

Akvaplan-niva AS

Rådgivning og forskning
innen miljø og akvakultur
Org.nr: NO 937 375 158 MVA
www.akvaplan.niva.no

Norge – Island – Frankrike – Russland – Spania

Tromsø-kontoret (svaradresse)

Framsenteret
9296 Tromsø
Tlf: 77 75 03 00
Fax: 77 75 03 01

Skrevet av: Øyvind Leikvin

Direkte tlf: 77 75 03 36

E-post: tromso@akvaplan.niva.no

E-post: leikvin@akvaplan.niva.no

Notat

Til: Statens vegvesen v/ Trond Aalstad

Kopi: Guttorm Christensen

Dato: 23.03.2015

Vår red: 421.7508.01/ØL

Sak: Innledende vurdering av effekter av utfyllinger ved terskelområde for vannutskiftningen til bassengområdet i Grøtfjorden, Tromsø kommune

INNHOLDSFORTEGNELSE

INNLEDNING	2
METODIKK	3
Modellering av veiledende utskiftningshastigheter med FjordEnv	3
Oksygenmålinger	6
RESULTATER FRA MODELLSIMULERINGER AV UTSKIFTNING AV VANNMASSER VED UTFYLLING I GRØTFJORDEN	7
VALIDERINGSMÅLINGER, CTD-O	8
VURDERINGER ANGÅENDE VANNUTSKIFTNING VED UTFYLLINGER	10
AVBØTENDE TILTAK FOR UTSKIFTNING AV VANNMASSER; RØR OG KULVERTER	11
OPPSUMMERING	11
Referanser	12

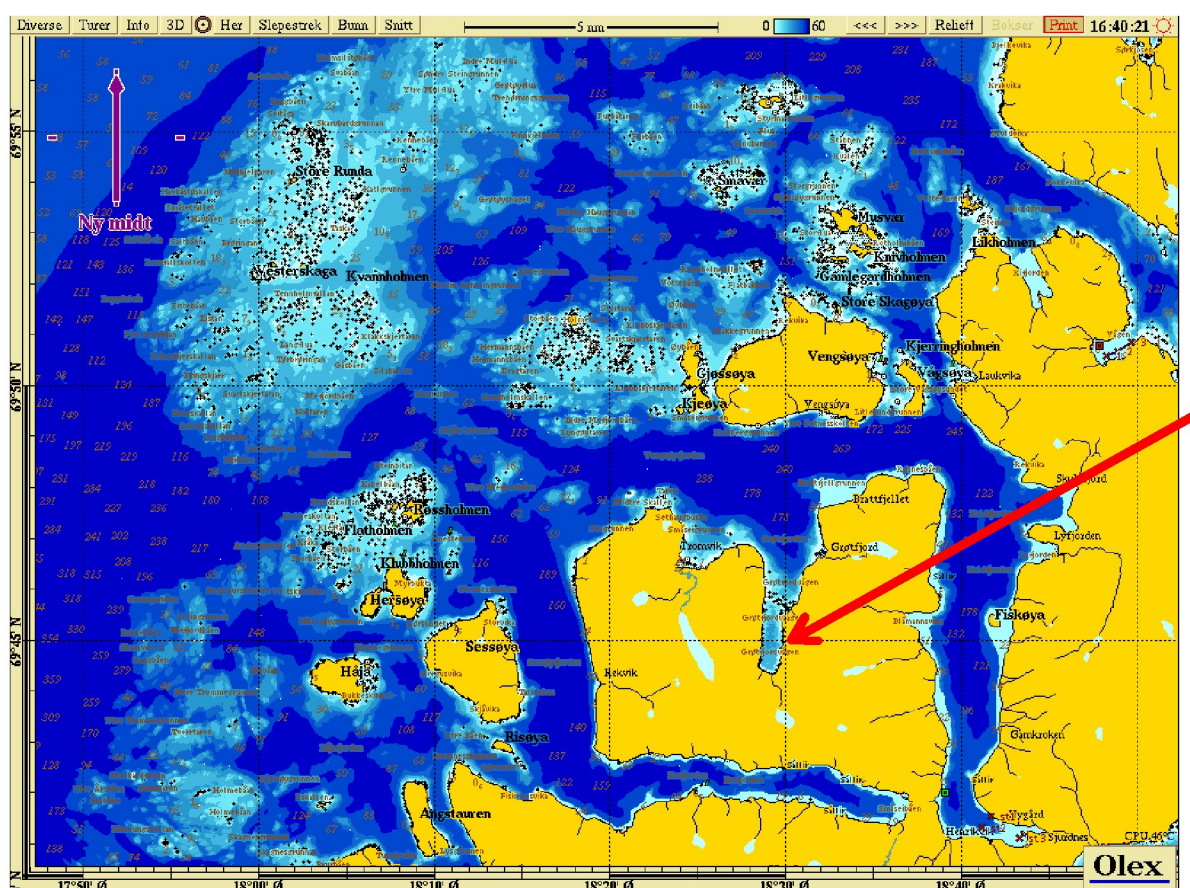
Innledning

Statens Vegvesen ønsker å etablere bru over moreneområdet ca. 2,5 km ut fra fjordbunnen i Grøt fjorden i Tromsø kommune (Figur 1 og Figur 2). Innenfor moreneområdet er det et ca. 1 km² stort og relativt flatt område med dyp mellom 20 og 40 m. Moreneområdet danner en terskel med maksimalt dyp på ca. 11 m, og bassenget innenfor blir en terskelfjord med maksimalt bassengdyp på ned mot 40 m. Arealet til Grøt fjorden innenfor terskelområdet er på ca. 2 km², og fjorden er typisk 0,8 km bred. Moreneområdet representerer et relativt grunt område med dyp på maksimalt ca. 11 m.

