



Svar på høring om tillatelse til utslipp fra foreløpig anleggsvirksomhet samt mudring, dumping og utfylling i forbindelse med bygging av Stad skipstunnel.

Forfattere (alfabetisk)

Lars Asplin, André Marcel Bienfait, Sigurd Heiberg Espeland, Johanna Fall, Karine Gagnon, Bjørn Einar Grøsvik, Vivian Husa, Halvor Knutsen, Tanja Kögel, Terje van der Meeren, Frithjof Moy, Lise Doksæter Sivle, Henning Steen, Jan Erik Stiansen, Brian Stock, Elin Sørhus, Stig Valdersnes

Havforskningsinstituttet 2022



Sammendrag og samlet vurdering av påvirkning

Stad skipstunnel vil knytte sammen to områder som biologisk sett er adskilt i dag. Et gytefelts funksjon som rekrutteringsområde for fisk, er i betydelig grad bestemt av oseanografiske forhold. Gytefelt der egg holdes tilbake kan være fjorder med bestander som opplever lite utveksling av individer med andre bestander og derfor kan ha egne lokale tilpasninger. En endring i strøm og utveksling av pelagiske egg og larver kan derfor ha en avgjørende effekt på om et gytefelt beholder sin opprinnelige funksjon. Havforskningsinstituttet (HI) anbefaler at det vurderes å utvikle ytterligere avbøtende tiltak for å redusere vannutveksling mellom de to fjordsystemene. Et slikt tiltak kunne være å installere en sluse i tunnelen.

Havforskningsinstituttet mener at det i anleggsperioden vil være behov for en rekke avbøtende tiltak. Det er særlig områdenes funksjon som gyte- og oppvekstområder for fisk som bør være i fokus. Oppvekstområder er ikke verifisert ved spesifikke undersøkelser, og heller ikke kartfestet i databasene for naturmangfold. Det kan derfor være behov for ytterligere undersøkelser med hensyn til oppvekstområder for marin fiskeyngel. HI vurderer utslipp av finpartikulært mineralsk materiale fra boring og sprengninger å kunne ha et potensial for betydelig skadevirkning på marint liv. Også oljeholdige forbindelser kan gi negative effekter på tidlige livsstadier hos fisk, selv i svært lave konsentrasjoner. Videre har HI vurdert effekter og avbøtende tiltak av plastforurensing, pH, hydrogensulfid, nitrogentilførsel og undervannsstøy fra anleggsvirksomheten og deponering av masser.

Da det omsøkte arbeidet i utgangspunktet påvirker et lite område, vil potensiale for populasjonseffekter på fisk være liten, men lokalt vil det kunne gi konsekvenser for fiskesamfunn, særlig siden arbeidet skal foregå over en relativt lang periode (4-5 år). Det vil da være spesielt viktig å legge arbeidsperioder utenfor spesielt følsomme tidsrom. Spesielt vil negative effekter på mulige lokale små genetisk adaptive varianter av et bredt spekter av marine organismer permanent kunne redusere motstandskraften til hele det lokale økosystemet, og endre dette for fremtiden. Konsekvensene av det omsøkte arbeidet kan dempes, og i stor grad elimineres ved å gjenbruke massene fra tunnelen, samt rensing, gjenvinning og gjenbruk av tunnelvannet.

Forslag til avbøtende tiltak og innspill med hensyn til grenseverdier

- Når det gjelder å minimere påvirkningen på den lokale gytetorsken, anser vi det viktigste avbøtende tiltaket å være eliminering av stressfaktorer i gytesesongen februar-april og de påfølgende egg- og larvestadiene frem til midten av juni. Bruk av neddykket avløp for tunnelvann og boblegardin for å dempe trykkbølger fra sprengninger er heller ikke anbefalt i denne perioden.
- Det bør settes som standard at steinmasser kan gjenbrukes, og at man får kontrakter på dette før anleggsarbeidet starter. De foreslåtte utfyllings- og deponeringslokalitetene i Moldefjorden er i nærheten av sårbare naturtyper som ålegressenger og tareskog, og avbøtende tiltak bør særlig ta hensyn til dette, blant annet ved høy grad av rensing av avløpsvann for å redusere nedslamming. Restaurering av ålegrasenger etter endt anleggsperiode kan settes som betingelse hvis disse blir ødelagt. Eventuell deponering av masser bør ikke gjøres med splittlekter, men føres ned til bunnen isolert fra vannmassene over deponistedet.



- Det planlegges å ta prøver av bunnfauna, makroalger og ålegrassamfunn for å undersøke grunnlinjestatus før påfølgende overvåking av det fysiske, kjemiske og biologiske miljøet. HI understreker at disse undersøkelsene også må omfatte fiskefauna gitt at mange av påvirkningene fra byggeperioden forventes å påvirke fiskesamfunnene i området. Det bør legges vekt på oppvekstområder da dette ikke er undersøkt eller verifisert så langt. Ytterligere kartlegging av sublittorale gruntvannsområder med hensyn til oppvekstområder bør vurderes.
- Det bør gjennomføres en oppdatert kartlegging av bunnlevende organismer i det berørte området før oppstart av anleggsarbeidene og det bør planlegges og etableres et miljøovervåkingsprogram for å undersøke eventuelle effekter på disse både i anleggsfasen og en periode inn i driftsfasen.
- Siden det anvendes en overordnet modell for støy vil HI anbefale å gjøre lydmålinger på ulike avstander fra sprengningsstedet for å verifisere modellerte lydtrykknivåer, særlig i de områder hvor det befinner seg fisk (eks kjente gyteområder).
- Et nyere studie viser at en enkel boblegardin effektivt demper lyden fra sprenging med 12-20 dB (re 1 μ Pa) spisstrykk (Kvadsheim et al. 2022). Dette er et relativt enkelt og svært effektivt risikoreduserende tiltak, og HI anbefaler derfor å bruke boblegardin i all sprenging i tilknytning til sjø. Bruk av boblegardin anbefales ikke under gytingen og i larvefasen for fisk (februar til midten av juni), og sprengninger nær eller i sjø ikke bør derfor ikke forekomme i dette tidsrommet. Dette vil også omfatte sprengninger i forbindelse med utvidelsen av Saltasundet.
- Det anbefales i tillegg å gjennomføre sprengningsarbeid i området Saltasundet når det nærliggende oppdrettsanlegget er brakklagt. Om dette ikke er mulig bør det gjøres tiltak slik at lydnivåene i anlegget ikke overstiger 160 dB spisstrykk re μ Pa i båndet 20–500Hz, og at det gjøres målinger som kan verifisere dette.
- På grunn av H₂S i bunnsedimentene kan dumping av masser føre til akutt dødelighet hos fisk i det berørte området, og HI støtter anbefalingen i søknaden om at det bør gjennomføres kontinuerlige målinger av H₂S for å verifisere at nivåene er trygge for fisk når dumpingen foregår.
- Sprengningsarbeidene er forventet å føre til utslipp av nitrogen som ammonium eller svært giftig ammoniakk. En senkning av pH ved nøytralisering og surgjøring av tunnelvannet vil være et avbøtende tiltak for å omdanne giftig ammoniakk tilbake til ammoniumioner. Det bør også vurderes å bruke eksplosiver som ikke inneholder ammonium for å unngå problemstillingen.
- For å redusere eventuell spredning av plast til omgivelsene bør det også ses på tiltak som bruk av plastfiberarmert betong med høytetthets plastfibre (som dermed synker i sjøvann), siling av tunnelvann samt lenser for oppsamling av plast før det spres til omgivelsene. Det bør også benyttes plastfrie tennmekanismer som er utviklet for tunnelarbeid.
- Fendret ledekonstruksjon for skip i tunnelen bør vurderes for å hindre utslipp av mikroplast i form av maling eller dekkslitasje og andre kjemikalier som eventuelt behandles med før eller gjennom bruksperioden.
- Dersom steinmasser blir ledet ned på bunnen i de planlagte deponiene med plastrør, bør disse plastrørene evalueres for dannelse og utslipp av mikroplast fra rørene gjennom slitasje.



- For å sikre at tiltakene virker og plastregnskapet stemmer, bør det gjennomføres en kartlegging av plastforurensingen i vannoverflaten og på sjøbunnen før tunnelbyggingen for å måle nåværende tilstand, og oppfølgingsundersøkelser under byggingen og etter at tunnelen har vært i drift en periode
- Metaller bør inngå i overvåkning av tilstand i miljø og biota i berørte områder for å følge med på om det oppstår utfordringer med utslipp av metaller. For å minimere eventuelt metallutslipp bør det stilles krav om innhold av tungmetaller til produsent/leverandør av sprøytebetong.
- Det er i bakgrunnsdokumentasjon til søknaden vist at mengden suspendert stoff kan senkes til 50 – 100 mg/L ved filtrering. Det bør utredes om et sirkulært vannsystem kan opprettes da et slikt system for oppsamling, rensing og gjenbruk ikke bare kan redusere problemer knyttet til suspenderte stoff, men også med henblikk på andre stoffer som nitrogen, olje, plast og pH.
- pH på selve vannet som er planlagt sluppet ut kan føre til umiddelbar lokal fiskedød. Dersom det skal slippes ut tunnelvann slik det er omsøkt, bør det som avbøtende tiltak legges inn en sikkerhetsmargin for justering av pH siden formen nitrogenet foreligger på, og dermed toksisiteten, også er pH avhengig. Ulike metoder for å nøytralisere pH bør vurderes.
- Oljekomponenter, som inkluderer polyaromatiske hydrokarboner (PAHer) og andre persistente organiske forbindelser (POP-er), kan forårsake akutt giftighet samt akkumulere i fisk. Det er vist at subletale defekter i torsk oppstår allerede etter en eksponering for 2,5 µg PAH/L. Mens oljeeksponering sammen med UV-lys (tilsvarende naturlig lys) senket denne grenseverdien ytterligere til 0,5 µg PAH/L, noe som korresponderer til nominelle oljekonsentrasjoner på 50 µg olje/L.
- Det er tidligere vist at eksponering for 10 µg olje/L (0,1 µg PAH/L) på eggstadiet er nok til å redusere svømmeevnen til hyselarver 30 dager senere. Det søkes om grenseverdier på 50 mg olje/L, med konsentrasjon etter primærfortynning på 5 mg olje/L, som i seg selv mye høyere enn det som gir effekter hos torsk og hyse. I lys langvarig anleggsarbeid, særlig sårbarhet for olje hos tidlige livsstadier hos fisk og nærliggende gytefelt med høy retensjon, bør tiltak for å fjerne olje fra avløpsvann og masser til deponi ha særlig høyt fokus.
- Modelleringer i underlagsrapporter viser at planktonisk materiale (virus og lakselus) vil kunne spres utenfra og inn i Moldefjorden i små mengder, samt videre gjennom tunnelen når den er ferdigstilt. Dette vil sannsynligvis også gjelde fiskeegg i øvre vannlag. De periodevise kraftige strømmene i skipstunnelen som beskrevet i underlagsrapporter kan skape problemer av ulike slag, og kan motivere for en sluseløsning i en av endene i tunnelen. En sluse ville også redusert endringer i hydrografiske forhold og transport av biologisk materiale i og mellom Kjødspollen og Moldefjorden.
- Konsekvensene av anleggsarbeidet og inngrepet kan dempes ved å gjenbruke massene fra tunnelen samt rensing, gjenvinning og gjenbruk av tunnelvannet.



