

# Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen 2011-2016

Sammendragsrapport 2011-2016



**Uni Research Miljø SAM-Marin**

Thormøhlensgt. 55B

5008 Bergen

**ISSN nr:** ISSN-1890-5153

**SAM e-rapport:** 06-2017

**Prosjektnummer:** 810502

**Tittel:** Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen 2011-2016, Sammendragsrapport 2011-2016

**Dato:** 14.09.2017

**Forfatter:** Stian Ervik Kvalø, Jon Thomassen Hestetun, Einar Bye-Ingebrigtsen

**Geografisk område:** Bergen, Askøy, Fjell, Lindås, Meland, Os og Sund kommune.

**Oppdragsgiver:** Bergen kommune

**Antall sider:** 33

**Emneord:** Marin, resipient, hydrografi, næringsalter, bakterier, benthos, sediment, miljøgifter, litoral, sammendrag

## Forord

Denne rapporten er en samlerapport for resultatene i miljøovervåkingsprogrammet "Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen" i perioden 2011-2016.

I forhold til tidligere Byfjordsundersøkelser, som bare omfattet Bergen kommune, er undersøkelsesområdet utvidet og har vært et samarbeid mellom kommunene Askøy, Bergen, Fjell, Lindås, Meland, Os og Sund. Prøveprogrammet gir en mulighet til å se på mesteparten av fjordsystemene helt fra Bjørnafjorden i sør til Fensfjorden i nord, noe som representerer godt og vel halvparten av de ytre fjordsystemene i Hordaland.

Målet med overvåkingsprogrammet for kommunene er å dokumentere miljøtilstanden i fjordsystemene og å eventuelt påvise grad av påvirkning av utslipp fra avløp og annen menneskelig aktivitet. Dette skal være et hjelpemiddel ved vurderingen av planlagte utslippssteder for avløpsvann og i vurderingen av effekter av tiltak fra kommunens side å sikre krav i utslippstillatelsen fra kommuner og Fylkesmannen vedrørende ulike typer resipientundersøkelser, s a m t å sikre kontinuitet i forhold til tidligere undersøkelser. En samordnet overvåking i henhold til § 14.9 i Forurensingsforskriften er både kostnadsbesparende for de forskjellige kommunene, og det sikrer en enhetlig klassifisering og helhetlig forvaltning ved at man bruker lik metodikk i alle områdene.

Bergen kommune var tidlig ute med marine miljøundersøkelser, og det er gjennomført et betydelig antall undersøkelser også i de andre kommunene i undersøkelsesområdet. Det er dermed svært mye historiske data tilgjengelig som vurderes sammen med resultatene fra prøveperioden 2011-2016. Kravene for klassifisering av de forskjellige parameterne har endret seg underveis i undersøkelsesperioden, og de historiske undersøkelsene er tatt med som referansemateriale.



## Innhold

Undersøkellesområdet .....	4
Hva har vi undersøkt og hvorfor? .....	6
Fjæreundersøkelser .....	6
Vannundersøkelser .....	6
Bunnundersøkelser .....	8
Resultater .....	10
Område 1, Bergen og Lindås: Arnavågen, Sørfjorden fra Garnes til Lindås. ....	11
Område 2, Bergen: Nordåsvannet, Dolviken, Grimstadjorden, Bjørndalspollen og Sælenvannet. ....	13
Område 3, Bergen, Fjell og Sund: Raunefjorden og Sletten. ....	15
Område 4, Bergen og Askøy: Byfjorden, Solheimsviken, deler av Herdlefjorden og Salhusfjorden. ....	17
Område 5, Bergen: Kviturdvikspollen, Vågsbøpollen, Fanafjorden, Korsfjorden og sørlige deler av Sund. ....	20
Område 6, Os: Lysefjorden og Bjørnafjorden mot inngangen av Fusafjorden. ....	22
Område 7, Fjell: Vestsiden av Fjell. ....	24
Område 8, Askøy og Fjell: Sørlige Hjeltefjorden, rundt Lillesotra til Vatlestraumen. ....	26
Område 9, Lindås: Kvernafjorden, Radfjorden, Rosslanspollen og nordre del av Herdlefjorden. ....	28
Område 10, Lindås: Osterfjorden. ....	30
Område 11, Lindås og Meland: Radsundet, Lurefjorden og Seimsfjorden. ....	31
Område 12, Lindås: Fensfjorden, Austefjorden og Hindenesfjorden. ....	31
Takk .....	33

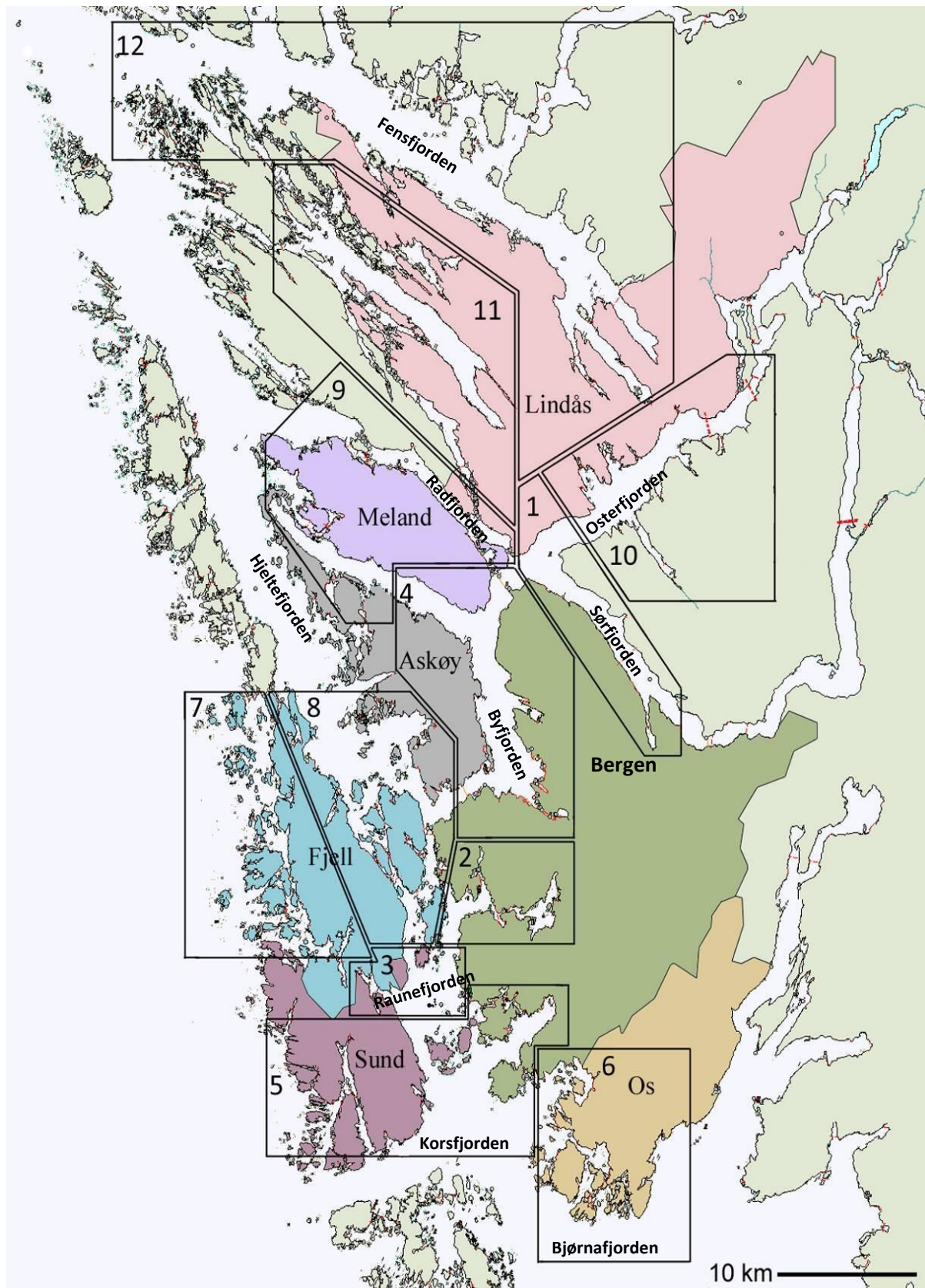
## Undersøkelsesområdet

Sjøområdene i undersøkelsesregionen er delt opp i flere fjordsystemer som er adskilt geografisk av terskler og smale sund som begrenser forflytning av vannmasser mellom systemene, se kart i Figur 1. Forflytningen av vannmasser mellom systemene er avgjørende for forholdene der; åpne og mer eksponerte har god vannutskiftning og gode forhold, mens i poller og tersklede områder kan vannutvekslingen være dårlig og medføre dårlige forhold. Begrenset vannutveksling kan føre til opphopning av organisk materiale som igjen kan føre til redusert oksygeninnhold i bunnvannet som gjør det vanskelig for bunndyr å overleve der.

Fjordsystemene rundt Bergen er delt inn i områder. Undersøkelsene rapporteres separat per område, slik at det er lettere å få et overblikk over forholdene i de forskjellige delene av fjordsystemet i regionen. Områder med hovedbestanddeler er listet på forrige side i innholdsfortegnelsen.



**Foto 1:** Puddefjorden og Solheimsviken



Figur 1. Kart over undersøkelsesområdet med kommuner og delområder.

## Hva har vi undersøkt og hvorfor?

I resipientundersøkelsen har vi sett på hvordan det står til med fjordene våre, sett i lys av menneskelige miljøpåvirkninger, fra fjæren til havbunnen. I fjæren har vi sett på utbredelse av alger og dyr, i vannsøylen er det tatt prøver for analyser av næringssalter, klorofyll og oksygeninnhold. På havbunnen er det tatt prøver av sedimentet for analyser av bunndyr, miljøgifter, kornstørrelse og organisk innhold. En kort beskrivelse av de forskjellige undersøkelsene med metoder er gitt nedenfor

### Fjæreundersøkelser

Fjæren (litoralsonen) er strandsonen mellom høy- og lavvann. I områder med fjell eller større steiner, er fjæren ofte dekket av makroalger eller dyr. Flere av artene vokser i bestemte nivå i fjæren og danner karakteristiske soner. Sammensetningen av arter i fjæren blir bestemt ut fra ulike abiotiske forhold, som for eksempel eksponeringsgrad, salinitet og substrat. I beskyttede områder med fjell eller større steiner, finner en ofte en tett vegetasjon av tang. Innimellom tangen lever mange andre alger og dyr, f.eks. snegler, krepsdyr, mosdyr og hydroider. I områder som er mer eksponerte for bølger, er tangvegetasjonen mindre tett og består delvis av andre arter enn i beskyttet fjære. Store flater er ofte fri for tang og dekket av fjærerur (*Semibalanus balanoides*) og blåskjell (*Mytilus edulis*).

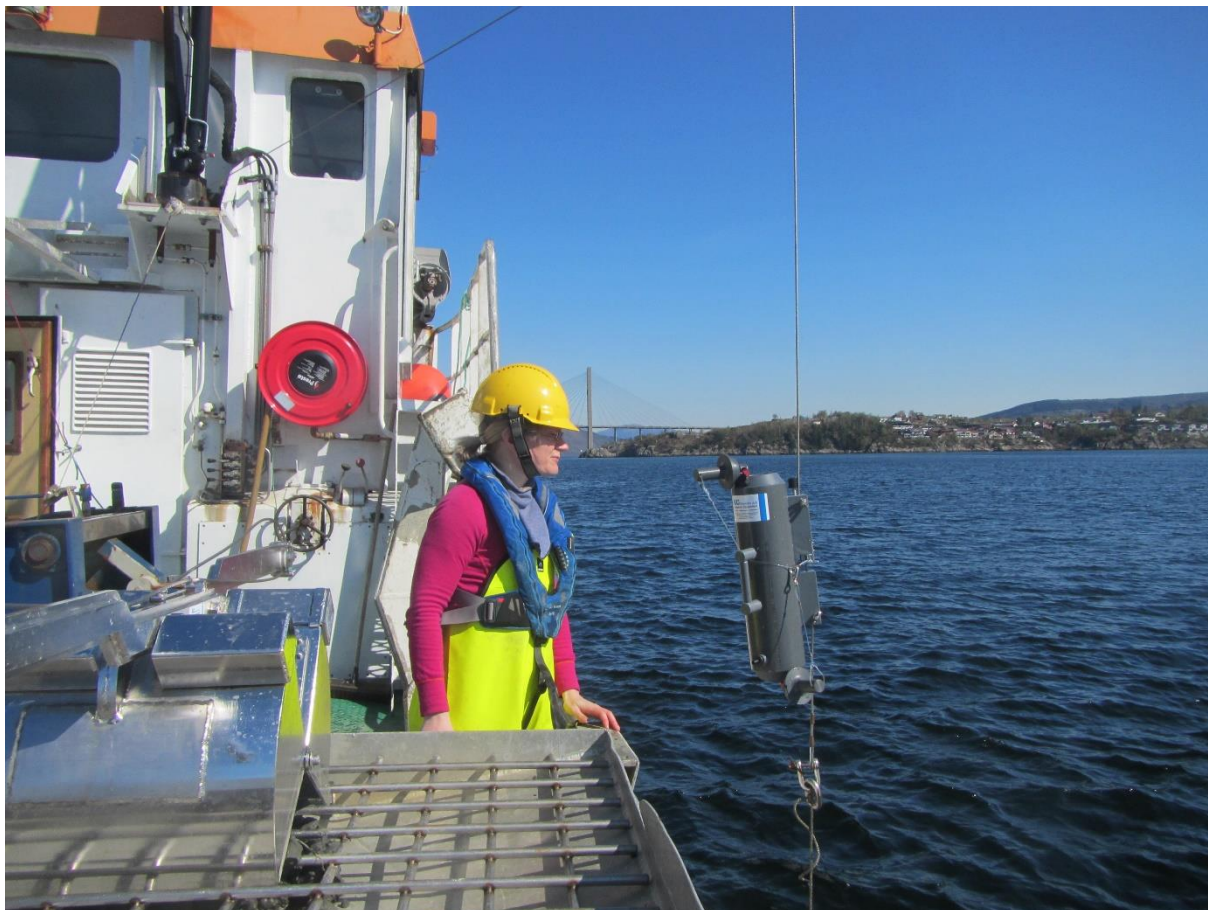
Mange litoralarter er sårbare, og vil ofte forsvinne i forurensede områder. Fjæresonen blir da etter kort tid dominert av hurtigvoksende grønn- og brunalger (opportunist), som utnytter de bare partiene etter tangplantene og fastsittende dyr. Samtidig vil det være færre snegl som beiter på algene. Fjæresoneundersøkelser er dermed en naturlig komponent i å kartlegge miljøtilstanden rundt potensielle utslippskilder.