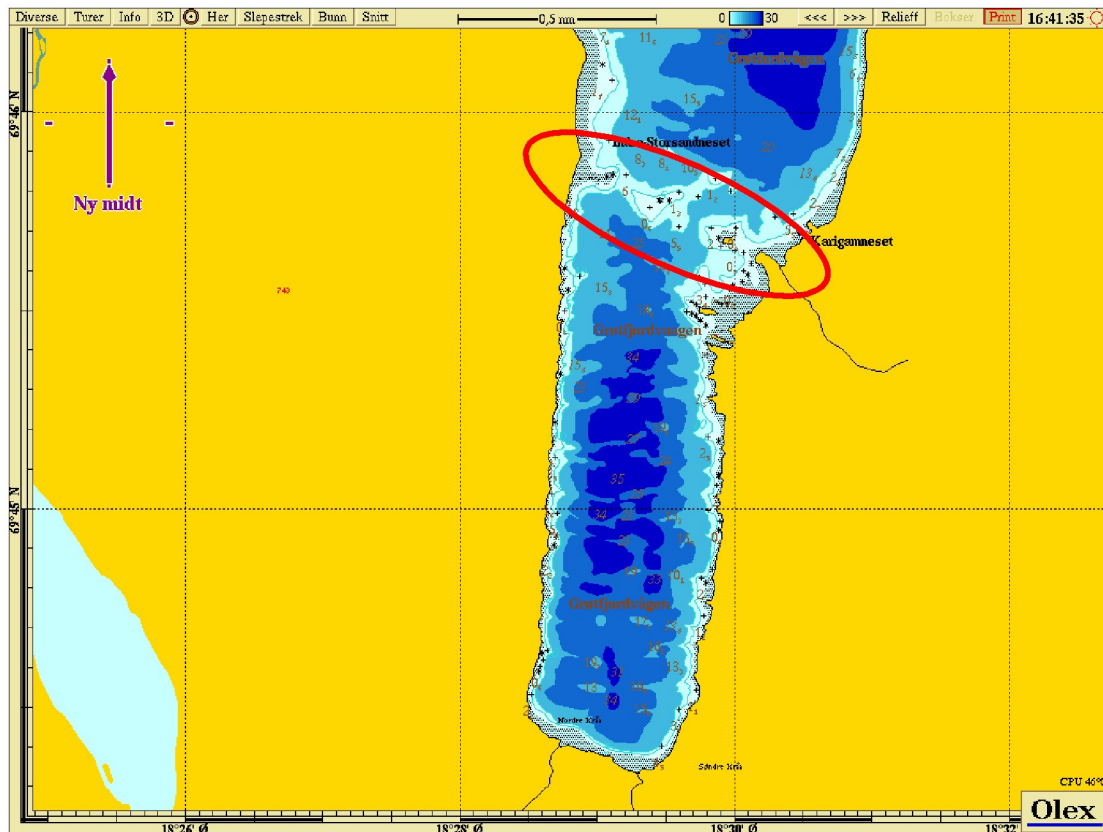
Terskelfjorder har ofte periodevis redusert vannkvalitet på grunn av begrenset vertikalomrøring, spesielt i sommerhalvåret.

Hovedformålet med dette notatet er å gi en vurdering av konsekvensene utfylling av broforbindelse vil få for vannutskiftningen innenfor terskelen, og dermed også naturmiljøet i området. Akvaplan-niva har ikke studert effekten på naturmiljøet i seg selv, men har benyttet seg av modellverktøyet FjordEnv for å få en veiledning på endringene i oppholdstiden til vannet inne i fjordbassenget innenfor terskelen. I tillegg er det foretatt kontrollerende oksygenmålinger, som både er valideringer for modellen og gir i seg selv indikasjoner på miljøtilstanden inne i dypbassenget innenfor terskelen.

Det er også gitt en grov vurdering av hvordan avbøtende tiltak i form av innlegging av rør/ kulvert kan bedre på eventuelle negative virkninger.



Figur 1: Oversiktskart over området i regionen ved Grøt fjorden, hvor Grøt fjorden er merket med rød pil (kartkilde: www.olex.no).



Figur 2: Grøtffjordens basseng og moreneområdet som danner en terskel (rød ellipse). Bunntopografi er illustrert med 10 m ekvidistanse (kartkilde: www.olex.no).

Metodikk

Akvaplan-niva har fokusert på oppholdstid til vannmassene innenfor moreneområdet, og endringene i disse ved etablering av brufyllinger. Økt oppholdstid for bassengvannet og de øvre vannmasser forventes å være negativt for miljøtilstanden innenfor moreneområdet. Dette gjelder bunnforhold, vannkvalitet og strandsone.