Innledning

Havforskningsinstituttet (HI) viser til bestilling av råd/kunnskap fra Statsforvalteren i Vestland i forbindelse med høring av søknader fra Kystverket etter forurensningsloven i forbindelse med bygging av Stad skipstunnel. Søknadene omfatter: 1) tillatelse til utslipp fra midlertidig anleggsvirksomhet (deres referanse 2022/6077), og 2) tillatelse til mudring, dumping og utfylling (deres referanse 2021/5132)

Som nevnt over er det mottatt to søknader fra Kystverket, og høringsinstansene er bedt om å komme med to separate svar. De to søknadene omhandler samme geografiske område med overlappende og tilsvarende tema med utgangspunkt i felles opprinnelse, Stad skipstunnel. HI har ikke tidligere vært involvert i høring i denne saken eller de titalls bakgrunnsdokumenter som ligger til grunn for søknaden. Vi har derfor vurdert sakskomplekset i sin helhet, med forbehold om at vi ikke har hatt tilgang til og lest alt av dokumentasjon og undersøkelser som kan ha vært gjort, og skrevet et felles svar som sendes som likelydende høringsvarsvar på begge søknadene.

I forbindelse med bygging av Stad skipstunnel søker Kystverket om mudring av farledene i Saltasundet og entringsområdene i Moldefjorden og Kjødspollen, samt midlertidig og permanent utfylling i sjø i begge fjorder og deponering av masser i sjødeponi i Moldefjorden. Det er planlagt et sjødeponi på 8 500 000 m³ i Moldefjorden, mens totalt masseuttak fra tunnelen er anslått til 3 800 000 m³ fast fjell samt 5000 m³ forurensede sedimenter i tilstandsklasse III og 45 000 m³ rene løsmasser fra utdyping av Saltasundet. Permanent utfylling i sjø ved entringsområdene i de to fjordene er forventet å utgjøre totalt ca. 1 000 000 m³. Det er foreslått grenseverdier for totalt nitrogen, suspendert stoff, olje og pH for tunnelvannet som slippes ut i forbindelse med arbeidet. Det er planlagt døgnkontinuerlig drift og byggetid for tunnelen er anslått til 4-5 år.

HI er bedt spesielt om å vurdere tiltaket ut fra hensyn til fiskeri-, natur- og havbruksinteresser, inkludert mulig påvirkning på villfisk og oppdrettsfisk, fiskehelse og fiskevelferd, samt forslag til avbøtende tiltak og forslag til grenseverdier.

Det kystnære marine miljøet utgjør et biologisk, geokjemisk og fysisk miljø som er avgjørende for de kystnære økosystemene. Kystsonen i Norge er i økende grad truet av et mangfold av påvirkninger sammenlignet med mange andre økosystemer. Dette omfatter blant annet tilførsel av næringsalter fra landbruk, kloakk fra urbanisering og forurensning fra industriell virksomhet. I tillegg tilføres næringsalter, organisk materiale og kjemikalier fra havbruksvirksomhet. Kystutvikling kan derfor føre til tap av en rekke viktige marine leveområder og økologiske funksjoner. Overutnyttelse av natur i kystsonen vil kunne redusere biologisk mangfold samt endre økosystemstrukturen. I lys av den biologiske verdien av disse områdene bør tap av habitat i kystområder i Norge i størst mulig grad bli forsøkt unngått eller minimeres. De økonomiske kostnadene for samfunnet ved utarming av kysthabitat er ubestridte og godt dokumentert over hele verden.

Grunne, produktive kysthabitater som i det berørte området (bløtbunn, sand- og grusbunn og hardbunn som er bevest med ålegras eller ulike sorter tare), er viktige oppvekstområder for fiskeyngel og umoden fisk. I tillegg er slike grunne områder i eller i nærheten av gyteområder svært viktige. Det er også vanskelig å kvantifisere omfanget og kvaliteten på habitater som er nødvendig for å opprettholde ulike fiskearter sin vekst og rekruttering. Det vil derfor være å foretrekke at massene fra tunneldrivingen behandles som en ressurs siden deponering en langsiktig påvirkning utover anleggsperioden, som vil føre til permanent habitatendring.



Utvalgte uavklarte momenter fra søknadene som vanskeliggjør vurdering

Estimert vannbehov for rigg ved tunnelåpningene er ikke angitt i søknaden. Plassering og utforming av utslippsløsning er heller ikke avgjort eller spesifisert. Det virker ikke å være endelig avgjort om tunnelen skal drives ensidig eller fra begge sider, noe som vil ha store implikasjoner for mulige påvirkninger i de berørte fjordene. Det er heller ikke angitt i søknadene hvilke mengder som skal slippes ut eller hvordan foreslåtte grenseverdier skal fortolkes med hensyn til mengden som skal slippes ut.¹

Det er ikke angitt innhold av metaller i fjellet som skal drives, og økotoksikologisk vurdering av tunnelmassene kan derfor ikke gjøres. I søknaden vurderes sannsynligheten for tungmetaller likevel som lav ut fra bergartene som finnes i området.

Det er lagt til grunn i søknaden at det skal utføres kontinuerlige målinger av turbiditet, pH og vannmengde, men for andre parametere er ikke regimet for overvåkning angitt. Det bør angis hvordan man skal etablere prøvetaking, analyse og dokumentasjon for å vise at foreslåtte grenseverdier overholdes, og data for turbiditet som er et mål på partikkeltetthet i vannmassen, bør oppgis med samme enhet som den angitte grenseverdien (mg/liter). Målemetodene for overvåkning og kontroll av foreslåtte grenseverdier er ikke angitt i søknadene. Harmonisering av metodikk og prøvetaking med eksisterende forskrifter er nødvendig for at foreslåtte grenseverdier skal være meningsfulle. Det er uklart om grenseverdiene gjelder planlagte utslipp eller uhells-utslipp. Akutt forurensing og uforutsette hendelser samt effekter av dette i forbindelse med arbeidet, bør risikovurderes.

Det er ikke undersøkt om de grunne områdene i Moldefjorden og Kjødspollen er viktige oppvekstområder for fiskeyngel, og da spesielt for kysttorsk hvor bestanden er i dårlig forfatning, særlig sør for Stad. Slike yngelundersøkelser kan for eksempel gjennomføres med finmaskede åluser på grunt vann om høsten (van der Meeren m.fl. 2021). Manglende yngelundersøkelser gjør det derfor vanskelig å vurdere i hvilken grad Moldefjorden og Kjødspollen er viktige oppvekstområder for kysttorsk og annen marin fiskeyngel.

¹ I vannforskriften er miljøkvalitetsstandardene angitt både som årlig gjennomsnitt og som maksimal verdi mens for aktivitetsforskriften er kravet til utslippet av olje at det ikke skal overstige oppgitt mengde per liter for en kalendermåned.



Høringstema

De fysiske oseanografiske forholdene knyttet til Stad skipstunnel

En tunnel gjennom Stadlandet som er 36 m bred og 12 m dyp, er planlagt fra Moldefjorden til Kjødspollen. Det er utført flere undersøkelser av de fysiske oseanografiske forholdene og konsekvensen av tunnelen:

- En studie i forventet endring i vannsirkulasjon og hydrografi utført av SINTEF, publisert av NIVA (Golmen m.fl. 2000)
- En modellstudie av Dansk Hydraulisk Institutt (Olsen m.fl. Stad skipstunnel, marin konsekvensvurdering, numerisk modellering av influens. DHI-rapport 12338-YY-OO-R-13800622-1, 2016).
- Et måleprogram utført av Multiconsult (Stad skipstunnel, vannkvalitet/strømhastighet: Rapportene 10243085-02-RIM-RAP-001, 2022; 10243085-01-rimt-rap-001, 2022; 10243085-01-rimt-rap-002, 2022; 10243085-01-rimt-rap-003, 2022; 10243085-01-rimt-rap-004, 2022).

Alle arbeidene virker å være vitenskapelig tilfredsstillende, og viser at begge sider av den planlagte skipstunnelen har innelukkede basseng med redusert naturlig vannutveksling. HI ser ingen grunn til at ytterligere numeriske modellstudier er nødvendig. Multiconsult finner fra sine målinger at det forekom en bassengvannutskiftning i mai 2022, og det er rimelig å anta at vannet skiftes ut minst årlig i både Moldefjorden og Kjødspollen. Modellstudien til DHI indikerer kortere oppholdstid for vannutskiftning etter at tunnelen er åpen, og at dette også inkluderer i noen grad bassengvannet.