**Figur 2.** Forskjellige typer undersøkelser i strandsonen; til venstre ruteanalyse, til høyre semikvantitativ strandsonundersøkelse.

### Vannundersøkelser

Vannprøvene til analyser av næringssalter og klorofyll a er tatt med vannhenter. Vannhenteren fungerer ved at den senkes ned på et bestemt dyp for så å lukkes med en egen mekanisme. Se figur 3. Målinger av salinitet, temperatur og oksygen gjøres med et eget instrument kalt CTD. Oksygeninnhold i bunnvannet er i tillegg målt ved titrering etter egen metodikk (Winkler).



**Figur 3.** Vannhenter klar for nedsenking og prøvetaking.

### **Næringsalter**

Næringsalter er uorganiske forbindelser slik som nitrogen og fosfor som alger er avhengig av for å kunne vokse. Konsentrasjonen av disse stoffene i overflatelagene er derfor lavest i sommerhalvåret, under vekstperioden for alger, og stiger i vinterhalvåret, mens det ikke er algevekst. Mangel på næringsalter begrenser veksten av alger i vannmassene i sommerhalvåret, mens i vinterhalvåret er sollys og temperatur begrensende vekstfaktorer. Konsentrasjonen av næringsalter i vannmassene kan øke som følge av menneskelig aktivitet slik som kloakkutslipp, jordbruk og akvakultur - en prosess som kalles eutrofiering. Økt næringstilgang vil kunne føre til økt algevekst og økt nedbryting av sedimenterte algerester, noe som kan gi oksygenfattige forhold på sjøbunnen.

### **Klorofyll a og siktedyp**

Klorofyll a er et pigment som finnes i planter, alger og blågrønnbakterier, det absorberer sollys og er en essensiell komponent i fotosyntesen og dermed for alt liv. Innholdet av klorofyll a i en vannprøve gir et indirekte mål på konsentrasjonen av alger i vannet. God næringstilgang kombinert med gode solforhold og temperatur kan gi algeoppblomstringer som i seg selv kan være en indikasjon på overgjødning (Eutrofi). Avrenning fra land, havbruk og kloakkutslipp kan forårsake overgjødning. Siktedyp er et mål på gjennomskinnelighet i vann og er blant annet avhengig av antall partikler i vannet. Særlig ved store mengder planktonalger i sommerhalvåret kan sikten være begrenset. I områder med stor organisk forurensning og store tilførsler av avrenning fra land kan sikten



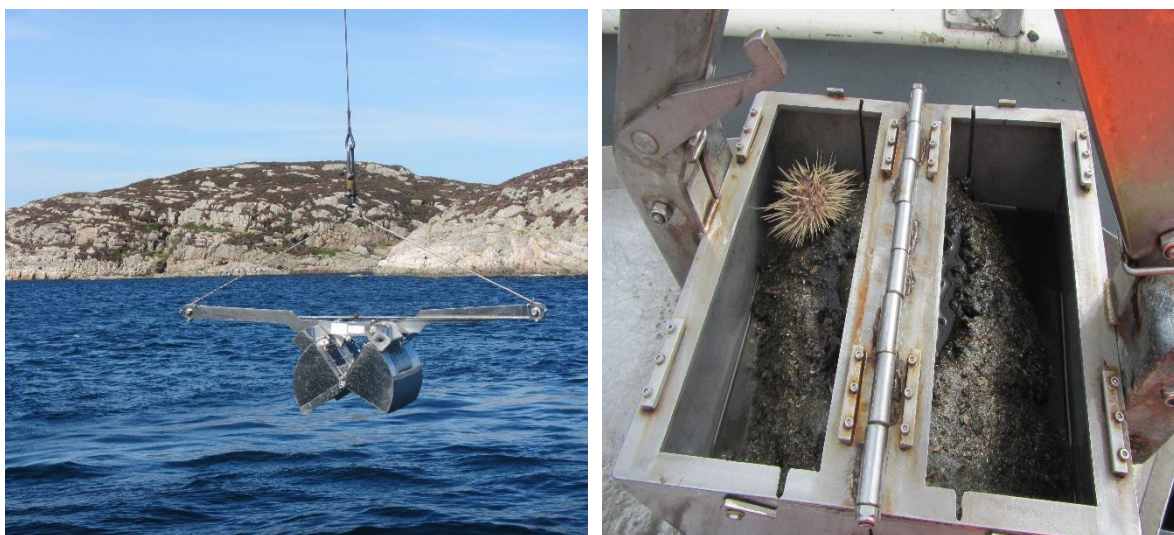
være begrenset hele året.

### Bakterier

Bakterier i vann viser påvirkning fra mennesker eller dyr. Forekomsten av koliforme bakterier og enterokokker i vannprøvene reflekterer innholdet rester fra avføring fra varmblodige dyr og mennesker da disse bakterier lever i tarmen til varmblodige dyr. Disse bakteriene formerer seg ikke i sjøvann, men vil etter utslipp være tilstede i vannet i en periode. Lavere temperatur vil forlenge levetiden til disse bakteriene, mens høyere saltkonsentrasjon vil forkorte levetiden. I sommerhalvåret utfører kommunene regelmessige undersøkelser av vann ved en rekke badeplasser i Bergen for å sjekke at det ikke er store konsentrasjoner av bakterier der.

### Bunnundersøkelser

Det tas prøver av sediment til analyser av kornfordeling, organisk innhold, miljøgifter og bunndyr ved bruk av en grabb, se bilde 4. Grabben senkes ned til havbunnen hvor den tar en jafs av sedimentet som bringes opp til overflaten.



**Figur 4.** Grabb som brukes til sedimentprøvetaking

### Sedimentundersøkelser

Sedimentets kornfordeling forteller noe om strømforholdene. I et område med gode strømforhold vil finere partikler bli ført bort. De grovere partikler vil bli liggende igjen. Dette gjenspeiles i kornfordelingen, som da vil vise at mesteparten av partiklene i sedimentet ligger i den grovere del av størrelsesspekteret. I et område med lite strøm vil finere partikler synke til bunns og avleires i sedimentet.

### Miljøgifter

Det tas også prøver av sedimentet for analyser av miljøgifter. Her sees det etter tungmetaller, polyaromatiske hydrokarboner (PAH) og perfluorerte klorforbindelser (PCB) samt tributyltinn (TBT). Dette er miljøgifter som i stor grad er knyttet til tidligere industri i Bergensområdet. Spesielt Puddefjorden er svært forurenset med tanke på miljøgifter.

### Bunndyrsundersøkelser

Artssammensetningen i bunnprøver gir viktige opplysninger om miljøforholdene i et område. Miljøforholdene i bunnen og i vannmassene over bunnen gjenspeiler seg i bunnfaunaen. De fleste bløtbunns-artene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere langtidseffekter fra miljøpåvirkning. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art (i et bunndyrs-samfunn). I et uforurenset område vil det vanligvis være mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individer blant artene.



Figur 5. Artsbestemming og sortering.



Figur 6. Bilder fra bunndyrsinnsamlingen.

## Resultater

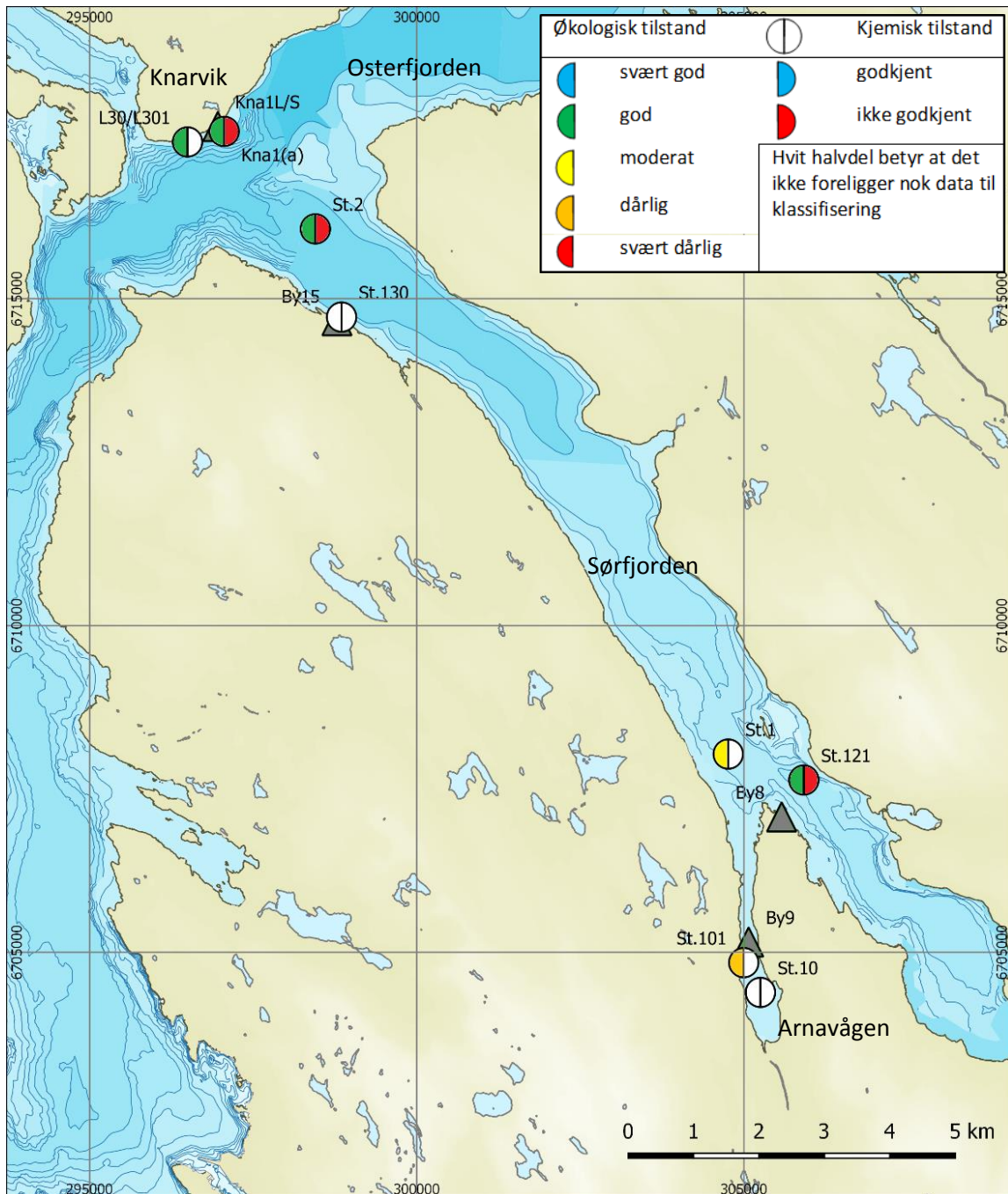
Resultatene er presentert etter område. Kartvisningen viser stasjonsplassering samt økologisk tilstandsklassifisering for bunndyr og den kjemiske tilstanden i sedimentet, se Figur 7 for tegnforklaring knyttet til kartene. Øvrige analyser er beskrevet på en generell basis i den tilhørende teksten. Hvis man vil finne mer utdypende informasjon knyttet til spesielle områder/stasjoner er dette mer nøye beskrevet i årsrapportene om det spesifikke området/stasjonen. Henvisninger til disse er gitt i områdebeskrivelsen av de forskjellige områdene.

Økologisk tilstand		Kjemisk tilstand
 svært god		godkjent
 god		ikke godkjent
 moderat	Hvit halvdel betyr at det ikke foreligger nok data til klassifisering	
 dårlig		
 svært dårlig		

**Figur 7.** Tegnforklaring til klassifisering brukt i kartene.

### Område 1, Bergen og Lindås: Arnavågen, Sørfjorden fra Garnes til Lindås.

Område 1 omfatter Arnavågen og Sørfjorden fra Garnes opp til Knarvik i Lindås kommune, se Figur 8. Sørfjorden er ca. 175 m dyp ved Garnes og blir gradvis dypere ned mot møtet med Osterfjorden og Salhusfjorden, er ca. der den 550 m på det dypeste. Arnavågen er en 24 m dyp poll med et terskeldyp på 7 m (Helle, 1975). Området er besøkt årlig fra 2011 til 2016 og man finner utfyllende informasjon om resultatene i SAM e-Rapport nr: 9-2012,7-2013, 27-2014, 4-2015, 3-2016 og 1-2017.