Modellering av veiledende utskiftningshastigheter med FjordEnv

Grøtffjorden er en terskelfjord. For å finne ut mer om dynamikken til resipienten, og koble den opp mot verifiserende målinger av oksygen, er den numeriske modellen FjordEnv, versjon 3.3 benyttet. Modellen er utviklet av Anders Stigebrandt (Stigebrandt 2001) for vurdering av miljøeffekter fra tilførsel av næringssalter og organisk materiale i fjorder, som tilførsel fra fiskeoppdrettsanlegg, bebyggelse, industri og elver. FjordEnv er en såkalt "boksmodell", der fjordvannet betraktes som fordelt i tre lag innenfor en terskel: Overflatelag, intermediært lag over terskeldypet, og et bunnlag under terskeldypet. Modellen beregner gjennomsnittsførhold for hvert lag, basert på volumet i hvert lag i forhold til tverrsnittsarealet til fjordmunningen. Parametere som beregnes er oppholdstid for vann over terskeldypet, nedsynkning av partikulært organisk materiale, oksygenforbruk ved nedbrytning, og hvor lang tid det tar for dypvannet i fjordbassenget å skiftes ut. Videre beregnes minimum oksygenkonsentrasjon i bassengvannet og endring av siktedypet i overflatelaget, og disse parametere brukes til å vurdere endring av vannkvalitet i fjorden. FjordEnv er først og fremst et verktøy for å vurdere relative endringer i belastning av fjorden ved ulike tilførsler av næringssalter.

I dette prosjektet ble modellen brukt til å finne veiledende verdier for oppholdstid for det mellomlaget og for bassengvannet i Grøtffjorden. Relevante inngangsdata er da først og fremst de geometriske data til Grøtffjorden.

Modellen kan ikke brukes til å angi bestemte områder inne i fjorden med spesielt gode/dårlige forhold, og den kan ikke beregne gradienter i vannsøylen. Den kan heller ikke ta hensyn til årstidsvariasjoner.

Ved hjelp av en grovt oppmålt bunntopografi over terskelbassenget og på selve terskelen, har veiledende utskiftningsrater av vannmasser blitt beregnet med modellen FjordEnv¹. Dybdedatabasen til Olex (www.olex.no) og kartverktøyet til Fiskeridirektoratet (www.fdir.no) har blitt benyttet til beregninger av arealer av terskelbassenget i ulike dyp og terskeltopografien.

Verdier for blant annet kystvannets tetthet ligger allerede inne i modellen. FjordEnv gir anslag på hvor lang tid det tar å skifte ut vannet over og under terskeldypet, samt at den kan gi anslag på oksygenforholdene i dypvannet i bassenget. Indre del av Grøt fjorden innenfor moreneområdet (Figur 2), består av ett markert og betydelig terskelbasseng med dyp ned mot 40 m. Terskeldypet ved moreneområdet er ca. 11 m.

Det er ikke utført noe modellering med inklusive tilførsler av ferskvann til bassenget. Denne vil kunne være betydelig, spesielt i snøsmeltesesongen.

Ved å øke lengden på utfyllingene over Grøt fjorden, endres utskiftningshastigheten til vannmassene innenfor planlagte utfyllinger i Grøt fjorden-bassenget. Statens Vegvesen ønsker å ha vurdert/ modellert 3 ulike lengder på utfyllingene (BB, CB og DB, i tillegg til nulltiltaket AA) (se Figur 3).

Resultater fra batymetri-beregningene er beskrevet i Tabell 1 og Tabell 2.

Resultater fra modellkjøringen vil gi også gi indikasjoner på den naturlige tilstand til Grøt fjorden angående oksygen-minimum i dypbassenget. Det er oksygen-nivået like før vertikalomrøring som vanligvis skjer om høsten eller vinteren.

Det er benyttet en tidevannsamplitude på 1,1 m i modellkjøringene.

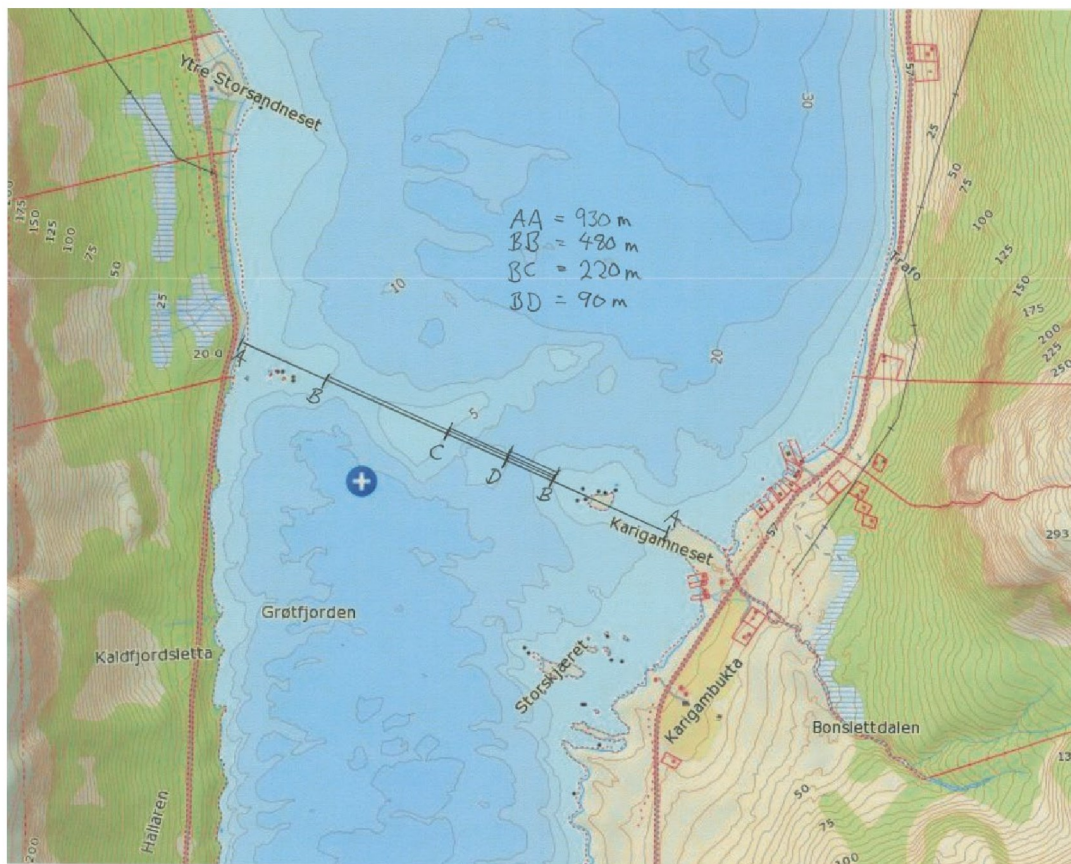
Det antas at friskt vann som kommer inn med kystvannet har oksygeninnhold på 6 ml/l (90 % metning).