Studien fra DHI viser at det i tunnelen vil være en gjennomsnittlig strøm fra Moldefjorden til Kjødspollen på ca. 5,5 cm/s. Det vil også være nokså stor variasjon der strømmen i begge retninger kan være nær 1,0 m/s i kortere perioder. SINTEF sin modellering viser at strømmen i tunnelen kan være opp mot 40 cm/s ved middel høyvann/lavvann i flo/fjære-syklusen. DHI viser videre at planktonisk materiale (virus og lakselus) vil kunne spres utenfra og inn i Moldefjorden i små mengder, samt videre gjennom tunnelen. Dette vil sannsynligvis også gjelde fiskeegg i øvre vannlag. De periodevise kraftige strømmene i skipstunnelen som beskrevet av DHI kan skape problemer av ulike slag, og kan motivere for en sluseløsning i en av endene i tunnelen. En sluse ville også redusert endringer i hydrografiske forhold og transport av biologisk materiale i og mellom Kjødspollen og Moldefjorden.

Kysttorsk

Status for torsk i området

Torskebestandsstrukturen langs den lange norskekysten er kompleks, og forskning peker på flere komponenter i vest og sør: 1) Nordsjøtorsk, 2) vandrende men til dels "kystnær" torsk langs kysten (banktorsk), og 3) mer stasjonær, lokal torsk ved indre kyst og i fjorder. Det er sannsynligvis mange separate gytepopulasjoner innenfor hver av disse "typene" av torsk. Å bevare et slikt mangfold er et grunnleggende mål med forvaltning fordi det bidrar til robusthet ved å opprettholde produktivitet og motstandskraft i møte med miljøendringer. Lokale bestander av fjordtorsk er minst og derfor mest sårbare, og «reguleringer bør gi best mulig beskyttelse» (Aglen m.fl. 2016).

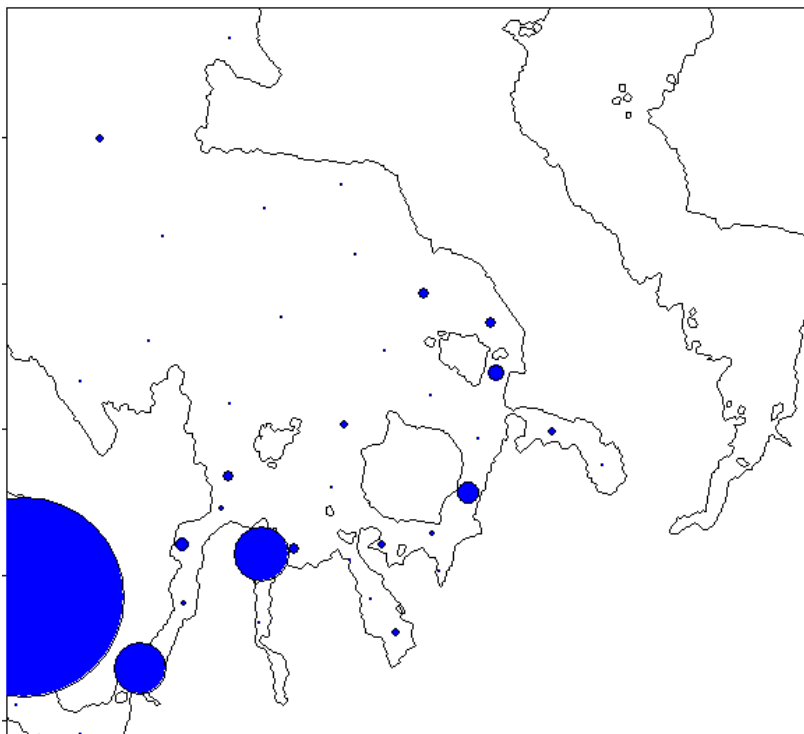


Kysttorskbestandsstatusen vurderes i dag som samlet mellom Stad og Gildeskål (62-67°N), uten skille mellom ytre/vandrende versus indre/fjordtorsk. Vurderingen er basert på garnfangst-per-enhet fra Kystreferanseflåten, en fangst som har vært høyere og økende i delområdet 64-67°N og lavere og avtagende i delområdet 62-64°N. På tvers av begge delområdene viser fiskelengdedata en noe utarmet og forverret bestandsstatus, f.eks. synkende middellengde og økende andel umoden fisk i fangsten.

Det er ingen formell bestandsvurdering for kysttorsk sør for Stad (62°N), da få vitenskapelige data er tilgjengelig. Nedgang i rapportert fiskefangst (kommersiell og rekreasjonsfiske) og de få dataene som finnes, indikerer imidlertid dårlig status. Dette har ført til at det er foreslått ytterligere vernetiltak, blant annet vern av dokumenterte gyteområder (Aglén m.fl. 2016).

Viktige gyteområder for torsk i området

Området sør for Stad ble kartlagt gjennom "Nasjonalt program for kartlegging av marine naturtyper" i 2014, og området nord for Stad ble kartlagt av samme program i 2015. Fordeling av egg er vist i Figur 1.



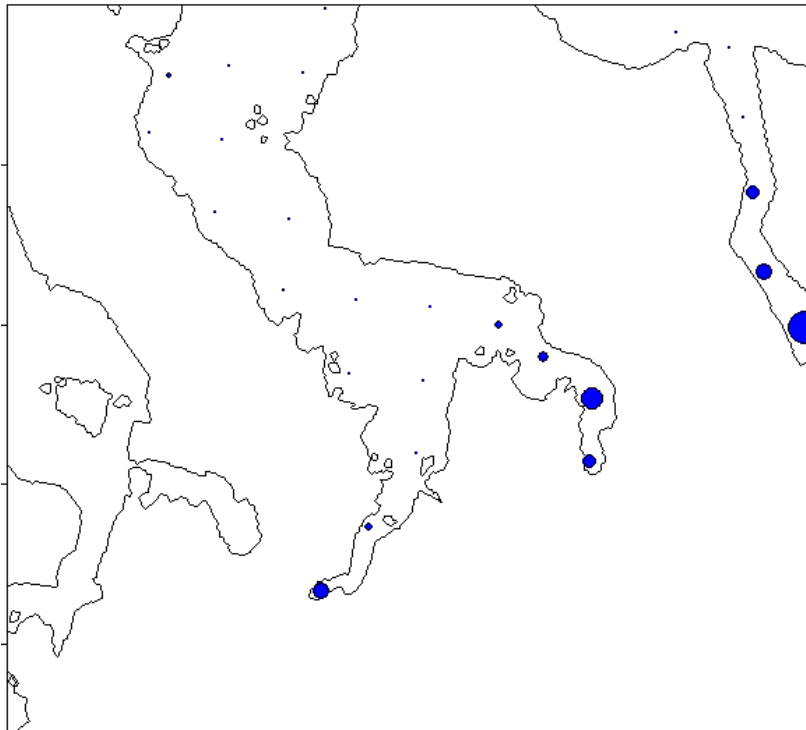
Figur 1: Fordeling av egg i område rundt Moldefjorden. Blå sirkler er skalert i forhold til mengde egg på hver stasjon.

Sør for Stad ble det funnet egg og larver av torsk innenfor Saltasundet, men med hensyn til mengden egg som ble funnet andre steder i det området som ble dekket i Sogn og Fjordane, var antallet for lavt til å bestemme om det foregikk en egen gyting inne i Moldefjorden. Simuleringer som DHI har



utført med en hydrodynamisk modell av spredning av virus og lakselus fra et oppdrettsanlegg i sundet mellom Barmøya og fastlandet sør for Saltasundet viste at en del av disse kan ende opp i Moldefjorden, noe som indikerer at det kan skje transport av torskeegg og larver fra gytefelt og gyteområder sør og vest for Saltasundet til Moldefjorden.

Nord for stad ble det funnet nygytte egg både i Kjødspollen og Syltefjorden, men noe mer egg i sistnevnte (Figur 2). Mengden egg i disse undersøkelsene med hensyn til hva som ble funnet på øvrige stasjoner det året at undersøkelsene ble gjennomført, gjorde at Kjødspollen ble verdisatt som C og Syltefjorden som B. Disse to gytefeltene kan likevel henge sammen gjennom utveksling av gytefisk samt drift av egg og larver.



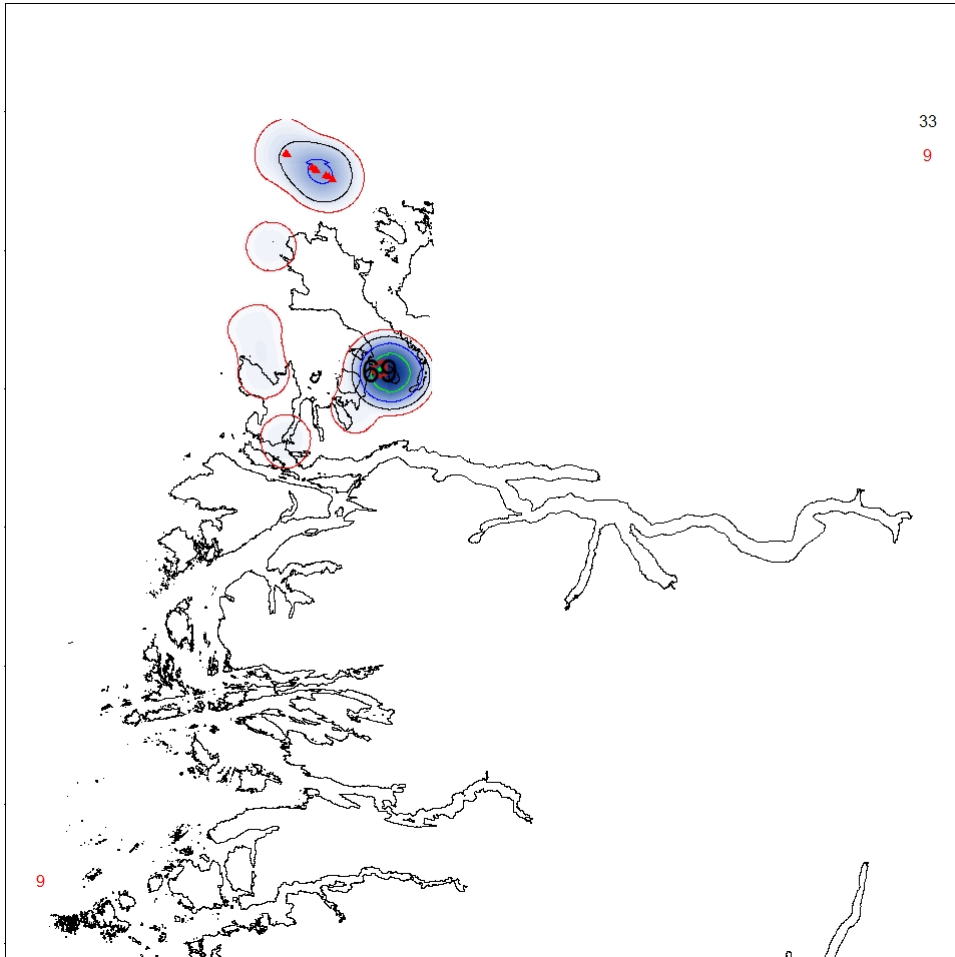
Figur 2: Fordeling av egg i område Vanylvsfjorden, Kjødspollen og Syltefjorden. Blå sirkler er skalert i forhold til mengde egg på hver stasjon.

