

# Overvåkning av miljøgifter i marine organismer i Flekkefjord

Av Federico Håland Gaeta, prosjektleder, dykker og forsker (NIVA)



Nett med blåskjell som ble brukt i forsøk i Flekkefjord

## Innhold

Sammendrag .....	3
Bakgrunn og innledning .....	4
Metoder for restaurering .....	5
Behov for mer bio-overvåkning i Norge .....	5
Biologisk overvåkning i Flekkefjord .....	6
Resultater .....	8
Blåskjell i Flekkefjord.....	8
Eksponerings fare hos marine organismer og menneske .....	10
Metaller .....	11
Bunnfisk i Flekkefjord.....	14
Menneskeeksponering.....	15
Konklusjon .....	16
Blåskjell.....	16
Fisk .....	16
Takk.....	16

## Sammendrag

Myndighetene er bekymret over høye forurensningsnivåer i fjordene i Norge. For å få bedre oversikt over forurensning i byfjorden i Flekkefjord og for å overvåke trender for forurensninger over en 6-måneders periode, ble et prosjekt for biologisk overvåkning startet. I prosjektet ble det etablert en overvåkning ved hjelp av marine organismer. Dette har gitt et interessant datagrunnlag for en alternativ, naturvitenskapelig tilnærming til overvåkning og som supplerende verktøy for fjordforbedrende tiltak. Kunnskapen er relevant for flere norske og internasjonale havner og fjordsystem og har potensiale for verdiskapning på dette feltet.

Blåskjell (*Mytilus edulis*) og ulike fisk ble brukt i overvåkingen og undersøkt for miljøgifter i Flekkefjord fra sommeren 2018 til sommeren 2019. Blåskjell ble satt ut på to forskjellige dybder (5 m og 15 m) på fem forskjellige steder i byfjorden. Grunnstoffene arsen (As), mangan (Mn), aluminium (Al), jern (Fe), titan (Ti), kobber (Cu), bly (Pb), kadmium (Cd), krom (Cr), sink (Zn), nikkel (Ni) og kvikksølv (Hg), ble undersøkt i blåskjell. Også forurensningsmønsteret av persistente organiske miljøgifter (POP) undersøkt, da disse stoffene representerer et økende problem.

Undersøkelser av fisk viste svært lave verdier av både tungmetaller og organiske forbindelser som har potensielt helseskadelig effekt på mennesker.

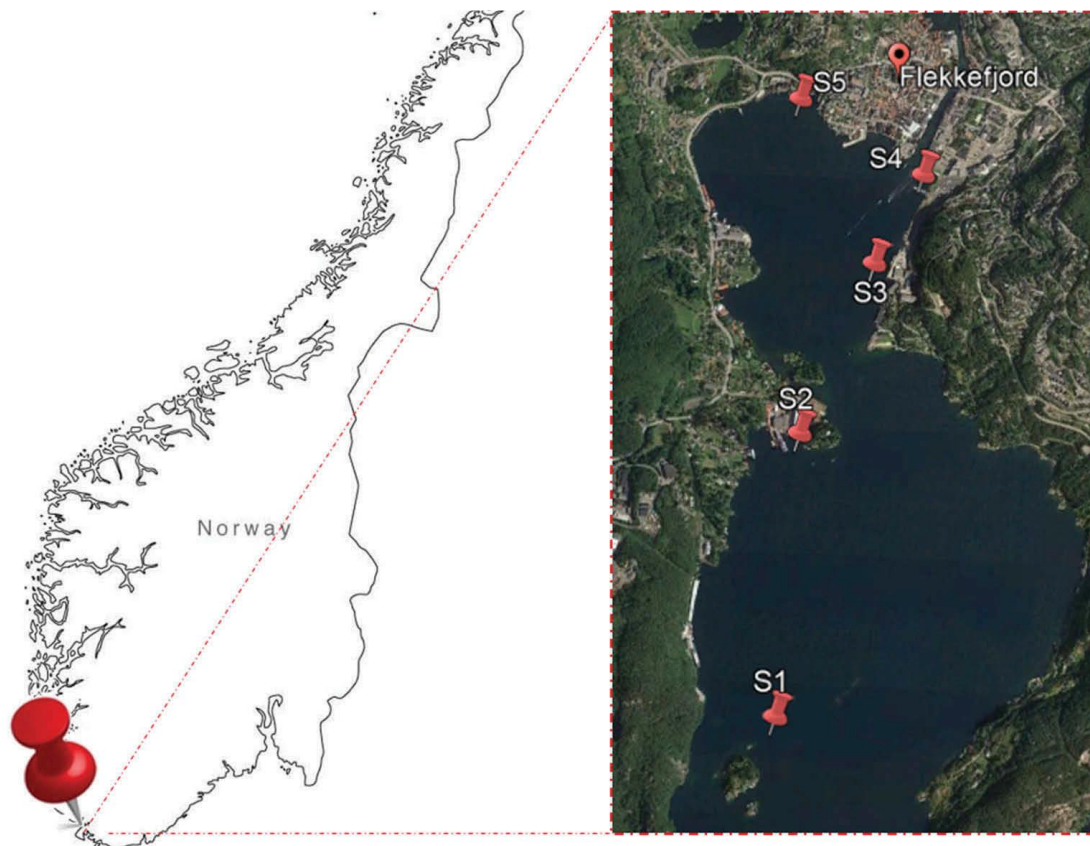
I blåskjell endret nivået av noen stoffer seg i undersøkelsesperioden, blant annet mangan, krom og sink. Årsaken er mest sannsynlig et undersjøisk ras som virvlet opp forurensede sedimenter. Samtidig med bioovervåkingen ble det mudret i områdene rundt lokasjonene. Dette gav noe innsikt i hvordan menneskelig aktivitet og restaureringsinnsats kan påvirke biota i fjorden.

