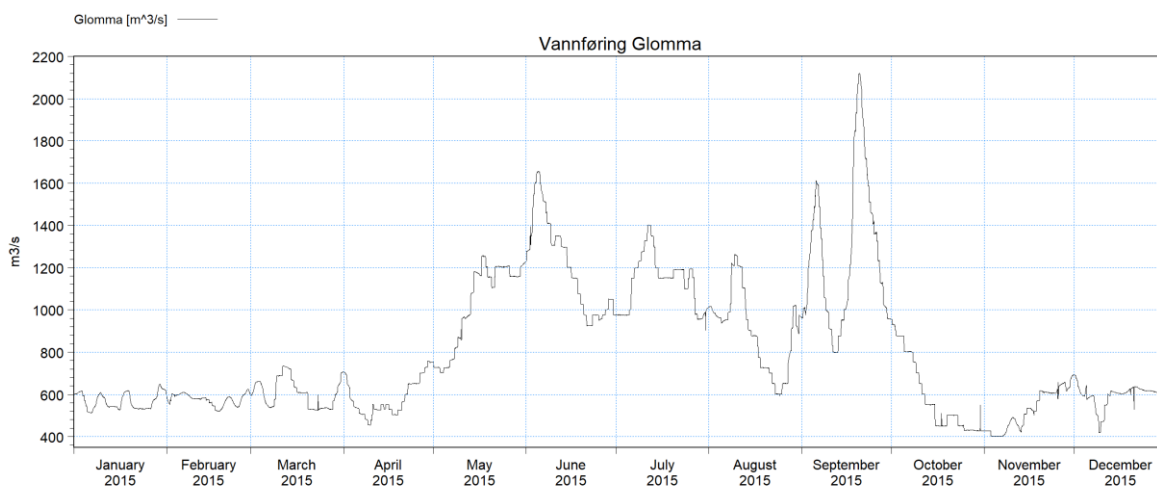
Tidsseriene for vannføring og vanntemperatur er hentet ut fra NVEs database Hydra II og VattenInformasjonsSystem Sverige (VISS). Data for Tista ble gitt av Haldenvassdragets Brukseierforening. Mange av elvene i modellen har ingen målte data på vannføring og for disse er det konstruert kunstige tidsserier basert på data fra nærliggende målestasjoner. Følgende målestasjoner er benyttet: 2.605 Solbergfoss (Glomma), 2.1119 Vidnesbekken, 15.174 Istreelv og 2118 Valex. Vanntemperatur er hentet fra målestasjon 2.31 Sarpsfoss. De konstruerte tidsseriene for vannføring introduserer usikkerhet i modellen. Glomma som er den største elva med størst påvirkning på resultatene i interesseområdet har dog observerte data, hvilket representerer en styrke i modellen.



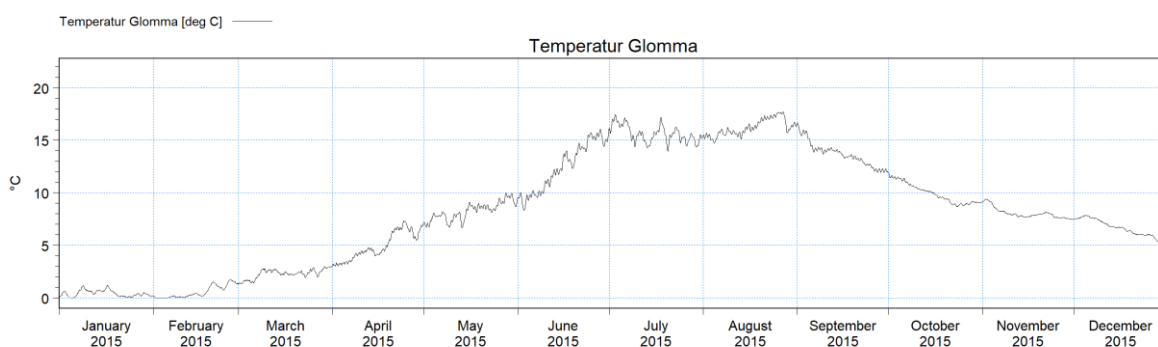
Dynekilien	[m <sup>3</sup> /s]	—
Singlefjorden sør	[m <sup>3</sup> /s]	—
Iddefjorden ytre	[m <sup>3</sup> /s]	—
Iddefjorden vesttre	[m <sup>3</sup> /s]	—
Iddefjorden vest, indre	[m <sup>3</sup> /s]	—
Enningdalselva+Folkå	[m <sup>3</sup> /s]	—
Folkå-Skottene	[m <sup>3</sup> /s]	—
Ystehedekilen	[m <sup>3</sup> /s]	—
Kirkebekken	[m <sup>3</sup> /s]	—
Kirkebekken - Tista	[m <sup>3</sup> /s]	—
Tista	[m <sup>3</sup> /s]	—
Remmenbekken	[m <sup>3</sup> /s]	—
Isebakke	[m <sup>3</sup> /s]	—
Unnebergsbekken - Kjetangen	[m <sup>3</sup> /s]	—
Kjetangen - Tangen	[m <sup>3</sup> /s]	—
Hjelmungbekken	[m <sup>3</sup> /s]	—
Tangen - Bjønnengbekken	[m <sup>3</sup> /s]	—
Bjønnengbekken+Ingedalsbekken	[m <sup>3</sup> /s]	—
Skjebergbekken	[m <sup>3</sup> /s]	—
Skjebergbekken - Brevik	[m <sup>3</sup> /s]	—
Torsneskilen	[m <sup>3</sup> /s]	—
Munketangen - Bevøytangen	[m <sup>3</sup> /s]	—
Ødegårdsbekken	[m <sup>3</sup> /s]	—
Ulvikbekken+Matikovsundet	[m <sup>3</sup> /s]	—
Marikovsundet - Søndre Grimstadbekk	[m <sup>3</sup> /s]	—
Laverødbekken+Søndre Grimstadbekk	[m <sup>3</sup> /s]	—
Persnestangen - Utløpet av Glomma	[m <sup>3</sup> /s]	—
Seutelva	[m <sup>3</sup> /s]	—
Gressvik - Strømtangen	[m <sup>3</sup> /s]	—
Fjellebekken	[m <sup>3</sup> /s]	—
Strømtangen - Slevikbekken	[m <sup>3</sup> /s]	—
Slevikbekken	[m <sup>3</sup> /s]	—
Kirkøy	[m <sup>3</sup> /s]	—
Asmaløy	[m <sup>3</sup> /s]	—
Spjærøy	[m <sup>3</sup> /s]	—
Vesterøy	[m <sup>3</sup> /s]	—
Kråkerøy	[m <sup>3</sup> /s]	—



Figur 2.7 Vannføring i alle elvene bortsett fra Glomma



Figur 2.8 Vannføring Glomma ved vanmerke 2.605 Solbergfoss (kilde: NVE Hydra II)



Figur 2.9 Temperatur Glomma ved målestasjon 2.31 Sarpsfoss m (kilde: NVE Hydra II)

## 2.4 Atmosfærisk forsering

Atmosfæriske forhold påvirker Hvalerskjærgården-systemet både regionalt og lokalt; regionalt gjennom de åpne grensene (Skagerrak) og lokalt gjennom vindspenning, lufttrykkvariasjoner, nedbør / fordampning og varmevekslingsprosesser som virker direkte på vannoverflaten og påvirker dermed sirkulasjon, blanding, stratifisering og vannbalanse.

Den atmosfæriske tvingingen av modellen består av tidsvarierende felt med følgende parametere:

- Vind 10 m over havoverflaten
- Lufttrykk ved havoverflaten
- Nedbør
- Lufttemperatur 2 m over havoverflaten
- Relativ fuktighet
- Skydekke

Merk at den hydrodynamiske modellen beregner fordampningen internt i varmevekslingsmodulen.

De meteorologiske dataene kommer fra:

- StormGeo (regional WRF-modell med en oppløsning på 1 time i tid og 0,1 ° i det geografiske domenet)

## 2.5 Modellgrensene

Modellen har tre åpne grenser mot Skagerrak (se Figur 2.1). Skagerrak-grensene er definert som såkalte Flather-grenser (Flather, 1976) hvor både vannstand og strømhastighet er spesifisert.

Videre krever alle åpne grenser saltholdighets- og temperaturgrenseforhold.

Grensedataene for de tre Skagerrak-grensene når det gjelder vannstand (1D), strømhastigheter (2D), saltholdighet (2D) og temperaturer (2D) er hentet fra DHIs regionale modell av Østersjøen, Beltet, Kattegat og Skagerrak (kalt DKBS2-modellen).

## 2.6 Initial betingelser

Hvalermodellen er initiert av en såkalt «kaldstart». Dette betyr at vannet først er stillestående uten strøm. Umiddelbart etter at simuleringen er startet, begynner vannet å bevege seg under påvirkning av modellforsering, og etter kort tid har modellen «varmet opp».

Modellen trenger fremdeles innledende saltinnhold og temperatur (3D) felt. Disse feltene er etablert basert på en tidligere simulering som igjen var basert på målte saltholdighets- og temperaturprofiler i fjordene.

## 2.7 Kalibrering

Etter å ha etablert modellen, gjennomføres prosessen med modellkalibrering. I denne prosessen justeres modellinnstillinger og modellkonstanter til man oppnår godt samsvar mellom målinger og modellresultater. I dette tilfellet ble modellen kalibrert for perioden 01.01.15 – 01.07.15.

I Tabell 2.1 er det gitt et sammendrag av anvendte modellinnstillinger og konstanter.

Tabell 2.1 Sammendrag av anvendte modellinnstillinger og konstanter

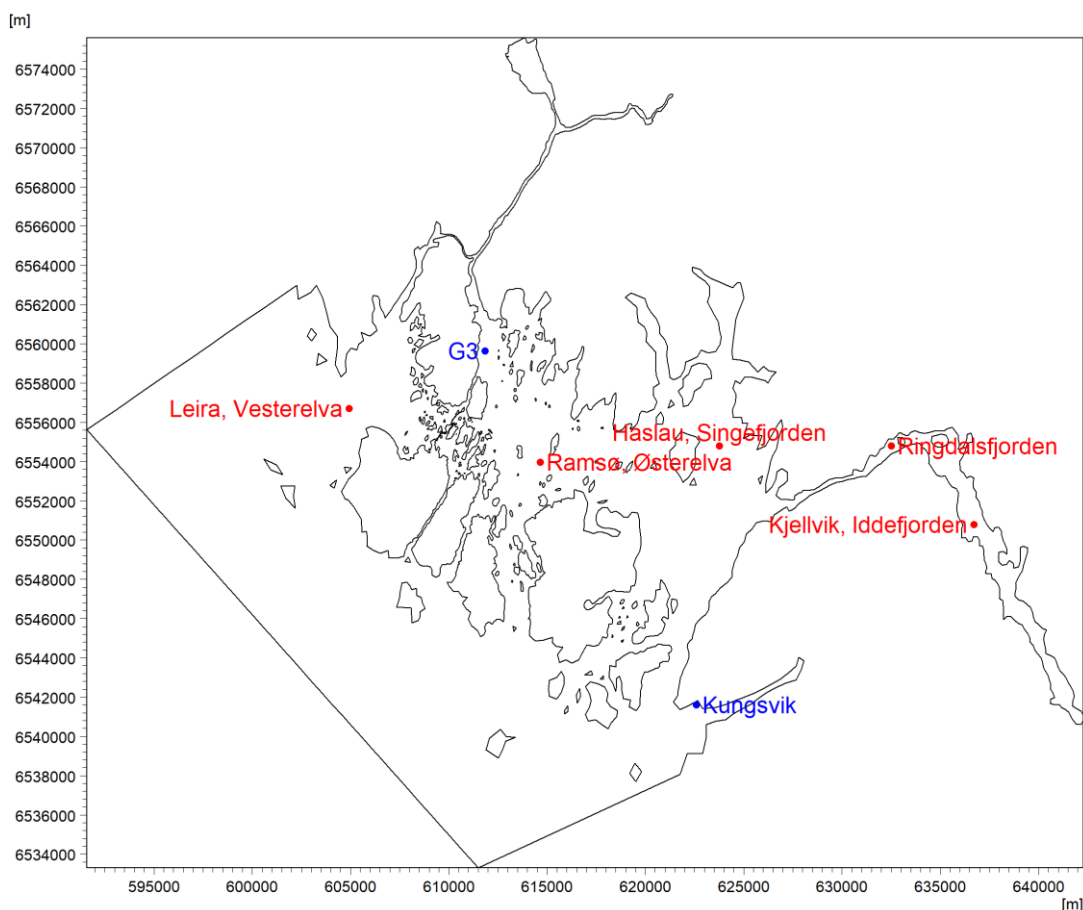
Parameter	Verdi
Vindfriksjonskoeffisient	Konstant 0,001255
Bunnuhet	Konstant 0,05m
Eddy-viskositet	Horisontalt: Smagorinsky formulering, $C_s=0,28$ Vertikalt: k- $\epsilon$ modell med standard parametere
Løsningsteknikk	Grunt vann ligninger: Høy anordning Transportligninger: Høy anordning
Overordnet tidssteg	300s
Varmeveksling	Koeffisient for lysutryddelse 0.2, ellers standardparametere

### 3 Modellvalidering

Strømningsmodellen er kalibrert og validert mot tilgjengelige, relevante målinger for området (vannstand, salt og temperaturmålinger i ulike dybder og posisjoner, og strøm), slik at det sikres at sirkulasjon og vannutskifting for simuleringsperioden beskrives riktig. Modellen settes opp til å simulere en periode på seks måneder, fra 1. januar og til 1. juli i 2015. Denne perioden ble valgt siden gyteperioden er 1. januar – 30. april, og forlenget til 1. juli for å ha flere målinger å validere modellen mot. Merk at noen stasjoner ikke har måledata for hele perioden.

Modellen er validert mot målt vannstand ved Kungsvik (<https://www.smhi.se/vader/prognoser/vattenstand-och-vagor>) og G3 (fra (Staalstrøm & Skogan, 2015)), strømmålinger ved G3 (fra (Staalstrøm & Skogan, 2015)) og mot målt saltinnhold og vanntemperatur for flere dybder på fem stasjoner (<http://www.aquamonitor.no/ytreoslofjord/>) innenfor modelldomenet.

Lokasjonen til stasjonene brukt til validering er vist i Figur 3.1.

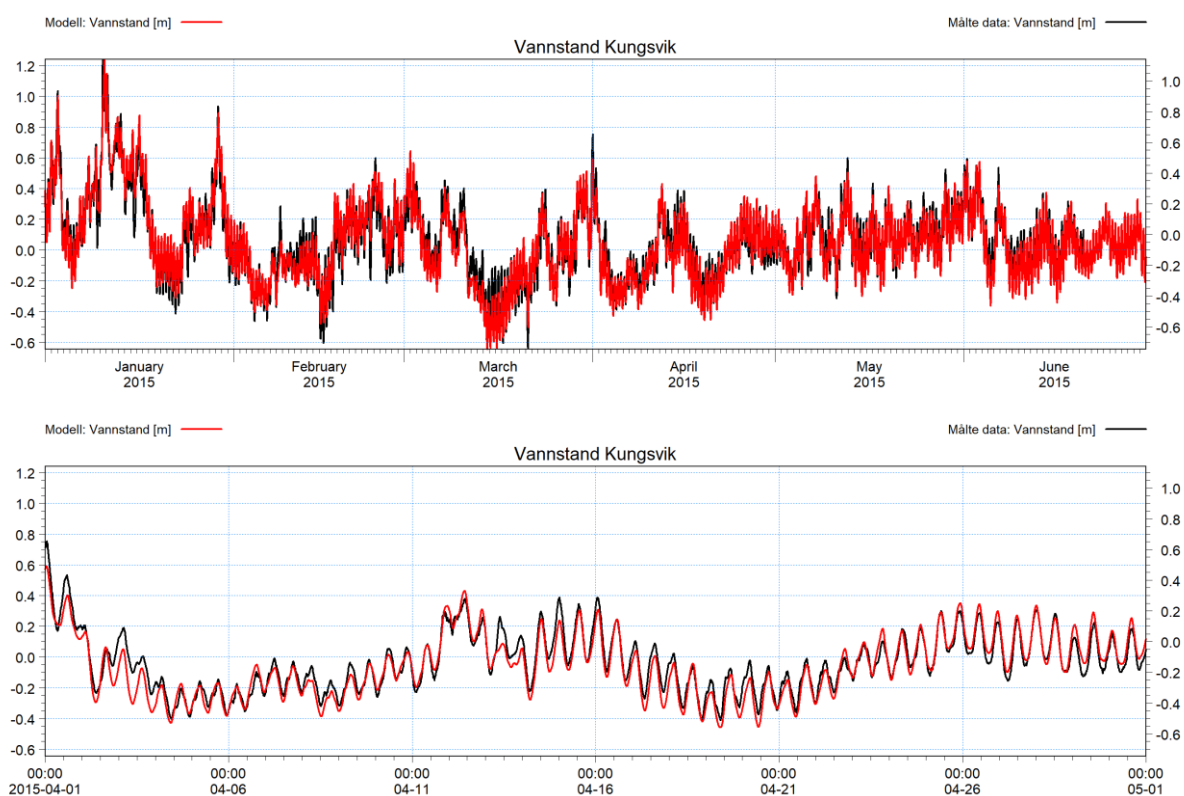


Figur 3.1 Lokasjonene til stasjonene brukt til modellvalidering

#### 3.1 Vannstand

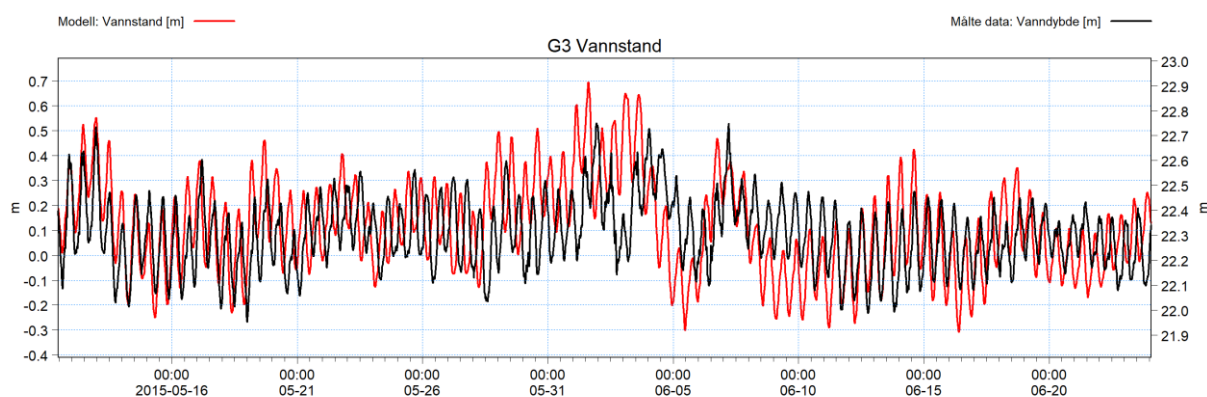
Vannstandsvariasjonen i indre farvann følger i stor grad vannstanden på den åpne kysten, som styres av regionale havprosesser som tidevann, stormflod og invers barometereffekt i Skagerrak og videre ut.

I Figur 3.2 og Figur 3.3 er sammenligningen mellom målt og modellert vannstand ved Kungsvik og G3 presentert. Det er observert i Figur 3.2 at modellen sammenligner seg godt med målingene fra Kungsvik både når det gjelder tidevann (amplituder og faser) og når det gjelder residual vannstand (endringer i middelvannstanden forårsaket av vindeffekter og andre prosesser). Dette indikerer at grensebetingelsene har gode data på vannstand. Modellen er nokså god også sammenlignet med G3, vist i Figur 3.3, men her er det noe større differanse. G3 har en måleperiode fra 11.05.15 kl. 09:06 – 23.06.15 12:16. Det skal påpekes at vanddybden i G3 er målt med ADCP-måler (Staalstrøm & Skogan, 2015).



Figur 3.2 Modellert (rød kurve) og målt (sort kurve) vannstand ved Kungsvik. Det øverste panelet viser hele modellperioden, mens det nederste panelet viser et eksempel zoom for april. Merk at modellert vannstand (venstre akse) har blitt oppjustert med 10 cm for å hensynta en liten vertikal datum forskjell mellom de to datasettene

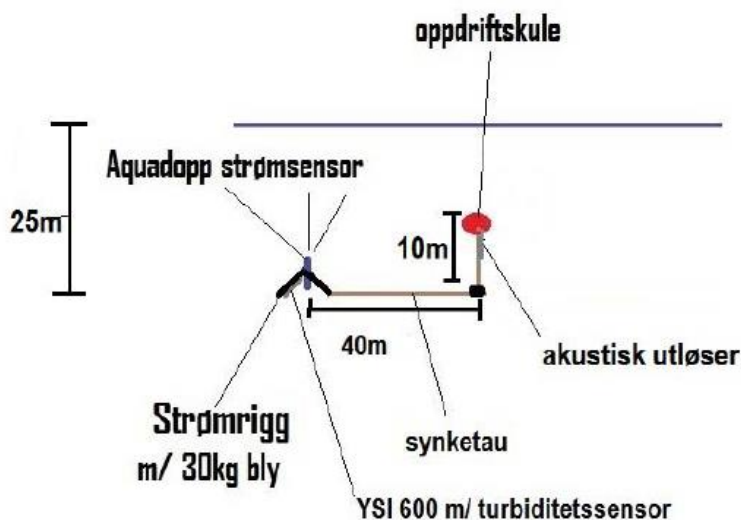




Figur 3.3 Modellert (rød kurve) vannstand og målt (sort kurve) vanndybde ved G3. Merk at figuren har blitt justert så modellert vannstand er vist på venstre akse, mens målt vanndybde er vist på høyre akse

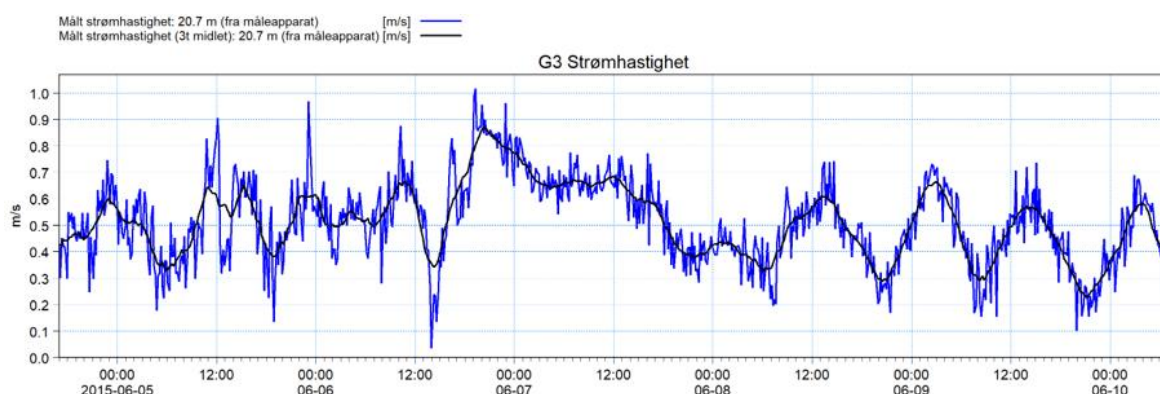
## 3.2 Strøm

Det er utført strømmålinger ved G3, som har en måleperiode fra 11.05.15 kl. 09:06 – 23.06.15 12:16 (Staalstrøm & Skogan, 2015). Dette er gjort med en ADCP-måler, hvor YSI ligger ved 22-23m under havoverflaten. oppsett av måleren er vist i Figur 3.4. Til å validere modellen er det valgt å se på -1m, som er sammenlignet med +20,7m over YSI i målingene.

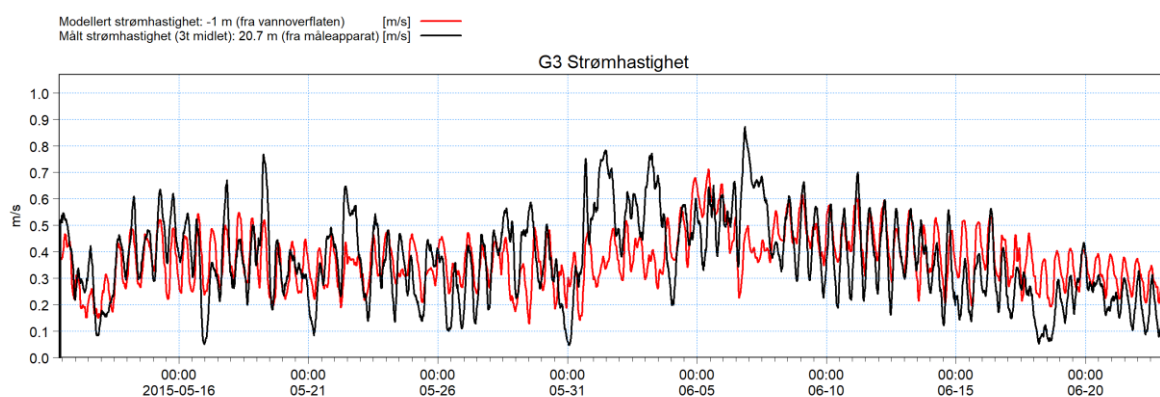


Figur 3.4 Oppsett av stasjon ved G3 for periode 3. Rammen var utstyrt med en tilt-sensor som gjorde det mulig å verifisere at rammen landet riktig, fra (Staalstrøm & Skogan, 2015)

Siden det er en del støy i målingene ble målingene midlet over 3 timer for å fjerne støy, og er vist i Figur 3.5. I dette området er strømhastighetene dominert av Glommas vannføring gjennom Østerelven, men påvirkes av tidevannets inn- og utstrømning fra Glomma og Gansrødbukta. Denne påvirkningen kan ses som faser og amplituder i hastighetssignalet. Modellert strømhastighet er sammenlignet med de målte midle strømhastighetene er presentert i Figur 3.6. Her kan en se at trenden er lik for både de målte og modellerte strømhastighetene, tidevannseffekten gjenskapes godt av modellen, men det er noen hendelser som modellen ikke gjensker.

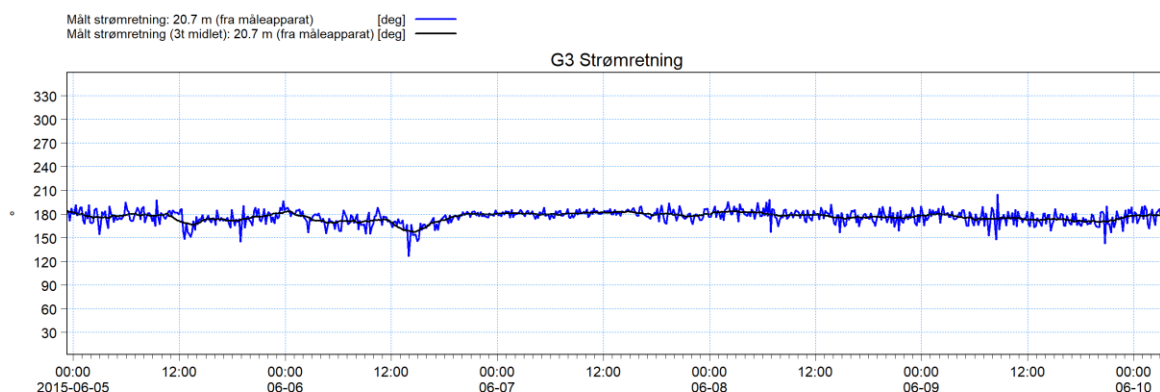


Figur 3.5 Målte strømhastigheter, hvor den blå kurven er rådataen fra målingene, mens den sorte linjen viser strømhastighetenes 3 timers løpende middel

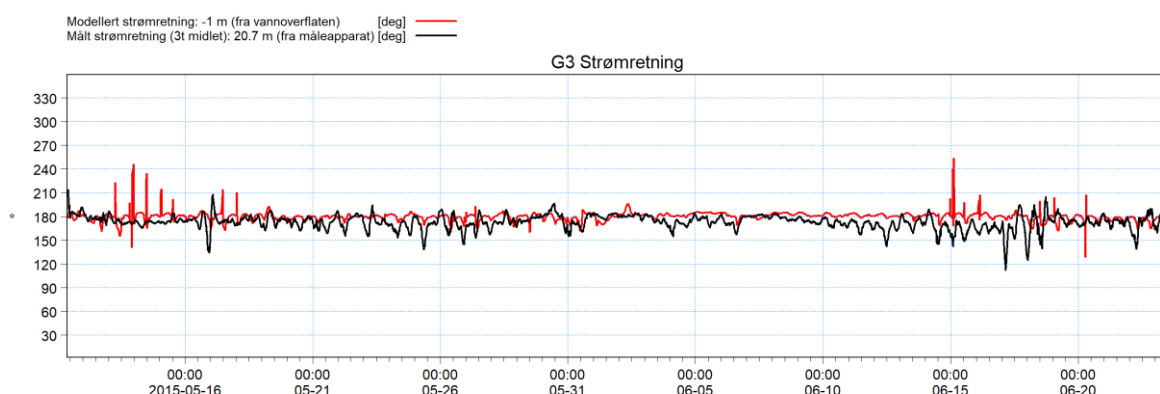


Figur 3.6 Modellert (rød kurve) og 3 t midlete målte (sort kurve) strømhastigheter i overflatelaget (-1 m) ved G3

Samme øvelse er gjort for strømretningen, hvor retningen er blitt midlet over 3 timer for å fjerne støy fra målingene, og er vist i Figur 3.7. Modellert strømretning er sammenlignet med de målte midlete strømhastighetene er presentert i Figur 3.8. Her kan man se at trenden er lik for både de målte og modellerte strømretningene, og at strømmen har en retning mot sør ( $180^\circ$ ).

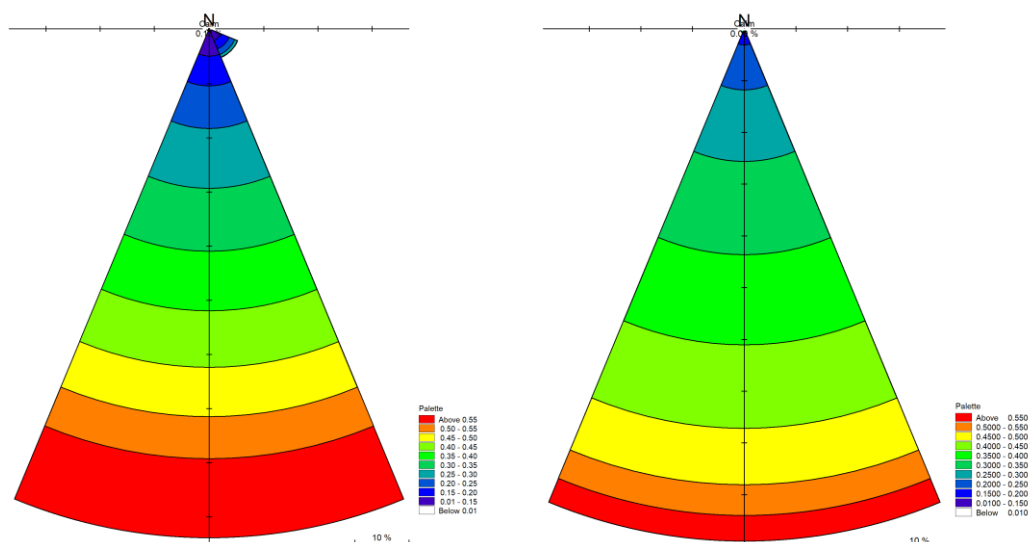


Figur 3.7 Målte strømretning, hvor den blå kurven er rådataen fra målingene, mens den sorte linjen viser strømretningene midlet over 3 timer



Figur 3.8 Modellert (rød kurve) og 3 t midlete målte (sort kurve) strømretninger i overflatelaget (-1 m) ved G3

Strømhastighetene og -retningene er slått sammen og vist i Figur 3.9 i strømrøser. Her kan en se at strømrøsene er relativt like, og at strømmen går mot sør..