Tabell 1: Terskelbassenget i Grøt fjorden og dens arealer per dypnivå

Dyp [m]	Areal [km ²]
0	2,04
3	1,86
10	1,58
20	1,12
30	0,36
35	0,066
38	0,01
39	0,001

Tabell 2: Terskeltopografi ved ulike valg av utfyllinger (se Figur 3)

Dyp [m]	Avstand, alternativ AA [m]	Avstand, alternativ BB [m]	Avstand, alternativ CB [m]	Avstand, alternativ DB [m]
0	930	480	220	90
3	630	470	215	85
5	330	330	210	80
8	200	200	200	70
10	50	50	50	50
11	10	10	10	10



Figur 3: Skisse for utfyllings-scenarier som ønskes vurdert (kilde: Statens Vegvesen).

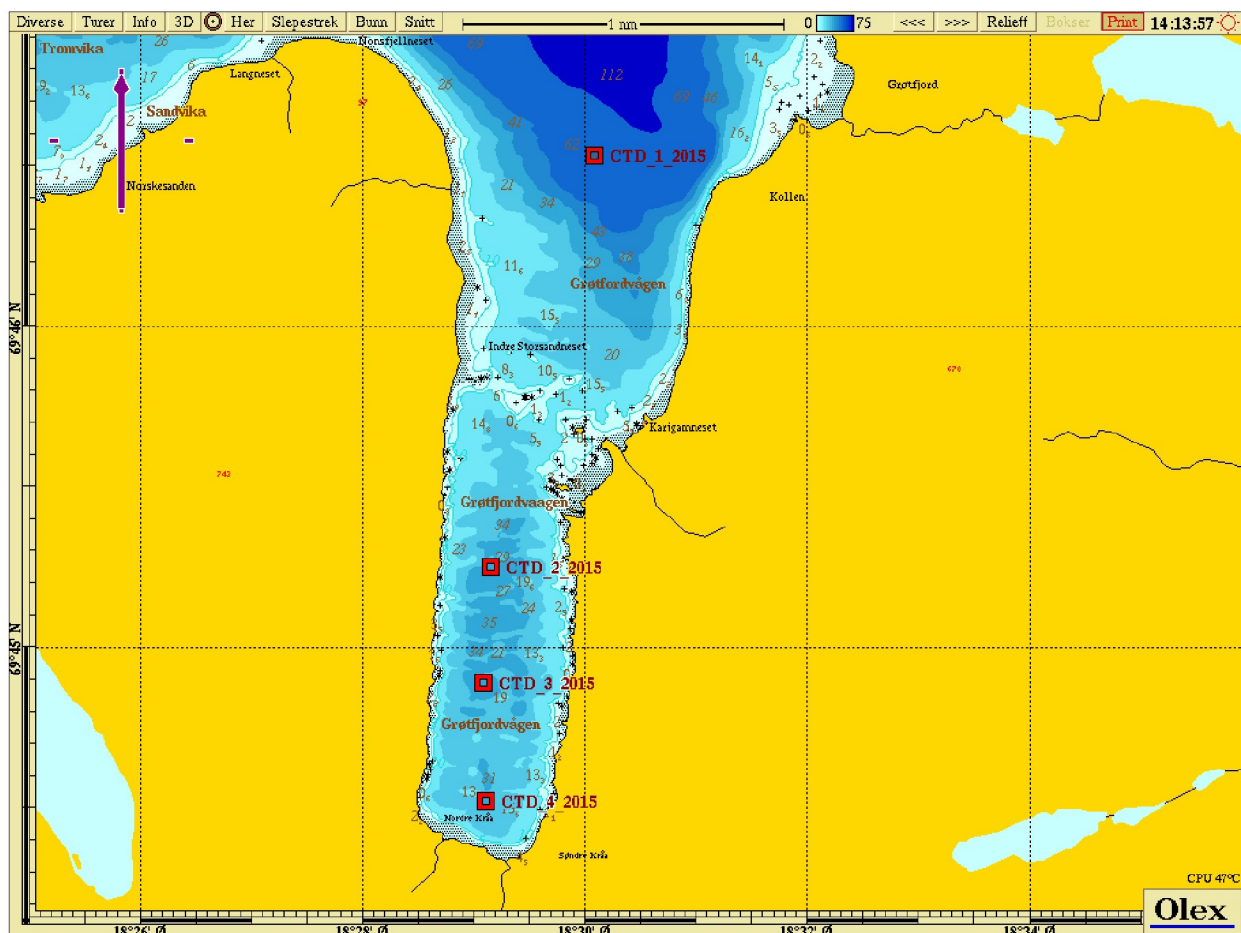
Oksygenmålinger

Valideringsdata til modellverktøyet FjordEnv er først og fremst målinger av oksygen i bassengvannet sent om høsten eller vinterstid, avhengig av når oksygenminimum forventes. Uansett vil oksygenmålinger sent om vinteren også gi veiledning på miljøtilstanden i terskelbassenget og gi svar på om det er stagnante vannmasser innerst i Grøt fjorden eller ikke.

Oksygenmålingene har blitt innhentet sent vinterstid (16. mars 2015), da vannmassene sannsynligvis har sin maksimale tetthet og homogenitet/ omrøring i løpet av året. Hvis det befinner seg sjiktninger på denne tiden av året og eventuelle stagnante vannmasser, samt i hvilken grad, vil dette gi en veiledning på den naturlige utskiftningen av vannmasser og hvor robust miljøtilstanden er innerst i Grøt fjorden. Dette vil også gi en grov pekepinn på graden av utfylling i moreneområdet som kan tillates, uten at det gir betydelige negative effekter på miljøtilstand i indre deler av Grøt fjorden.

Oksygenmålinger er foretatt både innenfor og utenfor terskelen, for å se på effekten av selve terskelen angående lagdelingen/ omrøring av vannmassene.

Instrumentet som har blitt benyttet, er av typen SD-204 produsert av SAIV AS i Bergen, Norge. Kart over posisjonene til målestasjonene er gitt i Figur 4, og henspiller dypområder fra utenfor terskelområdet (stasjon 1) til innerst i Grøt fjorden (stasjon 4).



Figur 4: Oversikt over CTD-O-stasjoner med målinger innhentet 16. mars 2015 i Grøt fjorden.

Resultater fra modellsimuleringer av utskiftning av vannmasser ved utfylling i Grøt fjorden