Bioovervåking ved bruk av blåskjell og fisk har vist seg til å være en verdifull tilnærming for å vurdere status og utviklingstrend for uorganiske og organiske forurensninger i marine økosystemer.

## Bakgrunn og innledning

Flekkefjord kommune ligger i Agder fylke. Sjøbunnen har flere steder vært sterkt forurenset av tungmetaller, tjærestoffer, PCB og tinnforbindelser.

<https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2019/juli-2019/sjobunnen-rundt-flekkefjord-er-ferdig-ryddet-for-forurensning/>.



Figur 1: Geografisk lokalisering av de fem blåskjell anlegg (S1 - S5) ved Flekkefjord (Sør-Norge). Kilde: Parolini et al 2020.

På nasjonal skala, har mange år med industriutslipp gitt forurenset sjøbunn langs flere steder på norskekysten. Myndighetene har til sammen bevilget nærmere en milliard kroner til opprydding av slik forurensning. Hensikten er formulert i flere dokumenter, blant annet Stortingsmelding nr. 12 (2001 - 2002) «Rent og rikt hav»; og i Stortingsmelding nr. 14 2006-2007, hvor det står:

*«... forurensningen tas ut av sirkulasjon og bort fra økosystemet. Dette vil gi en renere sjøbunn og et sunnere livsgrunnlag for planter, fisk, skalldyr, sjøfugl og sjøpattedyr. Oppryddingen i forurenset sjøbunn vil bidra til at kostholdsradene på lengre sikt kan fjernes, og at fisk og skalldyr trygt kan spises og omsettes uten fare for menneskers helse.»*

Flekkefjord kommune har fått statlige midler for å rydde opp i forurenset sjøbunn. Flere miljøundersøkelser har avdekket både høye verdier av PCB og tungmetaller i sjøvann, sediment og

biota ved flere lokaliteter i byfjorden. På denne bakgrunn satte kommunen i gang et prosjekt for å restaurere de mest forurensede områdene.

Parallelt med dette ønsket vi å få mer kunnskap om hvordan det marine dyrelivet ble påvirket av forurensningen og av tiltakene for å rydde opp i denne.

## Metoder for restaurering

Oppryddingen i Flekkefjord har bestått i å mudre forurenset sediment opp i lektere og transportere dette til sikre deponier på land. Videre er resterende områder dekket med ren masse.

Andre steder i landet har man brukt andre metoder, for eksempel i Oslofjorden, hvor forurenset sediment er dumpet i egne groper på sjøbunnen. En enklere og også mye brukt metode er den som er planlagt brukt i Hommelvik i Trøndelag, der forurenset sediment blir dekket til med ren sand eller leire. 40 cm med rene masser blir regnet som tilstrekkelig for en effektiv barriere mellom organismer og de forurensede sedimentene dypere ned.

På lik linje med Flekkefjord, har også Grenlandsfjordene ved Porsgrunn miljøgifter i sedimentene som en konsekvens av utslipp fra industri. Her har utlegging av tynne sjikt med pulverisert kull vist seg å effektivt redusere spredning av forurensede sedimenter og hindre opptak av disse i fisk og skalldyr. Undersøkelser viste at innhold av dioksiner i snegl og børstemark var 75–80 prosent lavere på sedimentene som var behandlet med aktivt kull sammenlignet med området rundt. Den positive effekten økte i løpet av de fire årene eksperimentet varte<sup>1</sup>.

## Behov for mer bio-overvåkning i Norge

Miljødirektoratet ga Menon Economics i samarbeid med Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i oppdrag å evaluere statens tildeling av midler til opprydding av forurenset grunn og sjøbunn i perioden 2006-2018. Arbeidet i Flekkefjord er ikke med i denne vurderingen da dette ikke begynte før i slutten av denne perioden.

- I alle de vurderte områdene hvor sjøbunnen tidligere var sterkt forurenset med tungmetaller eller organiske miljøgifter, er det godt dokumentert at mye forurensning er fjernet og at innholdet av

---

<sup>1</sup> Aktivt kull fjerner forurensning - <https://forskning.no/forurensning-miljogifter-partner/aktivt-kull-fjerner-forurensning/475078>

miljøgifter i sedimentene er gått ned. Den kjemiske tilstanden var «god» eller «meget god» etter gjennomføringen av tiltaket, sier seniorforsker Morten Schaanning i NIVA<sup>2</sup>.

I rapporten ble det understreket at hovedhensikten med tiltakene hverken var sjøbunn med lavere konsentrasjoner av miljøgifter eller en sjøbunn med større biologisk mangfold. Stortingsmeldingen var relativt klar på at hovedhensikten med tiltakene skulle være et lavere innhold av miljøgifter i levende organismer.

Mens innholdet i sedimentene er godt dokumentert, er det altså lite eller ingen dokumentasjon på innhold av miljøgifter i fisk, skaldyr eller andre organismer fanget i eller i nærheten av noen av tiltaksområdene. Denne manglende dokumentasjonen kan skyldes at det har gått for kort tid etter at oppryddingen ble avsluttet, at det er gjort for få målinger eller at det ikke er benyttet gode nok metoder.

For faktisk å kunne måle endringer i forurensing i biota er det gunstig om det i rimelig tid før et oppryddingsprosjekt, etableres et program for prøvetaking og analyser. Et slikt program vil kunne gi ny kunnskap som kan brukes i fremtidige prosjekt, heter det i rapporten<sup>3</sup>.

Overvåkningsprogrammet vil være avgrenset i tid og strekker seg fra noen få år før til noen år etter tiltaket. Kostnadene vil være små sammenlignet med de totale kostnadene forbundet med tiltaket.

- Dette vil også kunne gi større trygghet om at midlene som brukes på oppryddingstiltakene av forurenset sjøbunn er vel anvendt og gir de forventede effektene i retning av lavere innhold av miljøgifter i sjømat, sier Schaanning.