Antall egg på et gytefelt kan være korrelert med størrelsen på den gytende bestanden, og kan derfor indikere at områder med lite egg er gytefelt for små bestander. Små bestander kan likevel være mer sårbare enn større bestander. Hvor sårbare bestandene er vil også være avhengig av i hvilken grad de gytende populasjonene er knyttet til hverandre gjennom utveksling av individer.

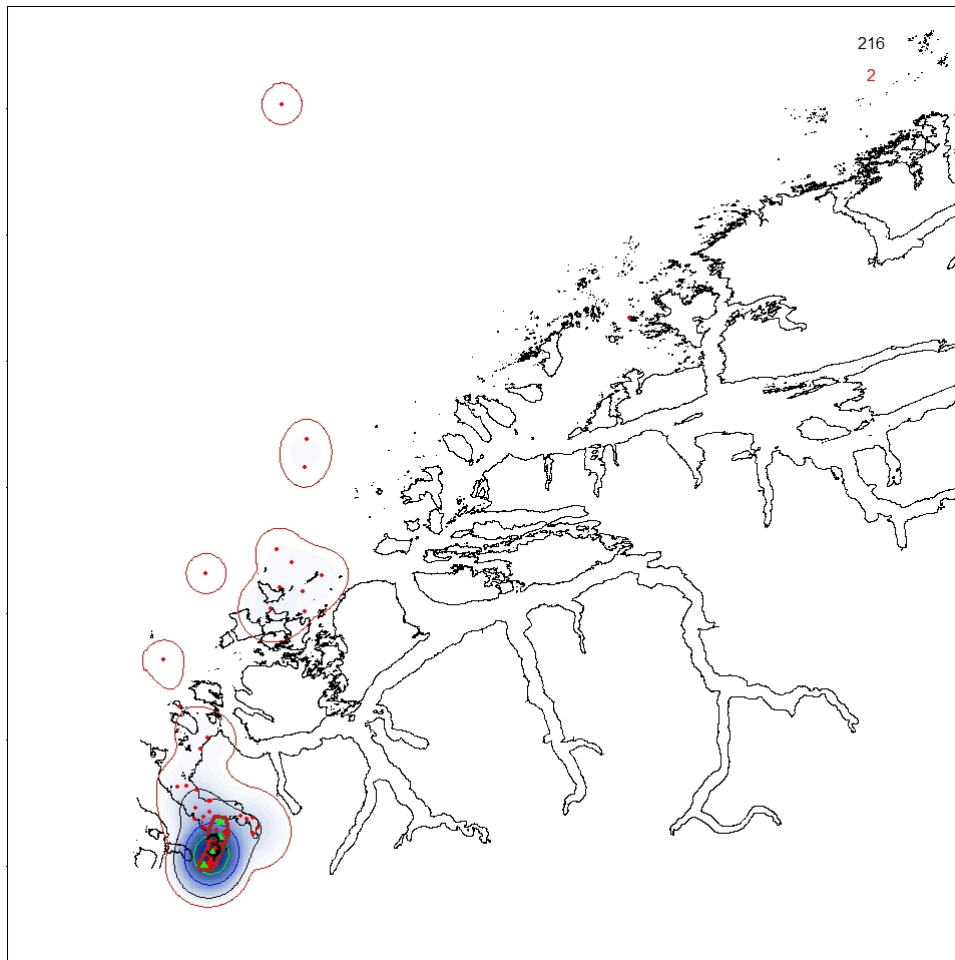
Små sårbare bestander er også utfordrende å kartlegge ettersom tilfeldige feil ved kartleggingsmetoden har relativt sett større påvirkning på antallet egg som blir funnet. Det er derfor stor grad av usikkerhet rundt den biologiske betydningen av gytende fisk i områdene på hver side av Stad som vil bli påvirket av dette tiltaket.



Modellering av drift fra Moldefjorden indikerer at egg gytt i Moldefjorden vil ha omtrent 80% sjanse for å holdes tilbake inne i fjorden. Dette vil være regnet som høy grad av retensjon.



Figur 3: Modellering av drift av egg fra Moldefjorden. Mørk farge indikere områder der det er høy sannsynlighet for å finne egg gytt i Moldefjorden 30 dager senere.



Figur 4: Modellering av drift av egg fra Kjødspollen. Mørk farge indikere områder der det er høy sannsynlighet for å finne egg gytt i Moldefjorden 30 dager senere.

Egg gytt i Kjødspollen vil i svært stor grad bli holdt tilbake inne i Kjødspollen og områdene i indre del av Vanylvsfjorden, og grunne områder her kan derfor være viktige oppvekstområder for yngel som har sin opprinnelse fra gyting i dette området.

Kortsiktige effekter

Kortsiktige effekter av undervannsstøy, spredning av partikler, giftstoffer og forurensninger, og introduksjon av fremmede arter er generelt godt dekket i søknadene. De kumulative virkningene av disse effektene er imidlertid ikke vurdert, og interaksjoner mellom ulike stressorer som følge av deponering og anleggsarbeidet er i liten grad tatt hensyn til. For eksempel vil fisk i området på kort sikt være utsatt for flere stressfaktorer. Dette vil omfatte både voksen fisk samt egg, larver og yngel som kan være særlig sårbare for stresspåvirkninger fordi de i liten eller ingen grad har muligheten til å flykte fra området.

- Støy og trykkløper fra sprengninger som kan påvirke fiskeatferd (unnavikelse, og i umiddelbar nærhet av en punktkilde, dødelighet)



- Eksponering for giftstoffer og forurensninger (subletale og dødelige effekter)
- Plutselige strukturelle endringer i habitat (se også langtidseffekter).
- Oppkomme skapt av et neddykket avløp med ferskvann: en vannheis skapt av tetthetsforskjeller i avløpsvann og omgivende sjøvann som kan bringe planktonorganismer raskt til overflaten (dødelig for fiskelarver med lukket svømmeblære).

Gitt at området inneholder gyteplasser for torsk, forventes det også at denne arten vil bli påvirket i ulike livsstadier – voksen, egg, larver, yngel og ungfisk. I søknaden om utslipp av tunnelvann angis det at neddykket avløp ønskes for å få en fortykningseffekt av suspendert partikulært materiale i utslippet ved at ferskvannet i utslippet vil stige og blande seg med sjøvannet. For torskefisk som har lukket svømmeblære, kan dette få negative konsekvenser for larver som ikke vil være i stand til å motvirke effekter av det økte svømmeblærevolumet som et slikt løft i vannmassene vil innebære. Et løft fra 10 m dyp til overflaten vil innebære en dobling av svømmeblærevolumet, noe som medfører høy dødelighet. I og med at utslippene fra anleggsarbeidet skal foregå over mange år kan dette ha en betydelig effekt i de områdene hvor utslippet vil foregå, og særlig i gytefeltet i Kjødspollen hvor retensjonen er stor og det forventes god forekomst av torskelarver.

Langsiktig påvirkning

Selv med avbøtende tiltak på plass, vil byggingen av tunnelen ha varige påvirkninger på miljøet i Moldefjord og Kjødspollen, samt de nærliggende kystområdene. Områdene nærmest tunnelåpningen i Kjødspollen inneholder tareskog, et leveområde som fungerer som oppvekstområde for torskeyngel og ung umoden torsk. Ved å fjerne en stor del av dette habitatet kan overlevelsen av yngel og ungtorsk i området bli permanent redusert. I tillegg vil sammenkobling av to fjordsystemer permanent endre vannsirkulasjonen og andre oseanografiske forhold i området som kan føre til større spredning av egg og larver til områder hvor betingelsen for gode oppvekstforhold for yngelen er dårligere. Disse påvirkningene er ikke nevnt i søknaden, men den hydrodynamiske modelleringen utført av DHI er av god kvalitet og viser at det vil bli noe kortere oppholdstid for vann i de to fjordsystemene. Dette indikerer økt drift og spredning av fiskeegg og larver.

For øvrig kan tilsynelatende kortsiktige effekter også medføre effekter på lengre sikt fordi arbeidet med tunnelen og utslippene er planlagt å foregå døgntilvarende over flere år. Gyteområder kan derved miste sin betydning ved at fisken kan komme til å unngå disse i et lengre tidsrom, eller ved at negativ påvirkning på larver og yngel kan medføre en varig reduksjon i rekruttering fra de berørte områdene i Moldefjorden og Kjødspollen.