**Figur 8.** Kart over område 1 med stasjoner inntegnet. Trekant markerer stasjoner i strandsonen, sirkler markerer stasjoner i sjø.

Arnavågen har tidligere vært benyttet som avløpsresipient, men i 1986 ble kloakknett i området sanert og omlagt til det mekaniske renseanlegget på Garnes. Dette anlegget renser i dag avløpsvann fra ca. 18 000 personekvivalenter. Utslipet fra anlegget ledes ut på omtrent 45 m dyp ca. 70 m fra land i Sørfjorden ved Garnes. I tillegg er det noen utslipp fra Osterøy-siden og fra avløpsanlegg ved Ytre Arna, Hylkje og Steinestø. Det er seks oppdrettsanlegg for ørret på Osterøy-siden i Sørfjorden vest for Osterøybrua.

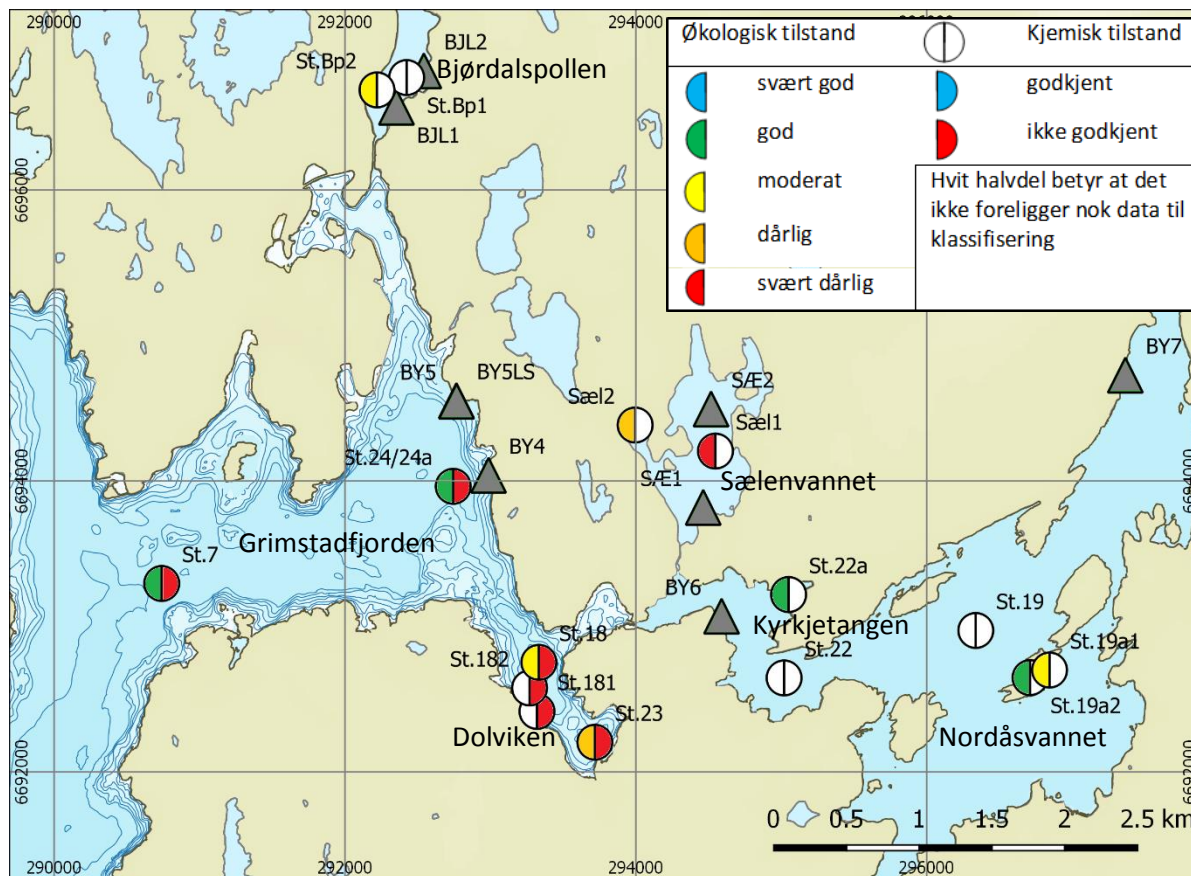
Undersøkelsen av parametere knyttet til vann i område 1 viser generelt sett gode forhold med unntak av i Arnavågen. Arnavågen er en poll med begrenset vannutskiftning og stor tilførsel av næringsstoffer fra Arnaelva, dette fører til tidvis lavt oksygeninnhold i de dypere delene av Arnavågen. Næringssaltinnholdet i område 1 var lavt og følger i stor grad historiske trender. Oksygeninnholdet i bunnvannet er også godt, men det observeres dog en nedadgående trend i oksygeninnhold siden 1980 ved de dype stasjonene i område 1.

Innholdet av miljøgifter i sedimentet er generelt sett lavt. Den kjemiske tilstanden klassifiseres likevel som ikke god knyttet til noen få enkeltkongener av polyaromatiske hydrokarboner.

I perioden 2011-2015 er det observert store endringer i bunnfaunaen på stasjon 1 og stasjon 121 i Område 1. Endringene er i hovedsak knyttet til en enkelt art av børstemark, *Polydora* sp, som er en opportunistisk art som raskt kan opptre i store mengder knyttet til økt næringstilgang. Det ble observert en betydelig økning i antall individer av denne arten fra 2011 til 2014. I 2015 ble det observert en nedgang i antall individer av denne arten på st. 121 en trend som fortsatte i 2016. Bunnfaunaen på St. 2 viste gode forhold og nærmest uendret i forhold til tidligere år. Det ble observert store variasjoner i artssammensetningen i Arnavågen knyttet til forskjell i oksygeninnholdet i bunnvannet på stasjonen.

## Område 2, Bergen: Nordåsvannet, Dolviken, Grimstadfjorden, Bjørndalspollen og Sælevannet.

Område 2 omfatter Nordåsvannet, Sælevatnet, Dolviken, Knappen, Grimstadfjorden og Bjørndalspollen, se Figur 9. Det er et geografisk og hydrografisk komplekst område med mange terskler, sund og varierende avrenning, noe som gjør det til et marinbiologisk interessant område. Området er besøkt årlig fra 2011 til 2016 og man finner utfyllende informasjon om resultatene i SAM e-Rapport nr: 9-2012,7-2013, 27-2014, 4-2015, 3-2016 og 1-2017.



**Figur 9.** Kart over område 2 med stasjoner inntegnet. Trekant markerer stasjoner i strandsonen, sirkler markerer stasjoner i sjø.

Nordåsvannet, som er det største pollsystemet i Bergen kommune, har et smalt og grunt

innløp ved Straume bro. En terskel på ca. 10 m dyp ved Kyrkjetangen, deler Nordåsvannet i to basseng; indre og ytre basseng som er henholdsvis 90 m og 53 m dypt. Den ytterste terskelen (ved Straume bro) er et vesentlig hinder for vannutvekslingen mellom Nordåsvannet og sjøområdet utenfor, og terskelen mellom bassengene hindrer fri vannutveksling mellom bunnvannet i det ytre og det indre basseng. Bare ytterst sjeldent skiftes bunnvannet i indre basseng ut. Mindre utskiftninger som ikke trenger helt til bunns skjer ofte. I ytre basseng er det utskiftning av bunnvannet regelmessig hvert år (se tidligere Byfjordsundersøkelser). Sjeldne og ufullstendige utskiftninger av bunnvann gir oksygenmangel i dypet grunnet at oksygenet blir brukt opp av levende organismer. Det finnes et dykket ferskvannutslipp i indre del av Nordåsvannet som bidrar til bedre utskiftning i vannmassene og som har bedret forholdene i Nordåsvannet. Det er fortsatt noen mindre avløpsutslipp til undersøkelsesområdet selv om det i de senere år har vært en omfattende sanering av utslipp fra Søreide, Søvik, Steinsvik og ytre deler av Nordåsvannet. Tiltakene som er gjort for å fjerne utslipp fra Nordåsvannet har gitt en

positiv effekt på vannkvaliteten i Nordåsvannet.

Sælevannet er tilknyttet Nordåsvannet gjennom en smal kanal som forhindrer god vannutveksling mellom de to bassengene. Dette fører blant annet til stagnerende bunnvann og oppkonsentrering av næringsstoffer.

Utenfor Nordåsvannet ligger Dolviken, som mottar utslipp fra bebyggelsen og småbåthavner. Mellom Dolviken og Nordåsvannet lå Ruskeneset septikslamstasjon som var i drift fra 1964 til 1980. I 1979, da utslippene var på det største, ble det sluppet ut ca. 17 000 m<sup>3</sup> septikslam på ca. 15 m dyp ved Ruskeneset. Restene fra det gamle utslippet setter fortsatt sitt preg på sjøbunnen ved Ruskeneset. Prøvepunktene i Dolviken ligger i to fordypninger bak en terskel på ca. 35 m dyp. I den innerste fordypningen kan det om høsten tidvis være svært lavt oksygeninnhold i bunnvannet. Området mottar fortsatt noen mindre utslipp fra Hammarsland og Dolviken, og utbyggingen av marinaer i viken er med på å hindre god sirkulasjon i vannmassene.

Ved Knappen ble det i 1981 satt i drift et mekanisk renseanlegg for avløpsvann. Anlegget ble i 1986 utbygget til også å omfatte kjemisk rensing (fosfor). I dag mottar anlegget kloakk fra nordsiden av Nordåsvannet, sydlige deler av Bergensdalen, Fyllingsdalen og Loddefjordområdet. Anlegget betjener ca. 60 000 personequivallenter (Bergen kommune, 2011). Avløpet fra renseanlegget ledes ut på ca. 50 m dyp, ca. 150 m fra land.

Grimstadjorden representerer den ytterste delen av Område 2 og strekker seg ut til Raunefjorden i vest og mot Vatløstraumen i nord-vest.

Bjørndalspollen mottar overflateavrenning fra de tett befolkede områdene i Loddefjord, Brønndalen og Vadmyra. Selve pollen, som har maksimalt dyp på 28 m, har et langt (ca. 200 m), smalt (ca. 20 m) og grunt (1-2 m) innløp som hindrer fri vannutveksling mellom bunnvannet i pollen og sjøområdet utenfor.

I område 2 ser man en synkende gradient knyttet til innhold av næringssalter fra de indre delene av området til de ytre, dette er knyttet til begrenset vannutskiftning og tilførsel av næringsstoffer til de indre områdene. Spesielt Sælevannet skiller seg ut med til dels svært høyt innhold av næringssalter i vannet. Den begrensede vannutskiftningen i de indre delene av området preger også innhold av oksygen i bunnvannet som tidvis er lavt ved flere av stasjonene.

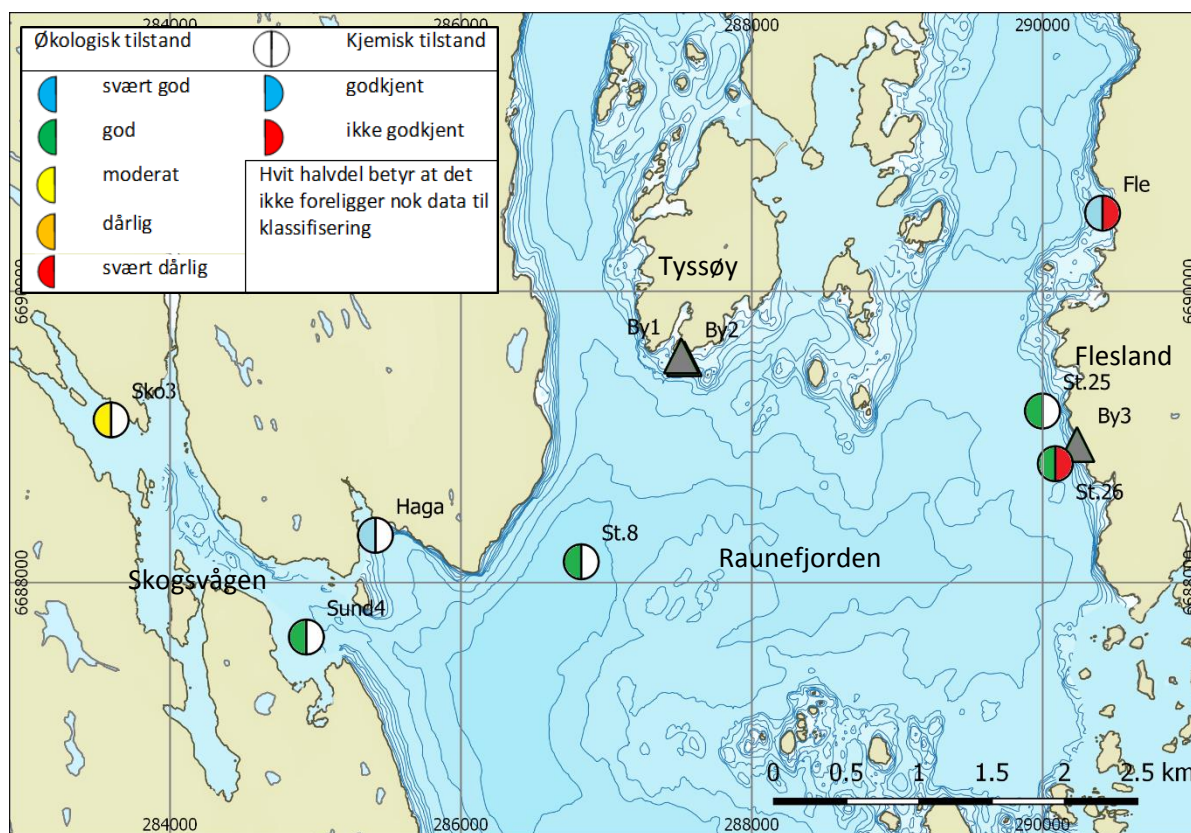
I Dolviken finner man høye nivåer av miljøgifter, spesielt TBT skiller seg negativt ut med høye verdier. TBT er svært giftig og tidligere brukt i bunnsmørning til båter, det er ikke unormalt å finne høye verdier av TBT i sedimenter i nærheten av marinaer og i skipsleden generelt.