## Biologisk overvåkning i Flekkefjord

Oppsummeringer fra Menon Economics /NIVA rapporten faller godt sammen med målsetningen i bio-overvåkningsprosjektet som ble gjennomført i Flekkefjord fra 2018 til 2019.

Arbeidsgruppen for prosjektet bestod både av lokale engasjerte innbyggere og fagfolk med biovitenskapelig og kjemisk bakgrunn. Drivkraften deres har vært vitenskapelig interesse for å undersøke alternativer til den «tradisjonelle» metoden for mudring og tildekking sammen med et ønske om større bevissthet i lokalbefolkningen om eventuelle farer knyttet til tilstedeværelsen av miljøgifter. Denne studien har derfor sett på biologisk akkumulering i marine organismer knyttet til

---

<sup>2</sup> Bruker nærmere én milliard på opprydding - <http://ret.nu/olULn6yi>

<sup>3</sup>EVALUERING AV BRUKEN AV MIDLER TIL OPPRYDDING I FORURENSET GRUNN OG FORURENSET SJØBUNN <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2020/februar-2020/evaluering-opprydding-i-forurenset-grunn-og-sjobunn/>

risiko for humanhelse, noe som har vært særlig viktig da flere av tiltaksområdene befinner seg nærme tettbefolkede kystsoner. Studien har også sett på økologisk fare siden det er rapportert om at flere kommersielt og økologisk viktige arter som torsk, hummer og sjøørret gyter i området.

Arbeidet bestod av en toårig biologisk overvåkning av inntak av miljøgifter, både hos filtrerende organismer og hos bunnfisk med stasjonær og vandrende adferd. Begge kategoriene av organismer som er valgt er vanlig for matkonsum. Arter som befinner seg lavt i næringskjeden akkumulerer raskt miljøgifter, og eksempelvis blåskjell (*Mytilus edulis*) er en mye brukt forurensningsindikator både nasjonalt og internasjonalt. Vi har valgt å bruke blåskjell som en av våre indikator-arter i denne studien. Vi har i tillegg undersøkt arter som befinner seg lenger opp i næringskjeden, såkalte predatorer, som flatfisk og torsk.



Figur 2: Undersøkte organismer var (fra venstre) blåskjell, torsk, skrubbe, rødslette.

Prosjektet ble kjørt i regi av Innakva LAB og ble finansiert ved egeninnsats (private midler og dugnad) og tilskudd fra Forskningsmobilisering Agder. Gjennom prosjektet har Innakva LAB bidratt til tettere samarbeid innad i den marine klyngen og styrket verdifull kunnskap og kompetanse som har potensiale for nye produkter og markeder.

## Resultater

### Blåskjell i Flekkefjord

Konsentrasjoner av ulike miljøgifter i blåskjell ble overvåket i en periode på seks måneder. Vi målte konsentrasjoner av organoklorider (OCP) og organofosfater (OP), polklorerte bifenyler (PCB) og de fremvoksende polybromodifenyletere (PBDE) og per- og polyfluorerte alkylerte stoffer (PFAS-er), organohalogenider samt polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Prøvene ble tatt fra blåskjell fra to ulike dybder (5 og 15m) i fjorden i Flekkefjord.

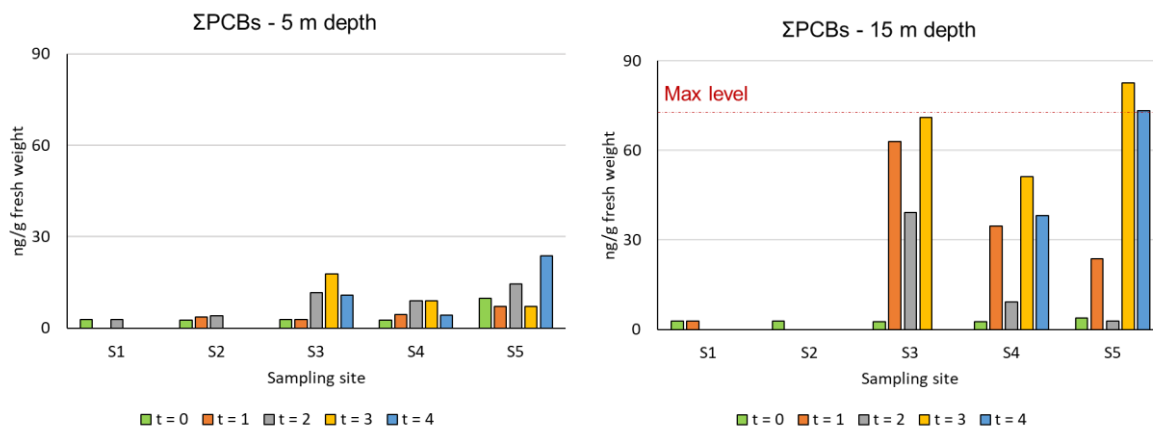
Blåskjell som ble brukt i undersøkelsen ble hentet hos produsenten Sørskjell AS i Lillesand. De ble satt inn i teiner for å hindre tilgang for ærfugler og andre predatorer.

Analyseresultatene viste lave bakgrunnsverdier av både organiske og uorganiske miljøgifter i skjellene som ble benyttet. Unntaket er aluminium og sink, der høye verdier på referansen ( $t=0$ , *figur 6 og 7*). Ifølge leverandøren av skjellene skyldes dette mest sannsynlig at det pågikk veiarbeid med sprengning i nærheten av der blåskjellene stammer fra.