Simuleringer med modellen FjordEnv med hovedfokus på utskiftning av vannmasser har blitt utført for de 4 ulike alternativ AA, BB, CB og DB som illustrert i Figur 3. Resultater for noen viktige parametere er gitt i Tabell 3.

Nulltiltaket (AA) gir noe svak strøm ved terskelen forårsaket av tidevann. Vannmassene over terskelen blir skiftet ut på et par dager, og vannmassene i bassengdypet blir skiftet ut 3-4 ganger i året. Oksygenminimum estimeres til å ligge i overkant av 4,15 mg/l, som tilsier ca. 69 % metning.

Alternativet BB, som viser den minste utfyllingen, gir noe større strømhastigheter ved terskelen enn nulltiltaket. Oppholdstiden til vannmassene over terskelen er noe lenger enn uten fyllinger, samtidig som oppholdstiden til bassengvannet er noen kortere. Oksygenminimum er noe høyere enn nulltiltaket (76 % metning).

Alternativ CB gir resultater i samme trend som BB, bare enda høyere verdier for strøm ved terskelen, høyere oksygenminimum (85 % metning), lenger oppholdstid for vannmassene over terskelen og kortere oppholdstid for vannmassene under terskelen. Utskiftningstiden for bassengvannet er omtrent halvert i forhold til nulltiltaket.

Alternativ DB gir en såpass liten åpning i fyllinga at modellen karakteriserer Grøt fjorden-bassenget som en jet-fjord. Strømhastighetene er blitt ca. 6 ganger høyere enn nulltiltaket. Oppholdstiden til overflatevannet er nesten fordoblet. Også oppholdstiden til bassengvannet er blitt noe lenger enn ved nulltiltak. Oksygenminimum er marginalt lavere sammenliknet med nulltiltaket (66 vs. 69 %).

Det er tydelig at oppholdstiden for de øverste 10 m av vannsøylen blir lenger med økende grad av utfyllinger, opp til omtrent en fordobling med alternativ DB.

Oppholdstiden for bassengvannet blir imidlertid kortere med økende grad av utfyllinger, inntil et visst punkt. Alternativ CB gir for eksempel en reduksjon av oppholdstiden på ca. 50 %. Alternativ BD derimot, gir lenger utskiftningstid også for bassengvannet.

Oksygenminimum i bassengvannet vil generelt følge samme trend som oppholdstiden for bassengvannet, med lavest konsentrasjon av oksygen når oppholdstiden er lengst.

Tabell 3: Resultater fra modellberegninger fra FjordEnv for de ulike utfyllinger i Grøt fjorden (se Figur 3).