Det er store variasjoner i bunnfaunaen i område 2, dette er knyttet til den tidligere nevnte dårlige vannutskiftningen i store deler av området. Begrenset vannutskiftning samt høyt oksygenforbruk i sedimentet på grunn av stor tilførsel av næringsstoffer, fører til dårlige forhold for bunnfauna. I de ytre delene er bunnfaunaforholdene gode.

Strandsoneundersøkelsene utført i området viser en positiv utvikling i Nordåsvannet knyttet til økt utbredelse av blæretang samt reduksjon i utbredelse av grønnalger.

### Område 3, Bergen, Fjell og Sund: Raunefjorden og Sletten.

Område 3 omfatter Sletten og Raunefjorden, se Figur 10. Området er besøkt årlig fra 2011 til 2016 og man finner utfyllende informasjon om resultatene i SAM e-Rapport nr: 9-2012,7-2013, 27-2014, 4-2015, 3-2016 og 1-2017.



**Figur 10.** Kart over område 3 med stasjoner inntegnet. Trekant markerer stasjoner i strandsonen, sirkler markerer stasjoner i sjø.

Ved Flesland/Sletten ble et mekanisk renseanlegg med grovsil satt i drift i 1980/81. Fra 1985 ble rister med spalteåpning på 1 mm satt inn. Renseanlegget mottar kloakk fra bebyggelsen syd for Nordåsvannet, Nesttun, Sandalen, Rådalen og Skjold, totalt tilsvarende nærmere 65 000 personekvivalenter. I tillegg kommer sigevann fra Rådalen avfallsplass. Renseanlegget er i perioden 2012-2017 under oppgradering, fra mekanisk til biologisk anlegg for å tilfredsstille nasjonale og internasjonale krav til rensing av avløpsvann, og for å håndtere større mengder kloakk forbundet med fremtidig befolkningsvekst. Under oppgraderingen har anlegget i perioder hatt redusert drift. Det nye anlegget ble satt i prøvedrift i januar 2017. Renseanlegget kan etter oppgraderingen rense avløpsvann fra ca. 152 000 pe.

St. 8 ligger i Raunefjorden på 244 m dyp og fungerer som en referansestasjon for den generelle miljøsituasjonen i fjorden. Raunefjorden har god bunnvannsutveksling med fjordsystemene i sør og har tilfredsstillende oksygeninnhold i bunnvannet. St. 25 (Sletten nord) og St. 26 (Sletten syd) ligger utenfor renseanlegget på Flesland på henholdsvis 73 og 83 meters dyp. Stasjonene er opprettet for å kunne fange opp eventuelle påvirkninger fra renseanlegget på Flesland.



Vannprøvene fra Område 3 i perioden 2011-2016 viste at konsentrasjonen av næringssalter generelt sett var lave og innenfor beste tilstandsklasse for vintermålingene. Sommermålingene var også generelt sett gode. Oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet kom innenfor tilstandsklasse I - meget god for alle stasjonene som ved tidligere undersøkelser, med unntak av stasjon Sko 3 hvor konsentrasjonen av oksygen i bunnvannet lå mellom tilstandsklasse III og IV grunnet terskler utenfor stasjonen.

Sedimentundersøkelsene viste et høyt glødetap på Sko 3 som indikerer stor tilførsel av organisk materiale, moderat på St. 8 og ellers lavt.

Bunnfaunaen på St. 25 og St. 26 utenfor avløpsrenseanlegget på Flesland får tilstandsklasse II - god. Her ser man for øvrig en betydelig nedgang i antall individer på stasjonene siden undersøkelsen i 2014, dette spesielt på St. 26.

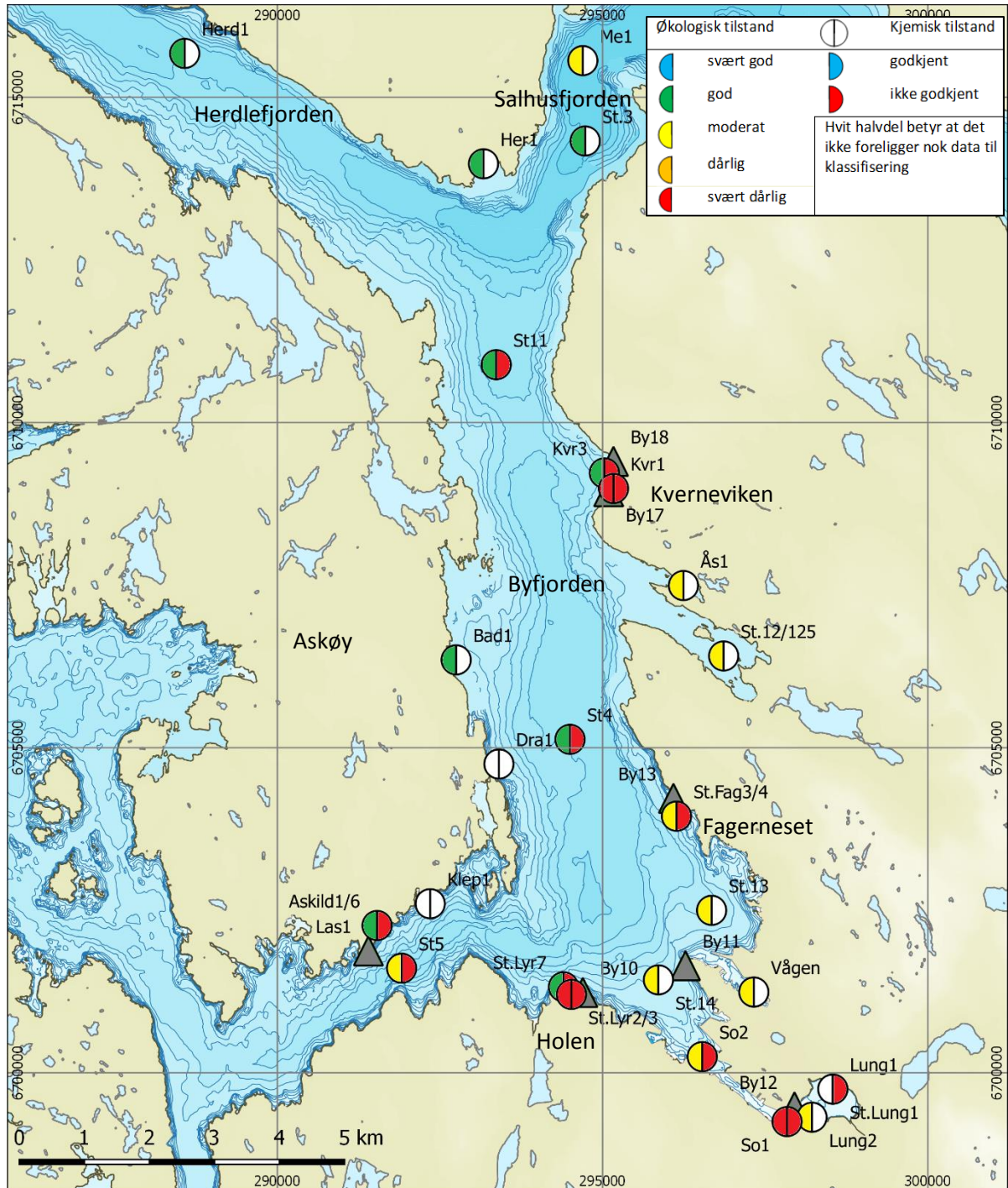
På St. 8, i den dypeste delen av Raunefjorden ser man derimot en betydelig økning i antall individer fra 2013 til 2015. I 2015 kom bunnfaunaen på st. 8 i tilstandsklasse III - moderat og beveger seg for første gang ut av tilstandsklasse II - god.. I 2016 ble det observert en betydelig forbedring i bunnfaunaen på st. 8 som gikk tilbake til tilstandsklasse II - god og ligger på omtrent samme nivå som i 2013 før de store endringene i bunnfaunaen startet. Det var spesielt et høyt antall av børstemark fra slekten *Polydora*, der antallet mer enn doblet seg fra 2014 til 2015, som bidro til den skjeve artsfordelingen på stasjonen. Økt næringstilgang for bunndyrene, grunnet lav rensegrad av avløpsvann knyttet til den pågående oppgraderingen av avløpsrenseanleggene i Bergen kommune kan være en medvirkende årsak til det høye antallet av børstemark på stasjonen i 2014 og 2015. Ettersom avløpsrenseanleggene er ferdig oppgradert har næringstilgangen minket og dermed ført til en reduksjon i antall børstemark på stasjonen i 2016.

Innerst i Skogsvågen på stasjon Sko 3 havnet bunnfaunaen i tilstandsklasse III - moderat noe som blant annet kommer av at den ligger innenfor en terskel som hindrer god vannutveksling. Det var bedre forhold ved stasjonene lenger ute i Skogsvågen.

Ruteanalysen på By 1 viser en økning i dekningsgrad for grønnalger og cyanobakterier samt en nedgang i dekningsgrad for fastsittende dyr. På stasjon By 2 er det størst økning i antall rødalger samtidig som man ser en nedgang i dekningsgrad for brunalger og grønnalger. På stasjon By 3 ble det observert færre arter og noe mindre dekning av grønnalger enn undersøkelsen i 2013 men fremdeles mye sett i forhold til historiske data. Befaringen av strandsonen viste fremdeles mye grønske, men ingen vesentlige endringer ellers sett i forhold til tidligere undersøkelser. Generelt sett viser strandsonundersøkelsen mye grønske i området som indikerer god tilførsel av næringssalter.

### Område 4, Bergen og Askøy: Byfjorden, Solheimsviken, deler av Herdlefjorden og Salhusfjorden.

Område 4 omfatter sjøområdene ved Bergen sentrum og Byfjorden vestover til Askøybroen, og nordover inkludert deler av Herdlefjorden og opp Salhusfjorden til Hordvikneset (Figur 11). Området inkluderer Eidsvåg, Byfjorden, Fagernes, Skuteviken, Vågen, Nordnes, Lyreneset, Puddefjorden, Solheimsviken, Store Lungegårdsvann og Askøy ved Kleppstø. Området er besøkt årlig fra 2011 til 2016 og man finner utfyllende informasjon om resultatene i SAM e-Rapport nr: 9-2012,7-2013, 27-2014, 4-2015, 3-2016 og 1-2017. Området er besøkt årlig fra 2011 til 2016 og man finner utfyllende informasjon om resultatene i SAM e-Rapport nr: 9-2012,7-2013, 27-2014, 4-2015, 3-2016 og 1-2017.



**Figur 11.** Kart over område 4 med stasjoner inntegnet. Trekant markerer stasjoner i strandsonen, sirkler markerer stasjoner i sjø.

Totalt mottar Område 4 utslipp som tilsvarer ca. 165 000 personekvivalenter (pe.). Det meste av dette ble tidligere sluppet ut med begrenset rensing i resipienten, men etter omfattende sanering i avløpsnett i Bergen på slutten av 1990-tallet behandles nå avløpsvannet i mekaniske renseanlegg med spalteåpning på 1 mm i Kverneviken (ca. 35 000 pe.), ytre Sandviken (Sentrum nord) (ca. 30 000 pe.) og i Holen (Sentrum syd) (ca. 100 000 pe.). Avløpsvannet ledes ut i ca. 40 m dyp i Kverneviken, ca. 40 m dyp ved Fagernes (ytte Sandviken) og ca. 35-40 m dyp ved Lyreneset (Holen). Da saneringsarbeidet i Store Lungegårdsvann og Solheimsviken var ferdig i oktober 1998 ble tidligere avløpsutslipp i Fløen, på Grønneviksøren og i Solheimsviken overført til Holen, samtidig som det ble etablert overløpsutslipp i 15 m dyp i Store Lungegårdsvann og Solheimsviken. Eldre undersøkelser har påvist kraftig forurensning i Store Lungegårdsvann, Solheimsviken og Vågen, og det er påpekt at miljøet også er belastet av ulike miljøgifter i Puddefjorden og Skuteviken. Gjennom tidligere Byfjordsundersøkelser er det dokumentert negativ miljøeffekt ved utslippspunktet ved Holen (Sentrum syd) ved Lyreneset og fra ytre Sandviken (Sentrum nord) ved Fagerneset.