Overlevelsen av blåskjellene i Flekkefjorden var høy gjennom den seks måneder lange overvåkingsperioden (Fig 1). Eneste bemerkning er at det var ikke mulig å overvåke helsetilstanden for blåskjell i S1 og S2 etter den tredje prøvetakingen ( $t = 166$  dager) fordi installasjonen, som besto av en blåse med tauverk knyttet til skjellteiner, forsvant. I tillegg ble teinen som var plassert på 15 m dybde i S3 plyndret av krabber, etter tredje prøvetaking ( $t = 166$  dager). Dette medførte en prøve på mindre enn 50 blåskjell på fjerde og femte prøvetaking i S3. Det ble observert total dødelighet av blåskjell etter tredje prøvetaking ( $t = 166$  dager) i teinen plassert på 15 m dybde i indre delen av Tjørsvågstranda (S5). Dette skyldes trolig oppvirvling av partikler forårsaket av sjø-raset innerst i byfjorden. At disse skjellene døde forhindret fjerde prøvetaking ( $t = 196$  dager) og senere.

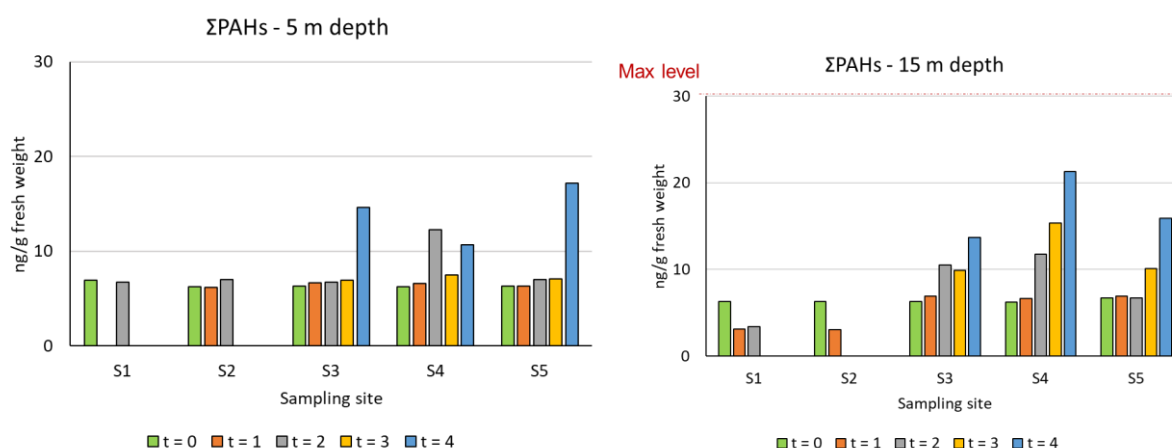
Samlet sett, viser resultatene en betydelig økning av PCB-er og PAH-er og benzo(a)piren gjennom overvåkingsperioden.



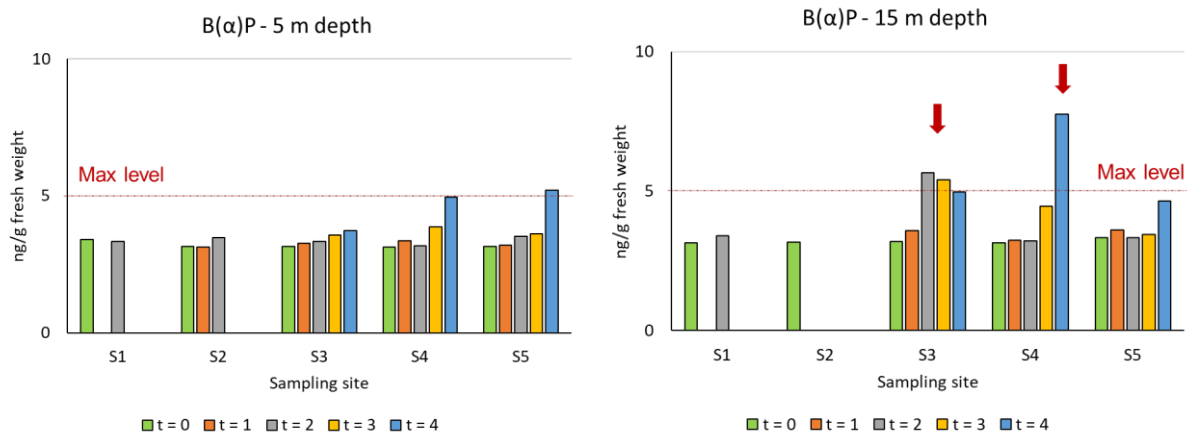


Figur 3: Grafen til venstre viser gjennomsnittskonsentrasjonen av PCB-er funnet hos blåskjell på 5 meters dybde i funksjon av tid og samlet etter prøvetaksstasjon (S1 til S5). Grafen til høyre viser det samme på 15m dybde. Grenseverdier for PCB-er i blåskjell (CE 1259/2011): er 75 ng/g fersk vekt. Kilde: Parolini et al 2020

Slår man sammen alle prøvene (alle dyp og stasjoner) var gjennomsnittsnivåer av PCB målt i blåskjell 166 dager etter prosjektstart (t=166) på 39.7 ng/g og på 35.6 ng/g etter 196 dager (t=196). Resultatene viste at områdene som ligger i byfjorden (S3-S5) hadde omtrent 10 ganger høyere verdier enn blåskjell i området utenfor byfjorden, uavhengig av prøvetagningsdybde og tid (figur 3). Et lignende mønster ble også observert for PAH-er og benzo(α)pyrene forbindelser (figur 4 og 5), her var gjennomsnittsverdier på 3.40 og 17.20 ng/g for PAH-er forbindelser og 3.12-3.39 ng/g for Benzo(α)pyrene. PAH-er forbindelser ble funnet i mer enn 90 % av prøvene uavhengig av dybde, sted og tid for prøvetaking.