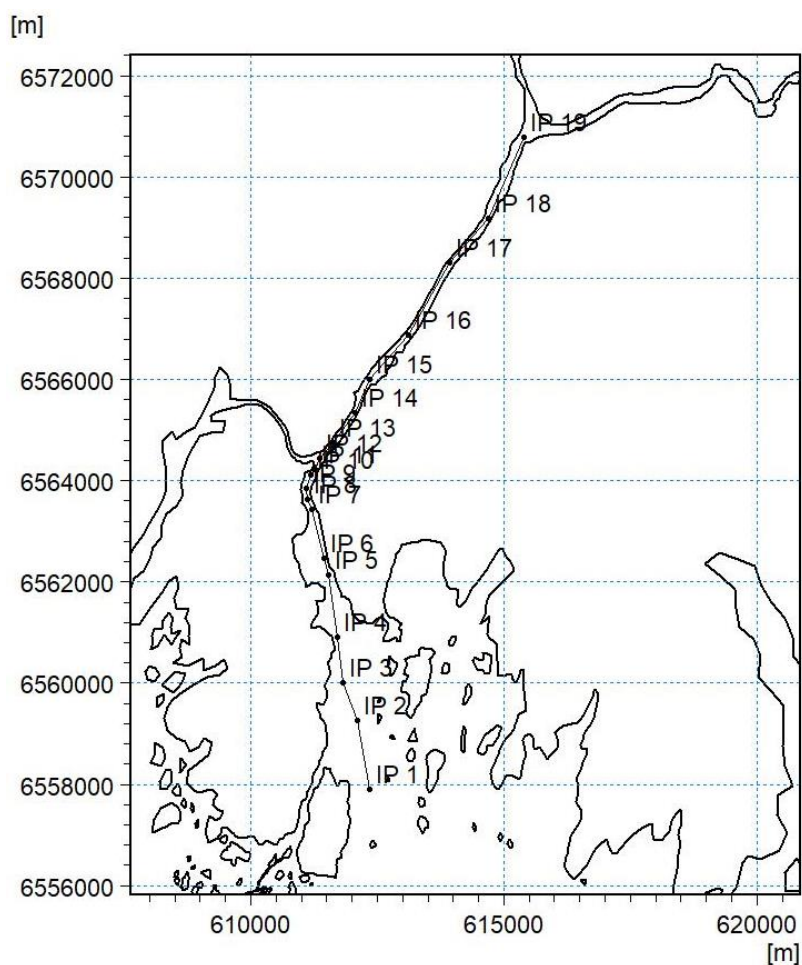
Figur 3.9 Strømrøser i overflatelaget (1 m under havoverflaten) ved G3. Strømrøsen til venstre viser de midlete verdiene fra målingene, mens strømrøsen til høyre viser strømrøsen fra modellen

### 3.3 Salinitet og temperatur

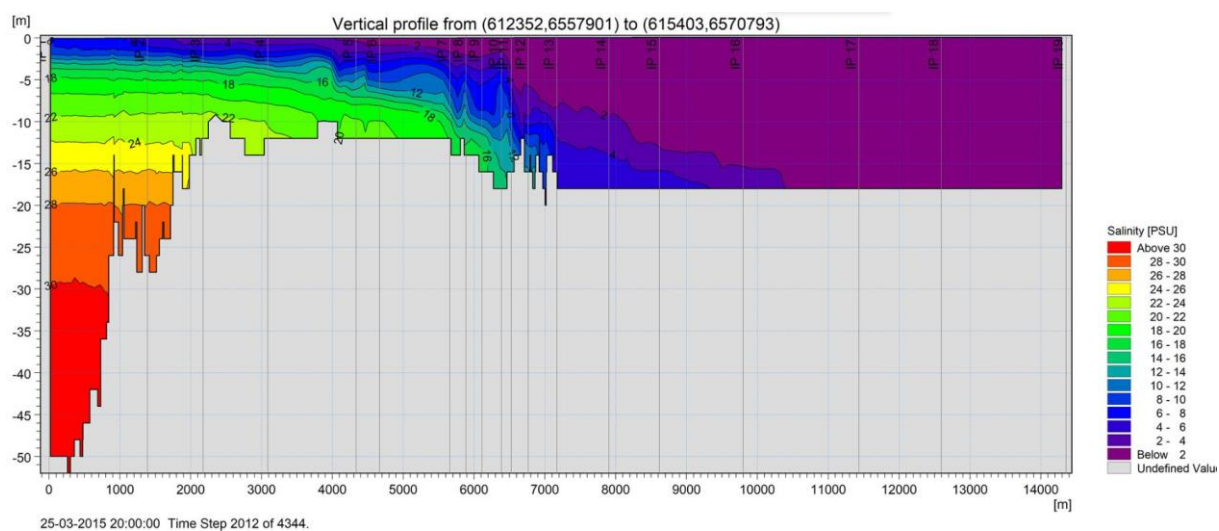
Evnen til modellen å simulere saltinnhold og temperaturvariasjoner i skjærgården er avgjørende, siden den gjenspeiler modellens evne til å beskrive den generelle sirkulasjonen, blandingen og stratifiseringen av systemet.

#### 3.3.1 Saltvannskilen i nedre Glomma

I Figur 3.10 det vist en transekt som er trukket ut fra modellen for å beskrive saltvannsinntrengningen i Glomma. Dette vertikale transektet er vist i Figur 3.11, den viser et øyeblikksbilde av saltvannskilen når havvannet trenger inn i bunnen av Glomma.



Figur 3.10 Transekt for saltvannskile



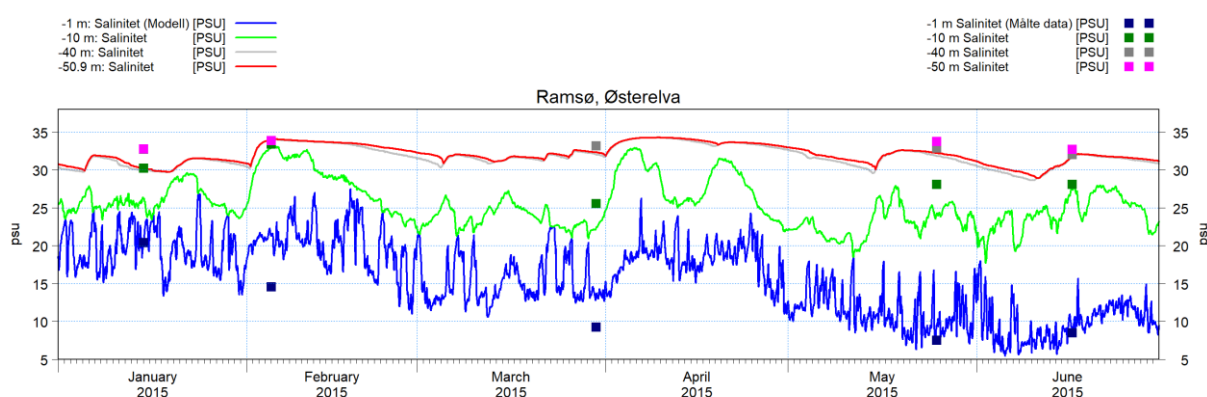
Figur 3.11 Vertikalt transekt av nedre Glomma, som viser et øyeblikksbilde av saltvannskilen når havvannet trenger inn i bunnen av Glomma

### 3.3.2 Ramsø, Østerelva

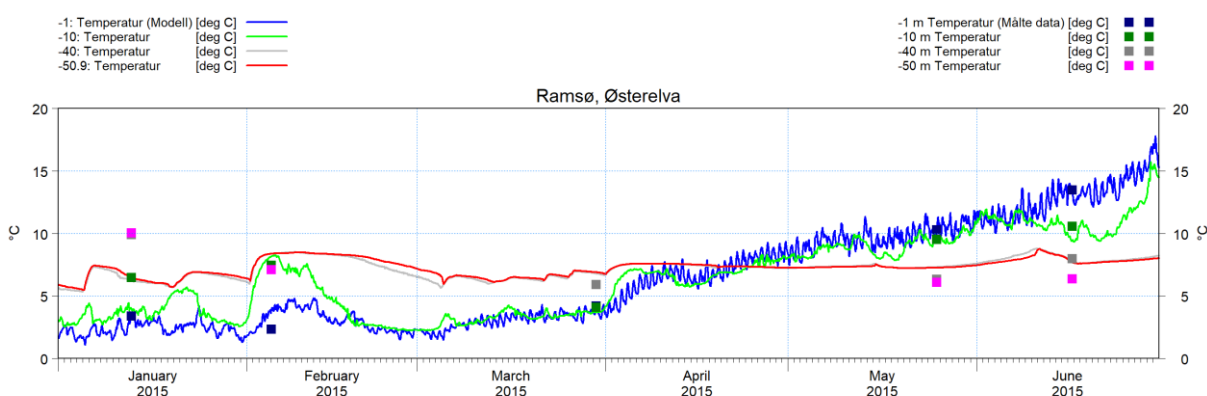
I Figur 3.12 og Figur 3.13 er målt og modellert salinitet og vanntemperatur ved Ramsø-stasjonen sammenlignet. Det er valgt ut forskjellige dybdelag for å sikre at vi får en enhetlig sammenligning: Overflatelag, mellomlag og dyp / bunnlag.

For saliniteten viser figuren et godt samsvar mellom målte og modellerte data. I både målinger og modellresultater observeres den distinkte oppbygningen til vannsøylen i Hvalerskjærgården, med brakk overflatevann, en haloklin og et salt bunnlag påvirket av havvann fra Skagerak. Figurene viser at modellen gjengir saltoppløsning, inkludert de absolutte verdiene på forskjellige dybder og variasjonen godt.

Figuren viser også et godt samsvar mellom målt og modellert vanntemperatur ved Ramsø. I motsetning til saltinnholdet har temperaturstratifikeringen en klar sesongvariasjon. Om vinteren er overflatelaget avkjølt, mens om sommeren blir overflatevannet varmet opp. Dette viser store sesongmessige temperaturvariasjoner i overflaten mens dypvannstemperaturen er nesten konstant. Figuren viser at modellen gjengir temperaturdynamikken til de forskjellige vannmassene godt.



Figur 3.12 Målt (symbol) og modellert (kurve) salinitet ved forskjellige dybder ved Ramsø gjennom modellperioden



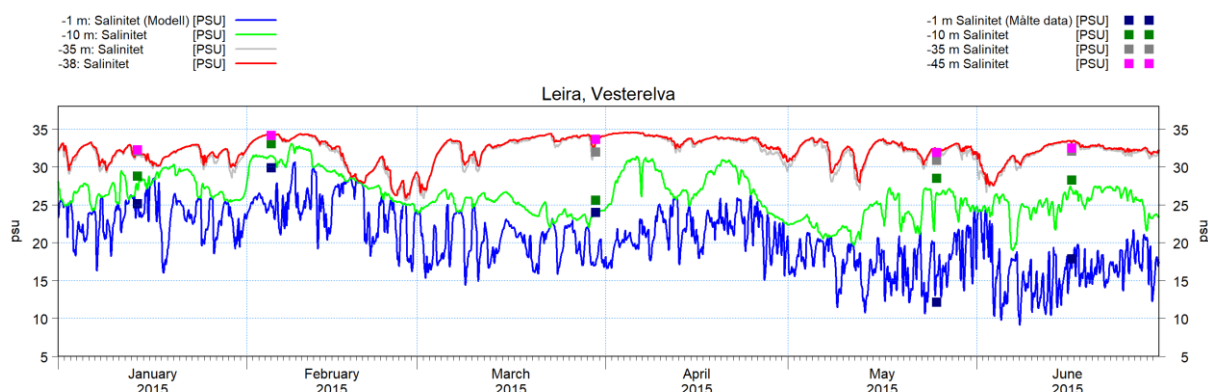
Figur 3.13 Målt (symbol) og modellert (kurve) temperatur ved forskjellige dybder ved Ramsø gjennom modellperioden

### 3.3.3 Leira, Vestrelva

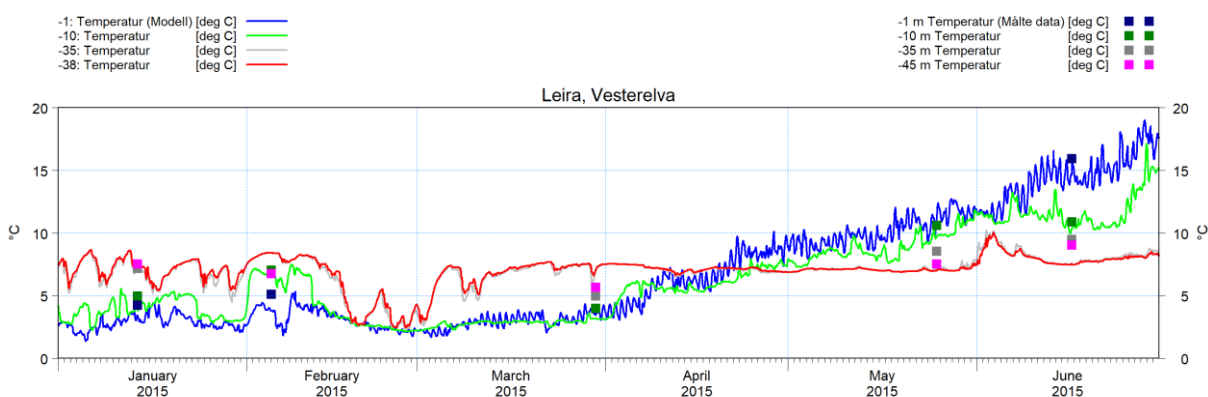
I Figur 3.14 og Figur 3.15 er målt og modellert salinitet og vanntemperatur ved Leira sammenlignet. Disse figurene viser også gode sammenligninger mellom målinger og modellresultater. Også i denne delen av skjærgården er vannsøylen stratifisert i



forskjellige vannmasser, og modellen er i stand til å reprodusere stratifiseringen, de absolutte nivåene og variasjonen i saltinnholdet og vanntemperaturen.



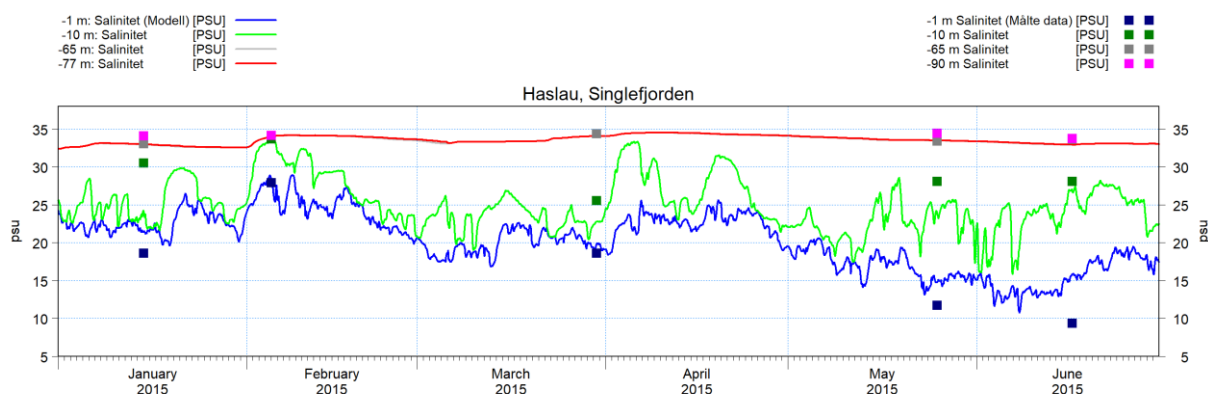
Figur 3.14 Målt (symbol) og modellert (kurve) salinitet ved forskjellige dybder ved Leira gjennom modellperioden



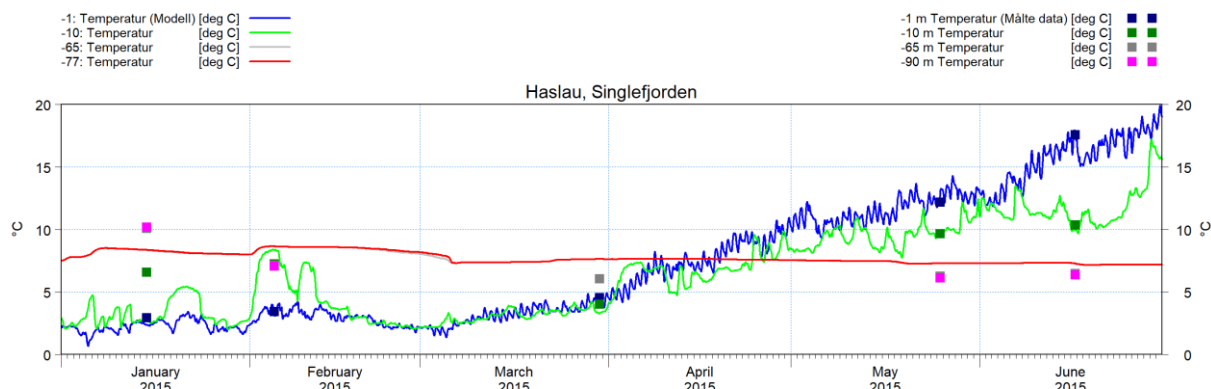
Figur 3.15 Målt (symbol) og modellert (kurve) temperatur ved forskjellige dybder ved Leira gjennom modellperioden

### 3.3.4 Haslau, Singlefjorden

I Figur 3.16, Figur 3.12 og Figur 3.17 er målt og modellert salinitet og vanntemperatur ved Haslau sammenlignet. Disse figurene viser også gode sammenligninger mellom målinger og modellresultater. Også i denne delen av skjærgården er vannsøylen stratifisert i forskjellige vannmasser, og modellen er i stand til å reprodusere stratifiseringen, de absolutte nivåene og variasjonen i saltinnholdet og vanntemperaturen.



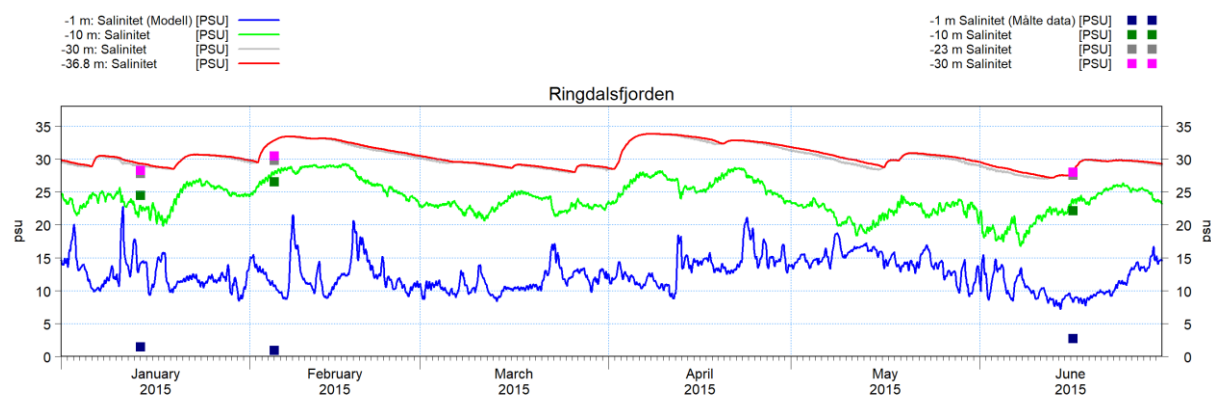
Figur 3.16 Målt (symbol) og modellert (kurve) salinitet ved forskjellige dybder ved Haslau gjennom modellperioden



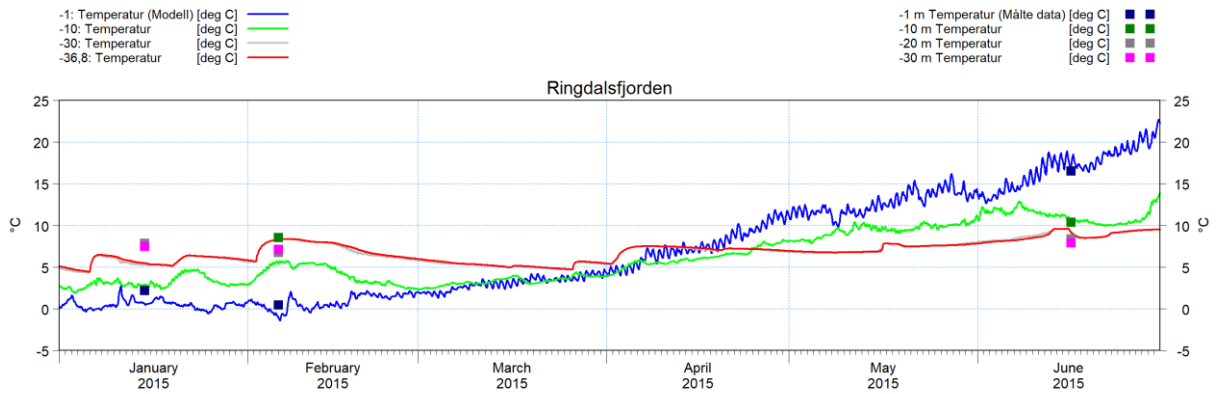
Figur 3.17 Målt (symbol) og modellert (kurve) temperatur ved forskjellige dybder ved Haslau gjennom modellperioden

### 3.3.5 Ringdalsfjorden og Iddefjorden

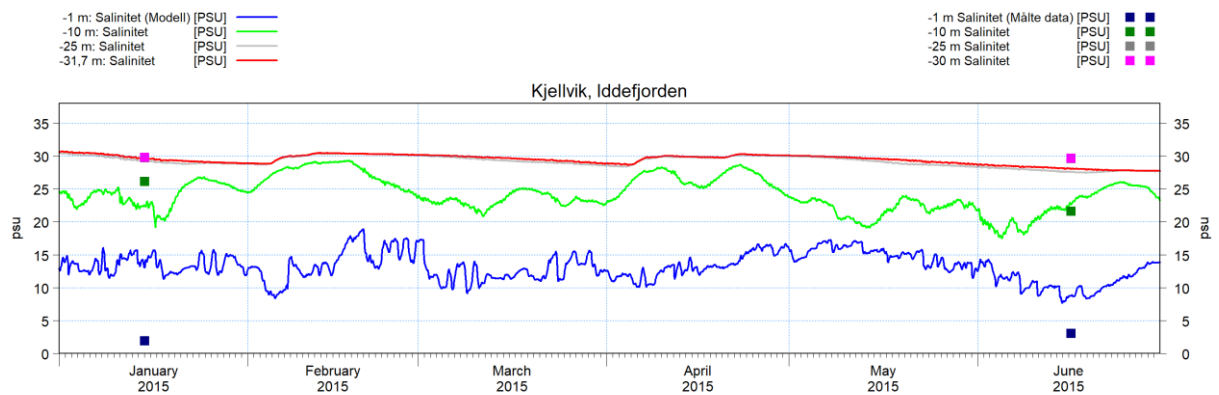
I Figur 3.18, Figur 3.12 og Figur 3.19 er målt og modellert salinitet og vanntemperatur ved Ringdalsfjorden sammenlignet og i Figur 3.20, Figur 3.12 og Figur 3.21 er målt og modellert salinitet og vanntemperatur ved Iddefjorden sammenlignet. Selv om dette området ikke høyoppløst og kalibrert mot målinger viser figurene også ganske gode sammenligninger mellom målinger og modellresultater her. Merk at det var noen færre målepunkter her.



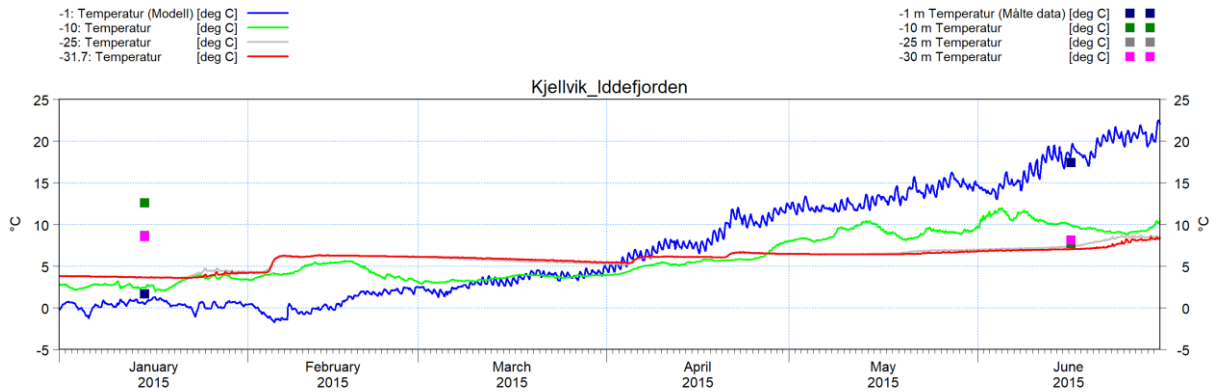
Figur 3.18 Målt (symbol) og modellert (kurve) salinitet ved forskjellige dybder ved Ringdalsfjorden gjennom modellperioden



Figur 3.19 Målt (symbol) og modellert (kurve) temperatur ved forskjellige dybder ved Ringdalsfjorden gjennom modellperioden



Figur 3.20 Målt (symbol) og modellert (kurve) salinitet ved forskjellige dybder ved Iddefjorden gjennom modellperioden



Figur 3.21 Målt (symbol) og modellert (kurve) temperatur ved forskjellige dybder ved Iddefjorden gjennom modellperioden

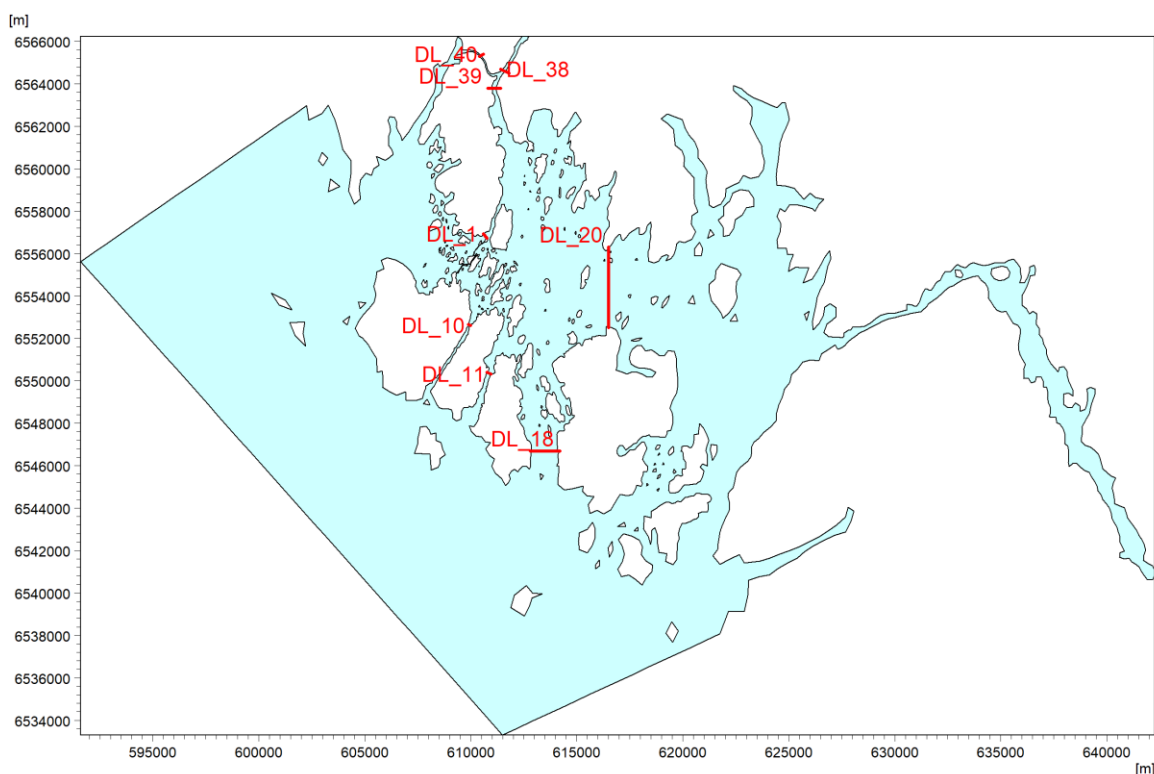
## 4 Vannutskifting

Etter at modellen er satt opp, kalibrert og validert er modellen klar til å bli brukt til å undersøke vannutskiftningsforholdene. For å undersøke om sprengning/mudring av grunner vil endre vannutvekslingen mellom utsiden og innsiden av Hvalerøyene er det satt opp inn- og utstrømningslinjer og massebudsjetter for torskegyttingsområde i modellen.