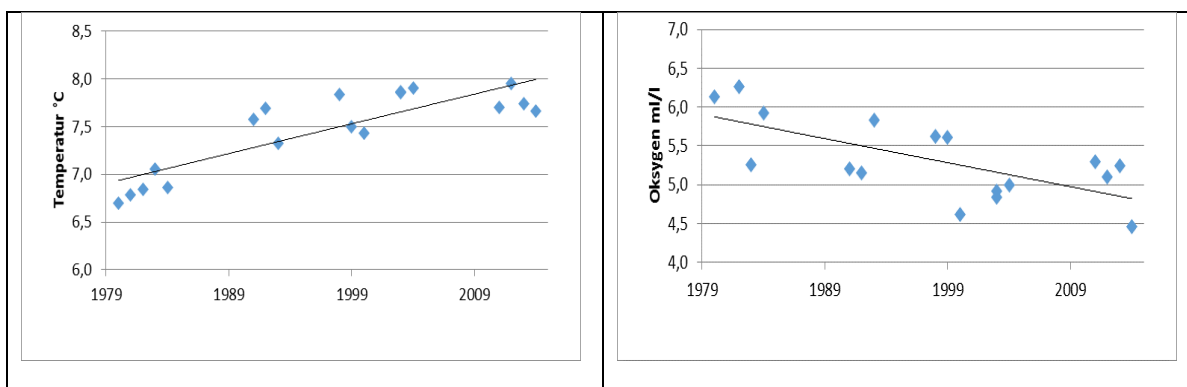
De tre renseanleggene i Område 4 har i perioden 2011-2016 gjennomgått en kraftig utbygging, fra mekaniske til kjemiske/biologiske anlegg for å oppfylle nasjonale og internasjonale krav til rensing av avløpsvann, og for å kunne håndtere befolkningsvekst i fremtiden. Kravet til renseanleggene i Bergen er sekundærrensing. Ved sekundærrensing fjernes næringsstoffer fra avløpsvannet. En reduksjon i utslipp av organiske stoff vil redusere sjansene for oksygenfattige områder rundt utslippspunktene, da det organiske stoffet forbruker oksygen når det brytes ned. Bedre rensing vil føre til mindre sedimentering rundt utslippspunktet. På grunn av oppgraderingen har renseanleggene hatt redusert drift/vært ute av drift i perioder under prøvetakingen 2011-2015. Det nye anlegget i Kverneviken ble tatt i bruk desember 2015 skal etter oppgraderingen ha kapasitet til å rense avløpsvann fra ca. 56 000 pe. Ytre Sandviken renseanlegg ble åpnet for prøvedrift oktober 2014, og satt i full drift 2. mars 2015 og skal kunne rense avløpsvann fra ca. 44 000 pe.

Holen renseanlegg skal etter oppgradering ha kapasitet til å rense avløpsvann fra ca. 134 000 pe., og prøvedrift ble startet i desember 2015. Anlegget var forventet å være i full drift fra sommeren 2016. Effekten av de forskjellige rensetilstandene under prøvetakingen vil bli vurdert i omtalen av prøvene, mens senere undersøkelser vil vise om oppgraderingen av renseanleggene forbedrer forholdene her.

Næringssaltkonsentrasjonene er generelt sett lave og gode i de øverste ti meterne av vannsøylen og viser relativt små variasjoner mellom stasjonene i de åpne områdene, og noe høyere i mer innestengte områder som Store Lungegårdsvann. På de stasjonene hvor det foreligger historiske data ser man også at næringssaltkonsentrasjonene varierer lite fra år til år i tiden etter den omfattende saneringen av avløpsnett i Bergen på slutten av 90-tallet.

Analyser av bakterier i sjøvann viser en nedgang siden 2014 hvor det da var til tider høye konsentrasjoner grunnet lav rensegrad ved avløpsrenseanleggene i perioden.

På de dype stasjonene er det det en svak trend med nedgående oksygenkonsentrasjon samt økning i temperatur fra 1980, se figur 12, en trend som for øvrig også observeres på de dype stasjonene i Område 1.



**Figur 12.** Utvikling i temperatur og oksygeninnhold på stasjon 4 på 300 meters dyp utenfor Helleneset.

På den dype St. 4 midt i Byfjorden ser man en reduksjon i konsentrasjonen av flere miljøgifter siden 1990, innholdet er likevel høyt. På de mer sentrumsnære stasjonene finner svært høye konsentrasjoner av flere miljøgifter, i all hovedsak knyttet til tidligere industri.

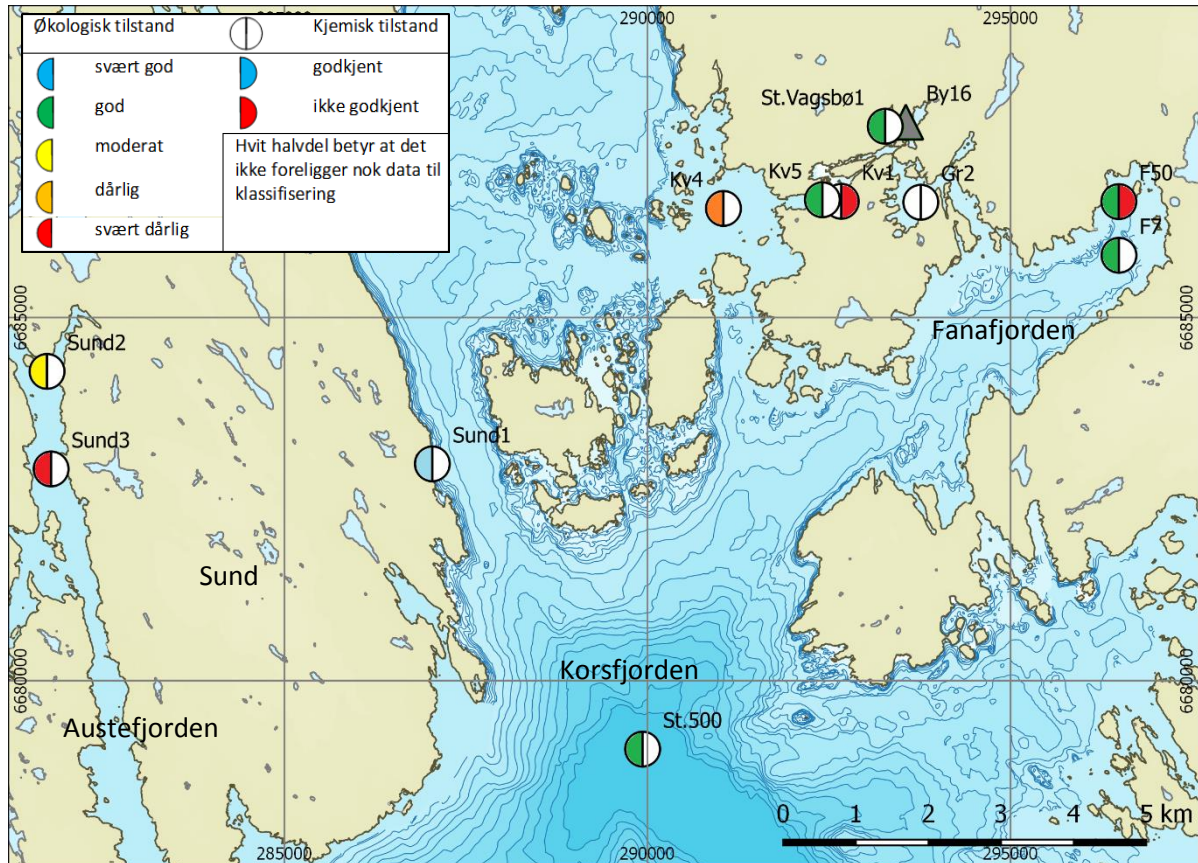
Bunnfaunaen på St. 3 og Herd 1 er de eneste dype stasjonene i område 4 uten betydelige endringer i undersøkelsesperioden og får tilstandsklasse II - god. Det må også nevnes at St. 3 og Herd 1 ligger lengre borte fra renseanleggene enn de andre dype stasjonene i område 4. På de øvrige dype stasjonene; St. 4, St. 5 og St. 11 observeres det en betydelig økning i antall bunndyr frem til 2015. Det er i stor grad børstemark av slekten *Polydora* som bidrar til denne utviklingen. I 2016 ble det observert en positiv utvikling med nedgang i antall individer på st.4 og st. 11, på st. 5 derimot økte antallet individer. Variasjoner knyttet til næringstilgang sett i forhold til når de nærliggende avløpsrenseanleggene kan ha en innvirkning på dette; det største avløpsrenseanlegget i område 4 ved Holen er også det som ligger nærmest st. 5 samt at det var dette anlegget som ble senest ferdigstilt.

Stasjonene utenfor renseanleggene, Lyr 2 (Holen), Fag 3 (Ytre Sandviken) og Kvr 1 (Kverneviken) er alle tydelig påvirket av utslippene, noe som sees ved store mengder individer fordelt på få forurensingstolerante arter. Det forventes imidlertid en forbedring på disse stasjonene som en effekt av økt rensesgrad ved de nærliggende renseanleggene i tiden fremover. På Lyr 2 observeres det små endringer i undersøkelsesperioden mens det på Kvr 1 og Fag 3 observeres en positiv utvikling med reduksjon i antall individer sannsynligvis en følge av redusert næringstilgang knyttet til bedre rensing av avløpsvannet

Fjæreundesøkelsen på stasjon Las 1 like ved Askøybroen på Askøysiden ble klassifisert som Moderat, tilstandsklasse III. På stasjon By 10 på Lyreneset har det vært en nedgang i antall arter over tid fra 1992 til 2012. Undersøkelsen i 2015 viste at antallet arter lå på samme nivå som i 2012 med en økning i dekningsgrad. Den samme trenden med nedgang i antall arter og økt dekningsgrad ser vi også på ruteanalysene utført på stasjon By 17 og By 18 i Kverneviken.

### Område 5, Bergen: Kviturdvikpollen, Vågsbøpollen, Fanafjorden, Korsfjorden og sørlige deler av Sund.

Område 5 omfatter Korsfjorden; Fanafjorden, med pollene Vestrepollen, Vågsbøpollen og Kviturdvikpollen i Bergen kommune; Kvernavika, med Pollen og Vestrepollen i Sund kommune, se Figur 13. Korsfjorden strekker seg østover fra Nordsjøen og går over i Raunefjorden mot nord, Fanafjorden i nordøst og Lysefjorden i øst. I sørlig retning strekker en fjordarm seg noen kilometer før den går over i Bjørnefjorden. Innløpet ligger mellom Austevoll i sør og Sund i nord med en terskel på om lag 250 meters dyp ved Marsteinen. Fjorden er 16 km lang og nærmer 700 meter på det dypeste. Området er besøkt årlig fra 2011-2015 og man finner utfyllende informasjon om resultatene i SAM e-Rapport nr: 9-2012,7-2013, 27-2014, 4-2015 og 3-2016.



**Figur 13.** Kart over område 1 med stasjoner inntegnet. Trekant markerer stasjoner i strandsonen, sirkler markerer stasjoner i sjø.

Fanafjorden strekker seg ut til Korsfjorden i sørvest. Fjorden har et maksimaldyp på ca. 159 m og har en relativt dyp terskel på 90 m dyp (Lie, 1978). Det har tidligere vært utslipp fra Rådalen avfallsplass via en sigevannsledning i området. Fram til 1974 gikk sigevannsutslippet fra avfallsplassen via en liten bekk (Pålemyrbekken) og ut i Mjølkevika innerst i Fanafjorden. I 1974 ble sigevannet overført til et rør som munnet ut på ca. 30 m dyp ved Stendaholmen. Fra 1987/88 har sigevannet blitt pumpet over til kloakknettets som leder ut til Flesland renseanlegg, og deponeringen på avfallsplassen opphørte i 1996.

På nordsiden av Fanafjorden ligger Vestrepollen som er 33 m dyp. Innløpet til pollen, som er grunt og smalt, er et vesentlig hinder mot fri vannutveksling mellom bunnvannet i pollen og Fanafjorden. Normalt fører dette til at pollen har en årlig periode med råttent, eller oksygenfattig bunnvann.

Kviturdvikspollen ligger nordvest for Fanafjorden og er et relativt innelukket sjøområde som munner ut mot Raunefjorden. Pollen er ca. 15 m dyp på det dypeste og har et grunt (ca. 4,5 m) og smalt (ca. 80 m) innløp. Bunnvannsutskiftningen i pollen er dårlig og tilførselen av oksygen til bunnvannet står ikke i forhold til forbruket. Under de nåværende forholdene er råttent bunnvann vanlig og i dypet er sjøbunnen livløs. Nåværende situasjon har minst vart siden 1962 (Dybern, 1967).

Mellom Kviturdvikspollen og Vestrepollen ligger Vågsbøpollen som har naturlig forbindelse med Kviturdvikspollen via Ådlandsstraumen, et smalt, grunt og langt sund. Topografien har vært en betydelig hindring mot god vannutskifting i Vågsbøpollen. Den 11. november 1996 ble det åpnet en ny kanal mellom Vågsbøpollen og Vestrepollen. Dette har ført til vesentlig bedre utskifting av vannet i Vågsbøpollen.