Tare, ålegras, bunnsamfunn

Grunne områder bevakst med ulike tarearter eller ålegras er viktige oppvekstområder for marin fiskeyngel. Særlig ålegras og sukkertare har vist seg å være gode habitater for bl.a. torskeyngel. Ny forskning har i tillegg avdekket at relativt naken bunn med sand, grus og stein, bevakst med rødalger, også kan være viktig habitat for torskeyngel (van der Meeren m.fl. 2021). I søknaden som omhandler utviding av Saltasundet og deponering av sprengstein fra tunnelarbeidet i Moldefjorden,



viser figur 12 at det er større områder som har sand, grus og stein i de grunne områdene, og som derved kan være oppvekstområde for torskeyngel. Med unntak av noen få videotransekter i DHI-rapporten om konsekvensutredning av biologisk mangfold (Dannisøe & Møhlenberg 2016), mangler sublitoral kartlegging og vurdering av denne type habitat ned til 10 m dyp i de eldre grunnlagsundersøkelsene for søknadene. DHI-rapporten angir heller ikke arter i undersøkelsene. Kartlegging av naturtyper i en rapport fra FISHGUARD (Kvalø m.fl. 2016) ble foretatt kun i fjæresonen (mellom høy- og lavvann) og på bløtbunn i de dypere delene av Moldefjorden og Kjødspollen. Denne studien angir arter, men er heller ikke egnet til å vurdere sublittorale gruntvannsområder. Begge disse studiene har relativt få stasjoner som er undersøkt. I Asplan Viak sitt notat (Ihlen & Lunde 2017) anbefales bedre kartlegging av marine naturtyper særlig i nærheten av deponiområder, først og fremst i Moldefjorden som her ble angitt med høy verdi.

To nyere rapporter fra Multiconsult har vurdert konsekvenser som planlagte tiltak vil ha for marint biologisk naturmangfold i Moldefjorden og Kjødspollen (Arff 2021, Vassdal 2021). Ut fra feltundersøkelser med ROV og registrerte naturtyper i databaser ble det her funnet tareskogforekomster av rødlistet sukkertare samt et nytt ålegrasområde ved Osen i Moldefjorden. Videre ble det funnet sjøfjær nær innslagspunktet i Moldefjorden, og OSPAR har nylig pekt på denne naturtypen som viktig oppvekstområde for en rekke fiskearter. Oppvekstområder for fiskeyngel er svært dårlig kartlagt og kartfestet i naturdatabasene, og spesifikke undersøkelser med hensyn til å verifisere oppvekstområder ble heller ikke foretatt av Multiconsult. Videoundersøkelsene til Multiconsult er hovedsakelig gjennomført tre steder i Moldefjorden, i Saltasundet, i den dype delen hvor massedeponiet er planlagt og nær innslagspunktet for tunnelen, samt ved innslagspunktet i Kjødspollen. Funn av nye forekomster med ålegras og sjøfjær i Moldefjorden kan tyde på at grunnlagsundersøkelsene av marint biomangfold tidligere har vært utilstrekkelige. Biomangfold noe lengre unna tiltaksområdene er undersøkt i enda mindre grad, og nye undersøkelser bør vurderes for å få bedre oversikt over naturverdiene i de to fjordområdene.

Blant bunnlevende alger og planter er ålegras den arten som har størst risiko for å kunne påvirkes negativt dersom siktedypet blir nedsatt fra oppvirvling av finpartikulært materiale som følge av anleggsarbeidene (Erftemeijer & Lewis 2006). To av de foreslåtte strand-deponeringslokalitetene i Moldefjorden er i nærheten av ålegressenger, og vi foreslår derfor avbøtende tiltak som bruk av siltgardin(er) med tilstrekkelig liten maskevidde og deponering i oktober til april som er utenom vekstsesongen til ålegras. Hvis forekomstene av ålegras blir skadet av deponeringen foreslår vi krav om restaurering som avbøtende tiltak (Infantes m.fl. 2022). Det svenske sjøfartsverket har tidligere vist hvordan man kan kompensere for inngrep i havmiljøet ved å bygge kunstige rev og skape gode levekår for fisk og krepsdyr (Rapport 2007:40). Makroalger som tang og tare, vil sannsynligvis påvirkes i mindre grad, da disse har god reetableringsevne og ventelig raskt vil kolonisere eventuelle steinutfyllinger i grunne områder.

Utslipp av nitrogenforbindelser vil også kunne ha en negativ effekt på ålegrassamfunn og makroalger.

Tidlige undersøkelser av tangsamfunnet viser at dette i strandsonen er dominert av de vanlige artene grisetang, blæretang og sagtang (Golmen m.fl. 2000). I et tilsvarende habitat er det observert bunnslåing av torskeyngel etter den frittlevende larvefasen (Jørstad m.fl. 2014). Strandsonen i Moldefjorden består for det meste av stein av ulik størrelse og tetthet på sand/mudderbunn. I



Kjødspollen er det noe brattere og større stein og under lavvannsmerket dominerer sukkertare på flere av stasjonene som ble undersøkt. Sukkertareskog er nylig oppført på OSPAR sin liste over truede habitat, og negative effekter på sukkertareforekomstene bør derfor spesielt unngås.

En økning av vanngjennomstrømning som følge utdypninger i seilingsleden (i Saltasundet), samt fremtidig vannutvekslingen i selve tunneltraseen, vil også kunne påvirke ålegress og makroalgefloraen, men for de fleste arter vil dette sannsynligvis gi bedre vekstbetingelser. Økt turbiditet fra finpartikulært materiale vil i anleggsperioden kunne ha en negativ effekt på blåskjell og andre filtrerende bunnlevende organismer. Imidlertid fant NIVA lav forekomst av blåskjell i de to fjordene (Golmen m.fl. 2000).

HI foreslår at det etableres et miljøovervåkingsprogram for å undersøke eventuelle effekter på bunnlevende organismer både i anleggsfasen og en periode inn i driftsfasen.

Undervannsstøy

Undervannstøy beskrevet i begge søknader vil stamme fra sprenging i forbindelse med utbedring av skipsled og driving av selve tunnelen i enden(e) ut mot sjø. HI har i sin årlige rådgivningsrapport (kap. 5 i Sivle m.fl. 2022) beskrevet hvordan sprengningsarbeider i sjø kan påvirke fisk.

Hvordan undervannsstøy fra de sprenginger som er planlagt vil kunne påvirke fisk, er gjennomgått i en egen rapport fra Multiconsult (Fristedt & Jansson 2022). Denne rapporten har modellert støyforplantning i området og viser at forventet lydnivå vil overstige de terskler som gir risiko for skader på fisk i gytefelt og beiteområde vest for Saltasundet under arbeid av fartøyled og under sprenging i Moldefjorden og Kjødspollen ved slutten av tunnelperioden. Modellen som er lagt til grunn, er en svært forenklet modell, og tar ikke høyde for eksempel bunntopografi, refleksjon fra skjær/holmer etc., som kan forventes i et slikt område. Siden det anvendes en overordnet modell vil HI anbefale å gjøre lydmålinger på ulike avstander fra sprengningsstedet for å verifisere modellerte lydtryknivåer, særlig i de områder hvor det befinner seg fisk (f.eks. kjente gyteområder).

Fisk vil potensielt påvirkes både ved direkte skade som følge av trykkbølgen, og ved atferdsrespons (f.eks. svømme bort fra området, blir mer aktive eller avbryter pågående beiting, eller at viktig biologisk lyd maskeres og atferd som predatorunngåelse og gyteatferd blir svekket).

Rapporten fra Multiconsult viser at tett på sprengningsarbeidet, vil nivåene overstige tersklene for risiko for skade. Et nyere studie viser at en enkel boblegardin effektivt demper lyden fra sprenging med 12-20 dB (re 1 μ Pa) spissttrykk (Kvadsheim m.fl. 2022). HI tilrår derfor å bruke boblegardin i all sprenging i tilknytning til sjø, men at sprengninger med bruk av boblegardin må skje utenfor gyte- og larveperioden for torskefisk (1. februar-15. juni), jfr. effekt av trykkfall for fiskelarver hvis larvene bringes hurtig til overflaten slik dette er beskrevet i avsnittet om kortsiktige effekter ovenfor. En boblegardin vil også kunne føre fiskelarver hurtig til overflaten med økt dødelighet som resultat. Boblegardin er et svært effektivt risikoreducerende tiltak, og HI anbefaler derfor bruk av boblegardin i alle sprenginger som skal foregå i tilknytning til sjø. Dette fordi i et åpent kystnært farvann vil kunne forventes at det oppholder seg fisk til enhver tid, og en bør derfor prøve å unngå å utsette disse for hørselskade, da hørselsansen er helt essensiell for fiskens overlevelse.



Når det gjelder adferdseffekter på større fisk, er det særlig under gyteperioden at fisken er sårbar, da en vellykket gyting er essensielt for bestandens rekruttering. Andre deler av året kan fisken ofte finne egnede habitater andre steder, men gyteaktivitet er ofte svært stedsspesifikk. Av de artene som gyter i nærområdet er det torsk og hyse som ansees som viktigst å skjerme, da disse er fiskearter som kan være svært lokale, og hvor både hørsel og bruk av lyd er viktig under kurtise og selve gyteforløpet. HI fraråder derfor sprengningsarbeid med bruk av boblegardin i Saltasundet i perioden mellom 1. februar og 15. juni. I tillegg er Kjødspollen gyteområde for kysttorsk, så av samme grunn frarådes sprengningsarbeid her i perioden 1. februar til 15. juni.

Det ligger også et oppdrettsanlegg i nærheten av området som skal sprenges i Saltasundet i forbindelse med utbedring av skipsled. Et forsøk gjort av HI sammen med FFI på hvordan sprengning påvirker oppdrettslaks i merd viste ingen fysiologiske skader eller endringer i foropptak etc. ved nivåer $>163\text{dB}$ re μPa spisstrykk i fiskens høreområde 20–500 Hz. Disse nivåene gav imidlertid kortvarige atferdsrespons i form av kortvarig økt svømmehastighet (startlerespons) (Kvadsheim m.fl. 2022). Det anfalles i første omgang å gjennomføre sprengningsarbeid når anlegget er brakklagt. Om dette ikke er mulig bør det gjøres tiltak slik at lydnivåene i anlegget ikke overstiger 160 dB spisstrykk re μPa i båndet 20–500Hz, og at det gjøres målinger som kan verifisere dette.