Parameter	Alternativ AA	Alternativ BB	Alternativ CB	Alternativ DB
Brustrekning	930	480	220	90
Tidevannshastighet ved terskel [m/s]	0,07	0,10	0,16	0,39
Oppholdstid for vann over terskeldyp [dager]	1,89	2,17	2,54	3,06
Total vannutskiftningstid [mnd]	2,83	2,26	1,44	3,52
Oksygenminimum i bassengvann [ml/l]	4,15	4,56	5,12	3,93
Jet-fjord	Nei	Nei	Nei	Ja

Valideringsmålinger, CTD-O

Resultater fra målinger av oksygenmetning, temperatur og saltholdighet er vist med tverrsnitt på langs av fjorden i Figur 5.

Oksygenresultatene viste god miljøtilstand på denne tiden av året, med oksygenmetning på over 95 % over hele fjorden. Det var noe høyere oksygenmetning med dypet, og noe høyere oksygenmetning innerst i Grøt fjorden i forhold til lenger ute.

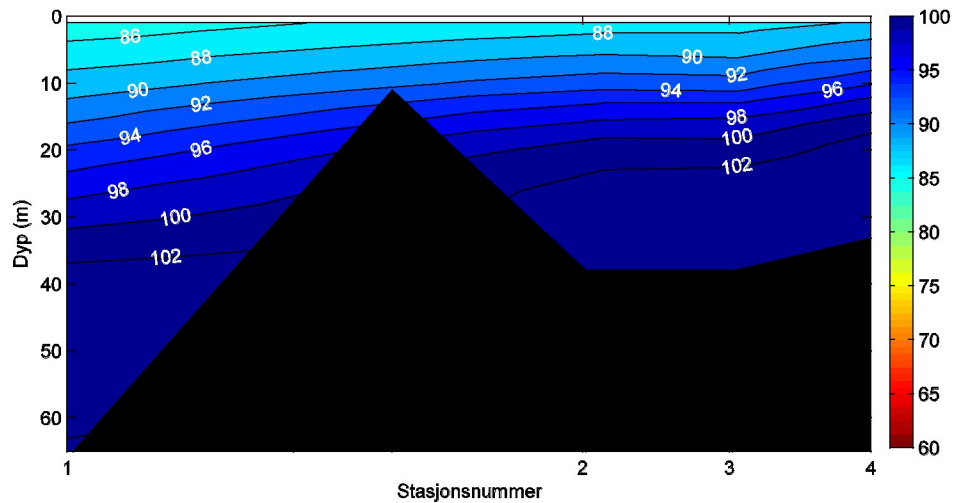
Temperaturmålingene 16. mars 2015 (Figur 5b) viste relativt kalde vannmasser over hele snittet, på mellom 3,3 og 3,7 °C. Det var kaldest innerst i Grøt fjorden, samt at det var noe kaldere vann i overflatelaget.

Resultatene fra konduktivitetsmålingene, i form av saltholdighet, er vist i Figur 5c). Her var det også en gradient utover i Grøt fjorden, med saltare vann ytterst og på dypere vann. Spennet var fra 34,6 innerst i vannmassene ved overflaten til 35,1 på 60 m dyp utenfor terskelen til Grøt fjorden.

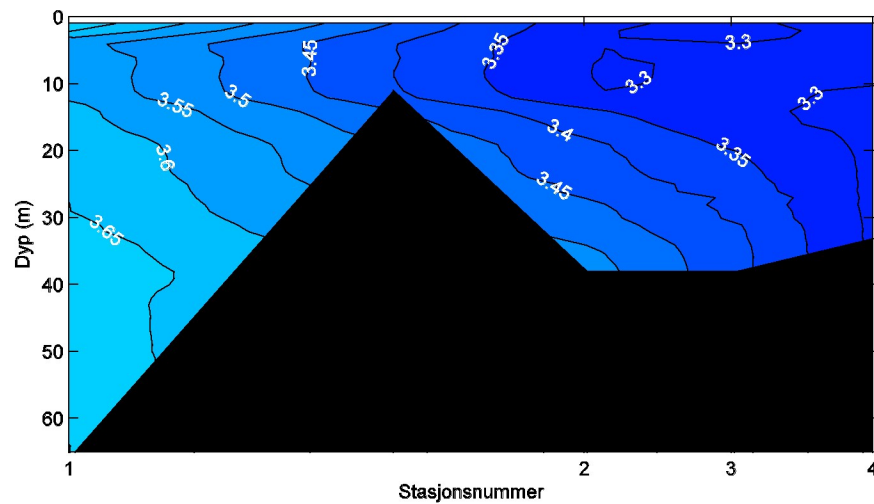
CTD-O-målingene viste noe ulike vannmasser mellom utenfor og innenfor terskelen til Grøt fjorden, men forskjellen var ikke stor. Dette var tilfelle både med vannmassene nær overflaten over terskeldypet og vannmassene nedenfor terskeldypet. Salt- og temperaturmålingene tyder på at det lå en ferskere og kaldere "tunge" innerst i Grøt fjorden i de øvre vannmasser, og at saltare og varmere vann bredte seg over terskelen og la seg i dyplaget inne i Grøt fjorden-bassenget. Det var ingen tegn til oksygenfattig vann i Grøt fjorden på denne tid av året.