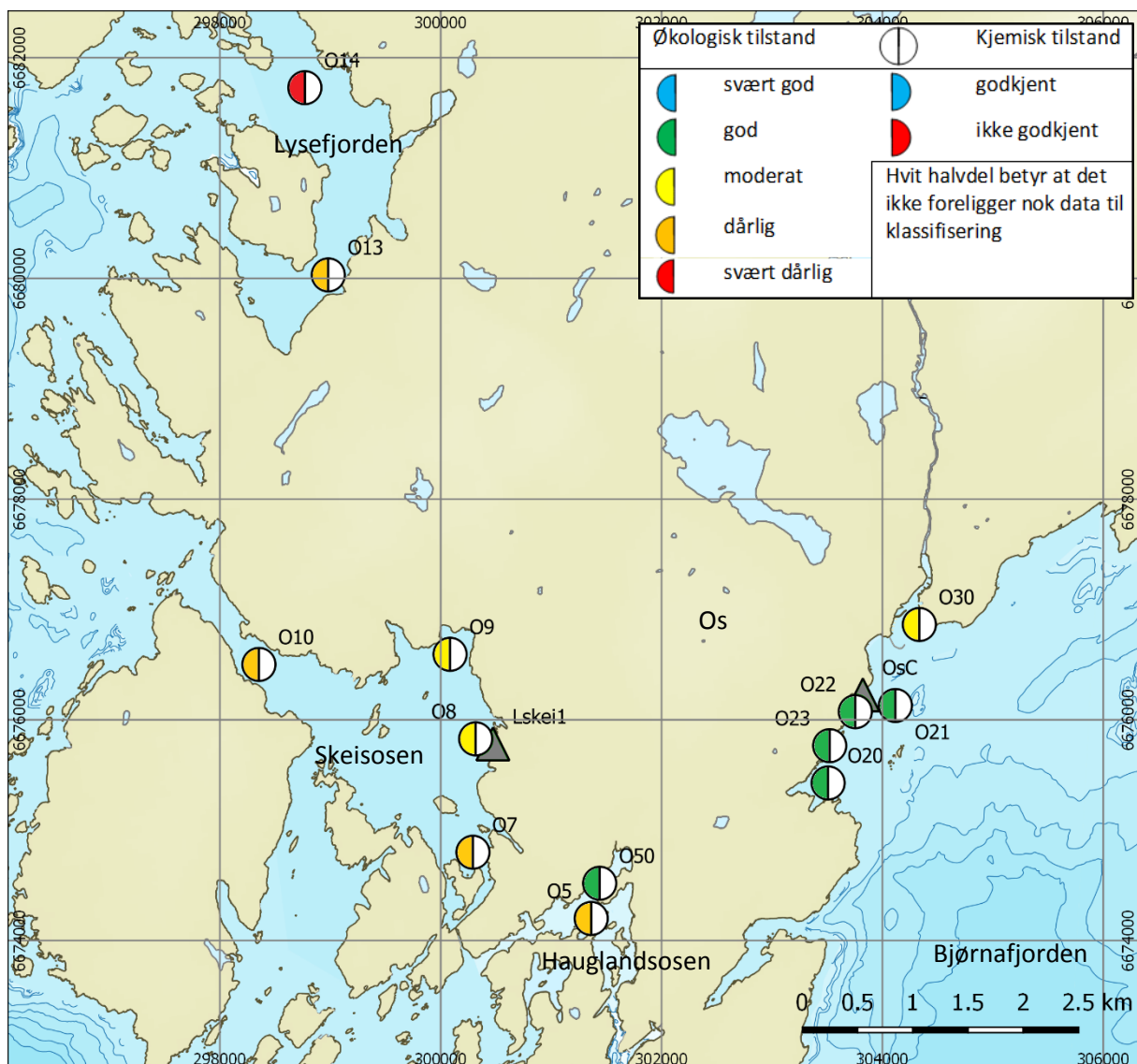
Forholdene ved mange av stasjonene i område 5 er begrensende fra naturens side da noen av stasjonene er i områder med mye avrenning og stor tilførsel av organisk materiale fra land, samt dårlig utskifting av bunnvann på grunn av naturlige terskler og trange sund ved inngangene til pollene.

I Fanafjorden ved utløpet til det gamle sigevannsutslippet var det til dels høye konsentrasjoner av miljøgifter blant annet TBT kobber, bly, PAHer og PCB. Det ble også funnet høye konsentrasjoner av miljøgifter ved marinaen i Kviturdvikspoll

### Område 6, Os: Lysefjorden og Bjørnafjorden mot inngangen av Fusafjorden.

Resipienten utenfor Os sentrum har en åpen plassering ut mot Bjørnafjorden og mottar utslipp fra et renseanlegg som er dimensjonert for 8000 pe. Skeisosen og Lysefjorden er begge relativt lukkede basseng med til dels begrenset vannutskiftning. I Hauglandsosen er det groper på 15 til 20 meter, men mesteparten er grunnere enn 10 meter, se Figur 14.

Ett nytt hovedrenseanlegg, OHARA, er under utbygging i Os kommune. Renseanlegget vil etter planen samle utslippene fra anlegget utenfor Os og Kuhnlevika. Det er også planer om sanering av anlegget på Skeisleira som skal flyttes til det nye renseanlegget. Område 6 ble besøkt i 2014 og mer utfyllende informasjon om resultatene finnes i SAM e-Rapport nr. 4-2015.



**Figur 14.** Kart over område 6 med stasjoner inntegnet. Trekant markerer stasjoner i strandsonen, sirkler markerer stasjoner i sjø.

Næringssaltkonsentrasjonene var lave og gode for alle de undersøkte stasjonene i område 6.

I Hauglandsosen havnet oktoberverdiene for oksygeninnhold i bunnvannet i tilstandsklasse II - god for stasjon O50 og tilstandsklasse IV - dårlig for stasjon O5. Det organiske innholdet i sedimentet på de undersøkte stasjonene er svært høyt men viser likevel en liten nedgang siden 2001. Bunndyrssammensetningene viser også en forbedring siden sist undersøkelse.

I Lysefjorden viser oksygenmålingene tidvis oksygenfrie forhold i bunnvannet og understreker at dette er et terskelt system med dårlig utskiftning av bunnvannet. På stasjon O14 var det oksygenfritt med H<sub>2</sub>S lukt i bunnvannet ved samtlige målinger i 2014. Det organiske innholdet i sedimentet på begge stasjonene var høyt og på linje med resultater fra tidligere år, 20-25 %. Det fantes ikke dyreliv på stasjon O14 som ved tidligere undersøkelser. På stasjon O13 fantes det bare 2 arter med ett individ av hver art, forholdene er litt verre enn de i 2006 og betydelig verre siden 1993.

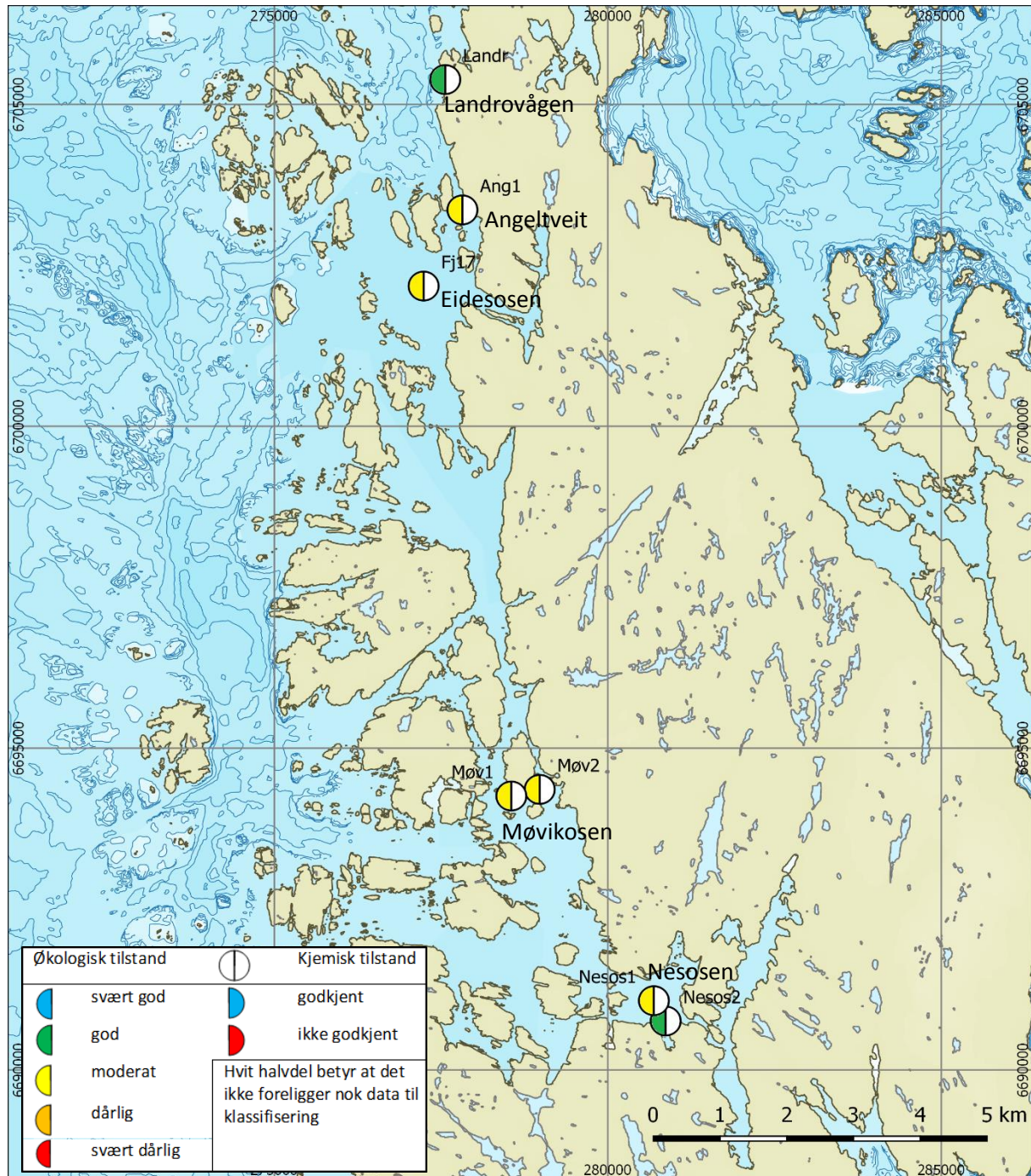
I Skeisosen lå oksygenkonsentrasjonene i tilstandsklasse III - moderat for stasjon O7, O9 og O10, mens stasjon O8 havnet i tilstandsklasse II - god. Stasjon O8 viser en generell forbedring i oksygeninnhold i bunnvannet sett i forhold til historiske data, dette er grunnet et dykket ferskvannutslipp til Skeisosen. De øvrige stasjonene er relativt uendret i forhold til historiske data. Det organiske innholdet i sedimentet var høyt/moderat (20-27 %) på stasjonene O7, O9 og O10 og moderat/høyt på stasjon O8. Samtlige stasjoner viser en svak nedgang i organisk innhold. Stasjon O7 og O10 hadde svært dårlige bunndyrsforhold som ved tidligere undersøkelser. Stasjon O9 viser moderate forhold som tidligere, med en liten forbedring i antall arter og individer. På stasjon O8 ser man en klar forbedring i bunndyrsforholdene. Fra å være dødt ved de tre siste undersøkelsene er det nå moderate forhold på stasjonen. Denne forbedringen skyldes det dykkede utslippet som nå sørger for at bunnvannet blir utskiftet oftere slik at det kommer til oksygen. Strandsoneundersøkelsen i Skeisosen på stasjon LSkei 1. viste gode forhold som i 2005, en liten forbedring kunne for øvrig sees ved at dekningsgraden av grønnalger var gått kraftig ned i 2014. I tillegg ble det utført en befaring i Skeisosen som viste en liten økning i grønske i området

Utenfor Os sentrum ble det på alle stasjoner observert svært gode oksygeninnhold i bunnvannet på alle målinger, som ved tidligere år. Det organiske innholdet i sedimentet er lavt for alle stasjonene og viser en liten nedgang i innhold av organisk materiale, med unntak av stasjon O30, hvor det sees en liten økning. Bunndyrsforholdene ved stasjon O20, O21 og O22 havnet i tilstandsklasse II - god. Stasjon O23 og O30 fikk tilstandsklasse III - moderat. Alle stasjonene med unntak av stasjon O21 viser en betydelig økning i antall individer og også noe økning i antall arter. Dette er indikasjoner på at det tilføres mer næring til stasjonene. Dette kan ha sin forklaring ved at det på strekningen Tellevik – Lekvenvågen har det vært sterk befolkningsvekst den siste tiden. Det har blitt bygget en ny pumpestasjon i Lekvenvågen som pumper avløp over til Kuhnle renseanlegg, det antas å være en overløpsledning til Lekvenvågen pumpestasjon samt at det har vært noe problemer med ledningene i området. Det ble også utført en strandsoneundersøkelse på stasjon Os C ved Os sentrum. Her er forholdene gode og relativt uendret siden 2005. Befaringene viste en liten økning i grønske i området sør for Kuhnlevika, utenfor Os sentrum, i forhold til 2005.



**Område 7, Fjell: Vestsiden av Fjell.**

Område 7 befinner seg på vestsiden av Fjell kommune og strekker seg fra Vindøyosen i Nord til Syltøyosen i sør. Området er komplekst med mange grunne terskler og ligger for det meste i ly av holmer og skjær, se Figur 15. Området 7 ble besøkt i 2012 og 2015, mer utfyllende informasjon om resultatene finnes i SAM e-Rapport nr: 7-2013 og 3-2016.