Nitrogen

Ved bruk av ammoniumnitrat til sprengning oppstår det rester av ueksplodert sprengstoff, som vil være en utfordring siden ammoniumioner blir omdannet til ammoniakk ved høy pH (basiske betingelser). Det er forventet at tunnelvannet som produseres ut vil være basisk og dermed inneholde ammoniakk. Ammoniakk er svært giftig for vannlevende organismer, inkludert for fisk selv i lave konsentrasjoner. Det for eksempel observert økt dødelighet hos torskeyngel ved konsentrasjoner i området 0,019 - 0,082 mg/L $\text{NH}_3\text{-N}$ (van der Meeren & Mangor-Jensen 2020). Som avbøtende tiltak vil senkning av pH ved nøytralisering og surgjøring av tunnelvannet omdanne giftig ammoniakk tilbake ammoniumioner. Det bør også vurderes å bruke eksplosiver som ikke inneholder ammonium for å unngå problemstillingen.

Utslipp av nitrogenforbindelser vil i tillegg kunne føre til overgjødning av vannmassene med økt produksjon av planteplankton med påfølgende svikt i oksygenivåene på bunn. Undersøkelser i Moldefjorden viser at denne har lave oksygenverdier i utgangspunktet og er definert som en naturlig oksygenfattig fjord. En overgjødningssituasjon kan forverre dette og føre til så lave oksygenivåer at ingen organismer kan leve der. Det er i prosjektet satt øvre grenseverdier for konsentrasjoner av nitrogenforbindelser per liter. Dette sier imidlertid lite om hvilken effekt dette vil ha i miljøet da effekten vil bestemmes av hvor mye som slippes ut i løpet av ett gitt tidsrom og hvordan nitrogenforbindelsene vil spres i miljøet. Det bør derfor gjøres en beregning av hvor mye som slippes ut og en spredningsmodellering fra utslippspunktene.

Plast



«Mulige tiltak for å minimere innholdet av plast i tunnelmassene og avløpsvannet er å unngå bruk av plastfiberarmert betong. Videre bør det brukes tennere av en type som i liten eller ingen grad etterlater seg plastrester, for eksempel Shock*Star PF fra AustinPowder (https://www.austin.cz/site/source/en_pib_shockstar_pf.pdf) som er laget spesielt for tunnelarbeid der plastrester må elimineres fra sprengsteinen. For å redusere eventuell spredning av plast til omgivelsene bør det også ses på tiltak som bruk av plastfiberarmert betong med høytetthets plastfibre (som dermed synker i sjøvann), siling av tunnelvann samt lenser for oppsamling av plast før det spres til omgivelsene.

Det er satt krav til entreprenør om et positivt plastregnskap, dvs. at det skal samles opp mer plast enn det som tilføres. Andre tiltak kan være å unngå plastfiberarmert betong, dersom mulig, og dette bør ha enda høyre prioritet i skipstunnelen enn i tradisjonell vanlig tørr tunnel. I tørr tunnel anbefaler en rapport fra vegvesenet at prelltapsfibre fanges opp før de havner i vannsystemer (Likhosherskaya & Nyembwe 2012), noe som vil være vanskelig i en skipstunnel med vannføring.

Fendret ledekonstruksjon for skip i tunnelen bør vurderes for å hindre utslipp av mikroplast i form av maling eller dekkslitasje og andre kjemikalier som eventuelt utstyr behandles med før eller gjennom bruksperioden. Småbåthavn med eventuell tilhørende landfasilitet bør tilrettelegge for oppfangning av bunnstoffrester ved fjerning/fornyelse av båtmaling.

Dersom steinmasser blir ledet ned i fjorden i plastrør, bør disse plastrørene evalueres for dannelse og utslipp av mikroplast fra rørene gjennom slitasje. Slik slitasje er et kjent problem i lakseoppdrett, der fôr og rensesvamper transporteres med høyt trykk gjennom plastrør (Gomiero m.fl. 2020). Oppdrettsindustrien har begynt å se etter alternativer og utreder konsekvenser i forhold til dette. Transport av mineralpartikler eller steinmasser gjennom plastrør vil sannsynligvis også føre til slitasje på innsiden av røret. Mengden av plast som kan slippe ut i fjorden fra rørsitasje bør beregnes.

Plastregnskapet bør føres, i tillegg til et mengdeestimat, etter kategorier som plasttype og plaststørrelse på plastforurensingen da negativ innvirkning på marine organismer avhenger av dette (Kögel m.fl. 2020). Det er vist at plastpartikler fordeles forskjellig i vannmassene når man sammenligner stor mikroplast med liten mikroplast (Haave m.fl. 2019), mens nanoplast nesten ikke synker det hele tatt (Ter Halle m.fl. 2017). En slik størrelseskategorisering av plast er derfor nødvendig for å ikke ende opp med at mer skadelige plasttyper blir tilført resipienten, mens mer harmløs plast blir samlet opp. I plastregnskapet bør derfor også kilder for mikro- og nanoplast som bildekkslitasje, malingrester og slipemiddel (fra skrubbemidler og sandblåsing) estimeres og regnes med. Beregnet plastkonsentrasjon i vannmassene bør sammenlignes med aktuelle miljøtoksisitetsstudier, der det tas hensyn til både plastmengde, partikkelstørrelse og plasttype.

Havstrategidirektivet legger til grunn at mengden og sammensetningen av marint søppel ikke fører til skade for marint- eller kystmiljø. Mange av disse prinsippene, som for eksempel FNs bærekraftsmål 14, er gjentatt i rådsdirektiv 2019/904 (EU 2019/904). For å sikre at tiltakene virker og plastregnskapet stemmer, bør det gjennomføres en kartlegging av plastforurensingen i vannoverflaten og på sjøbunnen før tunnelbyggingen for å måle nåværende tilstand, og oppfølgingsundersøkelser under byggingen og etter at tunnelen har vært i drift en periode. Når kartleggingen skal planlegges kan kartleggingsplanen fra AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme) brukes som veiledning (Provencher m.fl. 2022).



Metaller

Ifølge "Søknad om til utslipp til luft og sjø fra tunneldriving (31.03.2022)" er det, med bakgrunn av de foreliggende bergarter man har funnet i bergmassene, ikke forventet at tunnelmassene kommer til å inneholde betydelige mengder tungmetaller. Imidlertid er det ikke foretatt analyser av borekjerne som kan bekrefte dette. Det opplyses i søknaden at sprøytebetong kan være en kilde for tungmetaller. Metaller bør derfor inngå i overvåking av tilstand i miljø og biota i berørte områder for å følge med på om det oppstår utfordringer med utslipp av metaller. For å minimere utslippet fra betongen bør det stilles krav om innhold av tungmetaller til produsenten/leverandøren av sprøytebetongen.

Suspendert partikulært materiale

Ifølge "Teknisk rapport Nr.9" (Behandling og utslipp av driftsvann fra tunnelanlegg)» forventes det en stor variasjon av suspendert stoff (SS) i tunnelvannet. Mengden SS er forventet å ligge mellom 100 og 20 000 mg/L og kan reduseres ved sedimentering. Boring må ansees som den største kilden til finoppmalt stein og dermed suspendert stoff. Under boringen ligger vannforbruket på 20-25 m³/time og med omtrent 9 timer boring per døgn er det snakk om produksjon av 180 - 225 m³ (180 000 – 225 000 L) kontaminert tunnelvann daglig. Rapporten viser at mengden SS kan senkes til 50 – 100 mg/L ved filtrering, men denne opsjonen ser ut til å være valgt bort i søknaden av ukjent grunn. Partikkelstørrelsesfordelingen av SS bør bli karakterisert med moderne metoder (e.g. light scattering) for å undersøke om SS inneholder nanofraksjon før en endelig vannrenningsmetode blir valgt.

Med ovenfor nevnt vannforbruk kan totalmengden vann brukt for boring over 5 år estimeres til å ligge på over 410 000 000 L. Det virker dermed potensielt å være svært store mengder med tunnelvann som blir sluppet ut, og derfor bør det utredes om et sirkulært vannsystem kunne opprettes. Det finnes i dag kommersielt tilgjengelig automatiserte filtreringsanlegg som er i stand til å filtrere tunnelvann ned til 10 µm. Et slikt sirkulært vannsystem ville ikke bare redusere problemer knyttet til SS, men også med henblikk på nitrogen, plast og pH.

Effekter av partikulært materiale på marint biologisk liv kan være omfattende, avhengig av partikkelkonsentrasjoner, partiklens beskaffenhet og innhold av metaller. Grunnet stor overflate-til-volum forhold vil metaller lettere kunne løses fra små frittstående partikler sammenlignet med større partikler som synker til bunns. En mengde organismer filtrerer vannmassene i sin jakt på mat, for eksempel svamper og koralldyr, og gravende organismer som børstemark kan spise mineralpartikler i bunnsediment i sin jakt på organisk materiale som mat. For eksempel er knust stein funnet å påvirke svamper negativt (Kutti m.fl. 2015), og selv små mengder mineralpartikler vil kunne påvirke økosystemet i bunnsedimentet (Mevenkamp m.fl. 2017). Mineralpartikler som svever fritt i vannmassene, kan også skade planktonorganismer. Det er vist at mineralpartikler kan feste seg på pelagiske fiskeegg (som hos torsk og hyse), og få egg til å synke (Reinardy m.fl. 2019, Farkas m.fl. 2021). Dette kan øke eggdødelighet. Videre er det vist at hoppekreps spiser mineralpartikler av samme størrelse som planteplankton, noe som kan redusere reproduksjon hos disse dyrene



(Paffenhöfer 1972, Farkas m.fl. 2017). Hoppekreps er den viktigste føden for de fleste fiskelarver, inkludert torskelarver, og for større pelagisk fisk som for eksempel sild, makrell og brisling. Mulige effekter av dette må vurderes i lys av at Kjødspollen er et gytefelt med stor retensjon, og at Moldefjorden kan ha egen lokal gyting samt tilførsel av egg og larver fra gytefelt/gyteområder like utenfor og sør for Saltasundet.