Da det ble oppdaget en tydelig gradient i målingene av oksygen, temperatur og saltholdighet innover i Grøt fjorden, tyder dette på en viss restriksjon angående omrøringen mellom vannmasser innenfor og utenfor terskelområdet. Gradienten var imidlertid relativt liten, og spesielt angående oksygen var den marginal på langs av fjorden. Vannmassene i Grøt fjorden hadde da trolig hatt full utskiftning for ganske nylig, men det var ikke full omrøring på måletidspunktet.

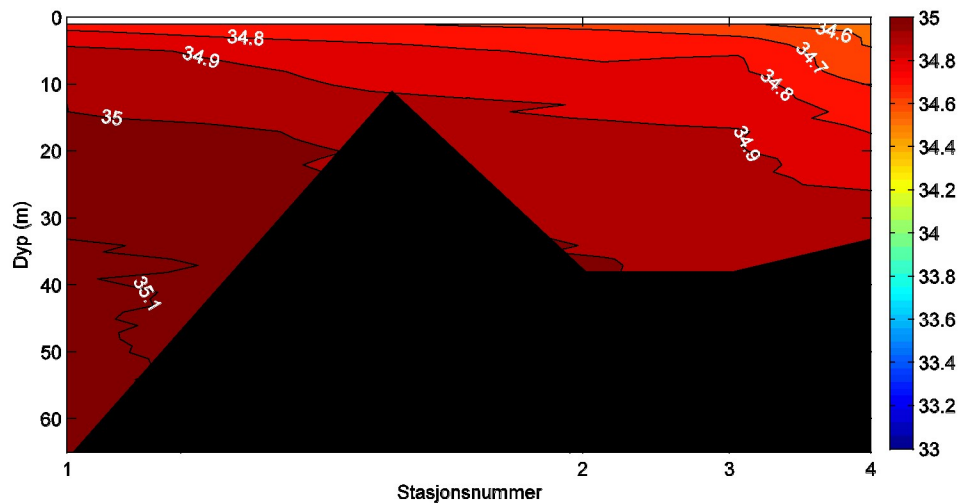
Målingene harmonerer svært bra med modellresultatene, som antydte en utskiftning av vannmassene over terskeldypet i størrelsesorden noen dager og utskiftning av vannmassene under terskeldypet i størrelsesorden noen måneder. Utskiftning av vannmassene under terskeldypet skjer typisk sent om høsten eller vinterstid, da vannet som regel er tyngst og stormer etc. sørger for god gjennomblanding av vannmassene.



a)



b)



c)

Figur 5: Tverrsnitt av a) oksygenmetning, b) temperatur og c) saltholdighet langs Grøtffjorden, med ytterste stasjon (1) til venstre og innerste stasjon (4) til høyre.

Vurderinger angående vannutskiftning ved utfyllinger

Det er tre hovedeffekter av eventuelle utfyllinger angående vannutskiftning i Grøt fjorden. Dette er:

a) Endring i vannutskiftning til dybbassenget i hele Grøt fjorden

Endringen av utskiftning av vannmassene i dybbassenget i forhold til nulltiltak (AA) varierer fra opptil 50 % reduksjon i utskiftningstid med alternativ CB til omtrent 24 % økning med alternativ DB. Det ser altså ut som om det er gunstig med en noe smalere åpning til Grøt fjorden i terskelområdet enn dagens naturlige løsning. Da vil tidevannsstrømmene i terskelområdet bli sterkere. Indre bølger vil bli generert i Grøt fjorden, som vil katalysere den vertikale omblendingen til en viss grad. Dersom åpningen i utfyllingen derimot blir for liten, vil den vertikale omrøringen bli svakere og oppholdstiden til bassengvannet øke i forhold til nulltiltak.

Den mest optimale løsning angående vannutskiftning til dybbassenget er ifølge modellresultatene mellomalternativet CB, med 220 m åpning i utfyllingene, i den dypeste traséen i terskelområdet.

For å overvåke endring i vannkvaliteten i dyplaget i Grøt fjorden, anbefales det å finne oksygenminimum (måle oksygen om høsten) og å hente inn sedimentprøver fra dybbassenget før og et stykke tid etter tiltak for å undersøke endringer i bunnforholdene. Bunndyrsundersøkelse før og etter tiltak er også et anbefalt alternativ.

b) Endring i vannutskiftning til vannmassene over terskeldypet i hele Grøt fjorden

Utskiftning av vannmassene over terskeldypet ser ut til å avta i takt med innsnevring av åpningen til Grøt fjorden ved terskelområdet. Økningen av oppholdstiden er henholdsvis ca. 15 %, 34 % og 62 % for alternativene BB, CB og den smaleste løsning DB.

Den mest optimale løsning for vannutskiftningen til de øvre vannmasser i Grøt fjorden er så bred inngang som mulig, altså et nulltiltak eller eventuelt alternativ BB.

Vannutskiftningen til de øvre vannmasser er på typisk 2-3 dager. Med innsnevring til for eksempel alternativ CB, vil dette føre til en nesten fordobling av utskiftningstid. Dette er likevel en relativt rask utskiftningstid, og det kan antas at det ikke vil føre til negative effekter av endringen i form av vesentlig redusert vannkvalitet i de øvre vannmasser i Grøt fjorden. Eventuelle negative effekter kan mest sannsynlig komme i form av økt eutrofieringsgrad.