**Figur 15.** Kart over område 7 med stasjoner inntegnet. Sirkler markerer stasjoner i sjø.

Prøvetakingen i Område 7 ble utført i Nesaosen, Møvikosen, Landrovågen, Sollsvika Angeltveitsjøen og Eidesosen. Felles for de undersøkte stasjonene er at de ligger i tersklede områder med tidvis dårlig utskiftning av bunnvann samt at de er naturlige sedimenteringsbassenger. Grunne terskler og sund hindrer god utskiftning av bunnvann i disse områdene og når utskiftningene først skjer, brukes oksygenet i bunnvannet gradvis opp grunnet nedbrytning av organisk materiale på bunnen. Typisk for slike områder er tidvis redusert oksygeninnhold i bunnvann, høy sedimentering av organisk materiale og ofte medfølgende moderate til dårlige forhold for bunnfauna.

Næringssaltkonsentrasjonene var lave og innenfor tilstandsklasse I og II for alle måleperiodene.

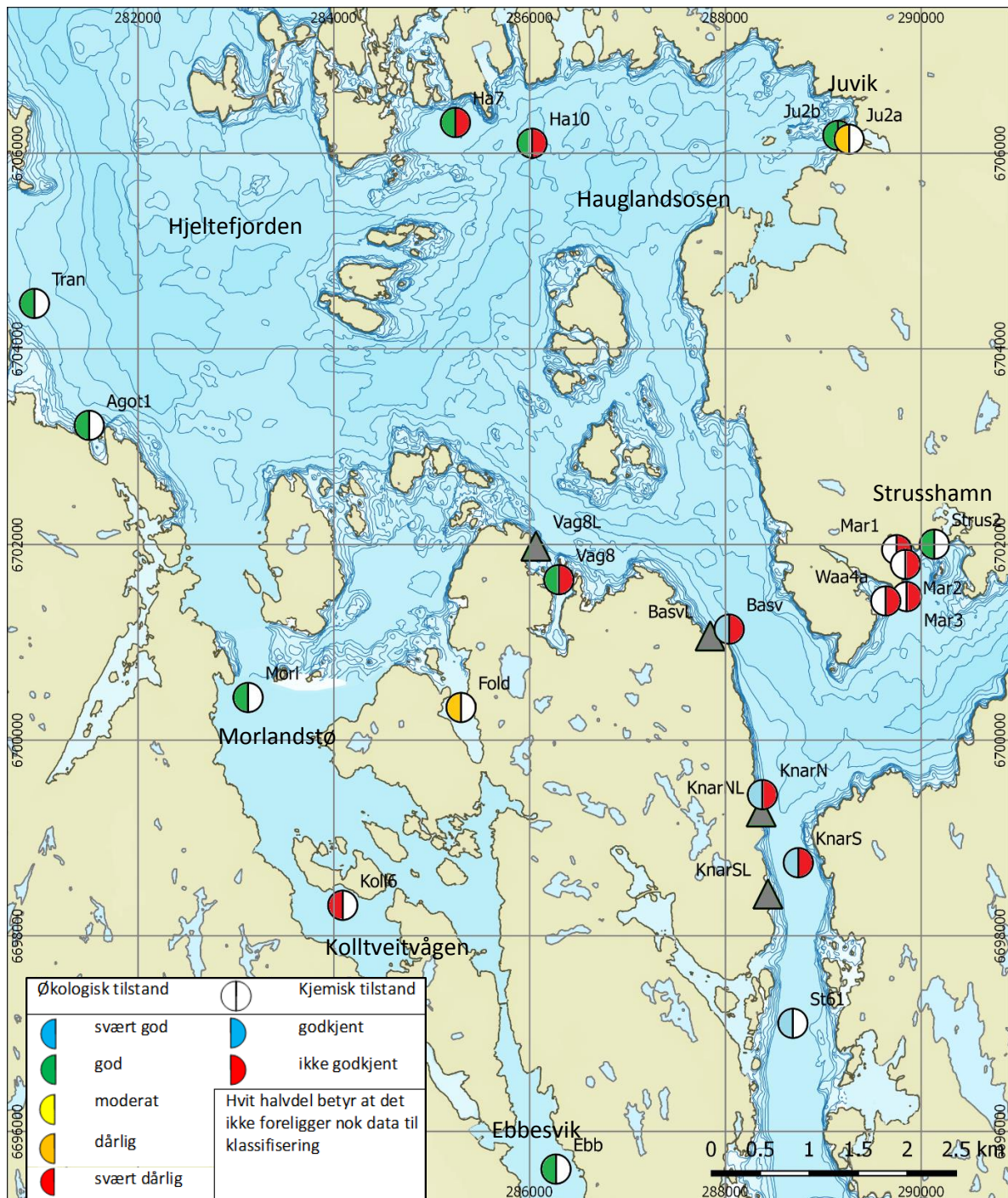
Oksygeninnholdet i bunnvannet var tidvis lavt/oksygenfritt på stasjon Nesos 1, Ang 1 og Møv 2 og da spesielt i oktober. På stasjon FJ 17 så man den største reduksjonen av oksygen i bunnvannet i januar. De øvrige stasjonene hadde gode oksygenforhold.

Med unntak av Nesos 2 var det høyt organisk innhold i sedimentet på de undersøkte stasjonene. På stasjon Møv 2 ser man en nedgang i organisk innhold i sedimentet siden undersøkelsen i 2012, mens på stasjon FJ 17 er det organiske innholdet i sedimentet omtrent som ved tidligere undersøkelser.

På stasjon FJ 17, Nesos 1 og Møv 1 og Møv 2 var det moderate forhold knyttet til bunnfaunaklassifiseringen, tilstandsklasse III. På Møv 2 ser man en klar forbedring fra undersøkelsen i 2012 hvor da bunnfaunaen var dominert av den forurensingstolerante børstemarken *Capitella capitata*. Denne positive utviklingen kan ha sammenheng med at utslippspunktet ved Møv 2 ble flyttet utenfor terskelsen i 2013. Bunnfaunaen på stasjon FJ 17 holder seg reelt stabilt på nivå med tidligere undersøkelser. Stasjon Nesos 2 fikk tilstandsklasse II - God for bunndyr.

### Område 8, Askøy og Fjell: Sørlege Hjeltefjorden, rundt Lillesotra til Vattlestraumen.

Område 8 omfatter sjøområdene rundt Litle Sotra fra Vattlestraumen til Hjeltefjorden opp til grensen mot Øygarden inkludert Hauglandsosen, Storevågen og Juvik, se Figur 16. Sundet på østsiden av Litle Sotra i Vattlestraumen er dypere enn vestsiden, der Bildøy stenger nesten all vanngjennomstrømning. Nord for Færøyini åpner Hjeltefjorden seg nordover mot 250 m på det dypeste i området, mens indre del av Hauglandsosen går ned mot 185 m sør for Tveitevåg på Askøysiden. Fjordsystemet på nordsiden av Litle Sotra er forholdsvis åpent, men med en del øyer og sund. Området er besøkt årlig fra 2011-2015 og man finner utfyllende informasjon om resultatene i SAM e-Rapport nr: 9-2012,7-2013, 27-2014, 4-2015 og 3-2016.



**Figur 16.** Kart over område 8 med stasjoner inntegnet. Trekant markerer stasjoner i strandsonen, sirkler markerer stasjoner i sjø.

Analysene av vannprøvene viste generelt sett lave næringssaltkonsentrasjoner som lå i tilstandsklasse I (Svært god) og tilstandsklasse II - god. Oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet var i tilstandsklasse I - meget god ved samtlige stasjoner med unntak av de mer innestengte områdene som Foldnesvåg og Kolltveit som hadde lavere oksygenkonsentrasjon i bunnvannet grunnet terskler som hindrer god vannutskiftning.

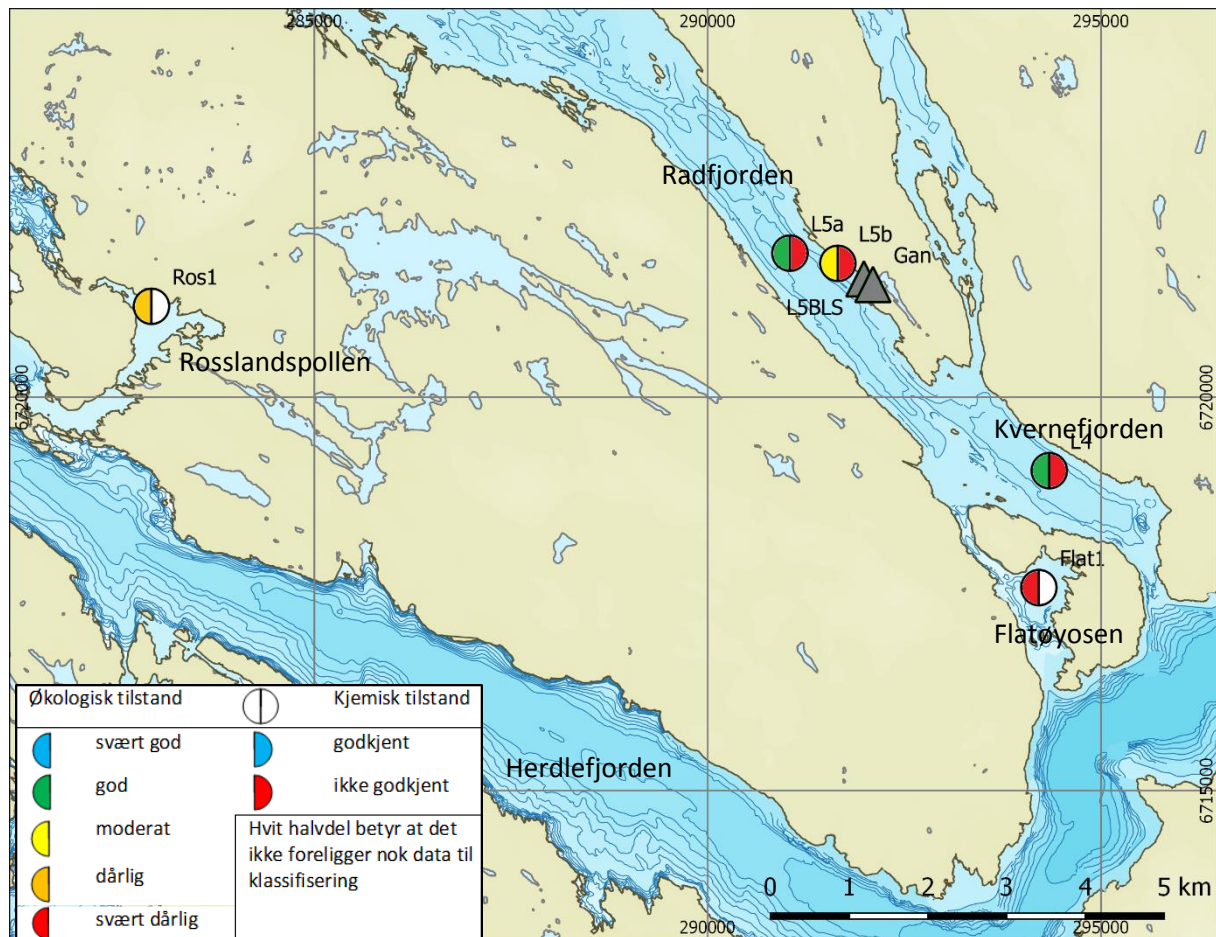
Sedimentprøvene fra Foldnesvåg, Kolltveit og Juvik hadde et høyt innhold av organisk materiale. Dette sammenfaller med få bunndyrarter og generelt dårlig bunnfaunatilstand. Årsaken til dette er at stasjonene ligger i innestengte områder med mye avrenning og dårlig utskiftning av bunnvann. De resterende stasjonene hadde lavt innhold av organisk materiale og svært gode til gode bunndyrsforhold.

Det var generelt sett lave konsentrasjoner av miljøgifter i sedimentet på de undersøkte stasjonene utenfor Hanøytangen, Hauglandsosen, Våge, Basvik og Knarrevik. Høye verdier av noen få PAH samt TBT forbindelser gjør likevel slik at den kjemiske tilstanden i sedimentet klassifiseres som ikke god.

Det ble også tatt prøver til kjemiske analyser utenfor Skiftesvik og i Marikoven. Her var forholdene tildels ekstremt dårlige. Dette grunnet en brann på tjærefabrikken i Skiftesvik i 1934, hvor det lekket mye tjære ut på sjøen som har lagt seg på havbunnen.

### Område 9, Lindås: Kvernefjorden, Radfjorden, Roslandspollen og nordre del av Herdlefjorden.

Område 9 omkranser det meste av Holsnøy og omfatter den nord-vestlige delen av Herdlefjorden (440 m), Mangersfjorden, Radfjorden (210 m) og Kvernefjorden, se Figur 17. Radfjorden og Kvernefjorden er mer innestengte enn de åpnere Mangersfjorden og Herdlefjorden. I tilknytning til fjordene er det en rekke våger og poller med terskler og smale sund, noe som kan påvirke utskifting av bunnvann. Det finnes også flere oppdrettsanlegg i Radfjorden. Området ble besøkt i 2012, 2013, 2014 og man finner utfyllende informasjon om resultatene i SAM e-Rapport nr: 9-2012,7-2013 og 27-2014.



**Figur 17.** Kart over område 9 med stasjoner inntegnet. Trekant markerer stasjoner i strandsonen, sirkler markerer stasjoner i sjø.