Ut fra skadepotensialet til mineralpartikler og siden utslippene vil ha et stort volum og skal foregå døgkontinuerlig i lang tid, anbefaler HI en betydelig innsats på å holde konsentrasjonene i avløpsvannet fra tunneldrivingen lavest mulig. Det nevnes konsentrasjoner som 400 mg/L i avløpet, med fortykning til 40 mg/L etter utslippet har funnet sted ved neddykket avløp. Av grunner nevnt ovenfor i avsnittet om korttidseffekter anbefaler HI ikke neddykket utslipp, i alle fall ikke i larveperioden til fisk (1. mars - 15. juni for torskefisk). Det må også nevnes at tillatelsene som er gitt av Miljødirektoratet for sjødeponier av gruveavfall i Førdefjorden og Repparfjorden opererer med konsentrasjoner på 2-3 mg/L partikulært materiale ved deponigrensene.

Når det gjelder deponering av sprengstein fra tunneldrivingen er det også her være viktig å minimere mengden av finpartikler i massene. Bruk av splittlekter vil kunne gi omfattende spredning av finpartikulært materiale i overflatelagene, og et arrangement for å lede masser for deponering skjermet med til bunnen av det planlagte deponiet i Moldefjorden, er derfor langt å foretrekke.

pH

Tunnelvannet som slippes ut, vil inneholde komponenter som gir vannet basisk karakter, og det er foreslått en grenseverdi for pH med et intervall på 7-10. I teknisk rapport nr.9 fremgår det at pH-området der man normalt ikke ser skadelige effekter på fisk, er 5-9, og den europeiske innlandsfiskekommisjonen EIFAC har vist at basisk pH i området over 9 kan være skadelig for fisk. Samtidig kan pH over 9,5 være skadelig for utviklingsstadier for fisk samt dødelig for fisk over lengre tids eksponering. Ved høyere pH enn 10 vil fisken dø etter lengre eller kort tid. Le Louarn & Webb har funnet ut at for nylig klekket yngel førte en pH på 10 til 29.3% redusert overlevelse. Dette indikerer at lokale endringer i pH kan ha katastrofale effekter på det marine liv som blir berørt.

Selv om det er lagt til grunn en primærfortynning på 1:10 vil pH på selve vannet som slippes ut dermed kunne føre til umiddelbar lokal fiskedød på grunn av pH effekter direkte. Dersom det skal slippes ut tunnelvann slik det er omsøkt, bør det som avbøtende tiltak legges inn en sikkerhetsmargin for justering av pH. I tillegg bør det tas hensyn til nitrogenet som slippes ut da formen dette foreligger på, og dermed toksisiteten, også er pH avhengig (se avsnittet om nitrogen ovenfor).

Til nøytralisering av tunnelvann med høy pH, for eksempel etter bruk av sementprodukter, er det nevnt tilsetning av karbondioksid (CO₂) som en miljøvennlig opsjon i teknisk rapport nr.9. Hvis denne metoden kan brukes, bør det undersøkes om CO₂ fra karbonfangstanlegg kan brukes for å øke bærekraften til prosjektet. En annen mulighet kan være å benytte saltsyre da dette kun vil generere kloridioner som er et svært vanlig element i sjøen fra før.



Hydrogensulfid

Undesøkelser av bløtbunnsamfunn utført av UiB og NIVA henholdsvis i 1985 og 1988, viste at bunnfaunaen i indre del av Moldefjorden og i dypbassenget i ytre del var artsfattig og dominert av forurensningstolerante arter (ref. Appendix 3, NIVA-rapport 1988-2125). Bunnsedimentene under ca. 50 m dyp hadde svært høyt organisk innhold, og det luktet H₂S av sedimentet i det indre bassenget. Også i Kjødspollen ble det den gang påvist perioder med kritisk lavt oksygeninnhold i dypvannet, og bunnsedimenter med høyt organisk innhold og som luktet sterkt av H₂S. Da bunnsamfunnene er svært artsfattige, vurderes dumping av stein i de dype områdene av Moldefjorden, utslipp av H₂S og sedimentering av finmateriale å ha liten negativ effekt på disse bunnsamfunnene.

Derimot er det velkjent at fisk er spesielt sårbare overfor H₂S. H₂S er hverken bioakkumulerbart eller persistent, men er akutt toksisk for akvatiske organismer. Forbindelsen er klassifisert som akvatisk akutt kategori 1 og er dermed meget giftig for liv i vann med en LC50 verdi for fisk < 1 mg/L. H₂S har en PNEC (predicted no effect concentration) på 0,003 µg/L i marint vann. HI støtter derfor forslaget i søknaden om at det bør gjennomføres kontinuerlige målinger av H₂S for å verifisere at nivåene er trygge for fisk når dumpingen foregår, for å unngå akutt dødelighet hos fisk i det berørte området.

Olje/PAH/Organiske miljøgifter

Oljekomponenter, som inkluderer polyaromatiske hydrokarboner (PAH-er) og andre persistente organiske forbindelser (POP-er), kan forårsake akutt giftighet samt akkumulere i fisk (Beyer m.fl. 2020, Grøsvik m.fl. 2009) og i næringskjeden (Carls m.fl. 2006, Hansen m.fl. 2020). Organismer under utvikling er spesielt sårbare for ytre påvirkninger. Eksponering av tidlige livsstadier for petrogene forbindelser kan forårsake akutt giftighet og i tillegg medføre en rekke subletale defekter som kan resultere i feilutvikling og forsinket økt dødelighet. Det er vist at subletale defekter i torsk oppstår allerede etter en eksponering for 2,5 µg PAH/L (Sørensen m.fl. 2017, Hansen m.fl. 2019). Mens oljeeksponering sammen med UV-lys (tilsvarende naturlig lys) senket denne grenseverdien ytterligere til 0,5 µg PAH/L, noe som korresponderer til nominelle oljekonsentrasjoner på 50 µg olje/L (Aranguren-Abadía m.fl. 2021). Andre arter har vist seg å være enda mer følsomme for oljeforurensning. For eksempel var eksponering for 10 µg olje/L (0,1 µg PAH/L) på eggstadiet nok til å redusere svømmeevnen til hyselarver 30 dager senere (Cresci m.fl. 2020).

Det søkes om grenseverdier på 50 mg olje/L, med konsentrasjon etter primærfortynning på 5 mg olje/L. Dette er i seg selv mye høyere enn det som gir effekter hos larver av torsk og hyse. Samtidig mangler det detaljer på mengder. Det vil si om denne grenseverdien gjelder per måned eller hele byggeperioden. Til sammenligning er det definert i Aktivitetsforskriften 60a: «Oljeinnholdet i produsert vann som slippes til sjø, skal være så lavt som mulig, jf. Rammeforskriften kapittel II og styringsforskriften § 7 og § 8. Oljeinnholdet skal uansett ikke overstige 30 mg olje per liter vann som veid gjennomsnitt for en kalendermåned.» Fortynningseffekten i en fjord er langt ifra den samme som i Nordsjøen. Grenseverdier for utslipp bør dermed være tilsvarende lavere. Spesielt viktig er det



at Kjødspollen er gytefelt med høy retensjon og at studiene referert ovenfor viser at tidlige livsstadier hos fisk (egg og larver) er særlig sårbare for oljeeksponering.

Referanser

Aglen, A., Nedreaas, K., Moland, E., Knutsen, H., Kleiven, A.R., Johannessen, T., Wehde, H., Jørgensen, T., Espeland, S.H., Olsen, E.M., Knutsen, J.A. (2016). Oppdatert kunnskapsstatus om kystnær torsk i Sør Norge., *Fisken og Havet* 4-2016. 48 pp.

https://www.hi.no/resources/publikasjoner/fisken-og-havet/2016/fh_4-2015_kysttorsk_so_30.05_til_web.pdf

Aranguren-Abadía, L., Yadetie, F., Donald, C.E., Sørhus, E., Myklatun, L.E., Zhang, X., Lie, K.K., Perrichon, P., Nakken, C.L., Durif, C., Shema, S., Browman, H.I., Skiftesvik, A.B., Goksøy, A., Meier, S. & Karlsen, O.A. (2021). Photo-enhanced toxicity of crude oil on early developmental stages of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Sci. Total Environ.*, 150697.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150697>

Beyer, J., Goksøy, A., Hjermann, D. & Klungsøy, J. (2020). Environmental effects of offshore produced water discharges: A review focused on the Norwegian continental shelf. *Mar. Environ. Res.* 162, 105155. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105155>

Carls, M.G., Short, J.W. & Payne, J., 2006. Accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons by *Neocalanus* copepods in Port Valdez, Alaska. *Mar. Pollut. Bull.* 52, 1480-1489.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.05.008>

Cresci, A., Browman, H.I., Skiftesvik, A.B., Shema, S., Bjelland, R., Durif, C., Foretich, M., Di Persia, C., Lucchese, V., Vikebø, F. & Sørhus, E. (2020). Effects of exposure to low concentrations of oil on expression of cytochrome P4501a and routine swimming speed of Atlantic haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) larvae in situ. *Environ. Sci. Technol.*

<https://doi.org/10.1021/acs.est.0c04889>

Dannisøe, J.G. & Møhlenberg, F. (2016). Stad skipstunnel. Konsekvensvurdering af biologisk mangfold. DHI rapport nr. 12338-YY-OO-R-13800622-1. 57 pp.

<https://webhotel3.gisline.no/GisLinePlanarkiv/4649/1441201702/Dokumenter/2-2-temarapport---naturmangfold-sjo.pdf>

Erftemeijer, P.L.A. & Lewis R.R.R. (2006). Environmental impacts of dredging on seagrasses: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 52 (12) 1553-1572,

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.09.006>.

Farkas, J., Alti, D., Hamme, K.M., Hellstrøm, K.C., Boot, A.M. & Hansen, B.H. (2017). Characterisation of fine-grained tailings from a marble processing plant and their acute effects on the copepod *Calanus finmarchicus*. *Chemosphere* 169: 700-708.