Figur 4: Grafen til venstre viser gjennomsnittskonsentrasjonen av PAH-er funnet hos blåskjell på 5 meters dybde i funksjon av tid og samlet etter prøvetaksstasjon (S1 til S5). Grafen til høyre viser det samme på 15m dybde. Grenseverdier for PAH i blåskjell (CE 1881/2006) er 30 ng/g fersk vekt. Kilde: Parolini et al 2020



Figur 5: Venstre graf viser gjennomsnittskonsentrasjonen av Benzo(α)pyrene -er funnet hos blåskjell på 5 meters dybde i funksjon av tid og samlet etter prøvetaksstasjon (S1 til S5). Høyre graf viser det samme på 15m dybde. Grenseverdier for Benzo(α)pyrene i blåskjell (CE 1881/2006) er 5 ng/g fersk vekt. Kilde: Parolini et al 2020

Resultatene sammenfaller med tidligere overvåkningsstudier av sedimentforurensning i Flekkefjord, der høye nivåer av disse organiske miljøgifter og tungmetaller er påvist i disse spesifikke områdene. Her lå det både en tidligere skipsverk (S3) og et deponi (S4) (figur 1).

Det var svært lave konsentrasjoner (under deteksjonsgrense) av OCP-er, OP-er, PBDE-er og PFAS i de analyserte blåskjellene, noe som indikerer en ubetydelig forurensning i Flekkefjord-fjorden av disse forbindelsene.

### Eksponerings fare hos marine organismer og menneske

I denne studien ble det brukt EQS-biota som indikator for å vurdere om kombinasjonen av forurensning målt i blåskjellene kunne utgjøre en risiko for marine organismer høyere oppe i næringskjeden. Dette er en indikator som er brukt for å kunne beskytte topp-predatorer mot risiko for forgiftning via inntak av giftige kjemikalier akkumulert i byttet sitt. Resultatene målt i Flekkefjorden antyder en potensiell risiko for predatorer på blåskjell i noen deler av fjorden. Mens det kan forventes en ubetydelig til lav risiko ved predasjon på blåskjell lengst vekk fra byfjorden (S1 og S2 på både 5 og 15 m dybde), er det større grunn til bekymring for predatorer som spiser blåskjell inne i byfjorden (S3, S4 og S5, på 5 m dybde og i hvert fall på 15 m dybde). Som forventet ble det estimert høyest risiko for predatorer på blåskjell indre del av Tjørsvågstranda (S5).

Helserisikoen for mennesker, knyttet til et inntak av blåskjell, ble evaluert ved å beregne kostholdseksponering for PCB og PAH forbindelser. Den beregnede kostholdseksponeringen overstiger ikke anbefalt daglig inntak hverken for PCB eller PAH, hvor grenseverdiene ligger på 0,10–

3,26 ng / kg kroppsvekt / dag for PCB og 0,25–0,84 ng / kg kroppsvekt / dag for PAH<sup>4</sup>. Resultatet gjelder for alle prøvene i undersøkelsen, noe som antyder en ubetydelig risiko for folk som konsumerer blåskjell fra Flekkefjord både i byfjorden og i nærområder. Merk at det er Mattilsynet som er statens tilsyn for planter, dyr og næringsmidler og skal blant annet følge matvarene "fra jord og fjord til bord", og med det har ansvaret for å advare når undersøkelser viser at fisk og/eller skalldyr har for høye verdier av miljøgifter. Alle advarsler fra Mattilsynet finner du på matportalen.no under fanen «Advarsler».

I vår studie ble PFAS og PFBA kun funnet i henholdsvis 10 % og 19 % av prøvene. Av disse, var PFAS den som viste høyeste konsentrasjoner og som ble detektert med hele 0,41 ng/g våt vekt. Estimert daglig eksponering, ble beregnet til 0,016 ng / kg kroppsvekt / dag. Dette er mye lavere enn den anbefalte ukentlig kostholdseksponeringen - som er på 13 ng / kg kroppsvekt / dag.

Det var ikke mulig å vurdere risiko knyttet til PFBA da det mangler data for toksisitet på mennesker i forskriften.

## Metaller

Konsentrasjonen av metaller ble også målt i blåskjellene i studieområdet. Stoffene som ble prioritert basert på dens potensiale for toksisk effekt hos mennesker og marine organismer var kobber, mangan, bly, krom, sink, aluminium, nikkel, arsen og kvikksølv.

Alle resultatene har blitt sammenlignet med grenseverdier for matkonsum hos mennesker. Unntaket er mangan og aluminium hvor det ikke er fastsatt noen grenseverdi.

Samlet sett ble det detektert metaller i alle analysene. De fleste av verdiene var lave, med noen unntak som mangan, aluminium og sink (*figur 6*).