For å overvåke endring i vannkvaliteten i de øvre vannmasser som følge av redusert vannutskiftning, kan det anbefales å foreta en strandsoneundersøkelse/ -befaring før og etter tiltak. Det kan også innhentes vannprøver for å registrere næringssalt-innhold.

c) Endring i vannutskiftning/ strømbilde til vannmassene like innenfor utfyllingene

Som direkte følge av utfyllingen i terskelområdet, vil det mest sannsynlig kunne bli etablert noen mindre bukter med vesentlig roligere forhold og redusert utskiftning i forhold til nulltiltak. Slike områder kan bli bakevjeområder med mulig opphopning av næringssalter og med større risiko for eutrofieringseffekter i sommerhalvåret. Dette kan for eksempel være innenfor terskelområdet i vest, like innenfor utfyllingen. Spesielt området i øst, mellom Karigamneset og Storskjæret (Figur 3) vil trolig kunne få lokale, omfattende endringer som følge av redusert bølgevirksomhet og mer stillestående vann. Dette grunne området vil trolig bli et enda mer ekstremt bakevjeområde.

Strømhastigheten i selve terskelåpningen bli høyere. Strømhastigheten vil økes 4 ganger i døgnet og med noen timers varighet, ved stigende og synkende sjø i det halvdaglige tidevannet.

Vannmiljøet og det biologiske mangfold vil kunne endre seg noe i nærliggende området til utfyllingen, som følge av endringene i strømbildet som er skissert ovenfor.

For å overvåke endring i vannkvaliteten i vannmassene like innenfor utfyllingene, anbefales det å foreta en strandsoneundersøkelse/ -befaring før og med påfølgende undersøkelser i årene etter tiltak. Hydrodynamisk modellering for å optimere åpningen og forutsi nye bakevjeområder er også mulig. Evt. kan også biomangfoldet overvåkes ved bunndyrsundersøkelser før og etter tiltak i interesseområdene.

Avbøtende tiltak for utskiftning av vannmasser; rør og kulverter

I forbindelse med punkt c) i foregående kapittel, kan det være gunstig å inkludere rør eller kulverter for å avbøte på større lokale endringer i vannutskiftning/ strømbilde.

Områder med kulverter/ rør foreslås utfra kunnskapsbasert erfaring nedenfor.

Dersom BB velges:

- I området mellom grunnene og strandsonen, på strekningen AB
- I området mellom Karigamneset og liten øy like utenfor Karigamneset, strekning BA.

Dersom CB velges, vil kulvertområder som anbefales være som i BB, men i tillegg:

- Mer omfattende kulvertsystem på strekningen BC.

Dersom DB velges, vil kulvertområder som anbefales være som i CB, men i tillegg:

- Inkludere kulverter på strekningen CD.

Størrelsen, formen og antallet på kulverter/ rør vurderes med bakgrunn i modelleringsresultatene ovenfor og erfaringsbasert skjønn. Eventuelt kan dette granskes/ analyseres ved å sette opp en hydrodynamisk modell. Det er viktig at de i bredde er såpass store at de ikke lett tettes igjen. Vertikalt bør de nå ned til havbunnen.

Oppsummering

Det er i dette notat simulert med modellen FjordEnv for hvilken effekt utfyllinger i terskelområdet i Grøt fjorden vil ha for vannutskiftningen i øvre og dypere vannmasser. Det er også foretatt valideringsundersøkelser i form av CTD-O-målinger, som er målinger av saltholdighet (konduktivitet), temperatur og oksygen med dypet.

Det antas at en reduksjon i vannutskiftning/ økning i oppholdstid for vannmassene vil medføre redusert vannkvalitet/ miljøtilstand.

Modellsimuleringene har vist at vannutskiftningen i bassengdypet øker med noe innsnevring av terskelområdet, men kun inntil et visst punkt. Alternativ CB hadde mest fordelaktige resultater, med en forkorting av oppholdstiden for vannmassene i bassengdypet på ca. 50 %.

Vannutskiftningen til vannmassene over terskeldypet avtok med utfyllinger/ innsnevring av terskelområde, opp til ca. 60 % reduksjon med alternativ BD i forhold til nulltiltaket AA.

Typiske oppholdstider for bassengvannet ble simulert til 2-3 måneder og oppholdstider for vannmassene over terskeldypet 2-3 dager.

Hydrografiske målinger bekreftet at det har vært full omrøring i løpet av senhøsten/ vinteren. Målingene bekreftet også noe restriktiv omrøring av vannmassene, da det ble funnet gradienter både horisontalt og vertikalt i vannsøylen.

Kulverter og/ eller rør kan avbøte på lokale store endringer i utskiftning/ strømbilde like på innsiden av utfyllingene, og således redusere endringer i det biologiske mangfold.

Overvåkning av vannmassene/ strandsonene anbefales, før og etter tiltak.

Det anbefales også å sjekke om ålegressenger eksisterer i området som blir berørt av tiltaket.

Et mindre område ca. 1 km nord/ nordøst for terskelområdet er registrert som gytefelt for torsk (<http://kart.kystverket.no>), men det antas at dette området ikke vil bli berørt av tiltaket.

På vegne av Akvaplan-niva AS

A handwritten signature in blue ink that reads "Øyvind Leikvin".

Øyvind Leikvin

Referanser

Stigebrandt, A., 2001. FjordEnv - A water quality model for fjords and other inshore waters. Göteborg University, Earth sciences centre report C40. 41 sider..