### 4.1 Inn- og utstrømningslinjer

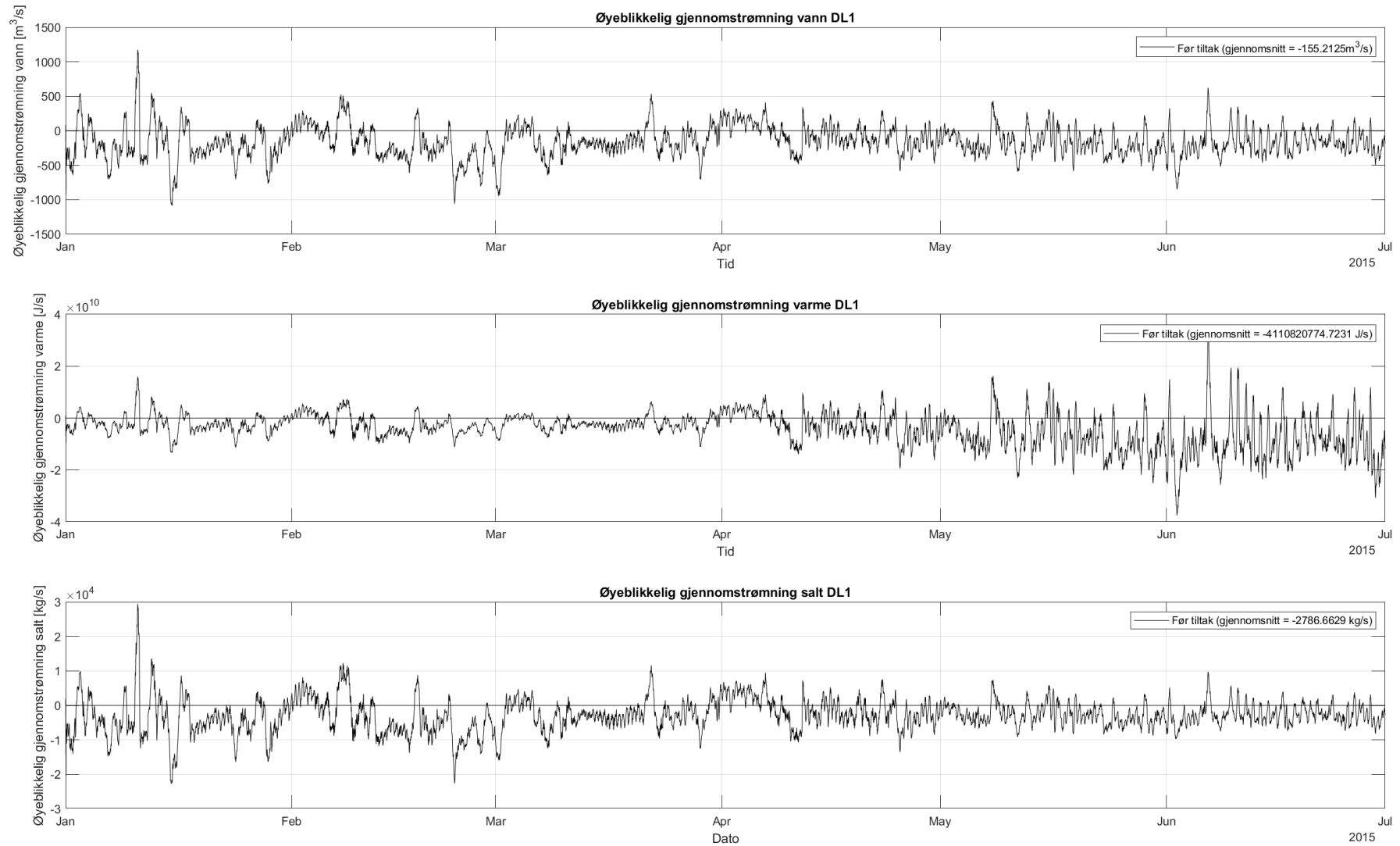
Inn- og utstrømningslinjer beskriver gjennomstrømningen gjennom tverrsnittet for vannvolum, salt og relativ varme for hvert tidssteg.

Totalt er det satt opp 40 linjer, for å ha fullstendig kontroll på alt vannet. For en overordnet oversikt over vannutskiftingen av den indre skjærgården er det fokusert på dette området og analysen er gjort på DL1, DL10, DL11, DL18, DL20 og DL39 vist i Figur 4.1.



Figur 4.1 Utvalgte inn- og utstrømningslinjer i den indre skjærgården i modellen

Inn- og utstrømningslinjen for DL1 er vist i Figur 4.2. For alle inn- og utstrømningslinjene er positiv retning inn mot skjærgården, bortsett fra DL40; som ikke er med i analysen men som en kan finne i Vedlegg A. I inn- og utstrømningslinjen for DL1 kan en se hvordan gjennomstrømningen varierer gjennom modellperioden, i tillegg til hva netto gjennomstrømning (gjennomsnittlig gjennomstrømning) er.



Figur 4.2 Inn- og utstrømningslinjer for gjennomstrømning vann, varme og salt for DL1 (positivt rettet inn mot skjærgården)

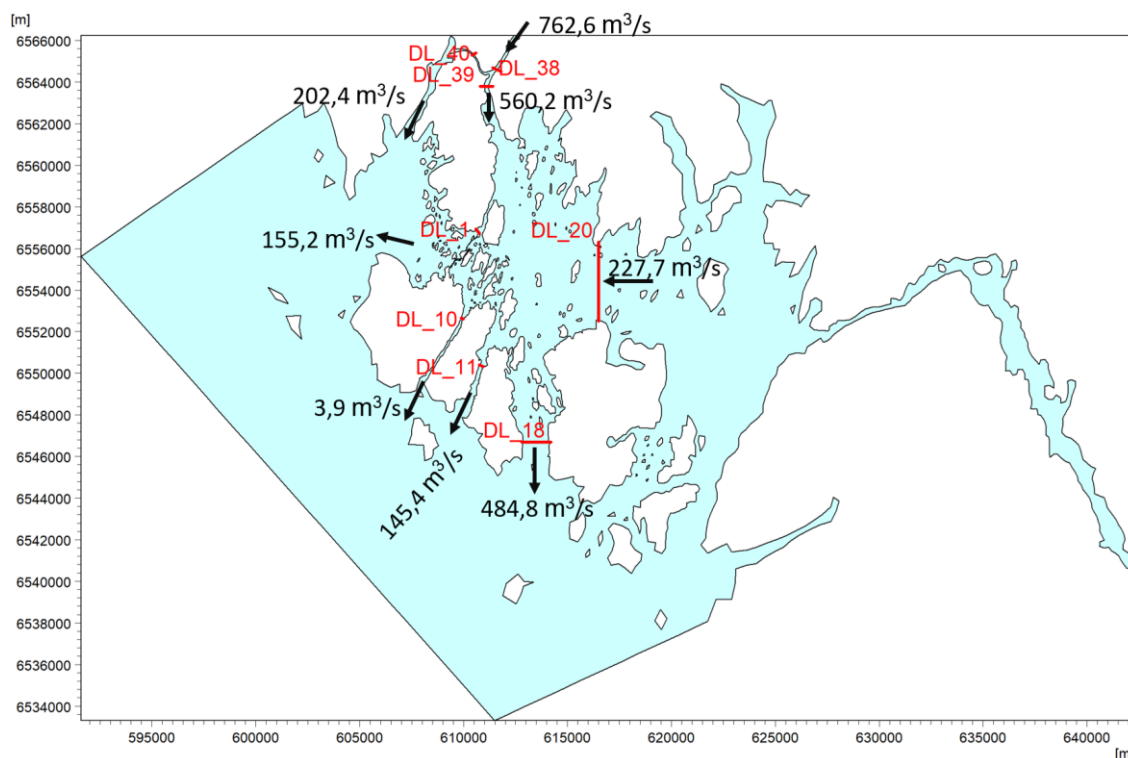


Basert på inn- og utstrømningslinjen ble det dannet et bilde av netto gjennomstrømning av vannvolum og salt i Hvalerskjærgården; dette er vist i Figur 4.3 og Figur 4.4.

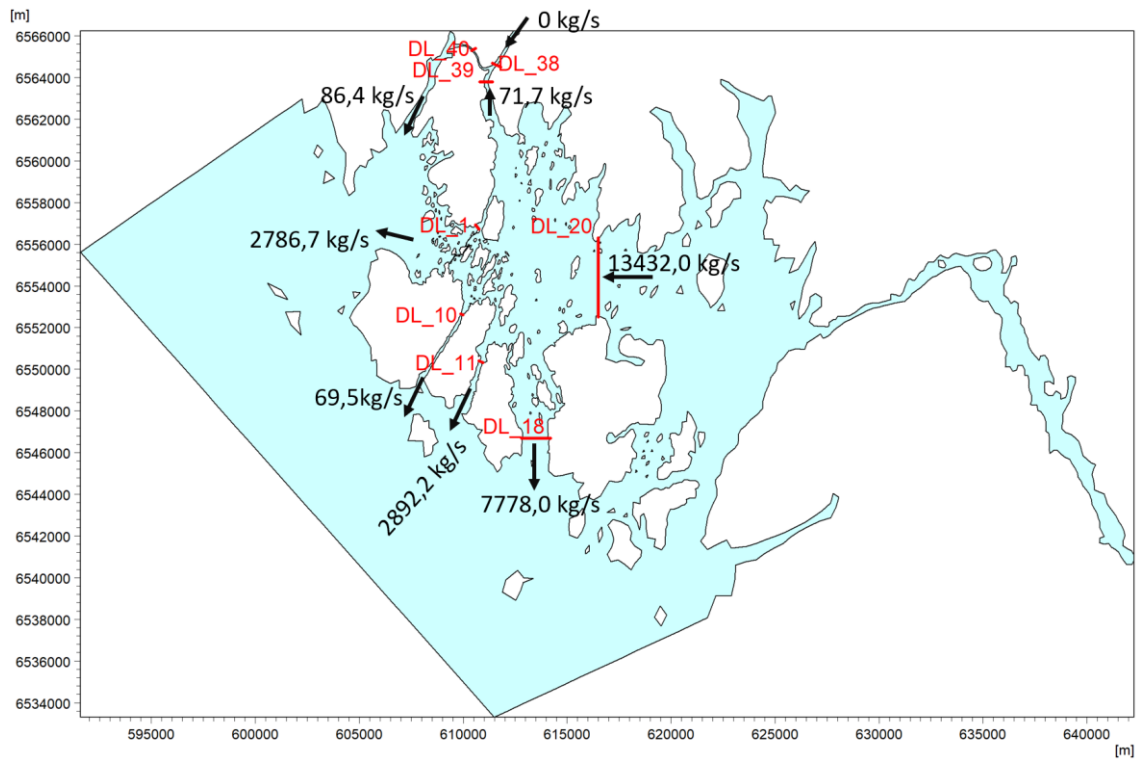
En kan se at det er en netto tilstrømning av volum vann fra havet i øst ved DL20 og fra Glomma DL39. Netto utstrømning fra Hvalerskjærgården skjer i den vestlige delen ved DL1, DL10, DL11 og DL18. For salt kan en se at det kun er netto innstrømning ved DL20, for de andre linjene som avgrenser området er det utstrømning. Det er verdt å merke seg at ved DL39 (Østerelva) går det tidevann opp i Glomma og at noe av dette går ut i DL40 (Vesterelva). Dette skyldes en asymmetri i tidevannet slik at mer tidevann strømmer opp i Glomma fra Østerelva enn det som renner ut, og omvendt for Vesterelva. Når en ser nærmere på inn- og utstrømningslinjene kan en se at mesteparten av denne effekten hender i perioden 01.01-01.05, og at vårfloppen (01.05-01.07) har stor påvirkning på tidevannet opp i Glomma.

Hvis man legger alt sammen finner man en liten differanse, som trolig skyldes en ubalanse i vannstanden, regn og fordampning på start- og slutt tidspunktet. Disse tallene er for hele modellperioden, og vil trolig være annerledes hvis man hadde sett på 01.01-01.05 og 01.05-01.07 som to separate episoder, pga. vårfloppen.

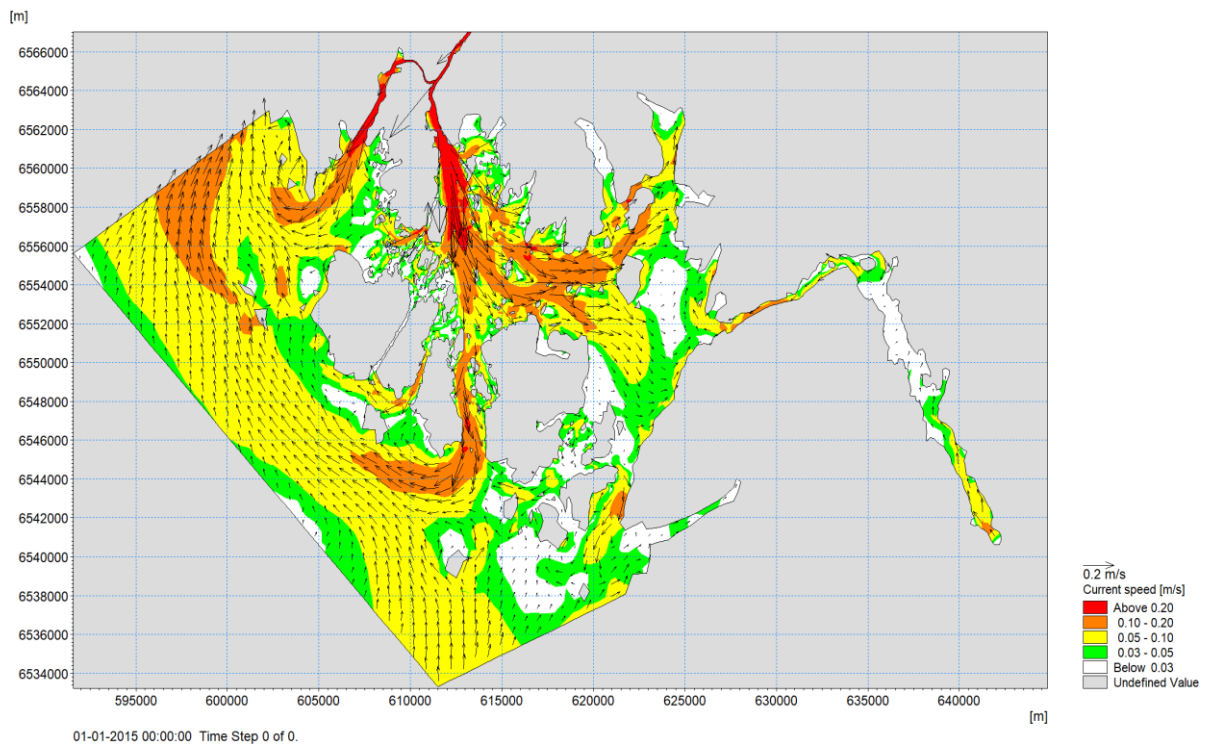
Figur 4.5 og Figur 4.6 viser en netto strømhastighet gjennom hele modellperioden for henholdsvis dybde 0-1 m og 8-9 m. En kan se at det i topplaget er en klar netto strøm ut av den indre skjærgården mot det åpne havet. Litt dypere på en dybde mellom 8 og 9 m, er det lavere strømhastigheter, og en kan se en kompensasjonsstrøm inn mot Glomma i indre Hvalerskjærgården (drevet av medring).



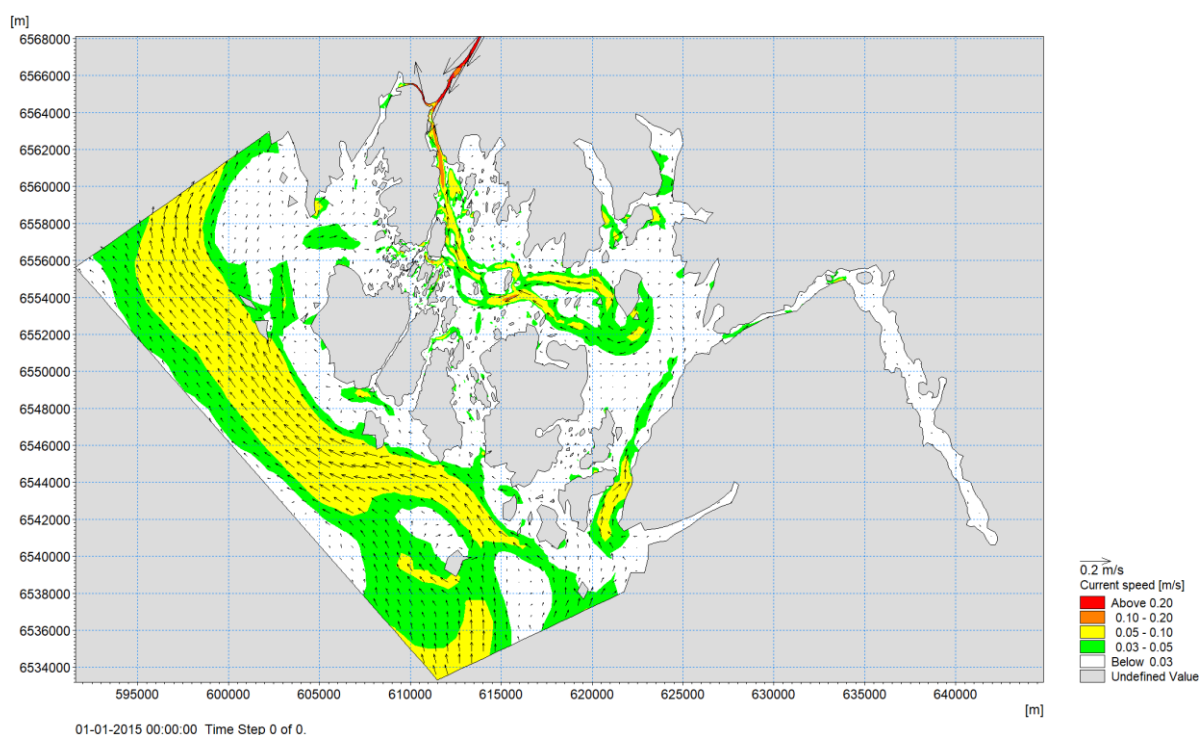
Figur 4.3 Netto vannvolum gjennomstrømning i modellperioden. Pilene peker i positiv retning



Figur 4.4 Netto salt gjennomstrømning i modellperioden. Pilene peker i positiv retning



Figur 4.5 Netto strøm mellom 0-1 m



Figur 4.6 Netto strøm mellom 8-9 m

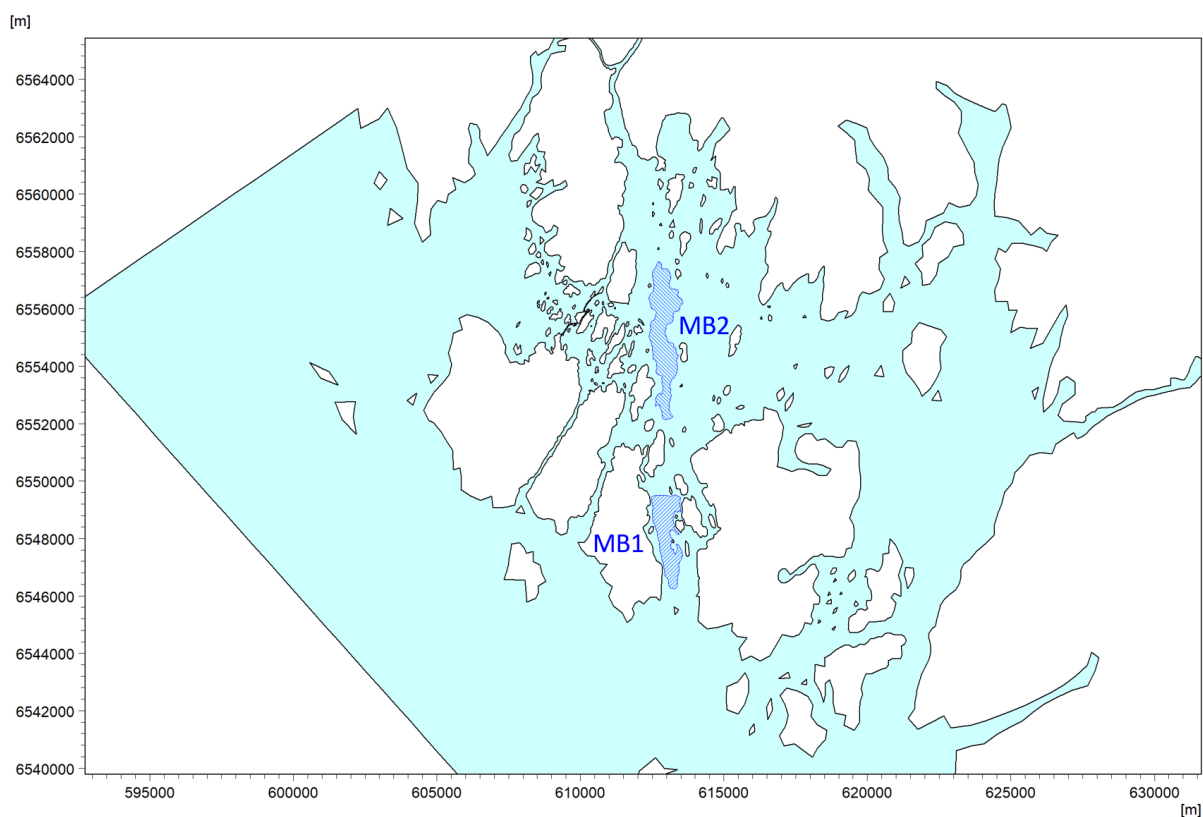
## 4.2 Massebudsjett

Massebudsjettet beskriver budsjetten for det stående vannvolumet, -saltet og varmen innenfor et avgrenset område, inklusiv transporten over grensene til det avgrensede området for hvert tidssteg. I Hvalerskjærgården er det to gyteområder for torsken (gitt av Kystverket), disse er vist i Figur 4.7. I modellen er to massebudsjetter (modell output) definert for de to gyteområdene. I Figur 4.8 kan en se massebudsjetten for vannvolum, salt og relativ varme for det nordlige gyteområdet (MB2) og hvordan det varierer gjennom modellperioden.

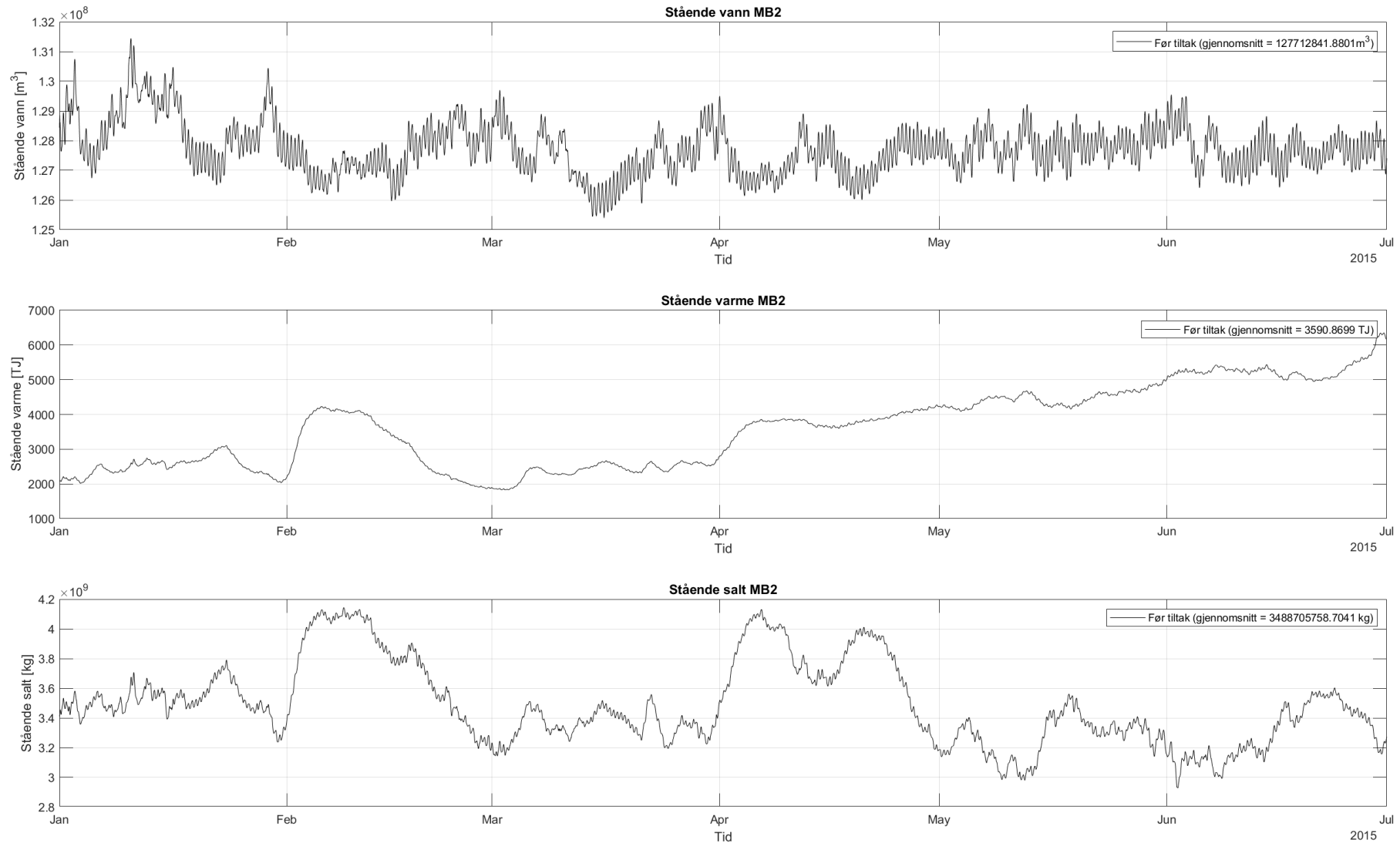
Vannvolumet er summen av volumene i alle modellelementer innenfor MB2-området. Variasjonen i vannvolumet som er observert i figuren skyldes vannstandsvariasjonen i området.

Saltmassen beregnes ut fra saltinnholdet, volumet og tettheten til vannet, og summeres over alle modellelementer avgrenset i området. Det kan sees i figuren at saltmengden varierer på en annen måte enn vannvolumet, noe som indikerer at saltmengden påvirkes av skiftende vannmasser og av plasseringen av brakvannfronten.

Til slutt beregnes den relative mengden varme ut fra vanntemperaturen, volumet, tettheten av vannet og den spesifikke varmen av vann, og summeres over modellelementene avgrenset i området. Det kan ses i figuren at mengden varme i MB2-området øker i modellperioden på grunn av overflatelagets oppvarming på våren.



Figur 4.7 Masebudsjettenes avgrensning området for de to gyteområdene angitt av Kystverket



Figur 4.8 Massebudsjett for stående vannvolum, -varme og -salt i det nordlige gyteområdet MB2



## 5 Tiltaksanalyse

Kystverket ønsker en utredning om sprengning og mudring av grunner vil endre vannutvekslingen mellom utsiden og innsiden av Hvalerøyene for å passe på at områdets potensial som gytefelt ikke forringes.

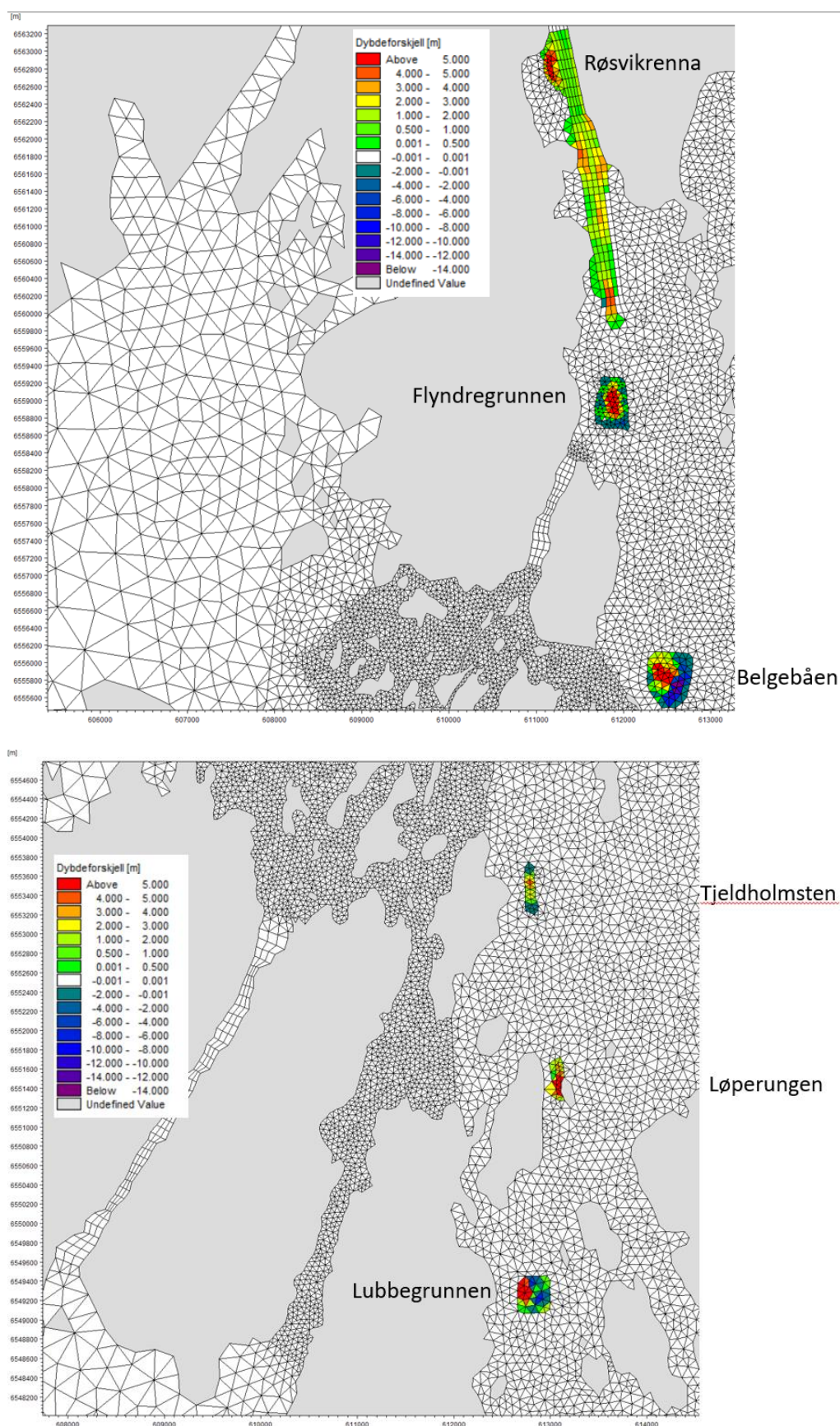
### 5.1 Tiltaksbeskrivelse

For å undersøke om tiltakene Kystverket ønsker å utrede vil endre vannutvekslingen mellom utsiden og innsiden av Hvalerøyene har det, i tillegg til å bli opprettet en modell før tiltak, blitt opprettet en modell for situasjonen etter tiltakene. Det eneste som er endret i den andre modellen er dybdene i tiltaksområdet.

Som nevnt tidligere består tiltakene av mudring/sprengning av seks (6) grunner fra Flyndregrunnen til Lubbegrunnen i tillegg til Røsvikrenna. Tiltakene er vist i Figur 1.1. I denne rapporten er det kun mudring/sprengning/deponering i Røsvikrenna, Flyndregrunnen, Belgebåen, Tjeldhomsten, Løperungen og Lubbegrunnen som er inkludert.

Dybdene for tiltaksområdene etter tiltak ble gitt av Norconsult i xyz-format (Breyholtz, et al., 2020). I elementene i beregningsnettets blir dybdene interpolert på bakgrunn av disse dybde-dataene. Dette gjorde at noen av elementene var noe grunnere enn kriteriene for planlagt mudringsdybde gitt i (Kystverket, 2018). Det ble derfor satt som et kriteriene at dybdene skulle være minimum planlagt mudringsdybde.

Det endte dermed med at endringene ble som vist i Figur 5.1. Her ser en dybdeforskjellene mellom før- og etter tiltak. Der figuren viser en høyere vanndybde har modellen blitt dypere etter tiltak, mens der den har negative verdier har den blitt grunnere. Det vil si at der det er positive verdier vil havbunnen bli mudret/sprengt til et dypere nivå, mens der det er negative verdier vil det deponeres og bli grunnere.



Figur 5.1 Dybforskjellen (etter- minus før tiltak); en økning i vanddybde viser hvor mye dypere det elementet er blitt, og vice versa for en negativ verdi

## 5.2 Endring vannutskiftning

For å se på vannutskiftningen er de tidligere beskrevet i inn- og utstrømningslinjer og massebudsjetter vist i Figur 4.1 og Figur 4.7 brukt. Det er da sett på vannutskiftningen for vannutvekslingen mellom utsiden og innsiden av Hvalerøyene og vannutskiftningen for de gitte gyteområdene.

I kapittel 4 er vannutskiftningen før tiltak beskrevet, mens det her vil bli sett på endring i vannutskiftning etter tiltak.