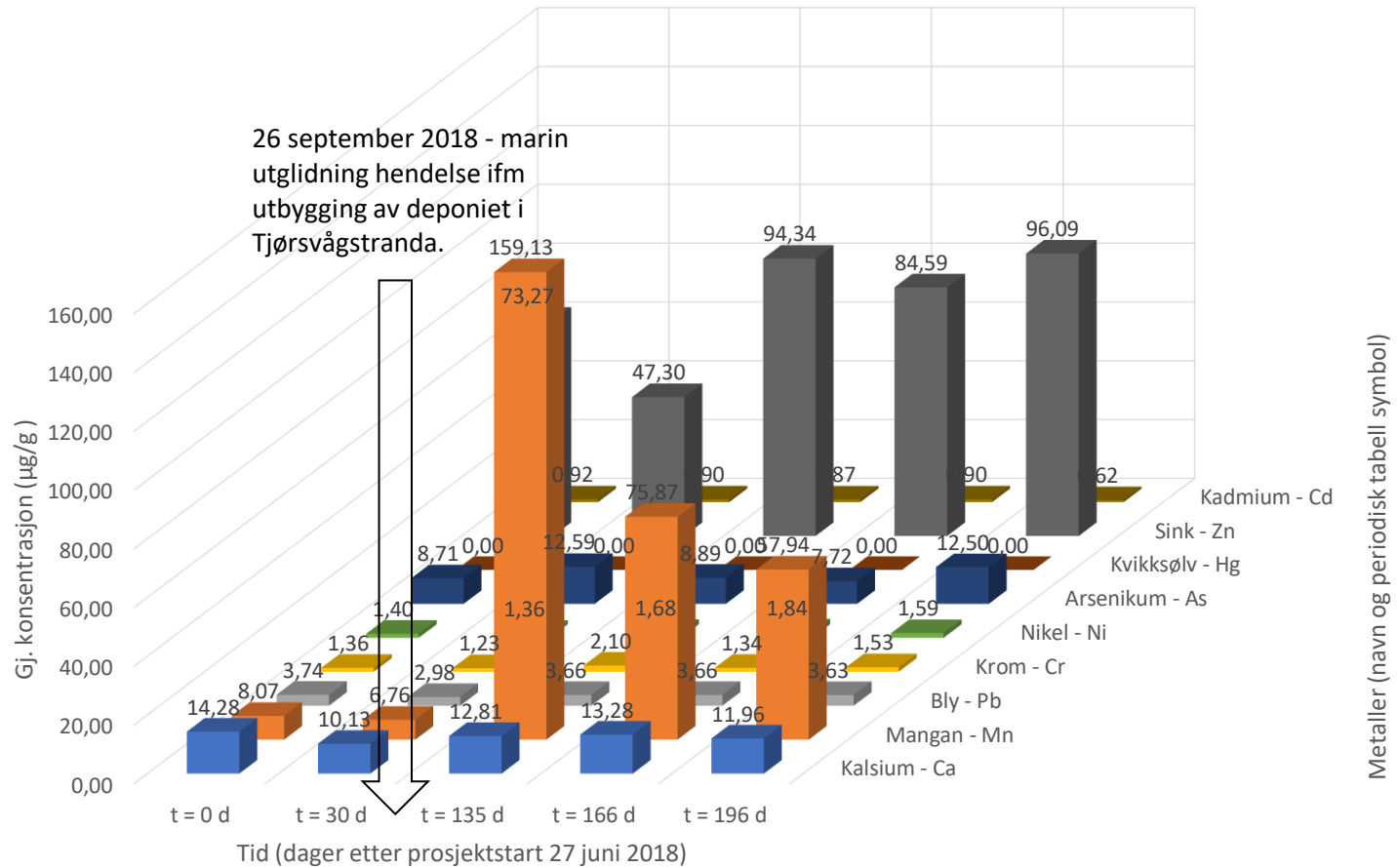
Aluminiumkonsentrasjoner trenger en egen graf (*figur 7*) fordi verdiene er såpass høye at de skygger over de andre verdiene når de blir vist på samme graf.

Tolkningen av konsentrasjoner og trender til metallene har blitt undersøkt og kan fordypes i masteroppgaven til Emma Minken, student i kystsonøkologi ved UiA.

---

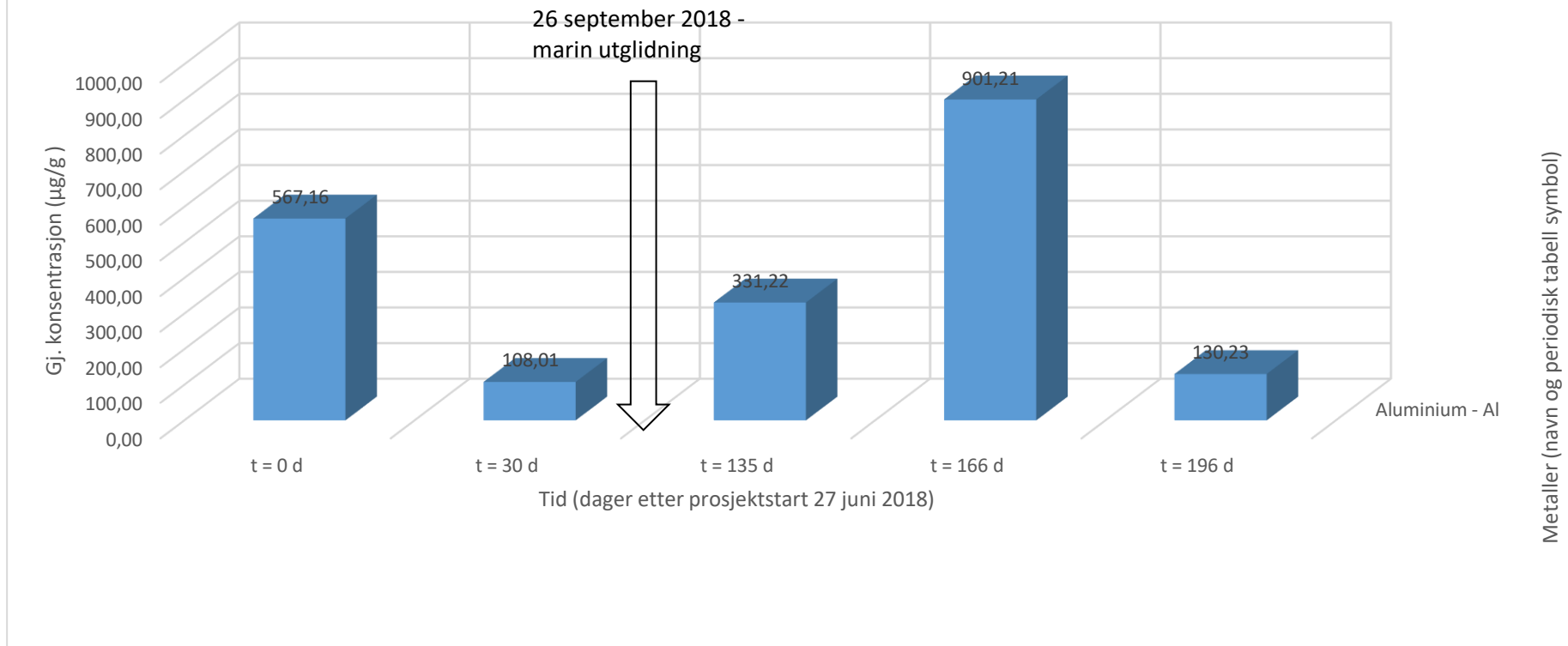
<sup>4</sup> [RIVM] Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (The National Institute for Public Health and the Environment). 2001. Re-evaluation of human toxicological maximum permissible risk levels, Report 711701025. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/711701025.html>

Gjennomsnitt metall konsentrasjoner i blåskjell i funksjon av tid.  
Flekkefjord - juli 2018 til desember 2018



Figur 6: Grafen viser konsentrasjoner av metaller som funksjon av tiden. Alle resultater kommer fra studieområdet vist i figur 1 (S1 til S5). Den svarte pila viser tidspunktet for et undervannsras som skjedde ifm grunnarbeid for utbygging av et deponi i Tjørsvågstranda.