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.118>

Farkas, J., Nordtug, T., Svendheim, L.H., Amico, E.D., Davies, E.J., Ciesielskic, T., Jenssen, B.M.,

Kristensen, T., Olsvik, P.A. & Hansen, B.H. (2021). Effects of mine tailing exposure on early life stages



of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). Environmental Research 200, 111447. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111447>

Fristedt, T. & Jansson, P. (2022). Undervannsstøy i forbindelse med sprenging. Kystsaksnr. 2021/1246 Stad Skipstunnel. Multiconsult Rapport nr. 10226405-04-RIMT-RAP-001. 27 pp. <https://www.statsforvalteren.no/contentassets/c68989120f274a5a96e3cf8ece6e69b3/vedlegg-5.-10226405-04-rimt-rap-001-undervannsstoy-i-forbindelse-med-sprenging.pdf>

Golmen, L.G., Kroglund, T., Lømsland, E., Bjerknes, V. & Rygg, B. (2000). Stad skipstunnel. Forprosjekt, miljø tema vassureining og marinbiologi. NIVA Rapport L.nr. 4294-2000, 67 pp. <https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/handle/11250/211035>

Gomiero, A., Haave, M., Kögel, T., Bjørøy, Ø., Gjessing, M., Berg Lea, T., Horve, E. Martins, C. & Olafsen, T. (2020). Tracking of Plastic emissions from aquaculture industry. NORCE Report n. 4 /2020 <https://norceresearch.brage.unit.no/norceresearch-xmlui/bitstream/handle/11250/2649891/Rapport%20NORCE%20milj%C3%B8%204-2020.pdf?sequence=4>

Grøsvik, B.E., Meier, S., B. Liewenborg, Nesje, G., Westrheim, K., Fonn, M., Kjesbu, O.S., Skarphéðinsdóttir, H. & Klungsoyr, J. (2009). Condition Monitoring in the Water Column 2008: Oil Hydrocarbons in Fish from Norwegian Waters. Institute of Marine Research, Bergen, Norway, p. 61 https://www.hi.no/resources/publikasjoner/rapport-fra-havforskningen/2009/havrapp_2009-2_til_web.pdf

Hansen, B.H., Sørensen, L., Størseth, T.R., Altin, D., Gonzalez, S.V., Skancke, J., Rønsberg, M.U. & Nordtug, T. (2020). The use of PAH, metabolite and lipid profiling to assess exposure and effects of produced water discharges on pelagic copepods. Sci. Total Environ. 714, 136674. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136674>

Hansen, B.H., Sørensen, L., Størseth, T.R., Nepstad, R., Altin, D., Krause, D., Meier, S. & Nordtug, T. (2019). Embryonic exposure to produced water can cause cardiac toxicity and deformations in Atlantic cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) larvae. Mar. Environ. Res. 148, 81-86. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.05.009>

Haave, M., Lorenz, C., Primpke S. & Gerdt G. (2019). Different stories told by small and large microplastics in sediment - first report of microplastic concentrations in an urban recipient in Norway. Mar. Pollut. Bull., 141: 501-513. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.02.015>

Ihlen, P.G. & Lunde, R. (2017). Vurdering av naturmangfold i sjø i forhold til Naturmangfoldloven §§ 8-12. Asplan Viak, Notat til Dr Techn Olav Olsen As, 04.05.2017. 8 pp. <https://webhotel3.gisline.no/GisLinePlanarkiv/4649/1441201702/Dokumenter/vurdering-av-marine-naturtyper-i-forhold-til-naturmangfoldloven.pdf>

Infantes, E., Rinde, E. & Kvile, K.Ø. (2022). Restaurering av ålegrasenger. En praktisk veileder utviklet for Oslo kommune. NIVA L.nr. 7693-2022. 38 pp. https://www.klimaoslo.no/wp-content/uploads/sites/88/2022/02/Veileder_restaurering_av_alegras_NIVA.pdf

Jørstad, K.E., Otterå, H., van der Meeren, T., Dahle, G., Paulsen, Bakke, G., & Svåsand, T. (2014). Genetic marking of farmed atlantic cod (*Gadus morhua* L.) and detection of escapes from a



commercial cod farm. ICES Journal of Marine Science 71: 574-584.

<https://doi.org/10.1093/icesjms/fst171>

Kutti, T., Bannister, R.J., Fosså, J.H., Krogness, C.M., Tjensvoll, I. & Søvnik, G. (2015). Metabolic responses of the deep-water sponge *Geodia barretti* to suspended bottom sediment, simulated mine tailings and drill cuttings. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 473: 64-72.

<https://doi.org/10.1016/j.jembe.2015.07.017>

Kvadsheim, P., Søvnik, A.A., Rokke, E., Kolstrup, M.L., Forland, T., Pedersen, E., Grimstbø, E., Dale, O.B., Stene, A. & Smedsrud, M. (2022). Risiko for skade på laksefisk i omkringliggende oppdrettsanlegg ved etablering av undervannss-skytefelt på Korsnes Fort. FFI-rapport 22/00814. ISBN: 978-82-464-3401-8. <https://publications.ffi.no/nb/item/asset/dspace:7327/22-00814.pdf>

Kvalø, S.E., Alme, Ø. & Hatlen, K. (2016). Naturtypekartlegging i Moldefjorden og Kjødepollen, Selje kommune 2016. FISHGUARD e-rapport nr. 4-17. 45 pp.

<https://webhotel3.gisline.no/GisLinePlanarkiv/4649/1441201702/Dokumenter/naturtypekartlegging-selje-kommune-2016.pdf>

Kögel, T., Bjørøy, Ø., Toto, B., Bienfait, A.M. & Sanden, M. (2020) Micro-and nanoplastic toxicity on aquatic life: Determining factors. Science of the Total Environment 709, 136050

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136050>

Le Louarn, H, Webb, D. J., (1998), Negative effects of extreme environmental pH on embryonic and larval development of the pike *Esox lucius* L., Bull. Fr. Peche Piscic.

<https://doi.org/10.1051/kmae:1998008>

Likhosherskaya, I. & Nyembwe, K.R. (2012). Spredning av plastfibre fra sprøytebetong. Kartlegging av spredningsmåte og mottiltak. Statens vegvesen rapport Nr. 146, 2012.

<https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2655425/Spredning%20av%20plastfibre%20fra%20spr%C3%B8ytebetong%20kartlegging%20av%20spredningsm%C3%A5te%20og%20mottiltak%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mevenkamp, L., Stratmann, T., Guilini, K., Moodley, L., van Oevelen, D., Vanreusel, A., Westerlund, S. & Sweetman, A.K. (2017). Impaired short-term functioning of a benthic community from a deep norwegian fjord following deposition of mine tailings and sediments. Frontiers in Marine Science 4: 169. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00169>

Paffenhöfer, G.-A. (1972). The effects of suspended 'red mud' on mortality, body weight, and growth of the marine planktonic copepod, *Calanus helgolandicus*. Water, Air, and Soil Pollution 1: 314-321.

<https://doi.org/10.1007/BF00294007>

Provencher, J., Kögel, T., Lusher, A., Vorkamp, K., Gomiero, A., Peeken, I., Granberg, M., Hammer, S., Baak, J., Larsen, J. R. & Farmen, E. (2022) Arctic Science. An ecosystem-scale litter and microplastic monitoring plan under the Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP)

(<https://doi.org/10.1139/as-2021-0059>)



Rapport 2007:40 Hummerrevsprosjektet - Sluttrapport 2007. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:879785/FULLTEXT01.pdf>

Reinardy, H.C., Pedersen, K.B., Nahrgang, J. & Frantzen, M. (2019). Effects of mine tailings exposure on early life stages of Atlantic cod. *Environ Toxicol Chem.* 38: 1446-1454. <https://doi.org/10.1002/etc.4415>

Sivle, L.D., Forland, T., deJong, K., Pedersen, G., Kutti, T., McQueen, K., Wehde, H. & Grimsbø, E. (2022). Havforskningsinstituttets rådgivning for menneskeskapt støy i havet. Rapport fra havforskningen 2022-1, 86 pp. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2022-1>

Sørensen, L., Sørhus, E., Nordtug, T., Incardona, J.P., Linbo, T.L., Giovanetti, L., Karlsen, O. & Meier, S. (2017). Oil droplet fouling and differential toxicokinetics of polycyclic aromatic hydrocarbons in embryos of Atlantic haddock and cod. *PLoS One.* <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180048>

Sørhus, E., Edvardsen, R.B., Karlsen, Ø., Nordtug, T., van der Meeren, T., Thorsen, A., Harman, C., Jentoft, S. & Meier, S. (2015) Unexpected Interaction with Dispersed Crude Oil Droplets Drives Severe Toxicity in Atlantic Haddock Embryos. *PLoS One.* <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124376>

Teknisk rapport Nr.9 (Behandling og utslipp av driftsvann fra tunnelanlegg) (2020) <https://nff.no/wp-content/uploads/sites/2/2020/04/Teknisk-rapport-nr-9.pdf>

Ter Halle, A., Jeanneau, L., Martignac, M., Jarde, E., Pedrono, B., Brach L. & Gigault J. (2017). Nanoplastic in the North Atlantic Subtropical Gyre. *Environ. Sci. Technol.*, 51: 13689-13697. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b03667>

van der Meeren, T. & Mangor-Jensen, A. (2020). Tolerance of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) larvae to acute ammonia exposure. *Aquaculture International* 28: 1753-1769. <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00555-8>

van der Meeren, T., Meier, S., Myksvoll, M.S., Dahle, G., Karlsen, Ø., Staby, A., Mjanger, H., Engevik, A., Dunlop, K.M., Bannister, R. & Skjæraasen, J.E. (2021). Sluttrapport fra ICOD-prosjektet. Arbeidspakke 2: Egg- og yngelundersøkelser på gyte- og oppvekstområder på Smøla og i Aure i forbindelse med etablering av oppdrettsanlegg nær lokale gyteområder for kysttorsk. Rapport fra Havforskningen Nr. 2021-32. 88 pp. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2021-32>