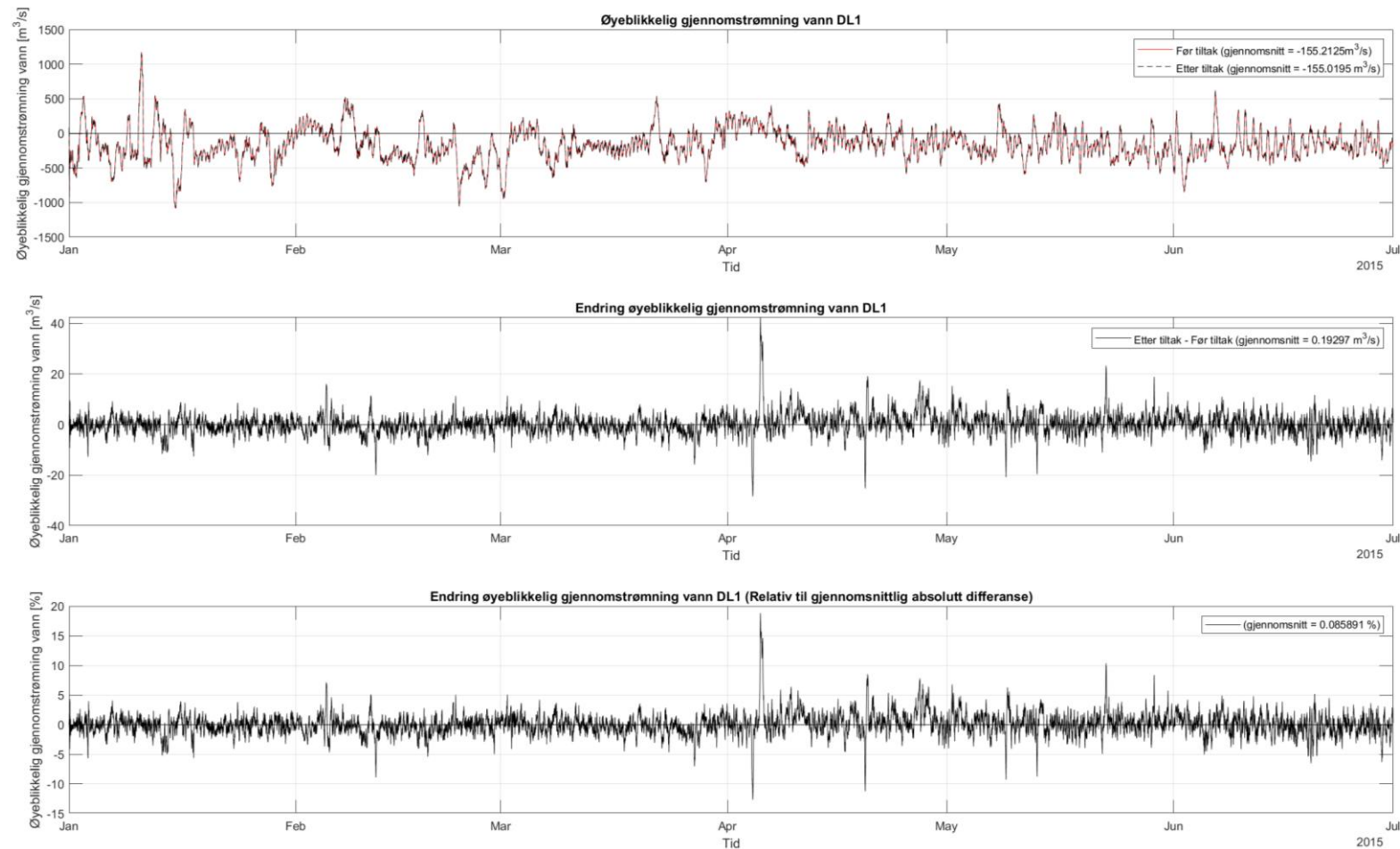
### 5.2.1 Inn- og utstrømningslinjer

Vannutskiftningen mellom utsiden og innsiden av Hvalerøyene kan bli funnet ved å undersøke inn- og utstrømningslinje DL\_1, DL\_10, DL\_11, DL\_18, DL\_20 og DL\_39.

Resultatene fra disse inn- og utstrømningslinjene er både presentert som grafer og i tabellform. Grafen for DL\_1, gjennomstrømning vann, er vist i Figur 5.2, mens resterende inn- og utstrømningslinjer er presentert i Vedlegg A. Figuren er tredelt, der øverste delfigur viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før- og etter tiltak sammen. Her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste delfiguren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter- minus før tiltak), der gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser den relative endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter- minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse. Gjennomsnittene er regnet ut mellom 01.01 20:30, når modellen er blitt stabil (se kapittel 2.6), til 29.06:15:00, når vannstanden er lik som i startpunktet.

I Tabell 5.1 - Tabell 5.3 er alle de gjennomsnittlige tallene presentert for alle de avgrensede inn- og utstrømningslinjene for vann, varme og salt.

Sammenlignet med forholdene i Figur 4.4 kan en se fra tabellene at det overordnede strømningsmønsteret endres i liten grad. Den største endringen er at det går mer tidevann opp i Østerelven, som trolig delvis går ut i Vestelven, men endringen av den totale vannføringen i de to elvene er minimal. En kan se fra figurene i Vedlegg A at endringen før- og etter tiltak er noe som hender i januar-april, men når vårfloppen kommer i mai-juni er det så og si ingen differanse før- og etter tiltak. For endring gjennomstrømningen for de andre inn- og utstrømningslinjene kan en se at differansen mellom før- og etter tiltak varierer mellom 0,1 – 1,3 %.



Figur 5.2 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning vann for DL1, posisjonen til linjene er vist i .Figur 4.1. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann for før- og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter- minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også den relative endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter- minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne

Tabell 5.1 Øyeblikkelig gjennomstrømning vann i inn- og utstrømningslinjene som avgrensner utsiden og innsiden av Hvalerøyene. Positive tall for «gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning» betyr at gjennomsnittlig gjennomstrømning er rettet inn mot innsiden av Hvalerøyene. For «gjennomsnittlig endring øyeblikkelig gjennomstrømning» vil positivt tall vil si at det er mer gjennomstrømning etter at tiltakene er gjennomført, vice versa for negative tall

Inn- og utstrømningslinje	Etter tiltak Gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning vann [m <sup>3</sup> /s]	Før tiltak Gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning vann [m <sup>3</sup> /s]	Etter tiltak - Før tiltak Gjennomsnittlig endring i øyeblikkelig gjennomstrømning vann [m <sup>3</sup> /s]	Gjennomsnittlig endring øyeblikkelig gjennomstrømning vann [%] (relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse)
DL_1	-155,0	-155,2	0,2	0,1
DL_10	-3,9	-3,9	-0,1	-0,9
DL_11	-145,2	-145,4	0,2	0,1
DL_18	-483,5	-484,8	1,3	0,2
DL_20	229,3	227,7	1,6	0,3
DL_39	557,1	560,2	-3,2	-0,6



Tabell 5.2 Øyeblikkelig gjennomstrømning salt i inn- og utstrømningslinjene som avgrensner utsiden og innsiden av Hvalerøyene. Positive tall for «gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning» betyr at gjennomsnittlig gjennomstrømning er rettet inn mot innsiden av Hvalerøyene. For «gjennomsnittlig endring øyeblikkelig gjennomstrømning» vil positivt tall vil si at det er mer gjennomstrømning etter at tiltakene er gjennomført, vice versa for negative tall

Inn- og utstrømningslinje	Etter tiltak Gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning salt [kg/s]	Før tiltak Gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning salt [kg/s]	Etter tiltak - Før tiltak Gjennomsnittlig endring i øyeblikkelig gjennomstrømning salt [kg/s]	Gjennomsnittlig endring øyeblikkelig gjennomstrømning salt [%]  (relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse)
DL_1	-2 795,7	-2 786,7	-9,0	-0,2
DL_10	-71,1	-69,5	-1,6	-1,3
DL_11	-2 892,2	-2 892,2	0,0	0,0
DL_18	-7 736,8	-7 778,0	41,1	0,2
DL_20	13 434,3	13 432,0	2,3	0,0
DL_39	-101,8	-71,7	-30,1	-7,3

Tabell 5.3 Øyeblikkelig gjennomstrømning varme i inn- og utstrømningslinjene som avgrensner utsiden og innsiden av Hvalerøyene. Positive tall for «gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning» betyr at gjennomsnittlig gjennomstrømning er rettet inn mot innsiden av Hvalerøyene. For «gjennomsnittlig endring øyeblikkelig gjennomstrømning» vil positivt tall vil si at det er mer gjennomstrømning etter at tiltakene er gjennomført, vice versa for negative tall

Inn- og utstrømningslinje	Etter tiltak Gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning varme [J/s]	Før tiltak Gjennomsnittlig øyeblikkelig gjennomstrømning varme [J/s]	Etter tiltak - Før tiltak Gjennomsnittlig endring i øyeblikkelig gjennomstrømning varme [J/s]	Gjennomsnittlig endring øyeblikkelig gjennomstrømning varme [%]  (relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse)
DL_1	-4 102 854 780,5	-4 110 820 774,7	7965994,2	0,1
DL_10	-101 615 837,2	-100 302 627,6	-1313209,6	-0,7
DL_11	-4 148 582 242,2	-4 154 239 082,1	5656839,9	0,1
DL_18	-14 169 850 009,6	-14 219 313 513,7	49 463 504,1	0,2
DL_20	5 838 968 372,7	5 794 243 358,0	44 725 014,7	0,2
DL_39	14 858 918 985,6	14 952 207 930,1	-93 288 944,5	-0,6

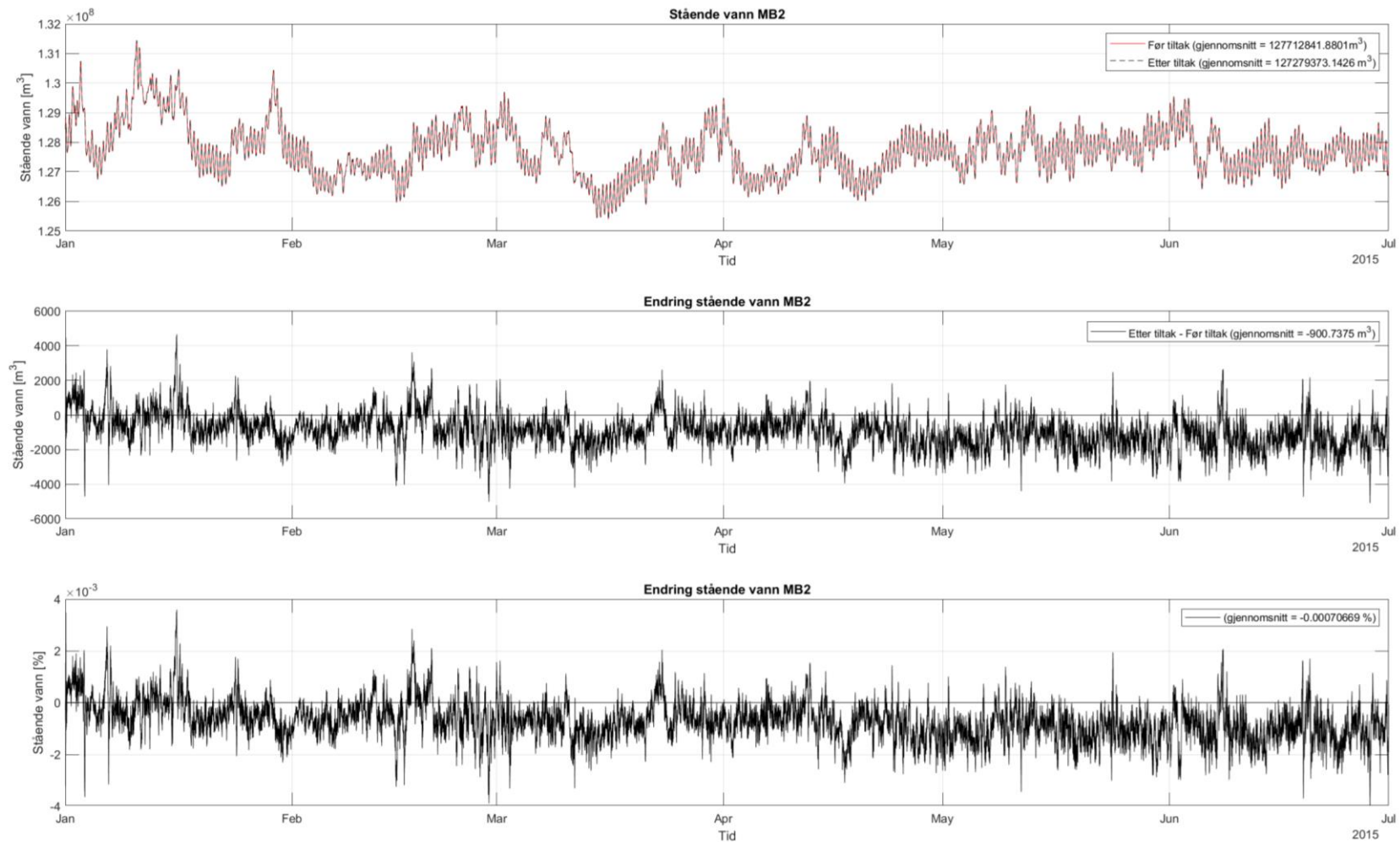
### 5.2.2 Massebudsjett

Endring i vannutskiftningen i de gitte gyteområdene er funnet ved å undersøke massebudsjettet før- og etter tiltak. Resultatene fra de to massebudsjettene er både presentert som grafer og i tabellform. Grafen for MB2, stående vann, er vist i Figur 5.3, resten er presentert i Vedlegg A.

Figuren er tredelt, øverste del viser stående vann før- og etter tiltak, her er også det gjennomsnittlige stående vannet i MB2 for de to tilfellene presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i stående vann (etter- minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i stående vann er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også den relative endringen i stående vann (etter- minus før tiltak), her presentert i prosent, gjennomsnittlige endring i stående vann er presentert oppe i høyre hjørne. De initiale forskjellene på bakgrunn av endret dybde er fjernet i «Gjennomsnittlig endring i stående vann».

I Tabell 5.4 - Tabell 5.6 er alle de gjennomsnittlige tallene presentert for alle de avgrensede inn- og utstrømningslinjene for vann, varme og salt.

En ser fra tabellene at endringen i den stående massen før- og etter tiltak er mellom 0.0 – 0.1%.



Figur 5.3 Massebudsjett for stående vann for MB2. Den øverste figuren viser stående vann før- og etter tiltak, her er også det gjennomsnittlige stående vannet i MB2 presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i stående vann (etter- minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i stående vann er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også den relative endringen i stående vann (etter- minus før tiltak), her presentert i prosent, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne.

Tabell 5.4 Stående vann i gitte gyteområder på innsiden av Hvalerøyene. Positive tall for «gjennomsnittlig stående vann» betyr at gjennomsnittlig stående vann er rettet inn mot gyteområdet. For «gjennomsnittlig endring stående vann» vil positivt tall vil si at det er mer stående vann etter at tiltakene er gjennomført, vice versa for negative tall. De initiale forskjellene på bakgrunn av endret dybde er fjernet i «Gjennomsnittlig endring i stående vann»

Massebudsjett	Etter tiltak Gjennomsnittlig stående vann [m <sup>3</sup> ]	Før tiltak Gjennomsnittlig stående vann [m <sup>3</sup> ]	Etter tiltak - Før tiltak Gjennomsnittlig endring i stående vann [m <sup>3</sup> ]	Gjennomsnittlig endring stående vann [%]
MB1	82 054 116,8	81 906 044,5	-63,7	0,0
MB2	127 279 373,1	127 712 841,9	-900,7	0,0

Tabell 5.5 Stående salt i gitte gyteområder på innsiden av Hvalerøyene. Positive tall for «gjennomsnittlig stående salt» betyr at gjennomsnittlig stående salt er rettet inn mot gyteområdet. For «gjennomsnittlig endring stående salt» vil positivt tall vil si at det er mer stående salt etter at tiltakene er gjennomført, vice versa for negative tall. De initiale forskjellene på bakgrunn av endret dybde er fjernet i «Gjennomsnittlig endring i stående salt»

Massebudsjett	Etter tiltak Gjennomsnittlig stående salt [kg]	Før tiltak Gjennomsnittlig stående salt [kg]	Etter tiltak - Før tiltak Gjennomsnittlig endring i stående salt [kg]	Gjennomsnittlig endring stående salt [%]
MB1	2 327 834 652,3	2 322 547 989,3	1 128 199,0	0,0
MB2	3 477 700 217,8	3 488 705 758,7	2 167 451,1	0,1



Tabell 5.6 Stående varme i gitte gyteområder på innsiden av Hvalerøyene. Positive tall for «gjennomsnittlig stående varme» betyr at gjennomsnittlig stående varme er rettet inn mot gyteområdet. For «gjennomsnittlig endring stående varme» vil positivt tall vil si at det er mer stående varme etter at tiltakene er gjennomført, vice versa for negative tall. De initiale forskjellene på bakgrunn av endret dybde er fjernet i «Gjennomsnittlig endring i stående varme»

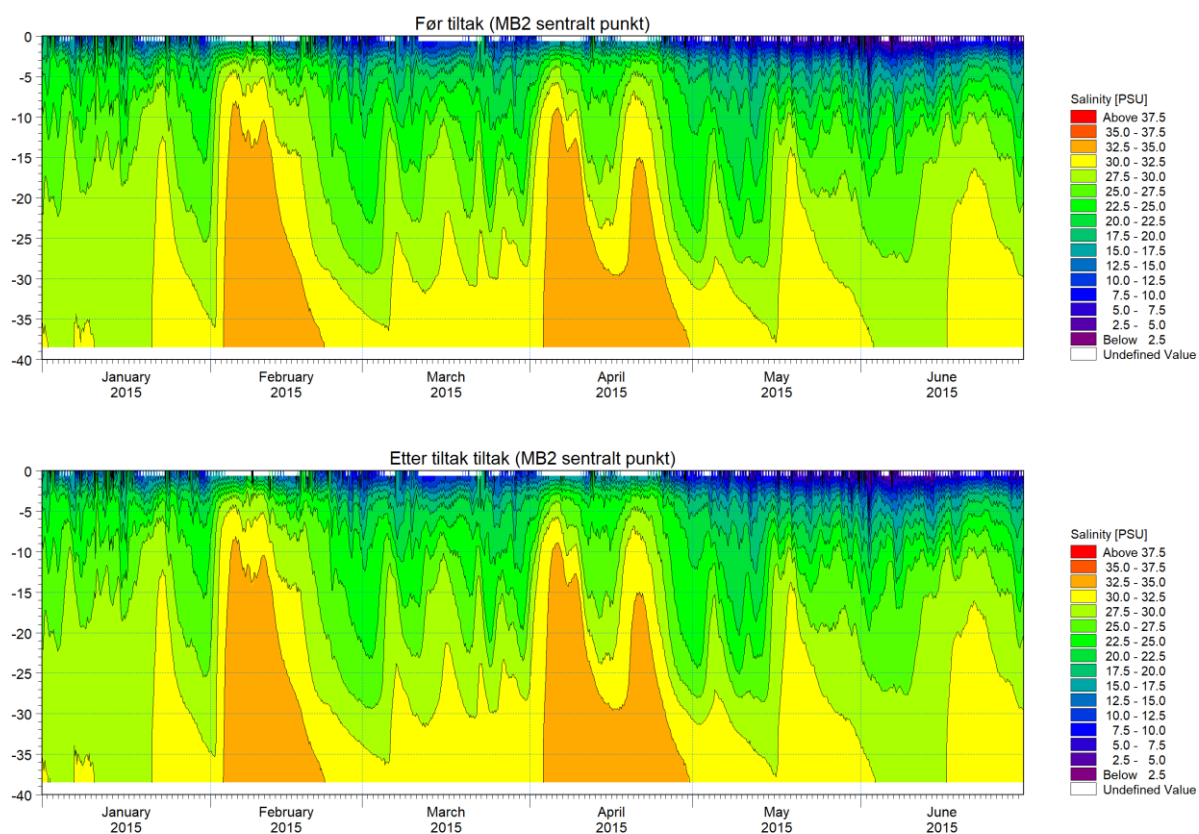
Massebudsjett	Etter tiltak Gjennomsnittlig stående varme [TJ]	Før tiltak Gjennomsnittlig stående varme [TJ]	Etter tiltak - Før tiltak Gjennomsnittlig endring i stående varme [TJ]	Gjennomsnittlig endring stående varme [%]
MB1	2 348,8	2 344,4	1,6	0,1
MB2	3 578,1	3 590,9	-3,0	-0,1

### 5.2.3 Lagdeling

Fra de to foregående kapitlene er det sett at det ikke er en stor endring i vann-, salt- eller varmeutvekslingen. For å være sikker på at det ikke bare er netto endring som er liten, mens lagdelingen forandres, er det laget en isoplett figur av saliniteten i et sentralt punkt i MB2 for å sikre at lagdelingen ikke er forandret etter gjennomført tiltak. Dette er vist i Figur 5.4, hvor en kan se at lagdelingen av saliniteten gjennom hele modellperioden er nesten identisk før- og etter tiltak.

I figuren kan man tydelig identifisere det brakke overflatelaget, et veldig dynamisk mellomlag med haloklin og et salt bunnlag, som også er dynamisk og påvirkes av «innbrudd» av havvann fra Skagerak.

Merk at det i modellperioden har vært to-tre «innbrudd» av havvann med salinitet over 32,5 PSU.



Figur 5.4 Isoplettplot av salinitet gjennom modellperioden i et sentralt punkt i MB2. Den øverste delfiguren er før tiltak mens den nederste delfiguren er etter tiltak. Merk at x-aksen er tid og y-aksen er dybde

## 6 Konklusjon

I denne rapporten er det undersøkt for Kystverket om mudring/sprengning av fem grunner og Glomma ved Røsvikrenna vil kunne endre vannutveksling mellom «utsiden» og «innsiden» av Hvalerøyene.

Til å undersøke dette har DHI etablert en tredimensjonal strømningsmodell (hydrodynamisk modell) basert på modellsystemet MIKE 3 FM som inkluderer Hvalerskjærgården fra Glomma helt ut til Tisler. Modellen bruker grensebetingelser fra en av DHIs regionale modeller som dekker Skagerrak, slik at offshore-effekter, stormflo og relevante sirkulasjonsmønstre beskrives for hele modellsystemet. Modellen er drevet av meteorologiske felter og ferskvannstilstrømning fra bl.a. Glomma. Den ble validert mot målinger av vannstand, strøm, salinitet og temperatur for perioden 01.01.15 – 01.07.15.

I kapittel 3 er det vist at modellen beskriver tidevann og residual vannstand godt, sammenligningene av strømhastighetene viser en fornuftig overenstemmelse, og at lagdelingen for salinitet og temperatur er godt beskrevet.

Undersøkelsen av vannutvekslingen er basert på inn- og utstrømningslinjer, og massebudsjetter, som beskriver inn- og utstrømning av vann, salt og varme over utvalgte tverrsnitt, og vann, salt og varmebalanse innenfor de to gyteområdene.

Undersøkelsene før- og etter tiltak viser for inn- og utstrømningslinjene at det kun er en liten endring i gjennomstrømningen, som kan sies å være såpass liten at endringen i vann, salt og varmeutvekslingen er minimal. Det skal merkes at det i perioden hvor det er lavere vannføring i Glomma (januar-april), kommer det mer tidevann opp i Glomma fra Østerelven etter tiltak. Dette tidevannet ser ut til å gå delvis ut gjennom Vesterelven, siden mer salt strømmer gjennom her etter tiltak. Den totale vannføringen endres likevel ikke mye. Når vårflommen kommer (mai - juni) er endringen mellom før- og etter tiltak liten.

For vannutvekslingen til de gitte gyteområdene til torsken er det minimal endring i det stående vannet, -saltet og -varmen i massebudsjettene.

Det er også vist at lagdelingen i interesseområdet er tilnærmet uendret før- og etter tiltak.

Vi kan derfor konkludere med at den planlagte mudringen/sprengningen av fem grunner og Glomma ved Røsvikrenna har svært begrenset innvirkning på den samlede vannutvekslingen for Hvalerskjærgården. Med hensyn til vann, varme og saltbalansen i de to gyteområdene, har prosjektet nærmest en ubetydelig effekt.

## 7 Bibliografi

Breyholtz, B. et al., 2020. *Innseiling Borg - utdyping av farled - Mengdeberegning av tiltaksalternativer*, Sandvika: Norconsult.

DHI, 2020. *MIKE 3 Flow Model FM, Hydrodynamic and Transport Module, Scientific Documentation*. Hørsholm: DHI.

Flather, A., 1976. A tidal model of the northwest European continental shelf. *Memo. Soc. Roy. Sci. Liege.*, pp. (6(10), 141-164.

Helland, A. et al., 2018. *Miljøkonsekvensvurdering*, s.l.: Rambøll.

Kystverket, 2018. *VEDLEGG A TIL SØKNAD OM TILLATELSE TIL MUDRING OG DUMPING AV SEDIMENTER I SJØ OG VASSDRAG - INNSEILINGEN TIL BORG HAVN*, s.l.: s.n.

Staalstrøm, A. & Skogan, O. A., 2015. *Strømførhold og partikkelkonsentrasjoner i nedre del av Glomma*, s.l.: NIVA.

## VEDLEGG

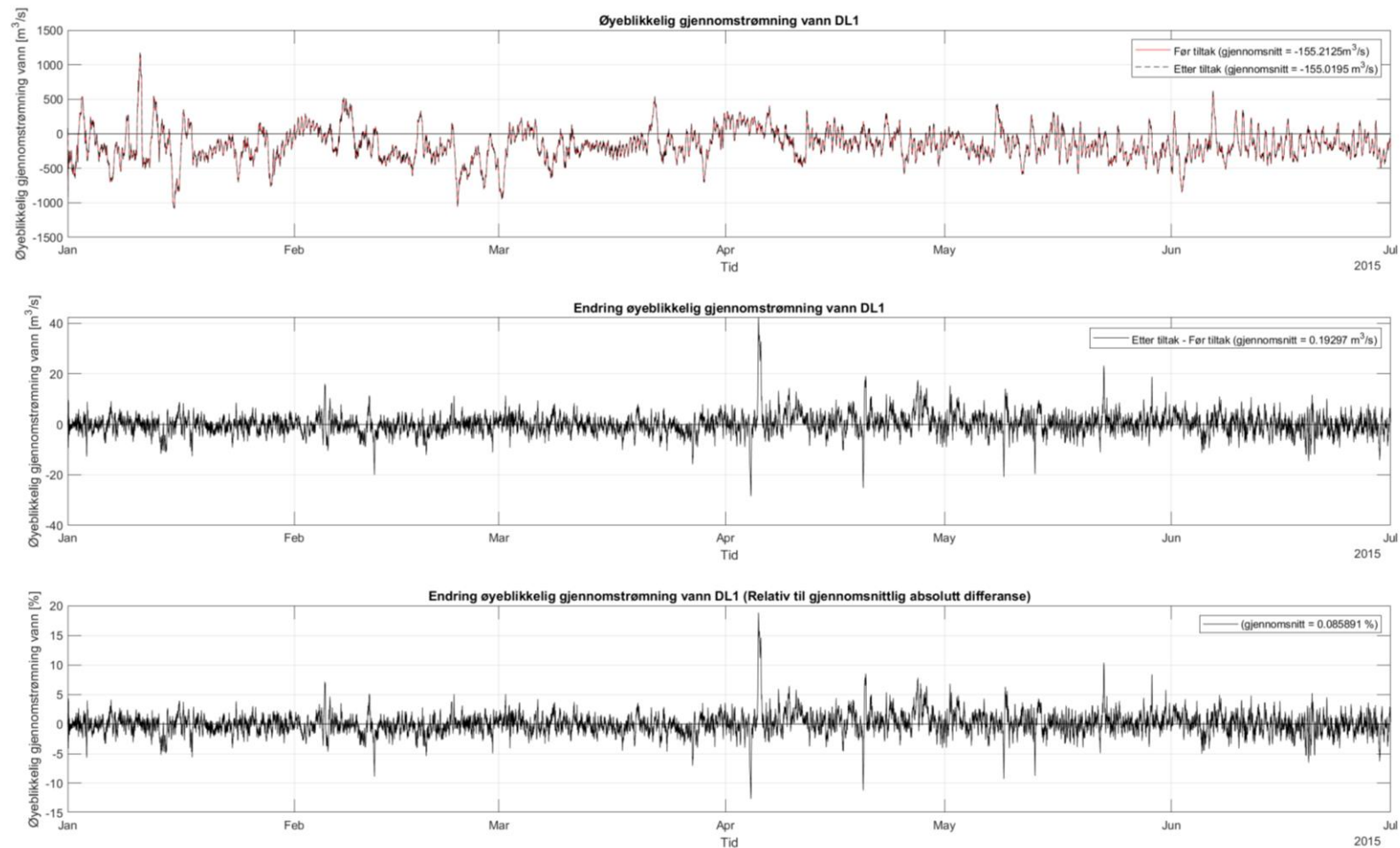


## VEDLEGG A – Sammenligning Inn- og utstrømningslinjer og massebudsjetter

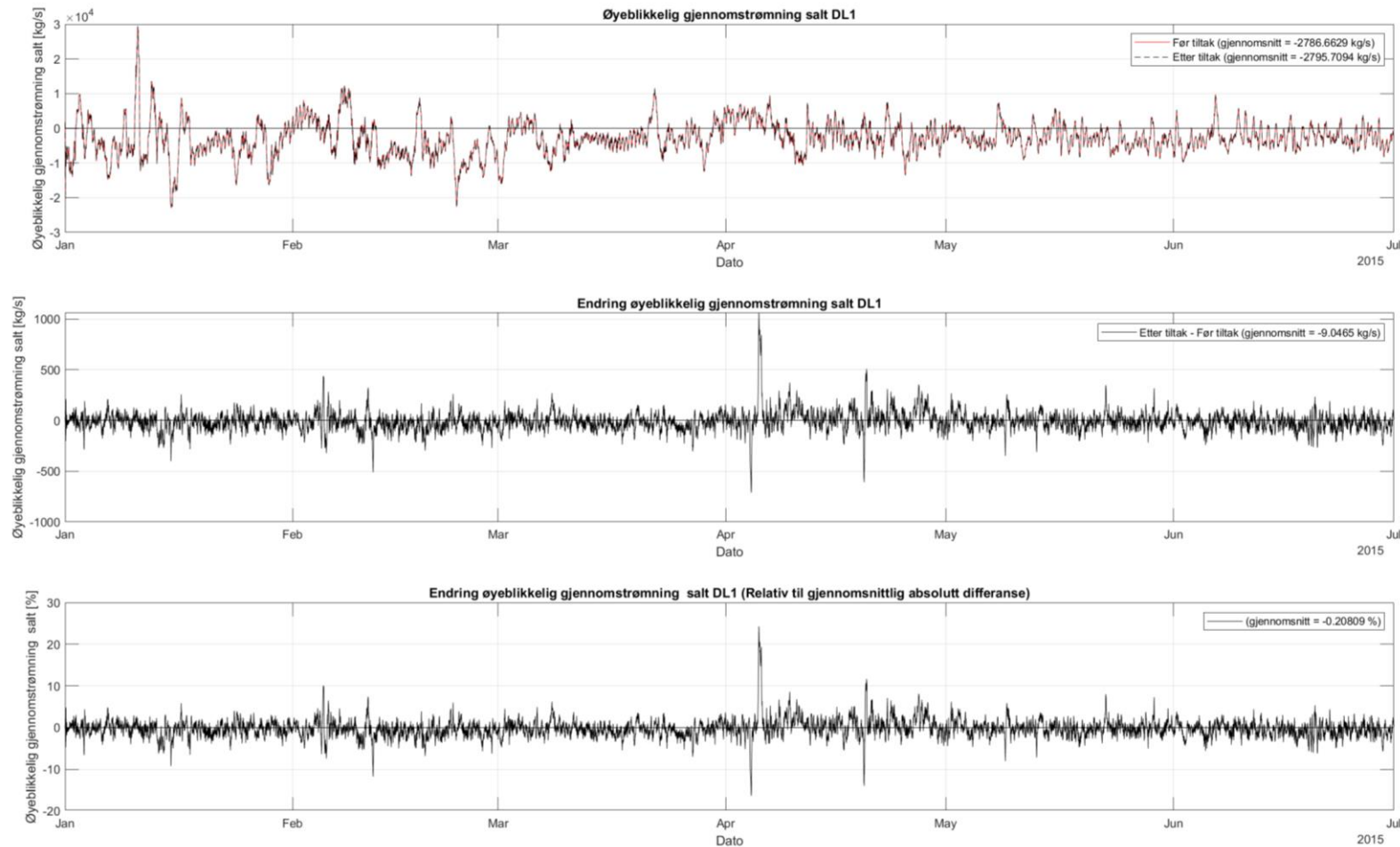
## A Inn- og utstrømningslinjer og massebudsjetter