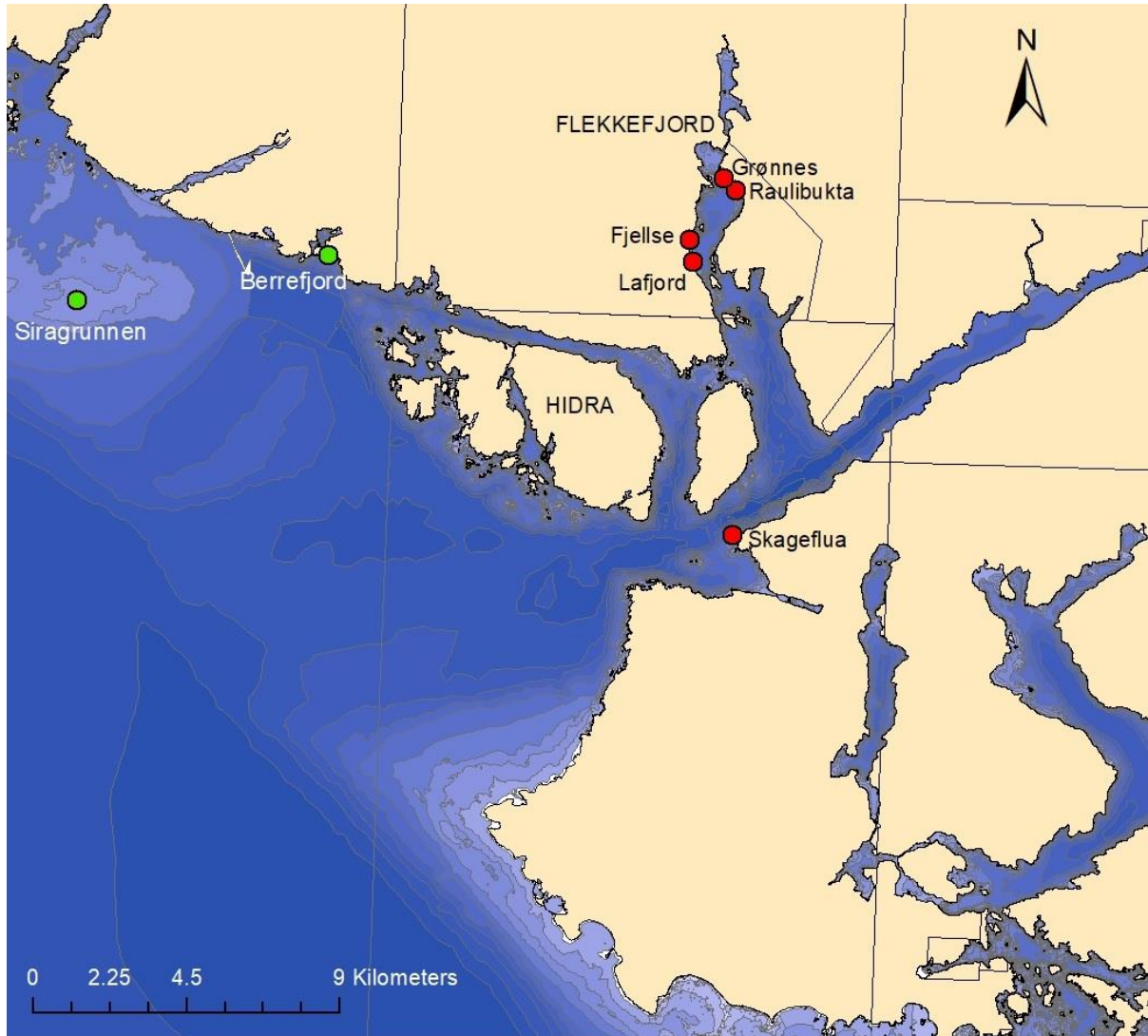
Gjennomsnitt metall konsentrasjoner i blåskjell i funksjon av tid.  
Flekkefjord juli 2018 til desember 2018



Figur 7: Grafen viser gjennomsnittlig aluminium konsentrasjoner i blåskjell som funksjon av tid. Alle resultater kommer fra studieområdet vist i figur 1 (S1 til S5). Den svarte pila viser tidspunktet for et undervannsras som skjedde ifm grunnarbeid for utbygging av et deponi i Tjørsvågstranda.

## Bunnfisk i Flekkefjord

Det var veldig lave verdier av miljøgifter (både tungmetaller og organiske forbindelser) i filet av torsk, rødspette og skrubbe på alle de undersøkte stasjonene (se kart i figur 8). Prøvetakingen skjedde samtidig med at fjordforbedringstiltakene pågikk innerst i fjorden.



Figur 8: Kartet viser studieområdet hvor prøvetaking av fisk er gjort. De grønne punkter markerer referanse området mens de røde markerer undersøkelse området.

Det er imidlertid interessant å merke seg at fiskene som ble høstet innerst i fjorden hadde høyere konsentrasjoner av organiske miljøgifter enn de som ble fisket på Siragrunnen, altså lengst vekk fra menneskelig aktivitet. Det understreker viktigheten av å følge opp med flere biologiske overvåkningsprogram for å stadfeste fortsatt lave konsentrasjoner i årene som kommer.

Mer detaljert så har det vist seg at:

PCB (polychlorobiphenyl) ble funnet i minimale mengder hos 28 % av de undersøkte fiskene (65 stk). 40 % av fiskene som innehold PCB ble tatt i Lafjorden, altså nærmest bysentrum.

Målbare, men fortsatt ikke helsefarlige, verdier av PCB ble funnet særlig hos skrubbe, lomre og rødspetter, som er tre flatfisk med en ganske stasjonær adferd.

Til sammenligning har PCB-verdier i undersøkelser fra Nord-Norge på kveite vist verdier i samme konsentrasjonskala som de vi fant i Flekkefjord<sup>5</sup>.

I motsetning til andre undersøkte miljøgifter, finnes de perfluoreerte stoffer(PFAS) i målbare konsentrasjoner i alle fiskearter som har vært undersøkt, både i Lafjorden og på Siragrunnen. Konsentrasjonene av målt i vår studie er sammenlignbare med dem målt på Grønland, Island, i Nord-Norge og på Færøyene både hos torsk, atlantisk laks, rognkjeks, kveite og makrell. Dette understreker at denne type forurensning er nordeuropeisk spredt problematikk.

### Menneskeeksponering

Forbruk av lokalt fanget sjømat anses som den viktigste eksponeringsveien for flere miljøgifter med potensiell risiko for humanhelsen. De svært lave nivåene av miljøgifter som ble funnet i fisk antyder at det er liten risiko knyttet til inntak. Både OCP, PCB og PFAS ble bare sporadisk oppdaget i fileter fra bunnfisk fra Lafjorden og Siragrunnen og da på nivåer under sikkerhetsterskel satt av EFTA.

Konsekvenser av å spise sjømat som inneholder miljøgifter kan vurderes gjennom å beregne kostholdseksponering.

Kostholdseksponering (uttrykt som ng / kg kroppsvekt / dag) beregnet for PCB-er overskred ikke anbefalt daglig inntak, noe som antyder en ubetydelig risiko for mennesker som konsumerer bunnfisk fra Flekkefjord.

Avslutningsvis, med tanke på et gjennomsnittlig forbruk på 20 g / for menneske / dag av 'fet' fisk blant nordmenn som er rapportert av den norske fiske- og viltstudierapporten, er ukentlig inntak estimert for PFOS og PFOA fortsatt godt under terskelnivåene satt av EFSA.

---

<sup>5</sup> Carlsson, P., Crosse, J. D., Halsall, C., Evenset, A., Heimstad, E. S., & Harju, M. (2016). Perfluoroalkylated substances (PFASs) and legacy persistent organic pollutants (POPs) in halibut and shrimp from coastal areas in the far north of Norway: small survey of important dietary foodstuffs for coastal communities. *Marine pollution bulletin*, 105(1), 81-87.

## Konklusjon

### Blåskjell

Innholdet av PCB i blåskjell var meget høy etter undervannsutglidningen og kunne representert en alvorlig risiko for sekundærforgiftning for blåskjellpredatorer. Basert på grenseverdier fastsatt av EU for matkonsum, kunne dette også ha utgjort en risiko for menneskers helse. På grunnlag av dette, bør videre bioovervåkningsstudier ha som prioritet å bruke både introduserte og lokale blåskjell for å overvåke trendene av særlig PCB-er og PAH-er.

Økningen av PCB-er og PAH-er skjedde sannsynligvis som en konsekvens av en utglidning under vann i Tjørsvågstranda. Utglidningen har trolig forårsaket en oppvirvling av forurensede sedimenter.

### Fisk

Dette studiet har vist lave nivåer av undersøkte miljøgifter (organohalogenforbindelser, PFAS, og PAH) hos torsk, skrubbe og rødspette fanget på to fiskelokaliteter fra Sør-Norge.

Til tross for noen høyere konsentrasjoner av forbindelser som ble påvist i fiskefilet hos de tre artene, særlig PCB og PFAS, var de målte nivåene lave sammenlignet med grenseverdier satt i den europeiske forskriften fra EFTA for matsikkerhetsvurdering. Dette antyder lav risiko for mennesker ved inntak av sjømat fra dette området. Det er imidlertid en fare for at forurensing kan akkumuleres i eldre fisk. Fremtidig undersøkelser bør derfor rette seg mot større og eldre individer av de fire bunnfiskartene som er vurderte i dette studiet, og helst strekke seg over tid (minst 5-7 år).

Dette henger også sammen med at etter tildekking eller mudring vil de biologiske forholdene være dårlige, fordi bunndyra er fjernet eller begravet. Men vanligvis vil dette forbedre seg i løpet av noen få år og det vil utvikle seg nye og levedyktige populasjoner og samfunn. Forutsatt at det ikke tilføres ny forurensing.

## Takk

Denne forskningen ble støttet av Forskningsmobilisering Agder og ble administrert av Innakva LAB AS. Vi takker Marco Parolini, Sara Panseri, Beatrice De Felice fra Institutt for miljøvitenskap og politikk ved Universitetet i Milano (UniMi) for godt samarbeid. Det samme gjelder Jeff Schnell og Isaline Herrada fra Cyanotope, Trond Rafoss og Tove M. Gabrielsen fra Institutt for naturvitenskap ved Universitetet i Agder (UiA) og Trine Dale, leder for NIVAs seksjon for akvakultur, for kvalitets-sikring og tålmodig og dyktig veiledning i prosjektet. Stor takk til Emma Minken, masterstudent i kystsoneøkologi ved UiA for imponerende innsats både nasjonalt og internasjonalt ifm prosjektet. Til slutt takker vi Fjordservice Flekkefjord AS for den logistiske tilretteleggingen under feltaktiviteten og Ragnvald Andersen, Leif Fodnestøl og Rune Karlsen for bidrag ved prøvetaking av fisk.