### A.1 Sammenligning før- og etter tiltak

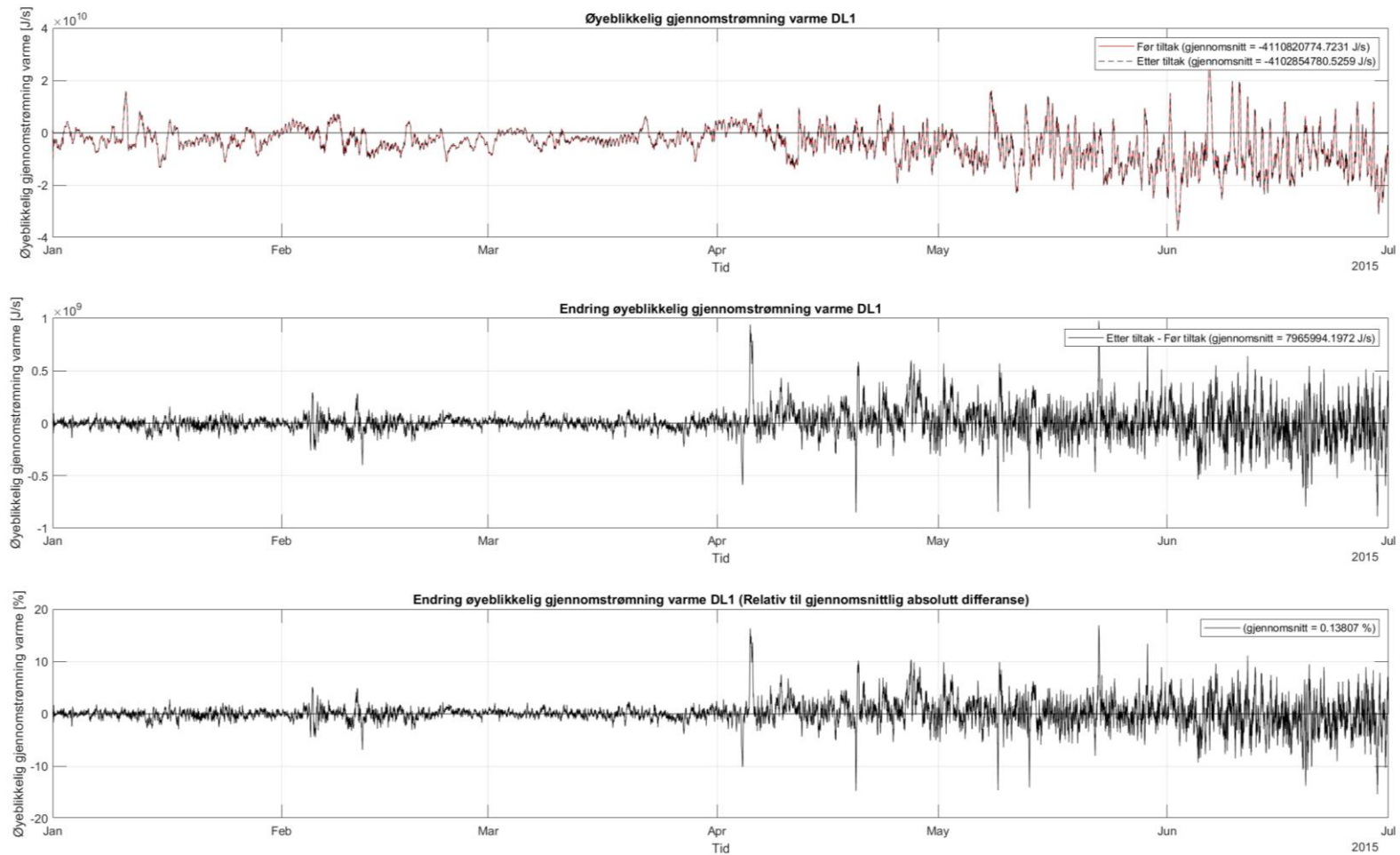
I Figur A- 1 - Figur A- 24Figur A- 30 er sammenligningen for inn- og utstrømningslinjene som avgrenser den indre delen av Hvalerskjærgården, hovedløpet til Glomma før den deler seg og vesterelven presentert. Sammenligningen av massebudsjettene for de gitte gyteområdene før og etter tiltak er presentert i Figur A- 25 - Figur A- 30.



Figur A- 1 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning vann for DL1. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne

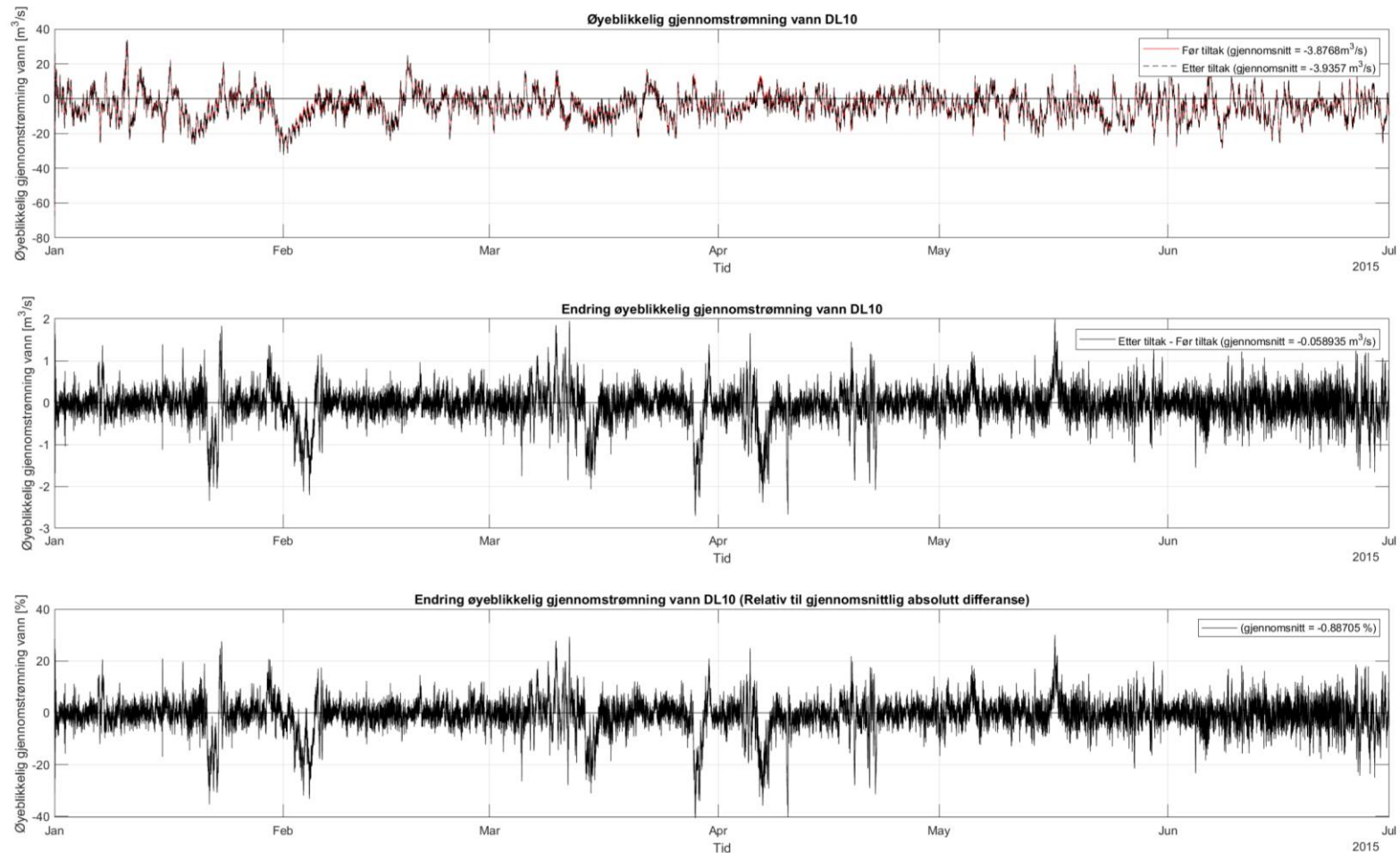


Figur A-2 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning salt for DL1. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne

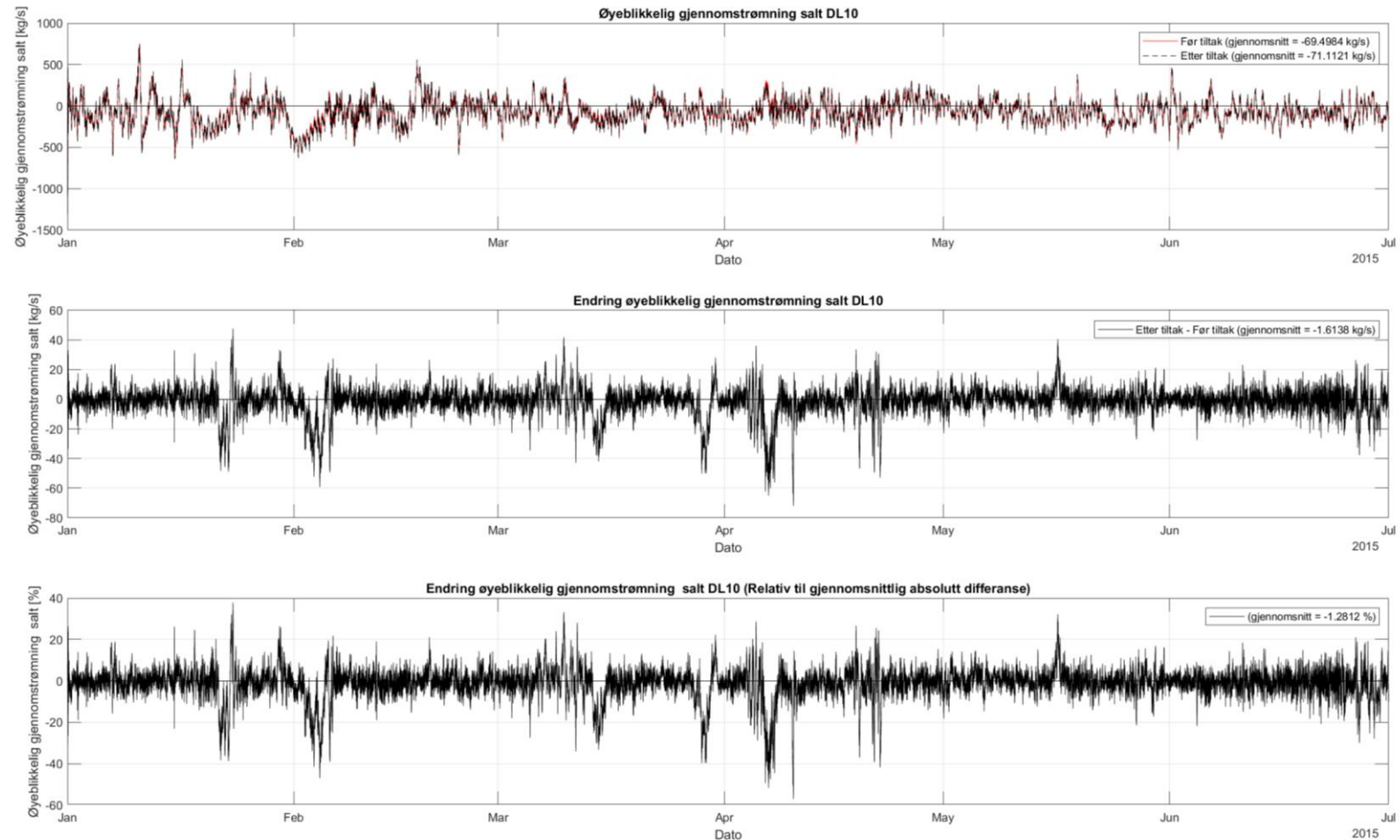


Figur A-3 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning varme for DL1. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne

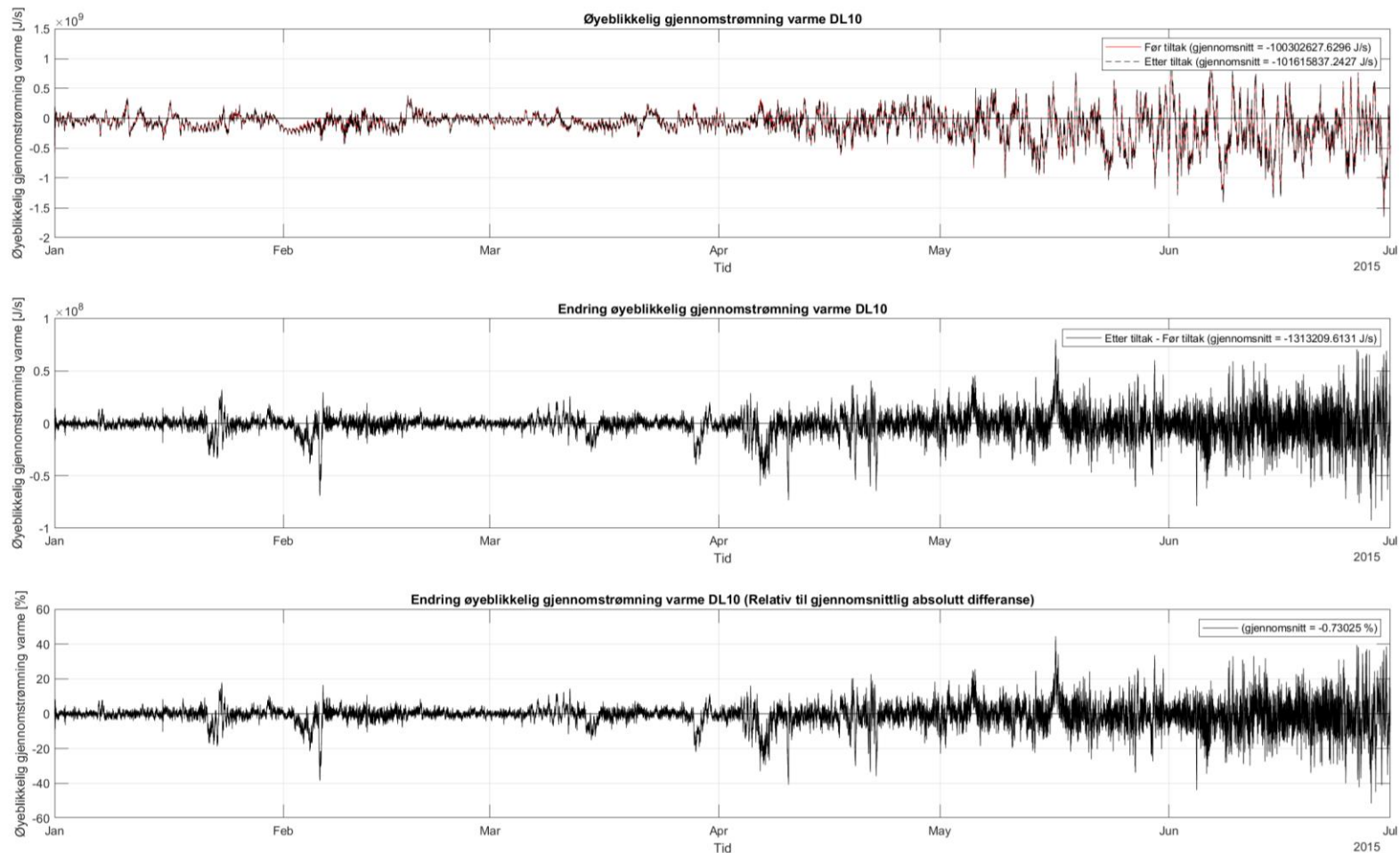




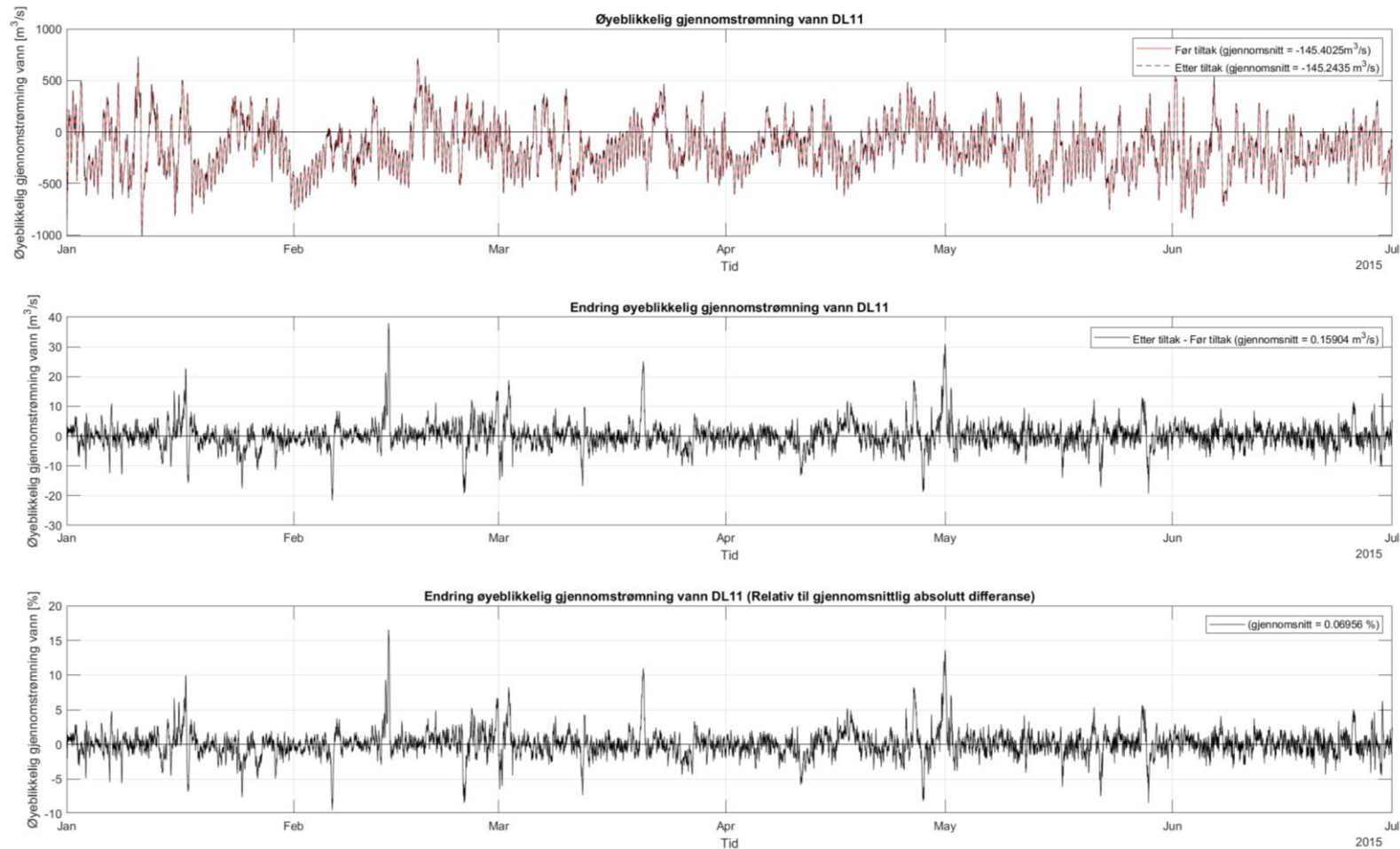
Figur A- 4 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning vann for DL10. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne



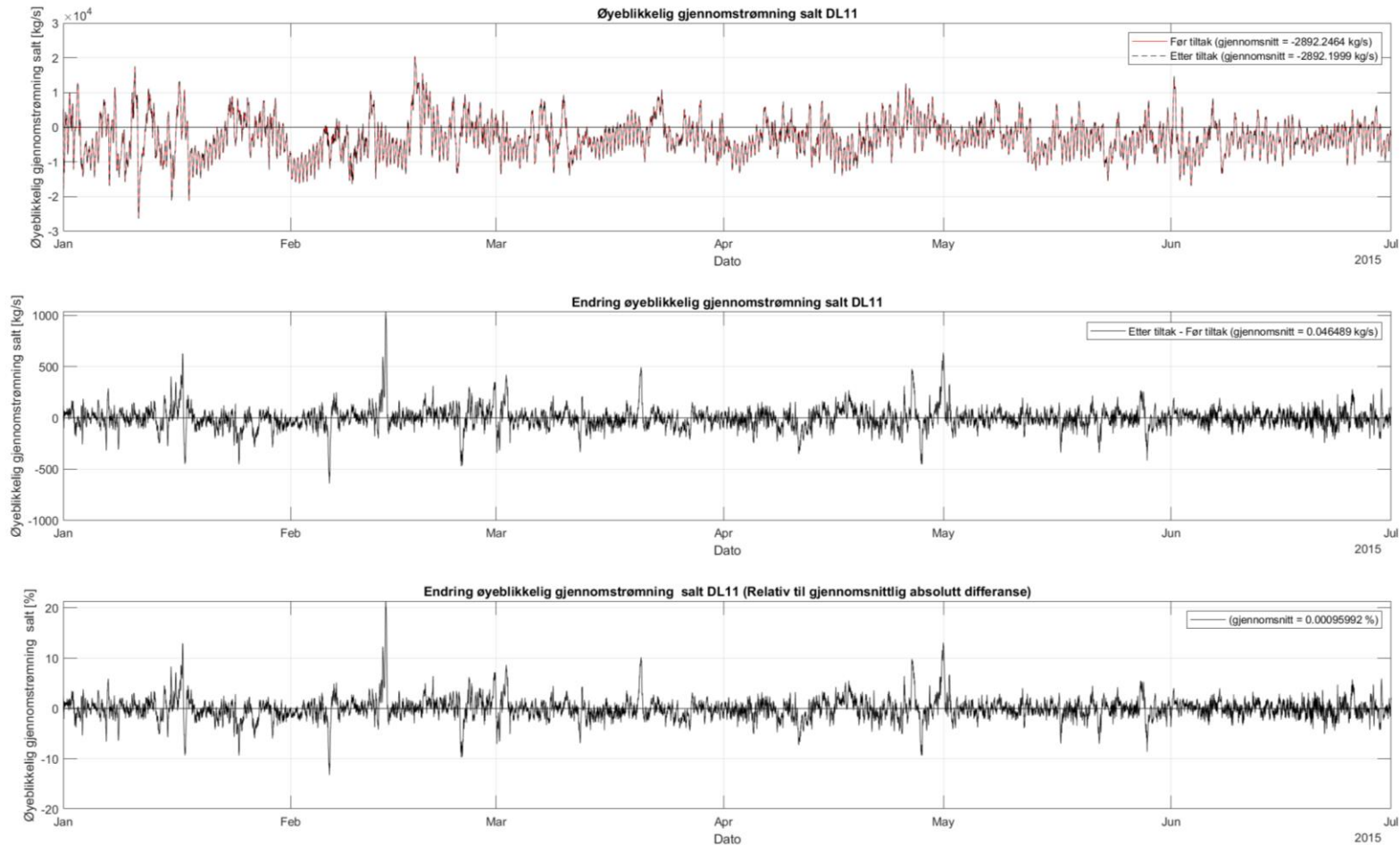
Figur A- 5 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning salt for DL10. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne



Figur A-6 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning varme for DL10. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne

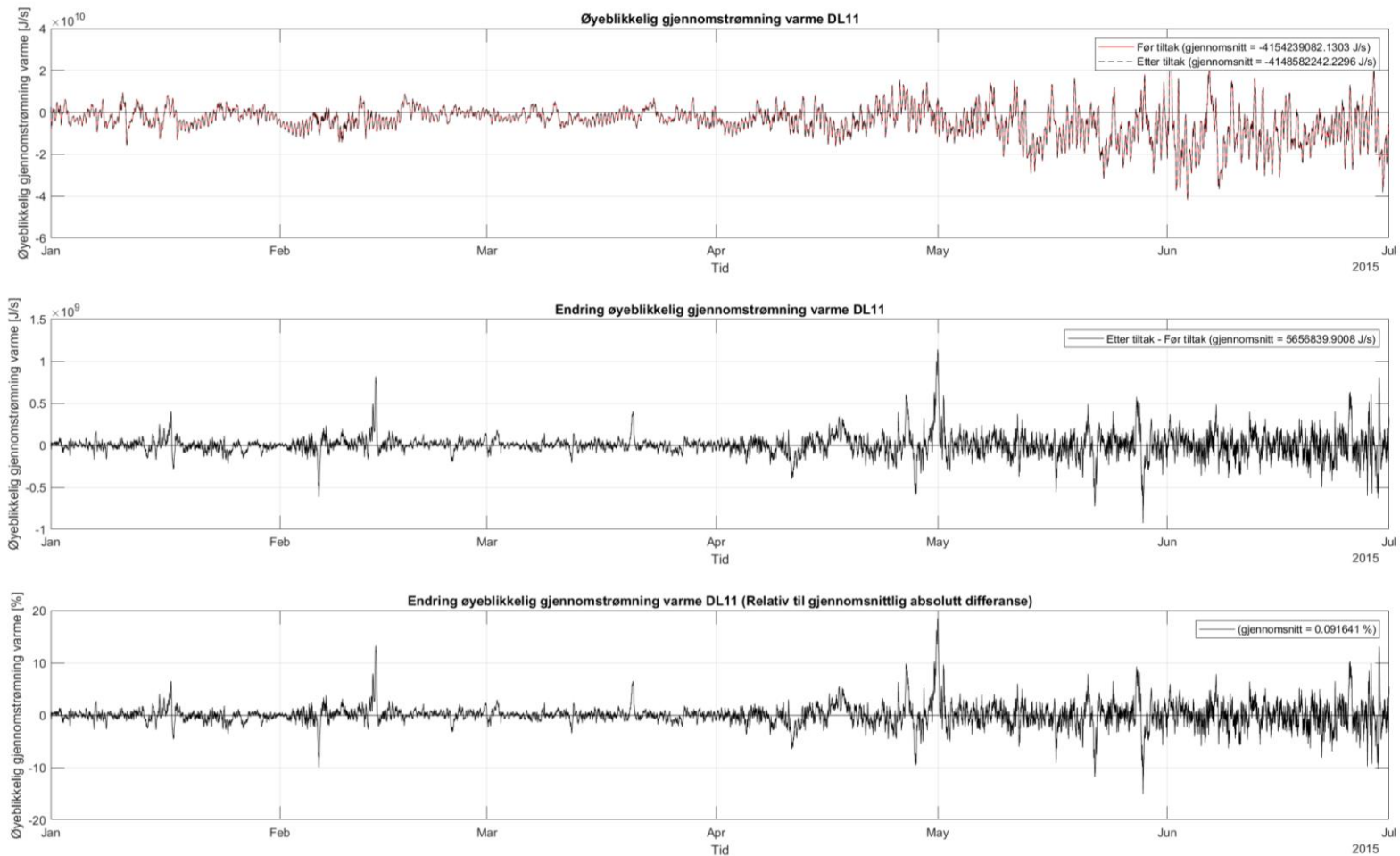


Figur A-7 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning vann for DL11. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne

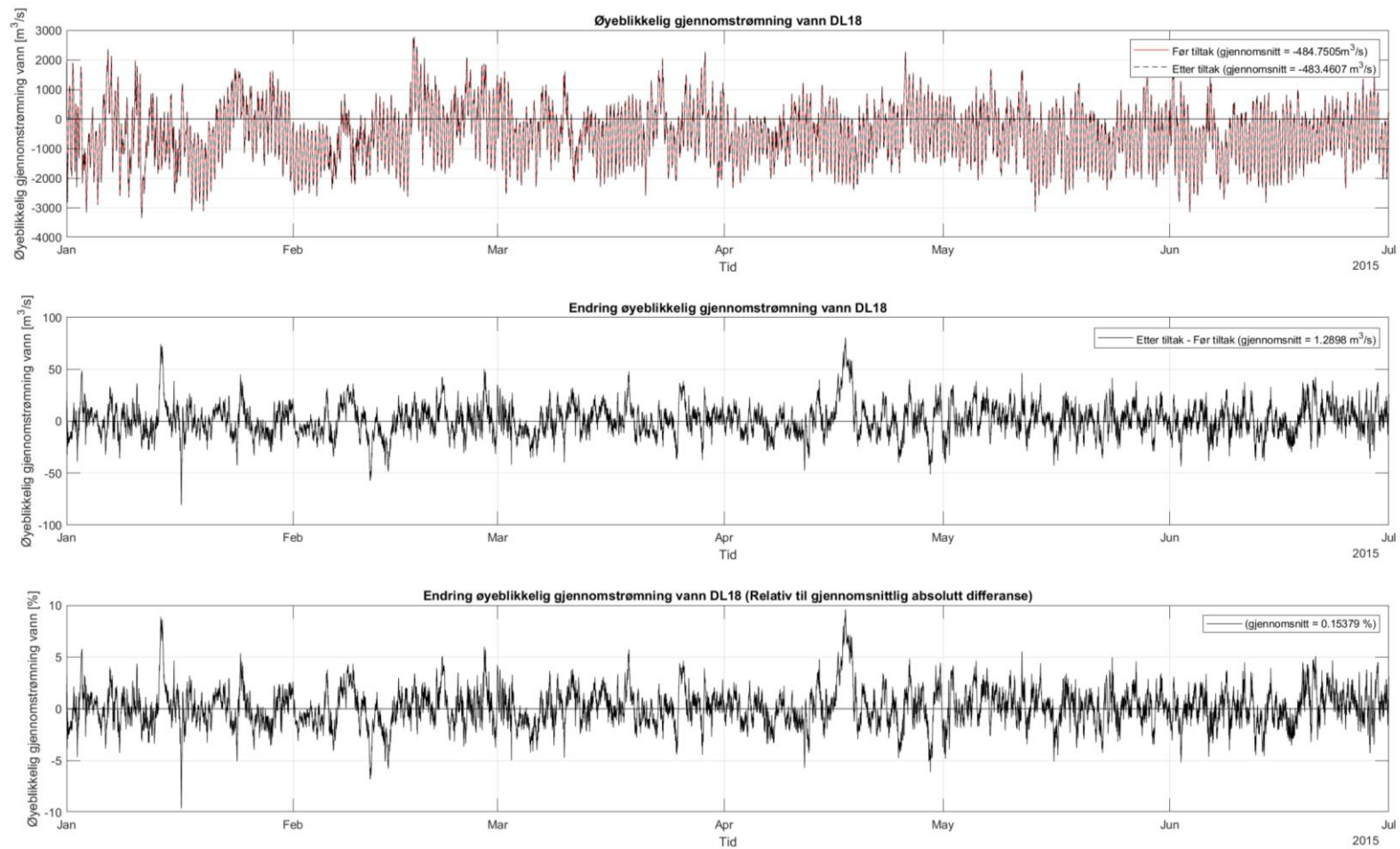


Figur A- 8 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning salt for DL11. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne

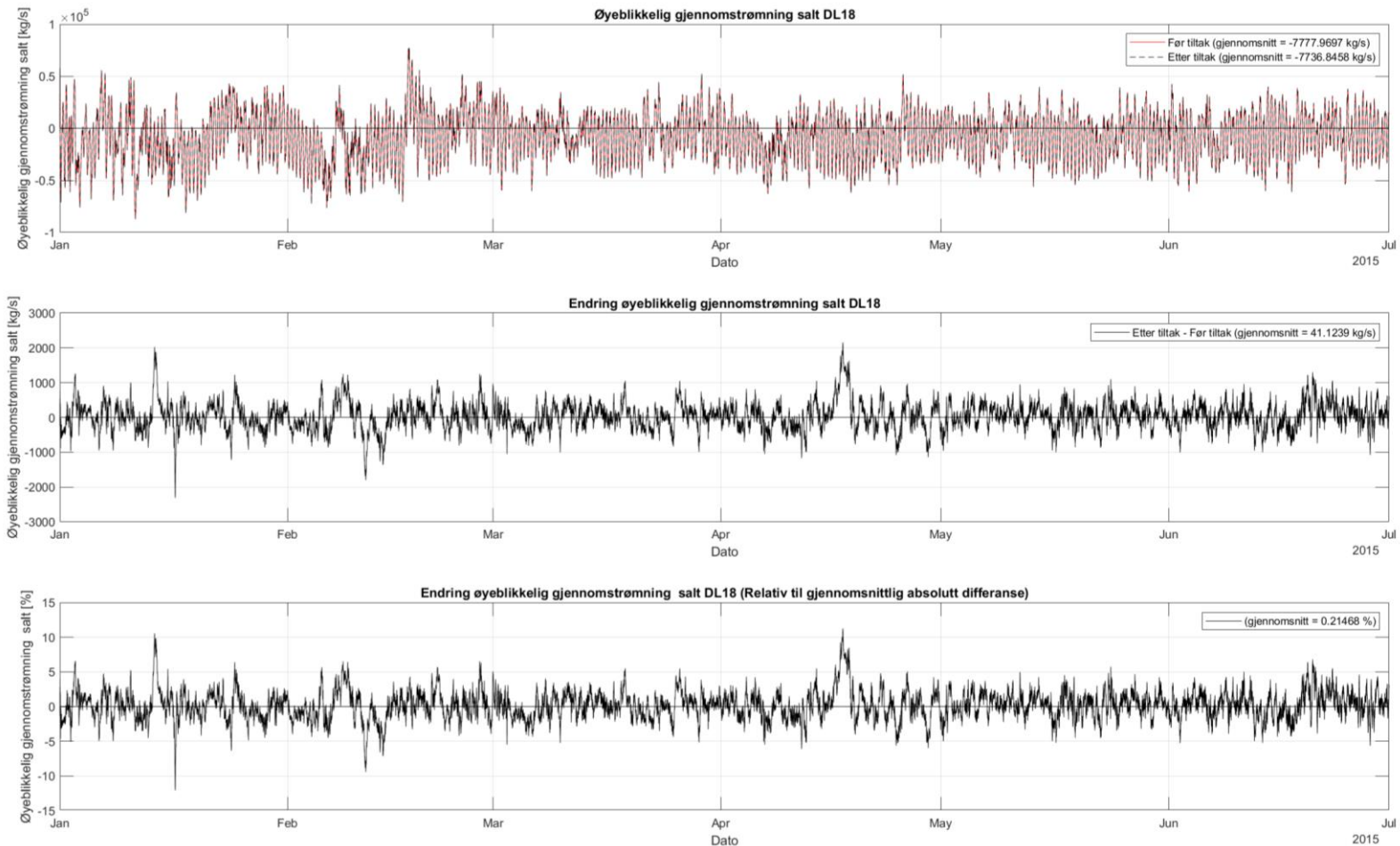




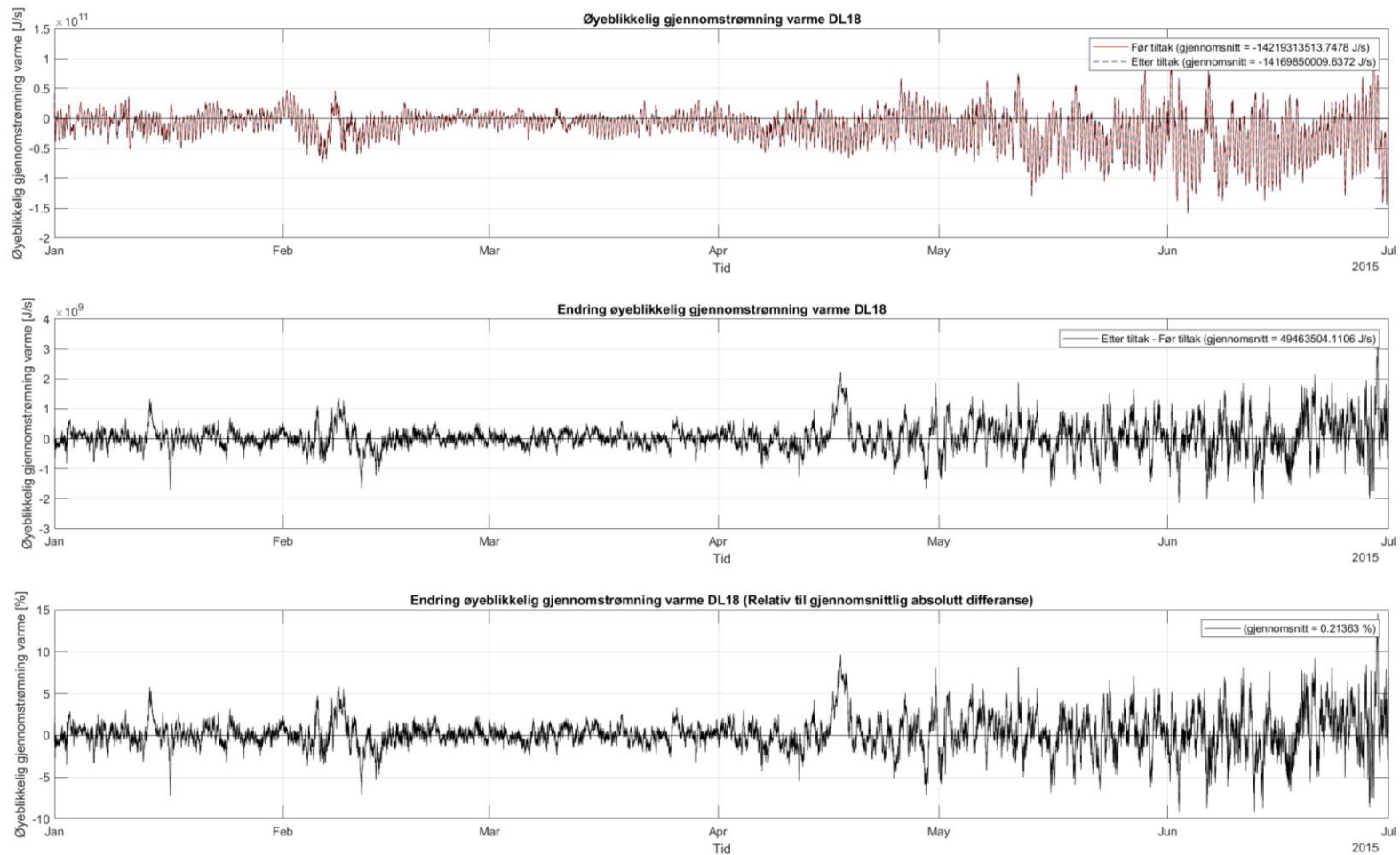
Figur A- 9 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning varme for DL11. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann for før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne



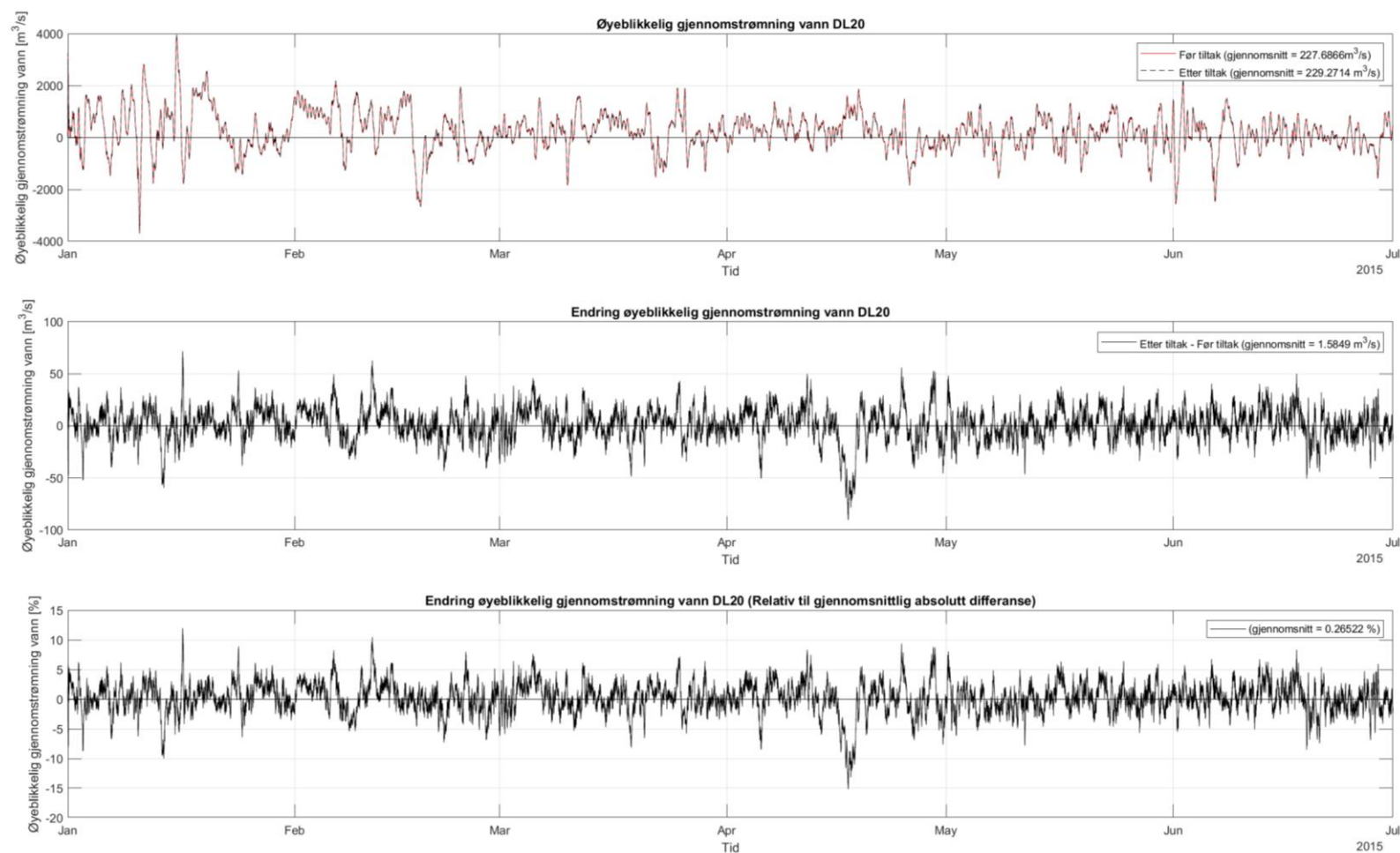
Figur A-10 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning vann for DL18. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne



Figur A- 11 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning salt for DL18. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne

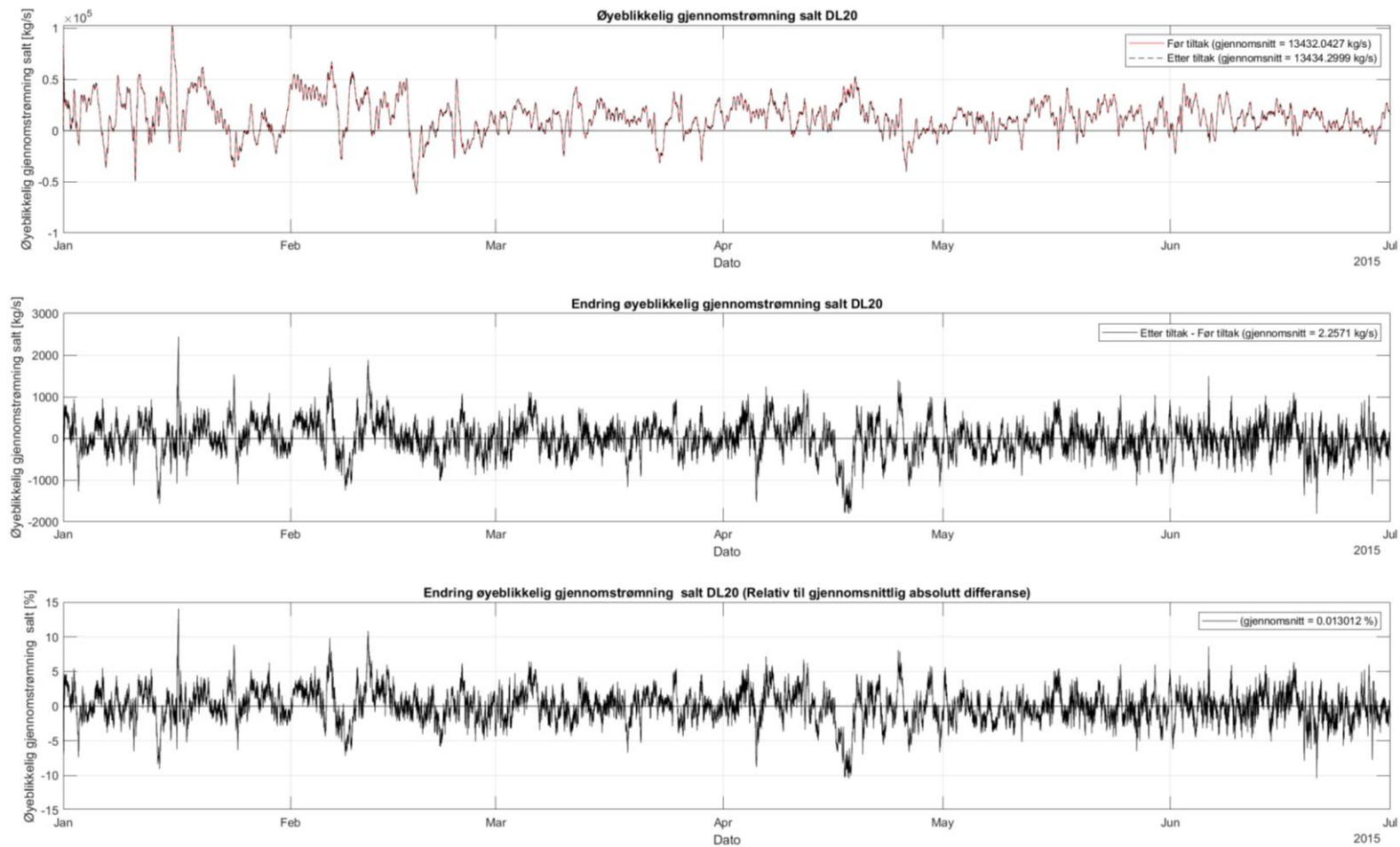


Figur A-12 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning varme for DL18. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne

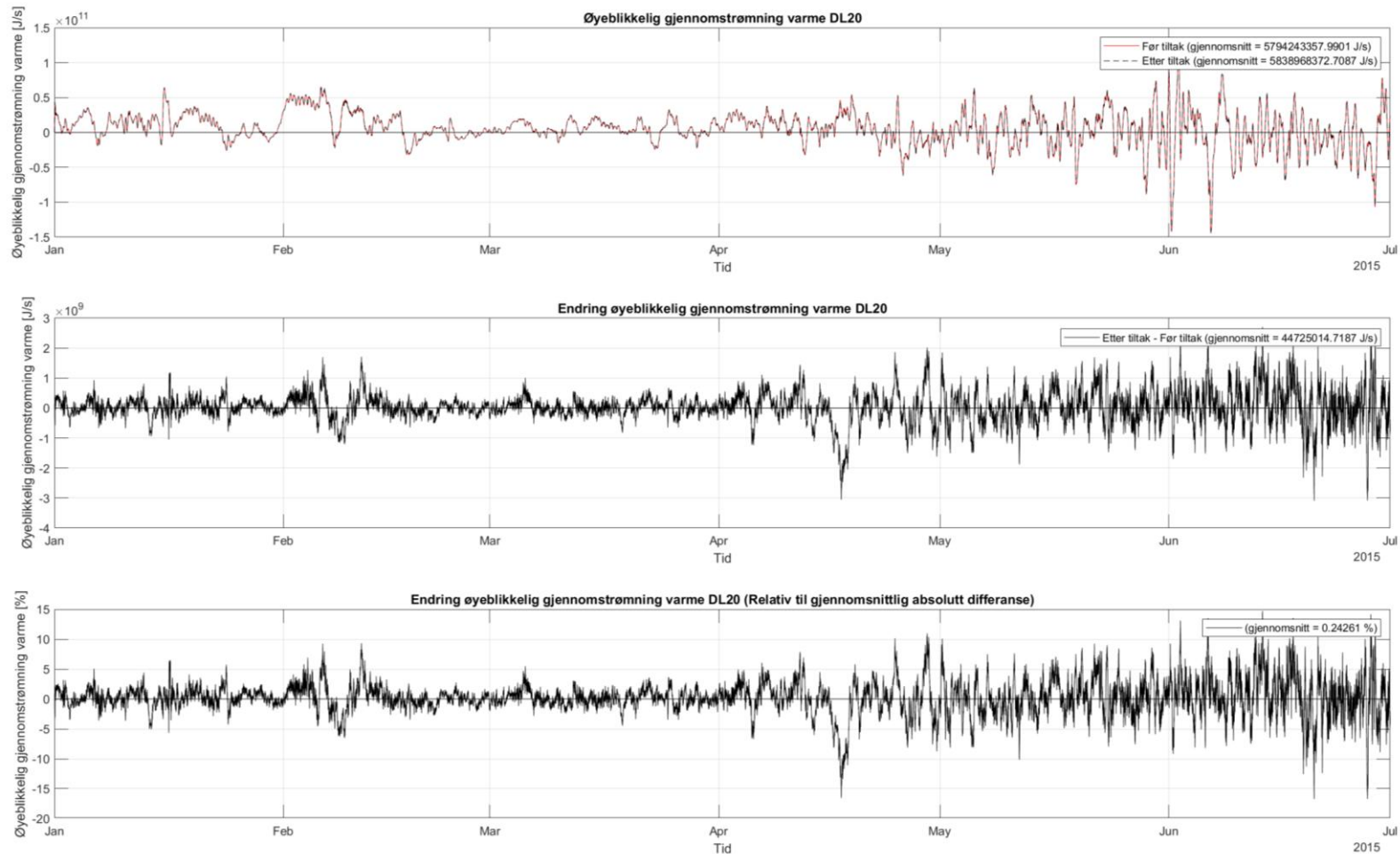


Figur A- 13 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning vann for DL20. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne

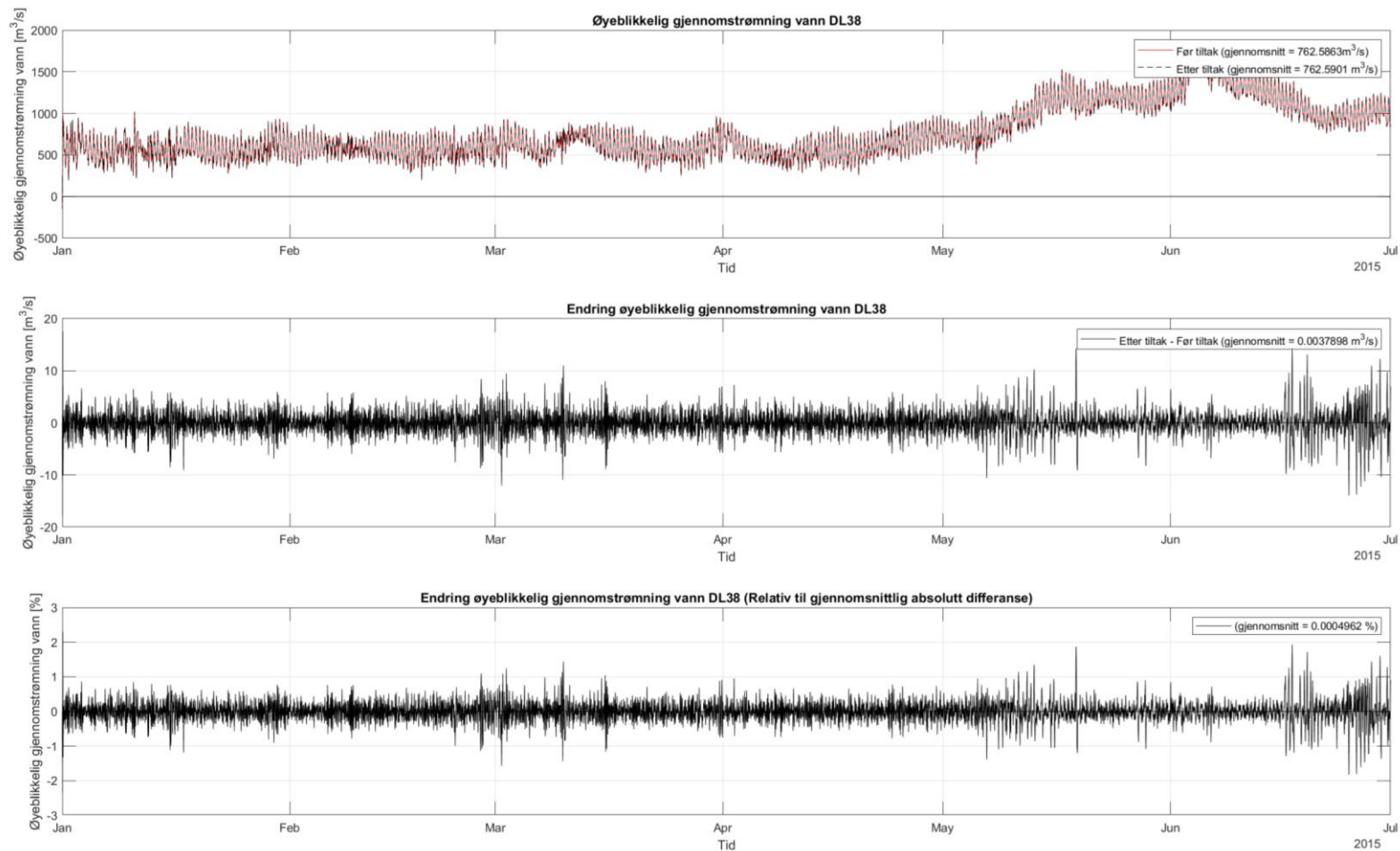




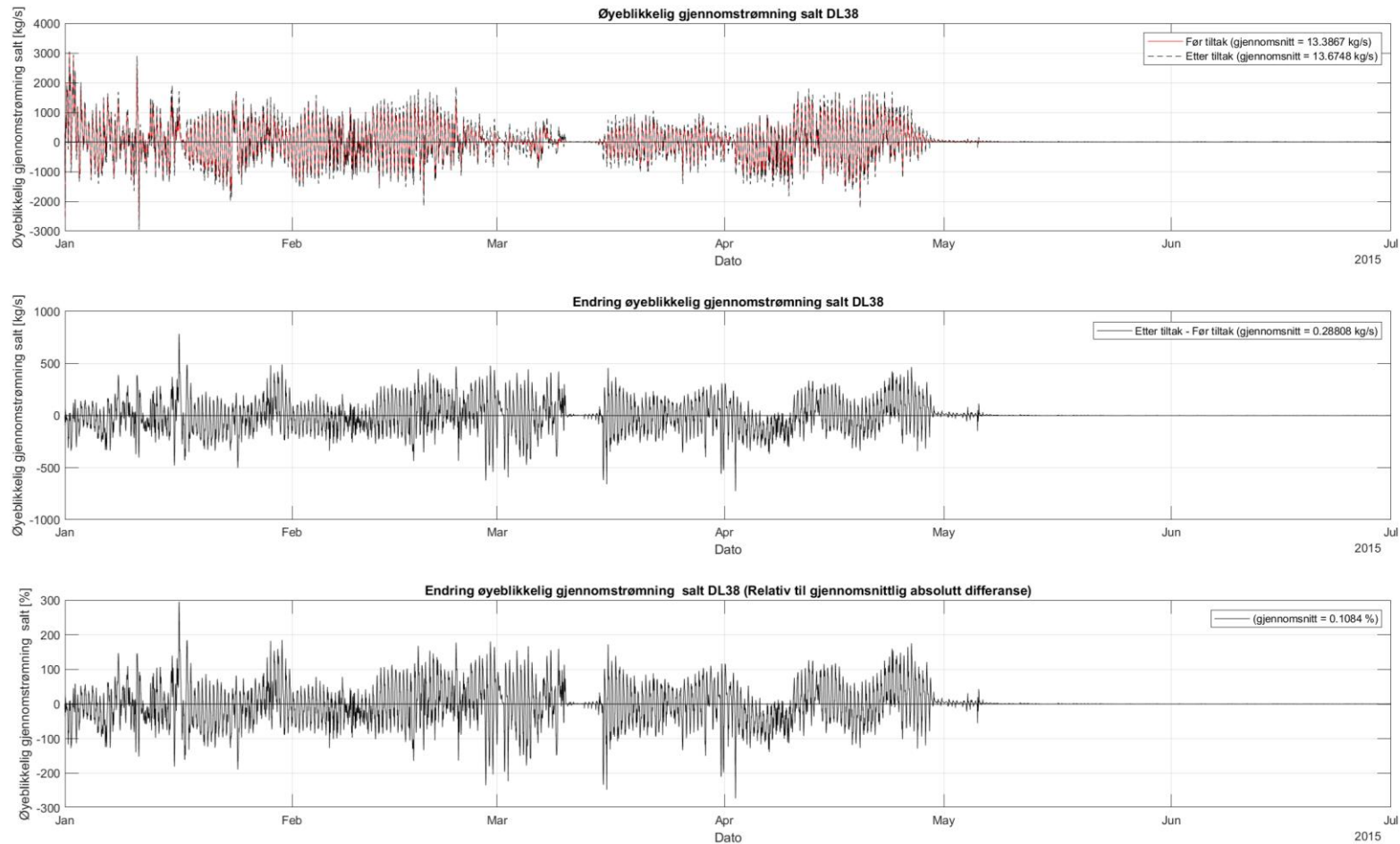
Figur A- 14 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning salt for DL20. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne



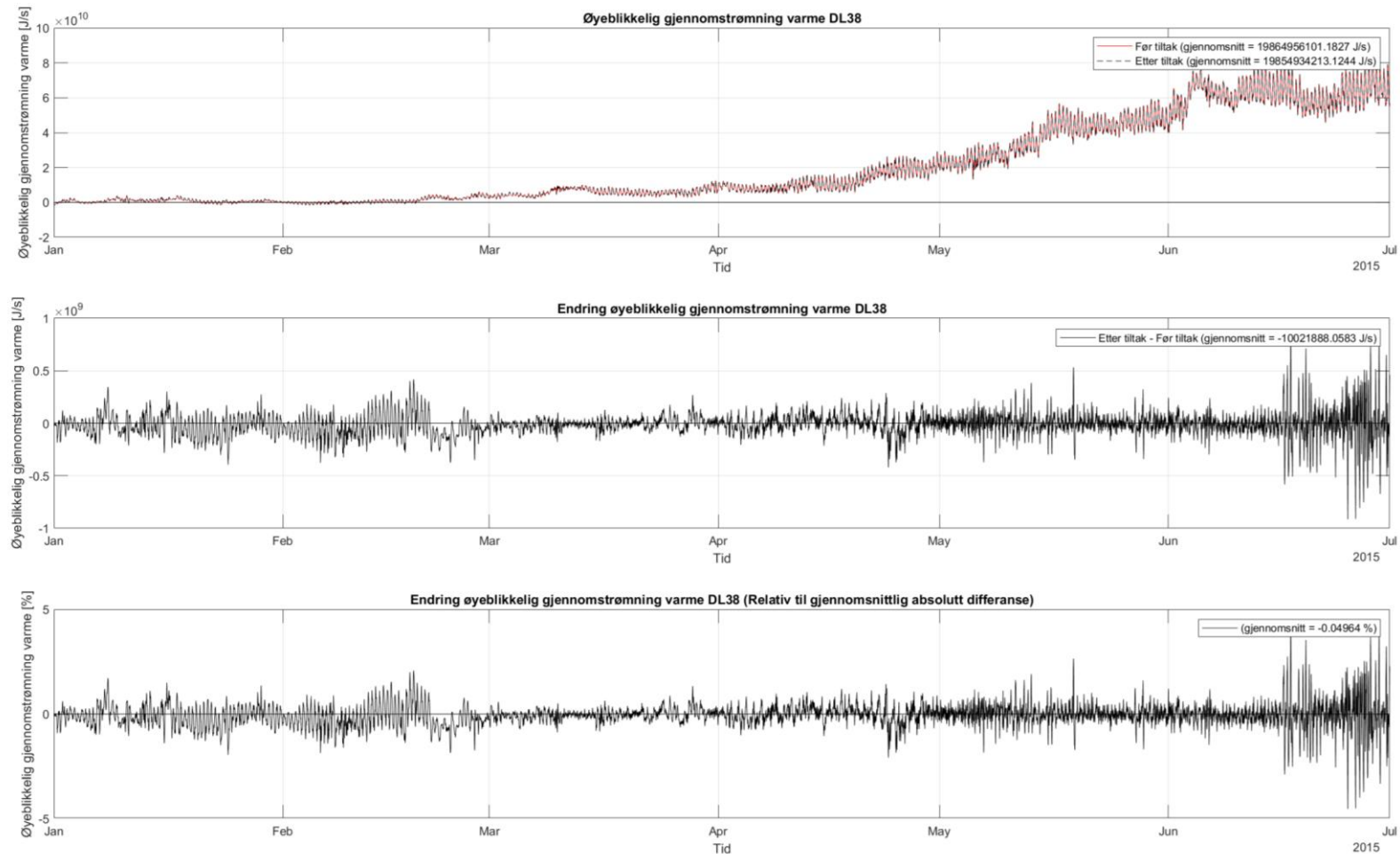
Figur A- 15 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning varme for DL20. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne



Figur A- 16 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning vann for DL38. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann for før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne

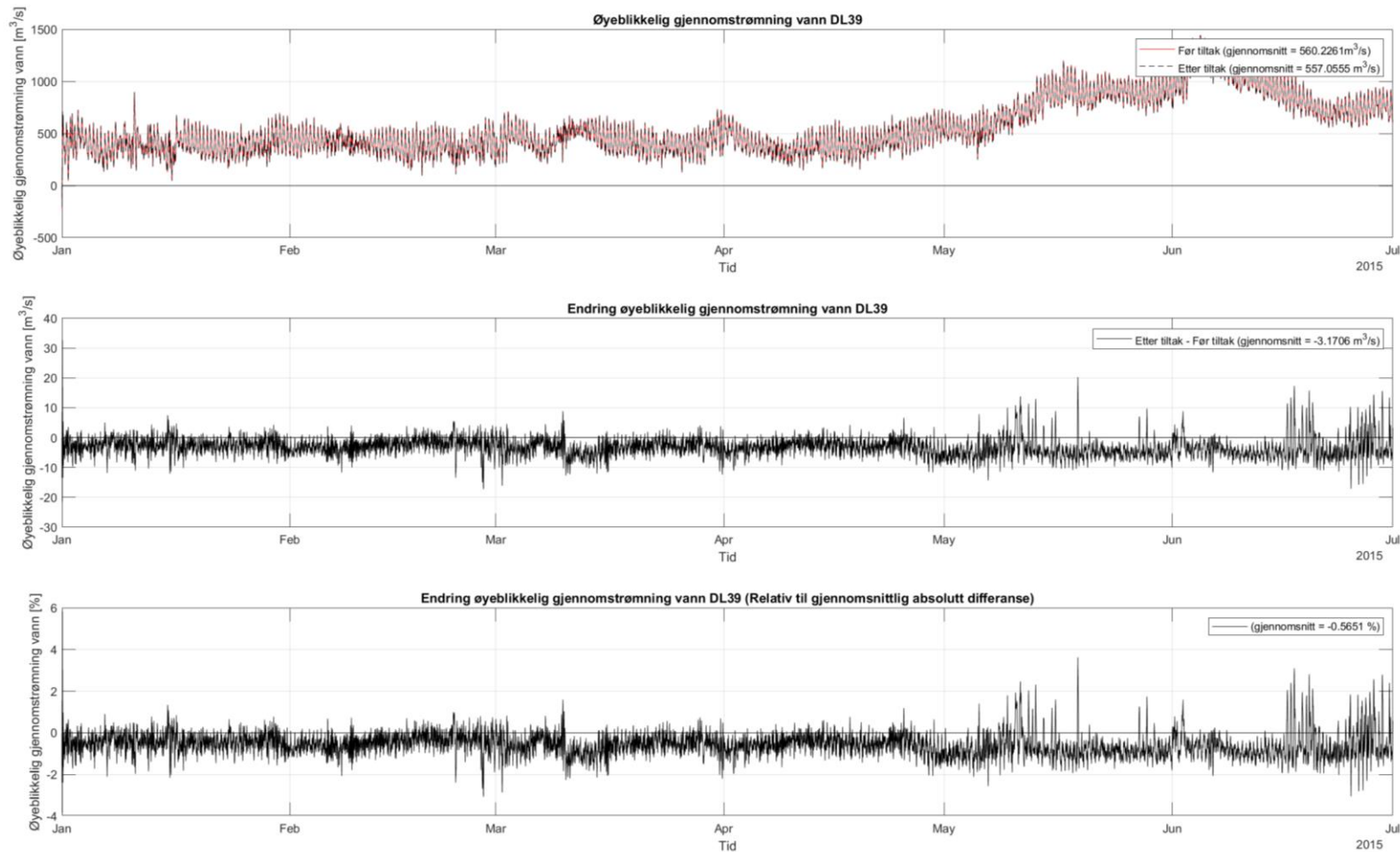


Figur A-17 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning salt for DL38. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert øpe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert øpe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert øpe i høyre hjørne

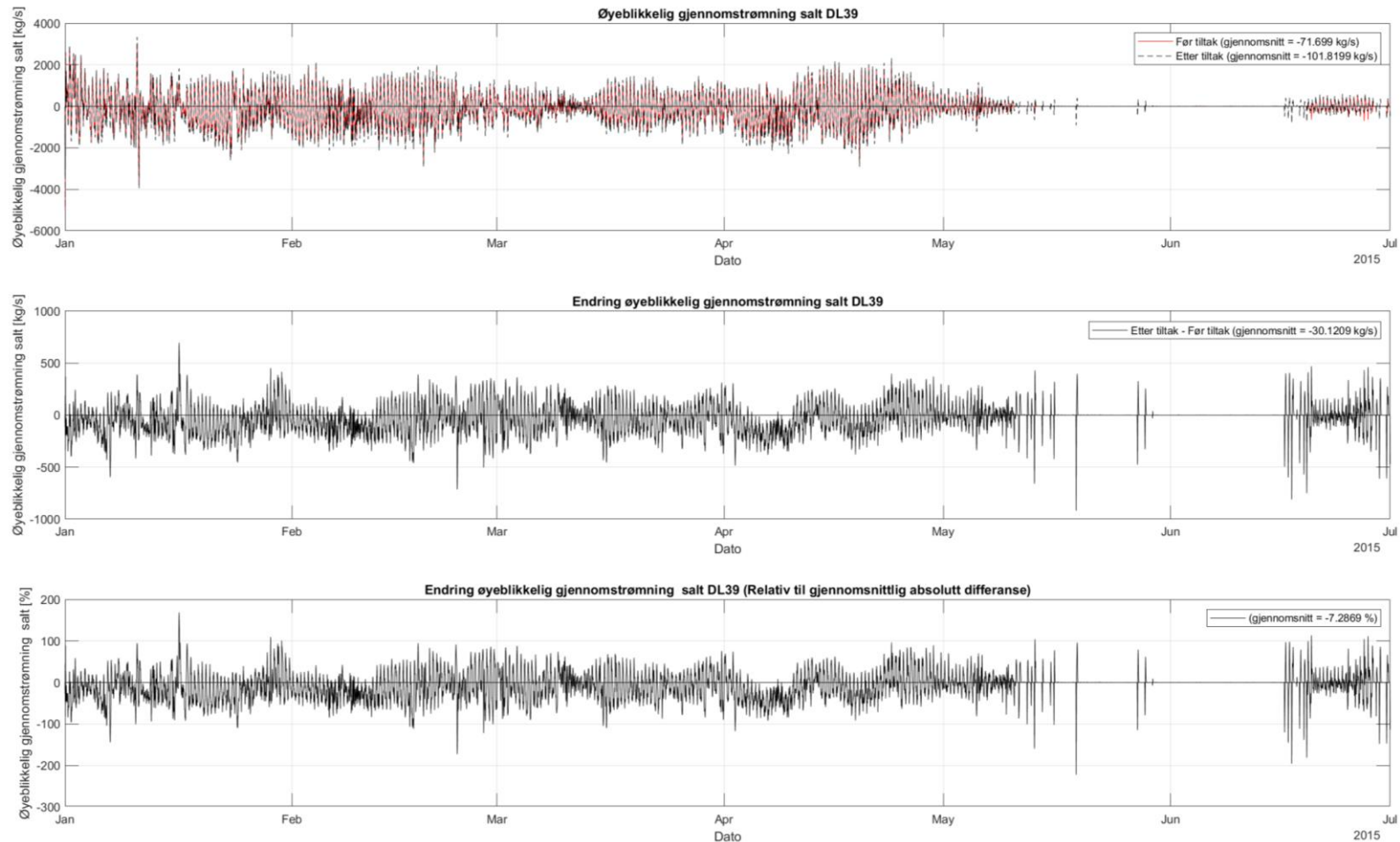


Figur A- 18 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning varme for DL38. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne

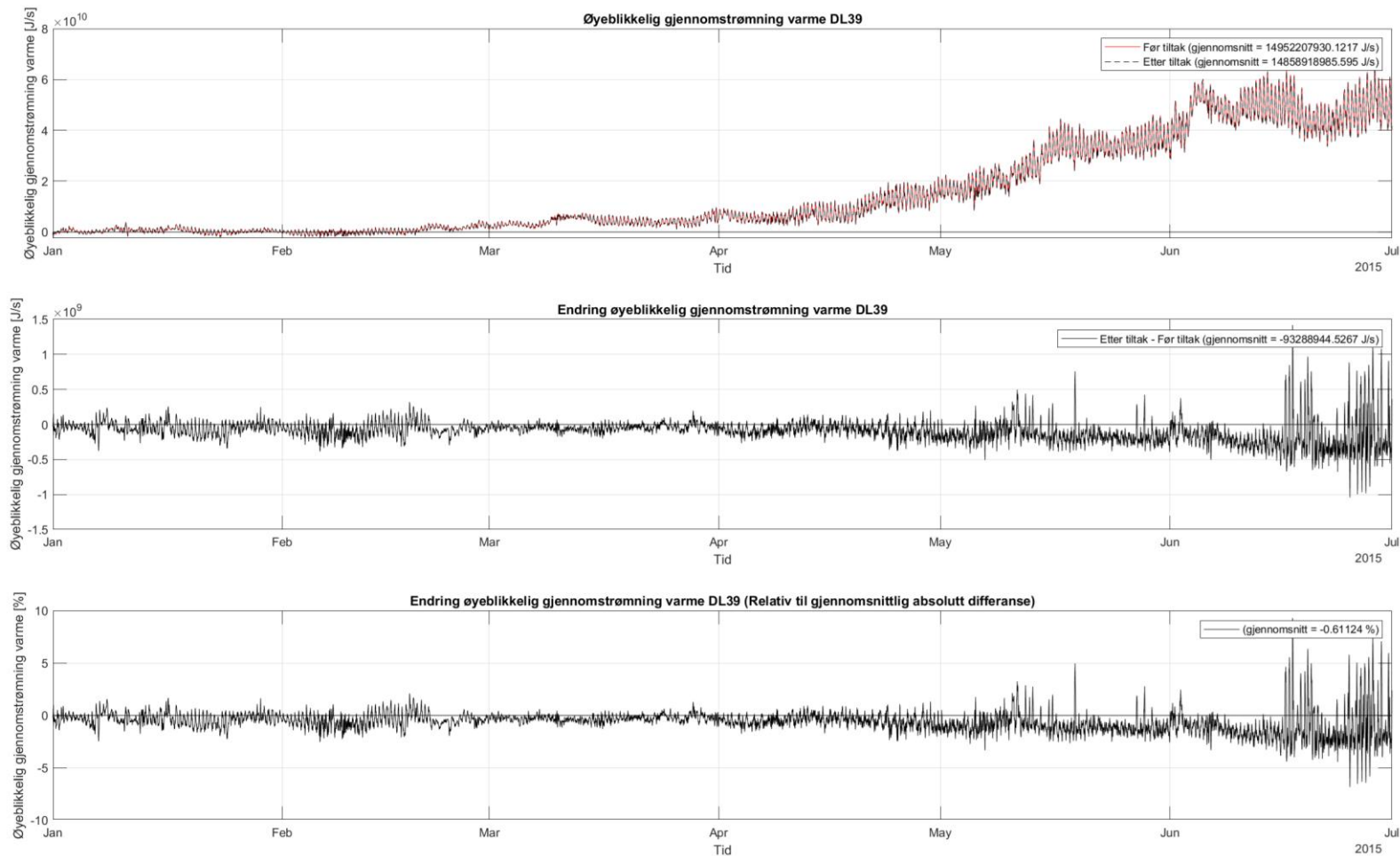




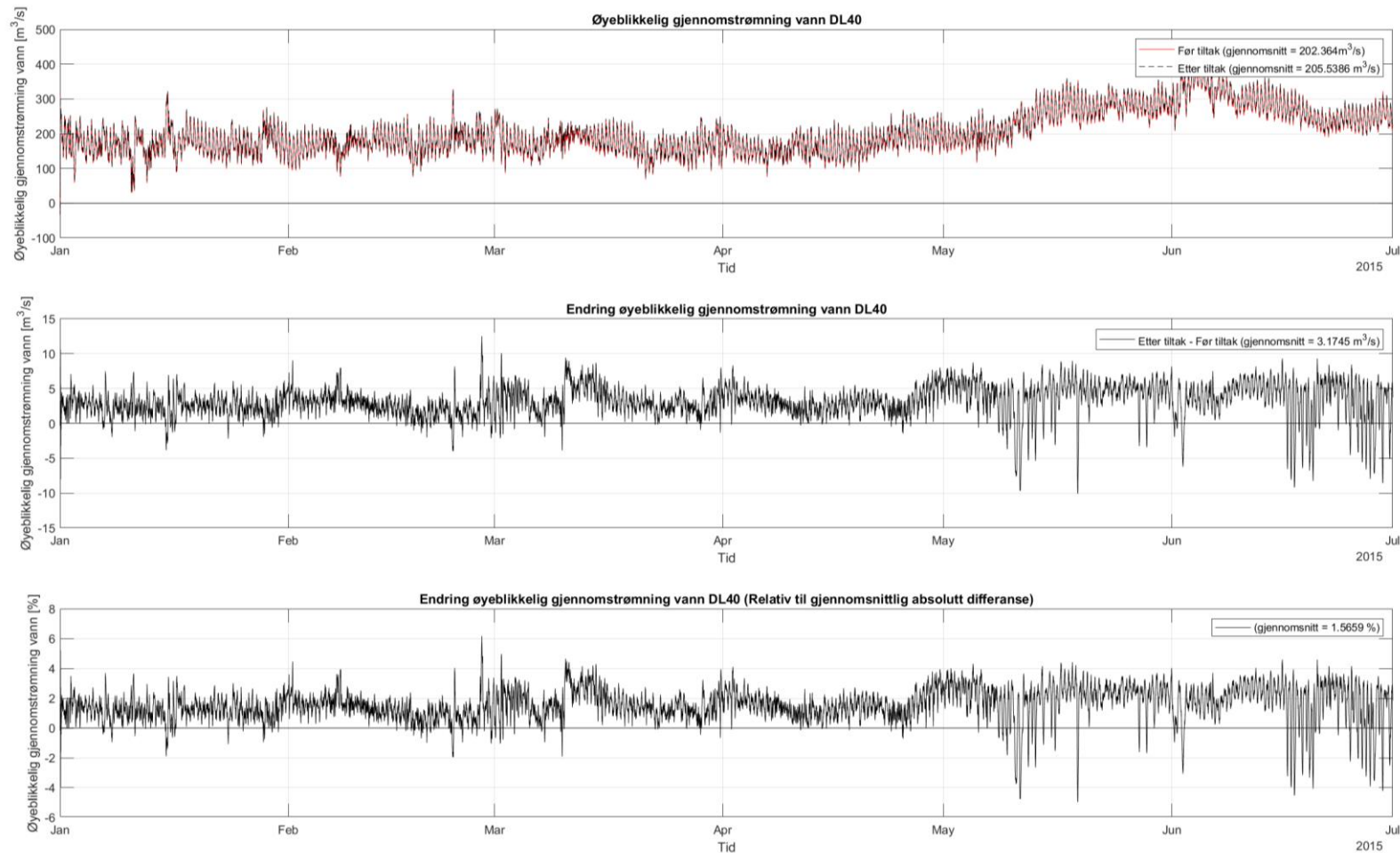
Figur A- 19 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning vann for DL39. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne



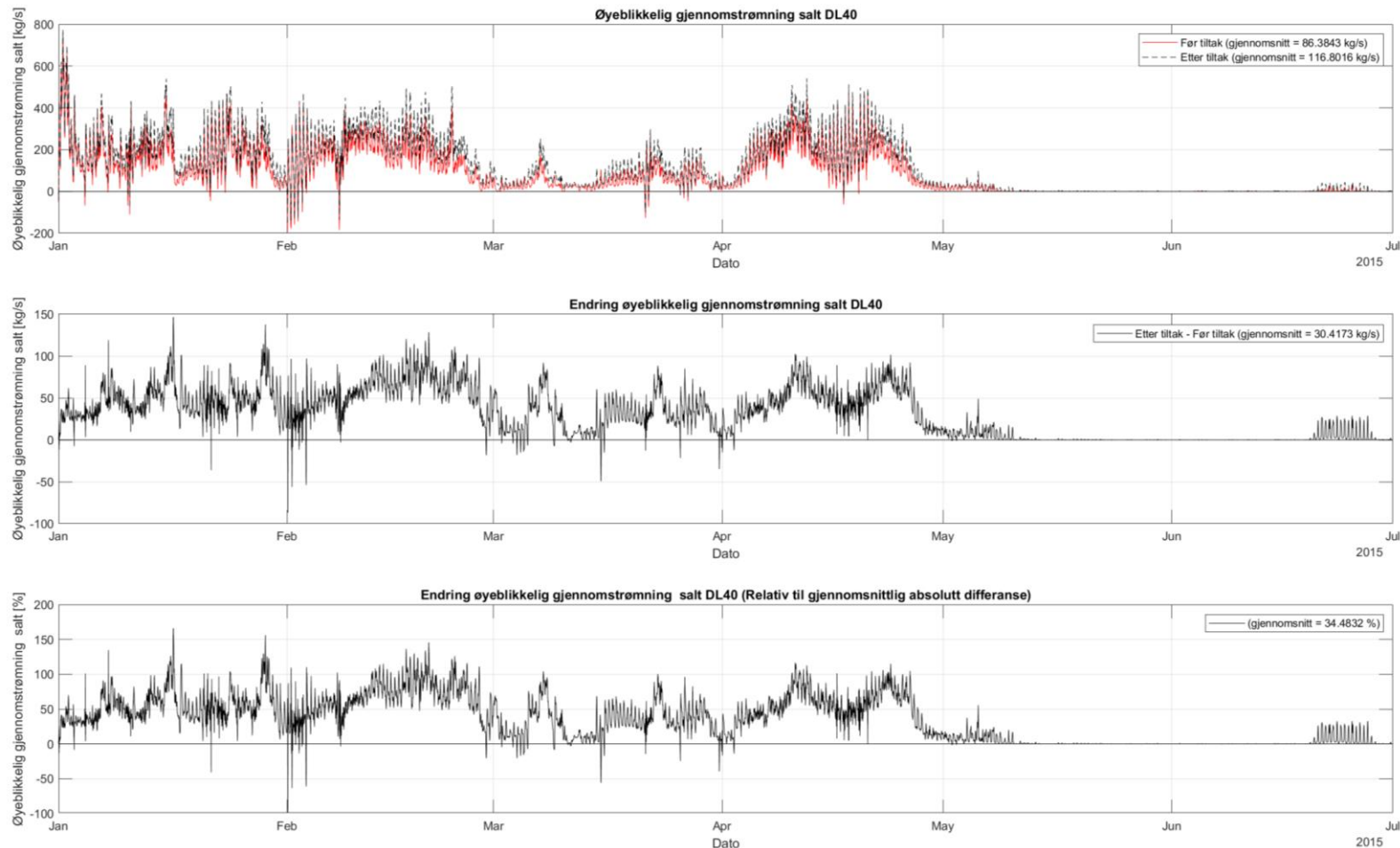
Figur A-20 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning salt for DL39. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne



Figur A- 21 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning varme for DL39. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne

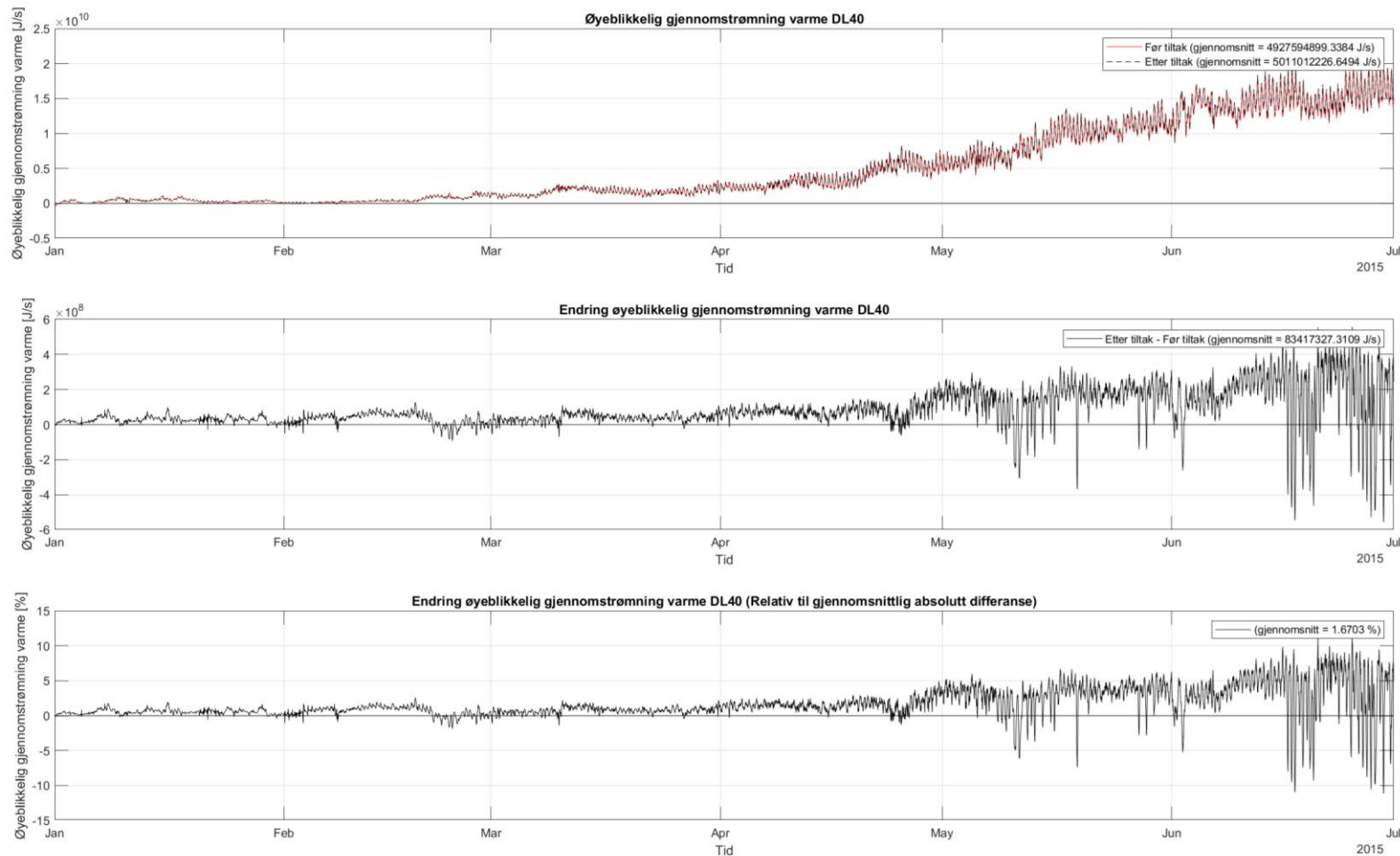


Figur A- 22 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning vann for DL40. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne

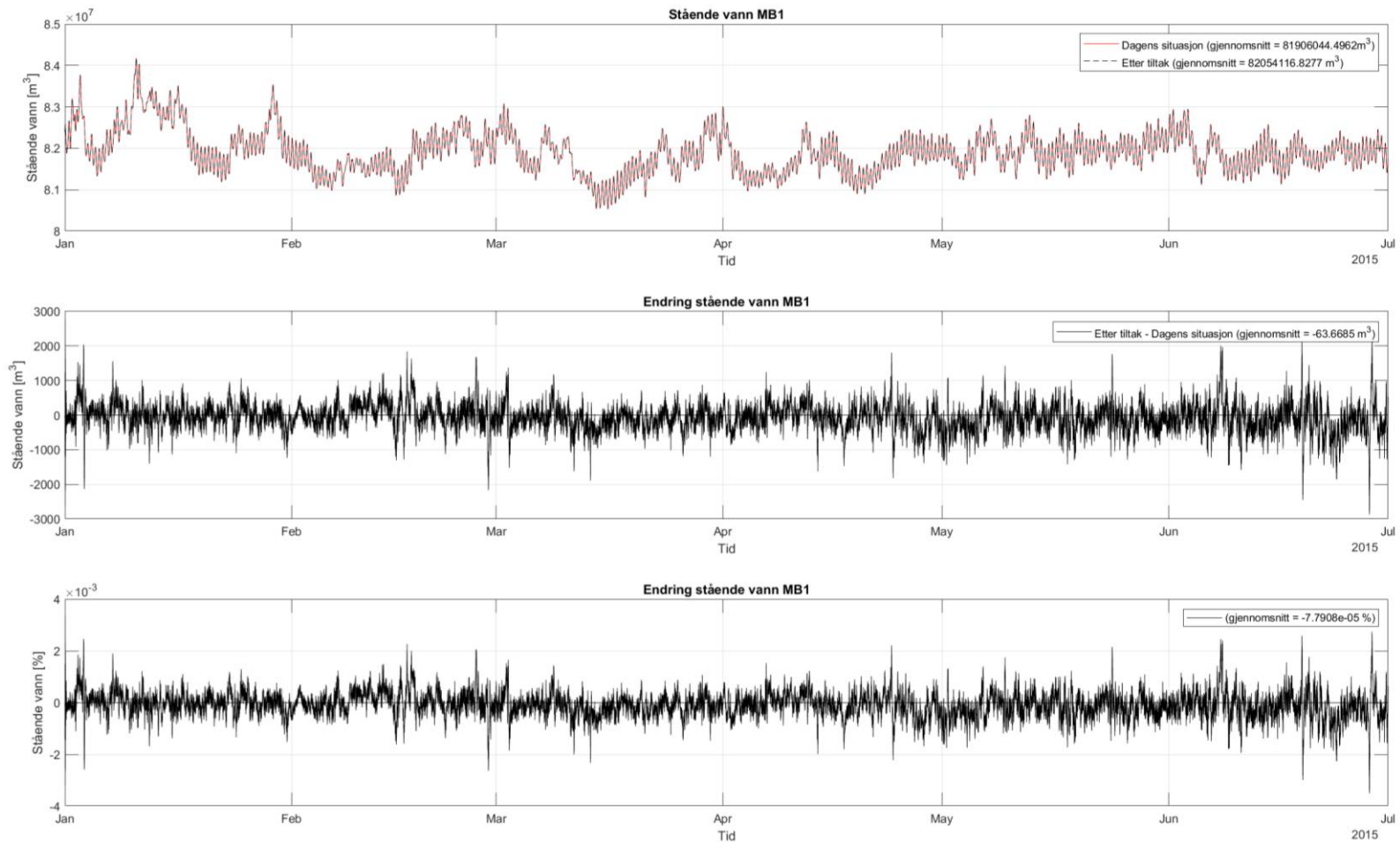


Figur A-23 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning salt for DL40. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne

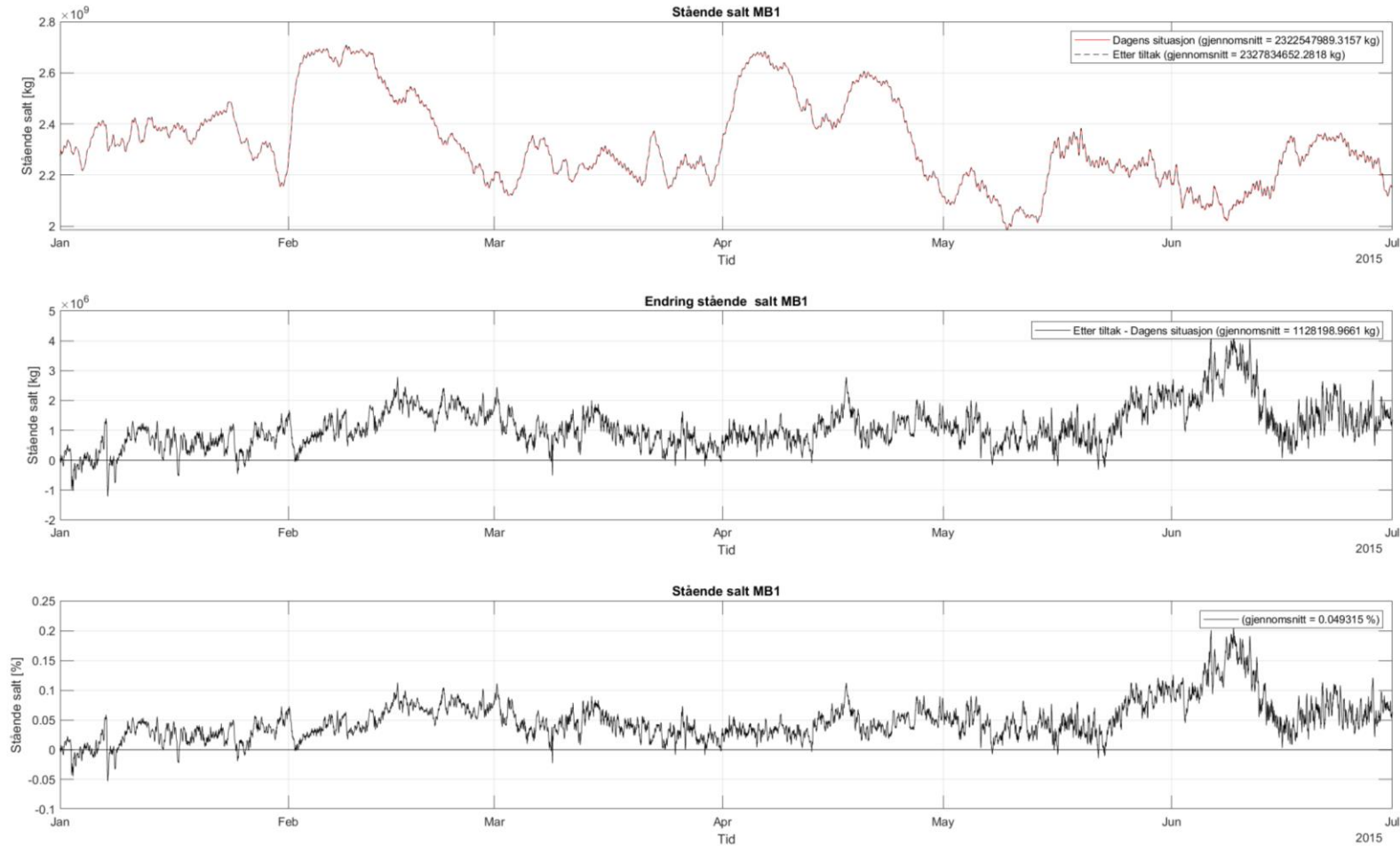




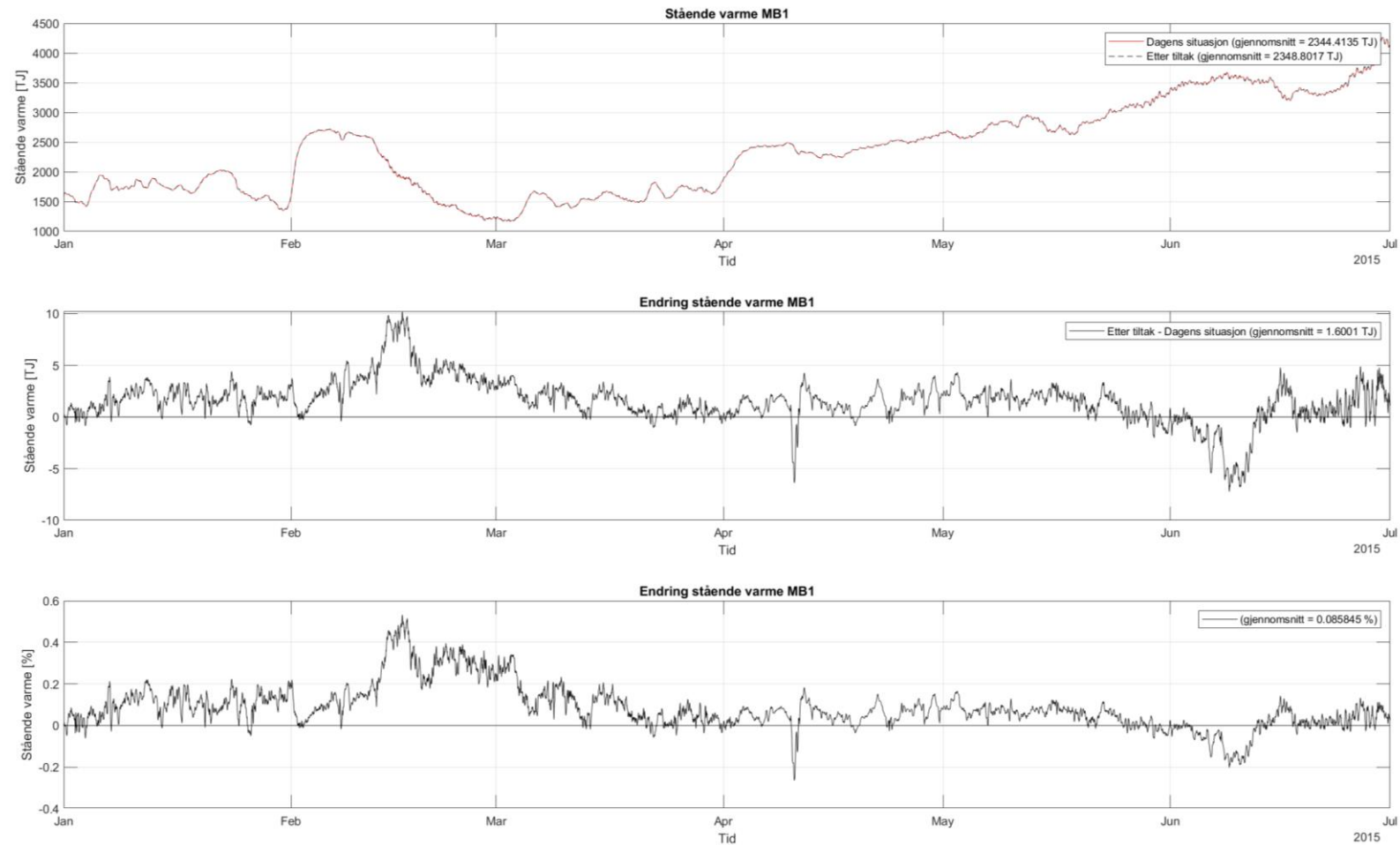
Figur A- 24 Inn- og utstrømningslinje for gjennomstrømning varme for DL40. Den øverste figuren viser øyeblikkelig gjennomstrømning for vann for før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige gjennomstrømningen presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i gjennomstrømningen er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i øyeblikkelig gjennomstrømning (etter tiltak minus før tiltak), denne er presentert i prosent og er relativ til gjennomsnittlig absolutt differanse, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne



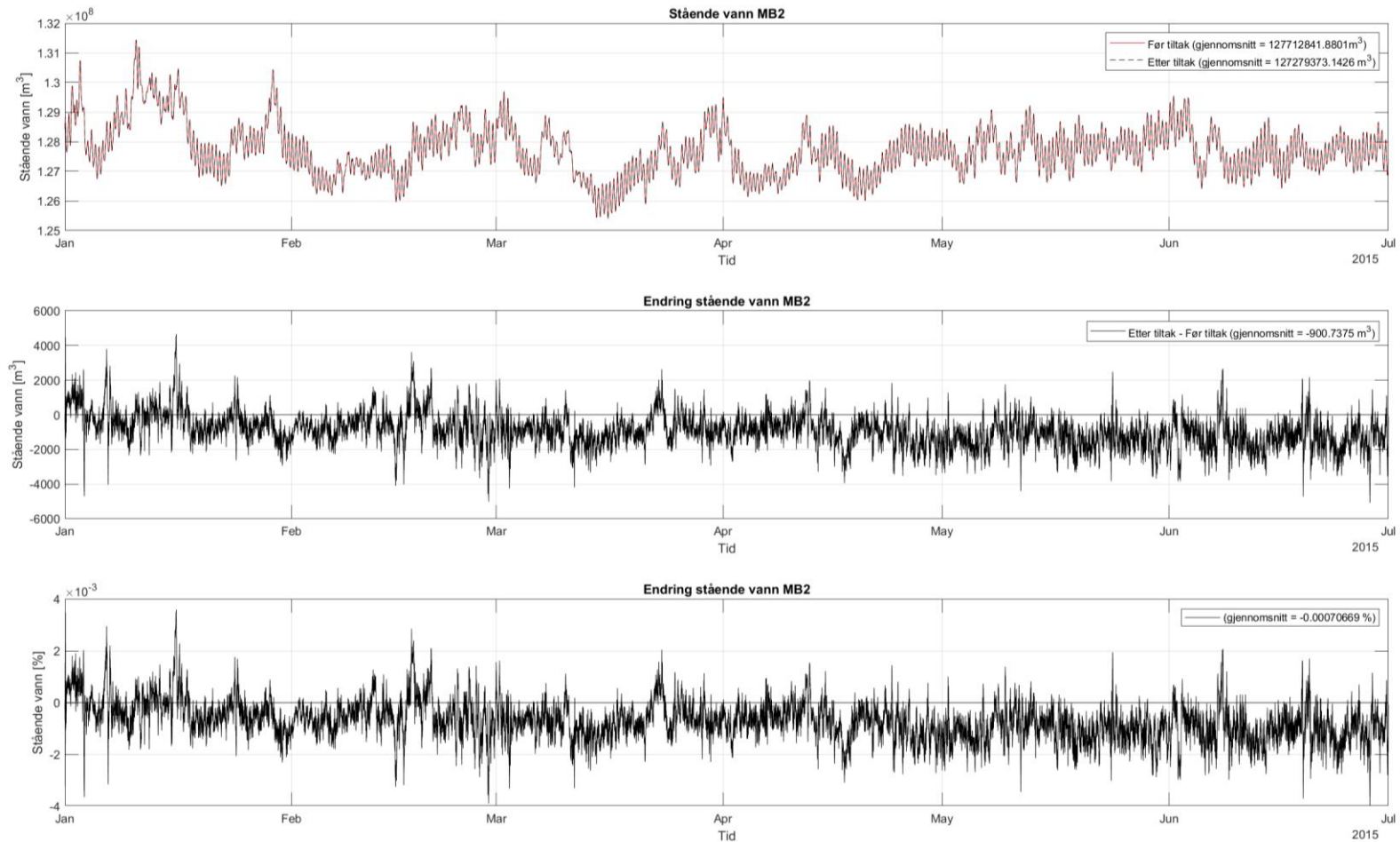
Figur A- 25 Massebudsjett for stående vann for MB1. Den øverste figuren viser stående vann for før tiltak og etter tiltak, her er også det gjennomsnittlige stående vannet i MB1 presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i stående vann (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i stående vann er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i stående vann (etter tiltak minus før tiltak), her presentert i prosent, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne



Figur A- 26 Massebudsjett for stående salt for MB1. Den øverste figuren viser stående salt for før tiltak og etter tiltak, her er også det gjennomsnittlige stående saltet i MB1 presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i stående salt (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i stående salt er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i stående salt (etter tiltak minus før tiltak), her presentert i prosent, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne

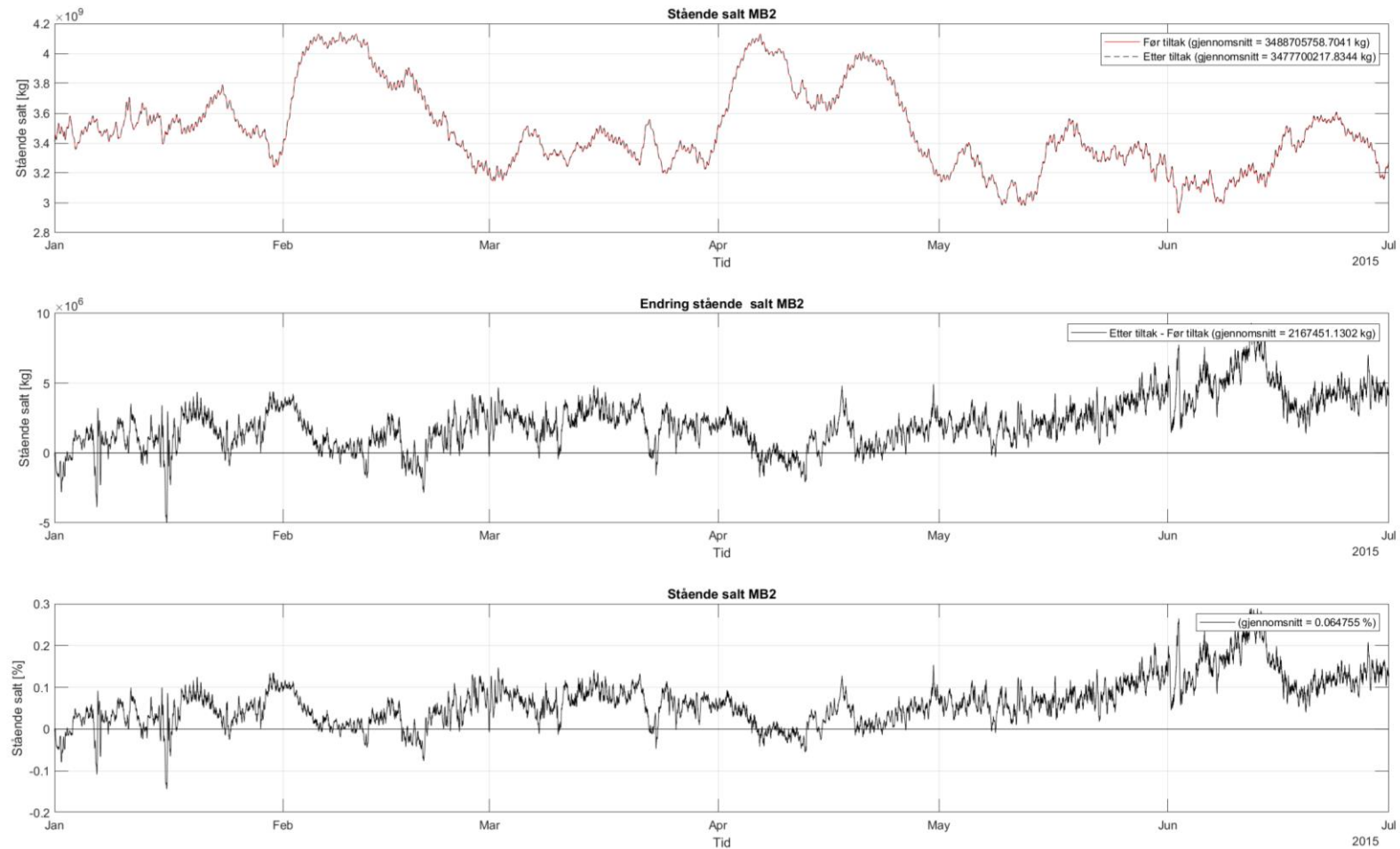


Figur A-27 Massebudsjett for stående varme for MB1. Den øverste figuren viser stående varme for før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige stående varmen i MB1 presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i stående varme (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i stående varme er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i stående varme (etter tiltak minus før tiltak), her presentert i prosent, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne

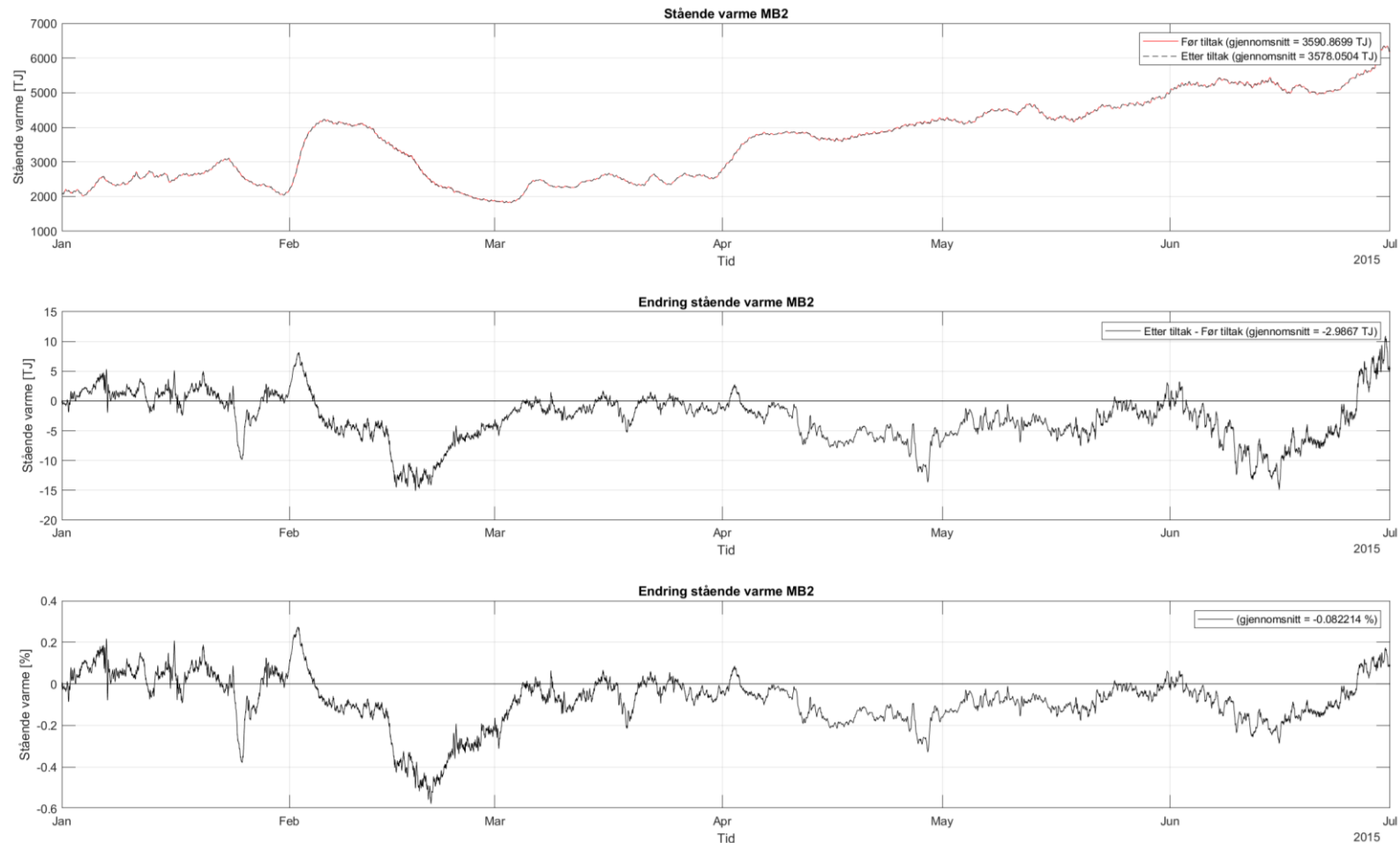


Figur A- 28 Massebudsjett for stående vann for MB2. Den øverste figuren viser stående vann for før tiltak og etter tiltak, her er også det gjennomsnittlige stående vannet i MB2 presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i stående vann (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i stående vann er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i stående vann (etter tiltak minus før tiltak), her presentert i prosent, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne





Figur A- 29 Massebudsjett for stående salt for MB2. Den øverste figuren viser stående salt for før tiltak og etter tiltak, her er også det gjennomsnittlige stående saltet i MB2 presentert oppe i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i stående salt (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i stående salt er presentert oppe i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i stående salt (etter tiltak minus før tiltak), her presentert i prosent, gjennomsnittet er presentert oppe i høyre hjørne



Figur A-30 Massebudsjett for stående varme for MB2. Den øverste figuren viser stående varme for før tiltak og etter tiltak, her er også den gjennomsnittlige stående varmen i MB2 presentert opp i høyre hjørne. Den midterste figuren viser endringen i stående varme (etter tiltak minus før tiltak), gjennomsnittlige endring i stående varme er presentert opp i høyre hjørne. Den nederste figuren viser også endringen i stående varme (etter tiltak minus før tiltak), her presentert i prosent, gjennomsnittet er presentert opp i høyre hjørne

Denne siden er blank med hensikt



## Om DNV GL

DNV GL er et internasjonalt selskap innen kvalitetssikring og risikohåndtering. Siden 1864 har vårt formål vært å sikre liv, verdier og miljøet. Vi bistår våre kunder med å forbedre deres virksomhet på en sikker og bærekraftig måte.

Vi leverer klassifisering, sertifisering, teknisk risiko- og pålitelighetsanalyse sammen med programvare, datahåndtering og uavhengig ekspertrådgivning til maritim sektor, til olje- og gass-sektoren, og til energibedrifter. Med 80,000 bedriftskunder på tvers av alle industrisektorer er vi også verdensledende innen sertifisering av ledelsessystemer.

Med høyt utdannede ansatte i 100 land, jobber vi sammen med våre kunder om å gjøre verden sikrere, smartere og grønnere.

# Vedlegg D

BREKKE OG STRAND, 2022. INNSEILING  
BORG HAVN – VURDERING AV STØY FRA  
MUDRINGSARBEIDER TIL DEPONERING I  
SJØ TIL NATURMILJØ



# Kystverket - Innseiling Borg

Beregninger av støy fra mudringsarbeider og deponering i sjø til naturmiljø

Kunde: NGI v/ Mari Moseid

Oppdragsnr:	41167-00	Dokumentnr:	AKU - 02
Revisjon:	AA	Revisjonsdato:	29. april 2022
Oppdragsansvarlig:	Knut Haugen	Utarbeidet av:	Knut Haugen
		Kontrollert av:	Arne Scheck

IT arkiv: AKU02 N220429 Kystverket - Innseiling Borg, Støy fra mudringsarbeider til naturmiljø

## Angående:

Brekke & Strand akustikk AS har gjort en vurdering av de støyende aktiviteter som kan forventes i forbindelse med mudringsarbeider i prosjektet Innseiling Borg havn.

Arbeidene med mudring og deponering i sjødeponier skal gjennomføres i områder med til dels korte avstander til naturvernområder. Dette notatet presenterer resultater fra beregninger av støyutbredelse i de områdene der man er nærmest områdene med særlig verdier for naturmiljø. Beregningsresultatene er benyttet i de videre vurderingene som vises i NGIs rapport «Naturmiljø risikovurdering».

For nærmere beskrivelser vises til rapport AKU01 fra Brekke & Strand Akustikk AS: *AKU01 R220429 Kystverket - Innseiling Borg, Støy fra mudringsarbeider til boliger og rekreasjonsområder*

Beregningsresultatene vises som dag-, kveld- nattlydnivå,  $L_{den}$ , med antatt døgkontinuerlig aktivitet.

$L_{den}$  er en målestørrelse som benyttes til å beskrive en vektet entallsverdi for støyinnivå over et helt døgn.  $L_{den}$  beregnes fra A-veiet ekvivalent støyinnivå for dag-kveld-natt (day-evening-night) med 10 dB / 5 dB ekstra tillegg på natt / kveld. Tidspunktene for de ulike periodene er dag: kl. 07-19, kveld: kl. 19-23 og natt: kl. 23-07.

**Eksempel:** Et dag-kveld-natt lydnivå på  $L_{den} = 40$  dB tilsvarer et ekvivalentnivå på  $L_{pA,24h} = 33,6$  dB når støykilden er i aktiv drift hele døgnet.

$L_{den}$  brukes som måleparameter i Retningslinje T-1442 om såkalte «stille områder» som er områder som er identifisert å være særlig viktig å redusere støyplage og forebygge negativ helsekonsekvens.

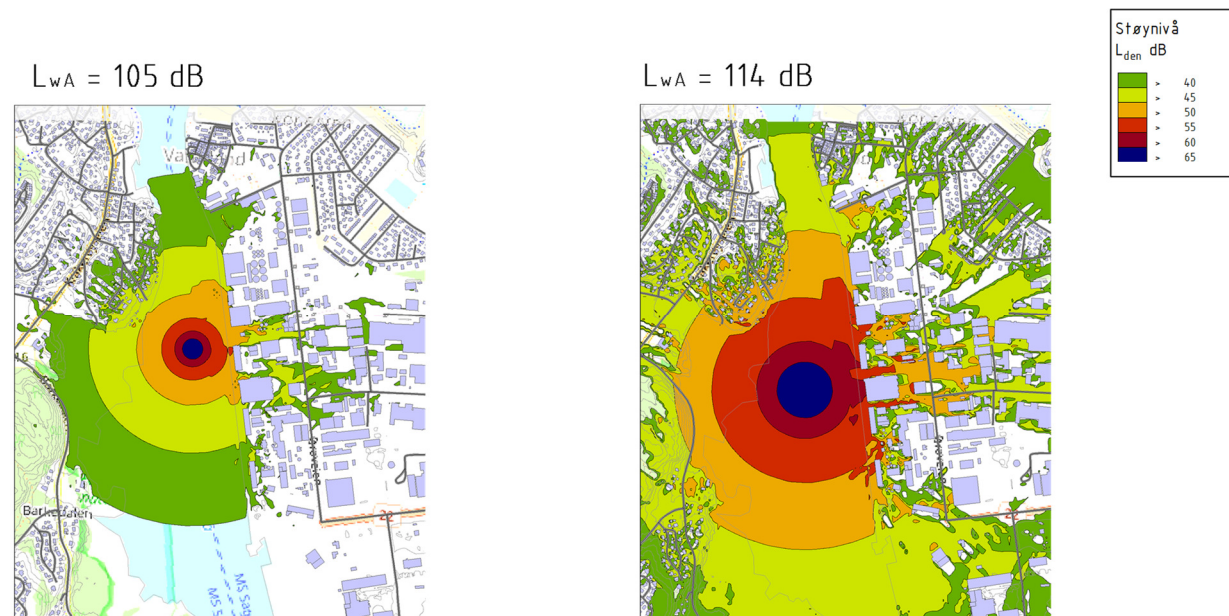
Tabell 3: Anbefalte støygrenser i ulike typer friområder, friluftslivs- og rekreasjonsområder og stille områder. Forutsetninger for beregning av grenseverdiene er gitt i veiledning til retningslinjen.

Områdekategori	Anbefalt støygrense, ekvivalent støyinnivå	Anbefalt støygrense, maksimalnivå
Byparker, kirkegårder og friområder i tettbygd strøk	Se retningslinjens tabell 2, for uteoppholdsareal	Se retningslinjens tabell 2, for uteoppholdsareal
Sammenhengende grønnstruktur i tettsteder	$L_{den}$ 50 dB	Motorsport: $L_{AFmax}$ 60 dB Skytebaner: $L_{AFmax}$ 65 dB Driftstidsbegrensninger bør benyttes
Sammenhengende nærfriluftsområder og bymark utenfor by/tettsted,	$L_{den}$ 40 dB	Motorsport: $L_{AFmax}$ 60 dB Skytebaner: $L_{AFmax}$ 65 dB Driftstidsbegrensninger bør benyttes

### Beregningsresultater Fuglevikbukta

Beregnet støyutbredelse for å vurdere støypåvirkning til naturmiljø er vist som støykart med støysoner med 5 dB inkrement ned til  $L_{den}$  40 dB, for døgnekstrem drift - inkludert på natt.

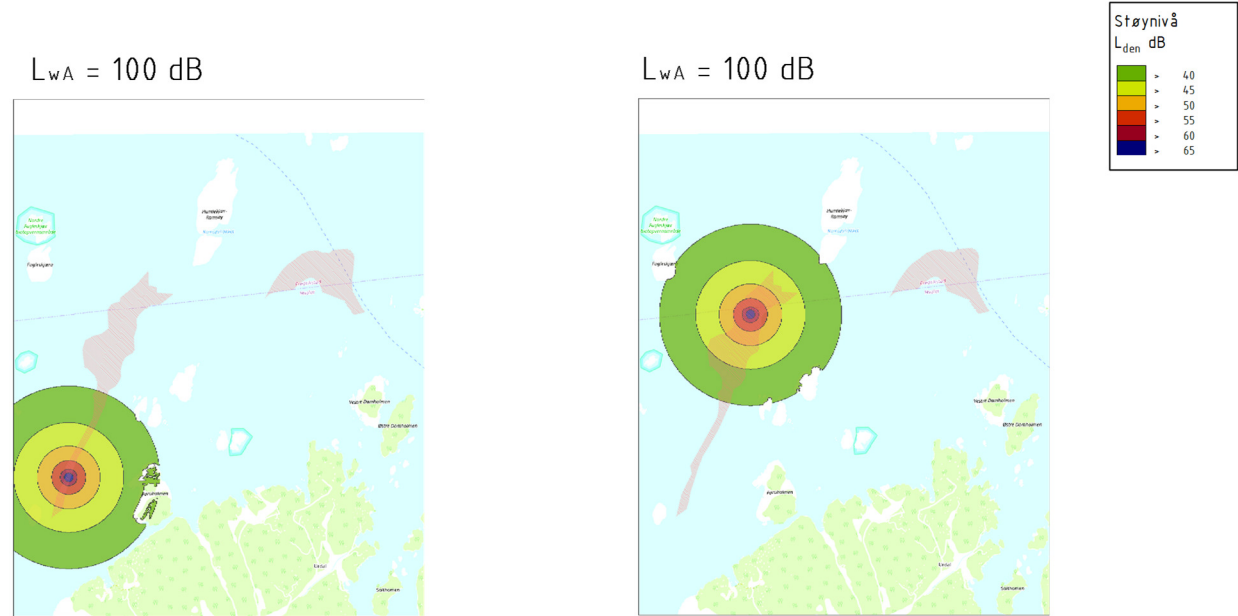
Støykilde er her plassert i anleggsområdet grense nærmest Fuglevikbukta naturreservat.



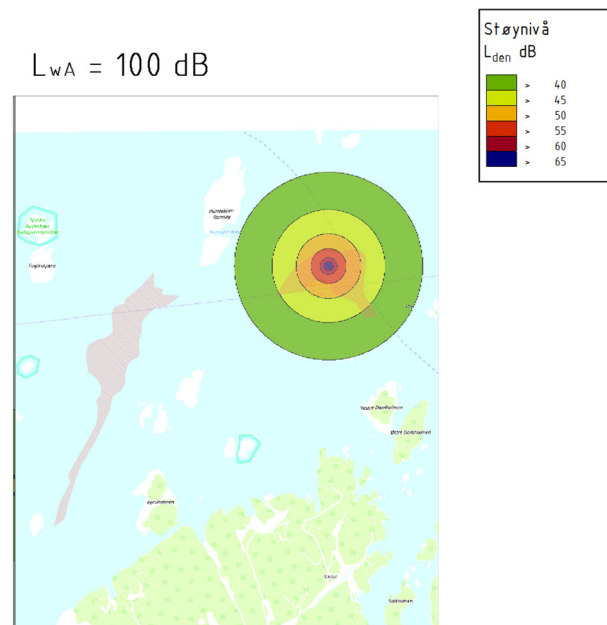
Figur 1 - Støykart som viser støyutbredelse ved aktiv drift av «normalt» ( $L_{wA}$  105 dB) og «høyt»-støyende ( $L_{wA}$  114 dB) utstyr. Konturlinjer vises for dag- kveld- natt lydnivå ned til  $L_{den} = 40$  dB. Kildeplassering i Fuglevikbukta.

**Beregningsresultater Sjødeponier**

Støykart for sjødeponiene «Møkkalasset» og «Svaleskjær» er vist under. Som lydeffektnivå er det benyttet måldata fra NGI (fartøy med liten hydraulisk sugemudrer, målt under aktivitet i Gilhusbukta i Lier kommune og lydeffektnivå  $L_{WA} = 100$  dB).



**Figur 2 - Støykart som viser støyutbredelse ved aktiv drift av utstyr for deponering av masser til sjø ( $L_{WA} 100$  dB). Konturlinjer vises for dag- kveld- natt lydnivå ned til  $L_{den} = 40$  dB. Kildeplasseringer sør og nord i deponiområdet ved «Møkkalasset».**



**Figur 3 - Støykart som viser støyutbredelse ved aktiv drift av utstyr for deponering av masser til sjø ( $L_{WA} 100$  dB). Konturlinjer vises for dag- kveld- natt lydnivå ned til  $L_{den} = 40$  dB. Kildeplasseringer ved «Svaleskjær».**

<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>		
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Naturmiljø risikovurdering		<b>Dokumentnr./Document no.</b> 20210741-02-R
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Rapport / Report	<b>Oppdragsgiver/Client</b> Kystverket	<b>Dato/Date</b> 2022-04-29
<b>Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract</b> Oppdragsgiver / Client		<b>Rev.nr.&amp;dato/Rev.no.&amp;date</b> 0
<b>Distribusjon/Distribution</b> BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
<b>Emneord/Keywords</b> mudring, ålegras, PAHer, blåskjell, torsk, koraller, laks, sediment		

<b>Stedfesting/Geographical information</b>	
<b>Land, fylke/Country</b> Norge, Viken	<b>Havområde/Offshore area</b>
<b>Kommune/Municipality</b> Fredrikstad	<b>Felt navn/Field name</b>
<b>Sted/Location</b> Borg havn	<b>Sted/Location</b>
<b>Kartblad/Map</b>	<b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b>
<b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b> Sone: 32 Øst: 611713.29 Nord: 6561200.88	<b>Koordinater/Coordinates</b> Projeksjon, datum: Øst: Nord:

<b>Dokumentkontroll/Document control</b> Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
<b>Rev/Rev.</b>	<b>Revisjonsgrunnlag/Reason for revision</b>	<b>Egenkontroll av/ Self review by:</b>	<b>Sidemanns- kontroll av/ Colleague review by:</b>	<b>Uavhengig kontroll av/ Independent review by:</b>	<b>Tverrfaglig kontroll av/ Inter- disciplinary review by:</b>
0	Originaldokument	2022-04-29 Mari Engvig Løseth	2022-04-29 Arne Pettersen Gøril Aasen Slinde		

<b>Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release</b>	<b>Dato/Date</b> 29. april 2022	<b>Prosjektleder/Project Manager</b> Mari Moseid
--	------------------------------------	---

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)