Analysene av nærings saltkonsentrasjonen i overflatevannet viste jevnt over gode forhold med kun få enkeltmålinger i tilstandsklasse III- Moderat.

Oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet viste meget gode forhold (tilstandsklasse I) ved stasjon L4 og L5a som tidligere. Det observeres likevel en gradvis reduksjon i oksygeninnholdet i bunnvannet utover høsten. Denne reduksjonen er knyttet til at Radfjorden er en terskelfjord med begrenset utskifting av bunnvannet. Ettersom det strømmer inn nytt oksygenrikt bunnvann blir oksygenet raskt brukt opp grunnet nedbrytning av organisk materiale på bunnen.

Bunnvannet fra den innelukkede stasjonen Flat1 var oksygenfritt og luktet sterkt av råtne egg ( $H_2S$ ). Det har ved tidligere undersøkelser vært lave oksygenverdier på stasjonen i samme periode på året, men det har da som regel vært oksygen i bunnvannet andre deler av året. Ufullstendig utskifting av bunnvann pga terskler er sannsynligvis årsaken til det totale fravær av oksygen på alle målingene i 2013. I Roslandspollen var det god oksygenkonsentrasjon i bunnvannet. Tidligere har det her vært dårlige oksygenkonsentrasjoner i bunnvannet i Roslandspollen, men et dykket ferskvannsutslipp som ble etablert i 2005 sørger nå for bedre utskifting av bunnvannet i pollen.

Sedimentprøvene hadde et høyt innhold av organisk materiale for samtlige stasjoner, unntatt ved L5b der det var mest skjellsand og stein.

Ved L5b fikk bunndyrsfaunaen tilstandsklasse III – moderat. Ved de dype stasjonene L4 og L5a fikk bunndyrsfaunaen tilstandsklasse II – god, mens i Flatøyosen, der det var oksygenfritt bunnvann, var det ingen bunndyr (tilstandsklasse V). I Roslandspollen observeres det en klar forbedring av bunnfaunaen; frem til det dykkede ferskvannsutslippet ble etablert var det helt dødt på stasjonen, nå er det liv på stasjonen og den havner i tilstandsklasse IV- Dårlig.

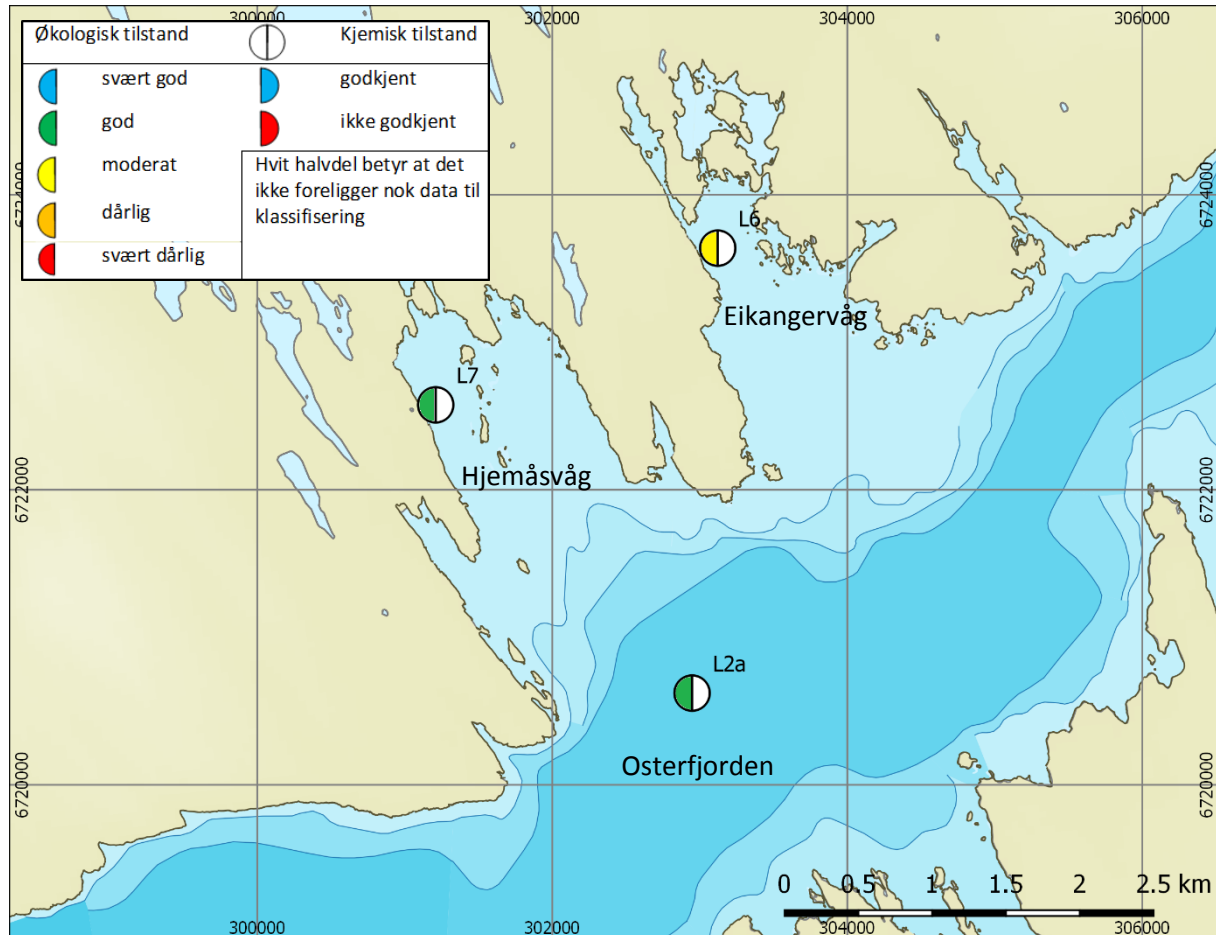
Kjemiske analyser viste varierende innhold av tungmetaller, med de høyeste verdiene ved L4 utenfor Kverna fjorden. L5b hadde de laveste verdiene. Innholdet av TBT var høyt (tilstandsklasse IV) ved stasjon L4 og L5a. Et fergeleie og annen båtaktivitet inkludert en marina i nærheten av L4 er en mulig årsak til forhøyet TBT i sedimentene. PAH konsentrasjonen var også høyest ved L4 (tilstandsklasse III – moderat), mens innholdet av PCB var lavt på alle stasjoner. Samlet sett får begge stasjonene klassifiseringen ikke god knyttet til miljøgifter i sedimentet.

Det ble gjennomført en fjæresoneundersøkelse på den nyopprettede stasjonen L5BLS utenfor Gangstø. Stasjonen var artsrik og med godt dekke av dyr og planter. Det var mye tang på stasjonen, som gir god beskyttelse for andre arter av planter og dyr. Det var gode forhold på stasjonen ved undersøkelsestidspunktet.

Alt tatt i betraktning var det ved undersøkelsestidspunktet gode økologiske forhold ved stasjonene L4 og L5a; moderate økologiske forhold ved stasjonen L5b; dårlige økologiske forhold ved stasjon Ros1 og svært dårlige økologiske forhold ved stasjonen Flat1.

### Område 10, Lindås: Osterfjorden.

Område 10 omfatter i all hovedsak Osterfjorden med Lonevågen, Hjelmåsvågen og Eikangervågen, se Figur 18. Fjordsystemet er ganske åpent med til dels store dyp. Området mottar i tillegg til lokal avrenning mye avrenning fra Vossevassdraget, Stølsheimen og Modalen-området. Der er flere oppdrettanlegg plassert rundt i Osterfjorden. Området ble besøkt i 2013 og man finner mer utfyllende informasjon om resultatene i SAM e-Rapport nr: 27-2014.



**Figur 18.** Kart over område 10 med stasjoner inntegnet. Trekant markerer stasjoner i strandsonen, sirkler markerer stasjoner i sjø.

Konsentrasjonen av næringsalter i overflatevannet var god for alle de undersøkte stasjonene

Oksygeninnholdet i dypvannet ved L2a var litt lavere enn ved de grunnere stasjonene L6 og L7 men alle tre var i tilstandsklasse II- God.

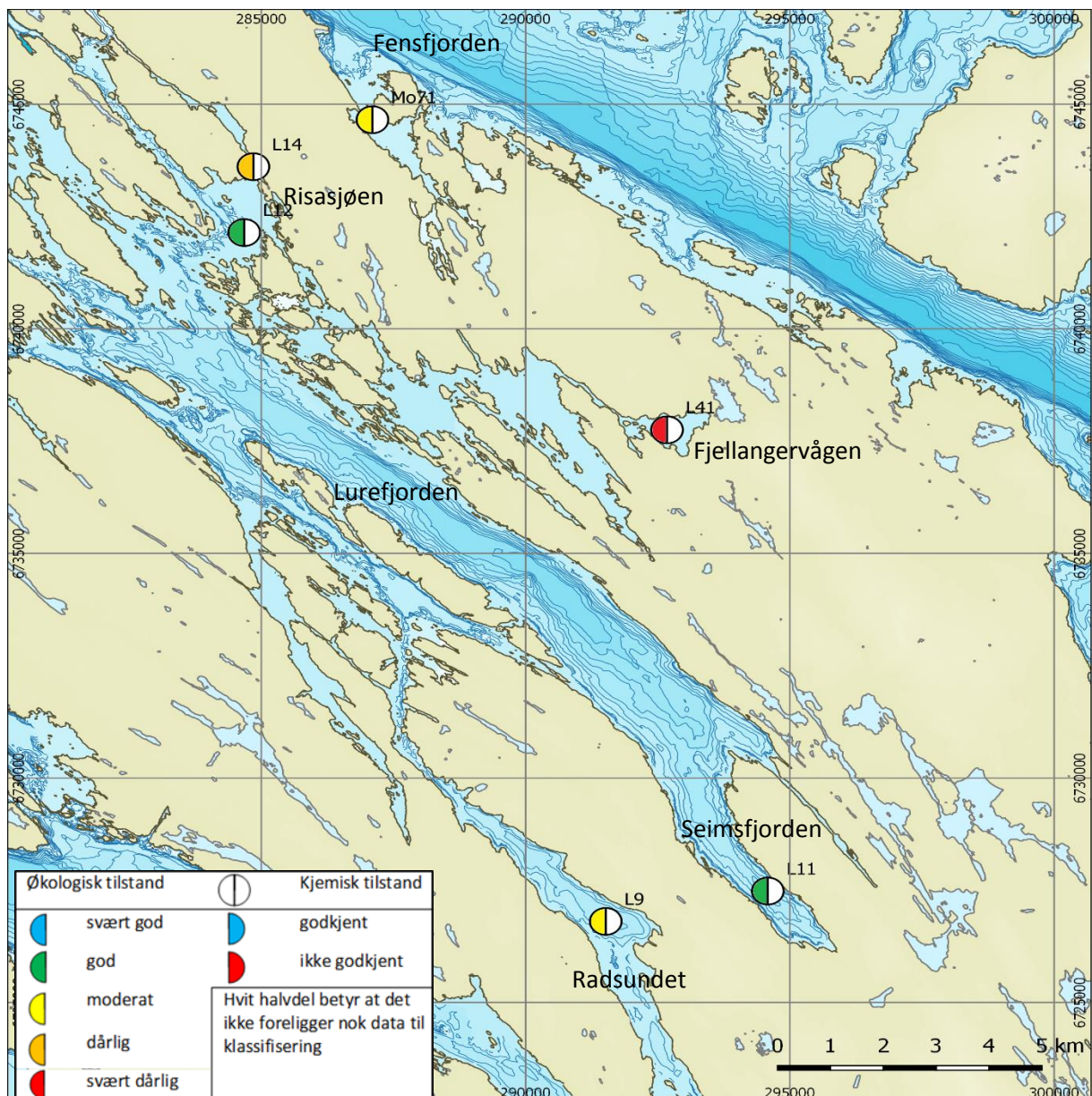
Sedimentundersøkelsene viser et finkornet sediment på stasjonene L2a og L7 (som tidligere), mens L6 hadde et betydelig innslag av sand. Innholdet av organisk materiale er også lavest her, og ligger innenfor det normale for norske fjorder. Innholdet av organisk materiale var høyt ved L7 og indikerer en betydelig sedimentering av organisk materiale.

Ved dypvannsstasjonen L2a var bunnfaunaen i tilstandsklasse II- God.

Ved både L6 og L7 var artsmangfoldet på stasjonen er noe lavere enn i 2004 og stasjonene fikk henholdsvis tilstandsklasse III- moderat og II- god.

**Område 11, Lindås og Meland: Radsundet, Lurefjorden og Seimsfjorden.****Område 12, Lindås: Fensfjorden, Austefjorden og Hindenesfjorden.**

Område 11 er et ganske lukket system preget av tersker og sund, hvor Seimsfjorden og Lurefjorden er sentrale, med våger og poller i tilknytning til disse, se Figur 19. Dette gjør området til et spesielt interessant marinbiologisk område, som blant annet kan skilte med en egen sildestamme i Lindåspollen samt svært store mengder av kronemaneten *Periphylla periphylla* i Lurefjorden. Område 12 er det nordligste området i denne undersøkelsesregionen. Dette er et relativt åpent system som går fra Austefjorden og Masfjorden og ut i Fensfjorden. Områdene ble besøkt i 2013 og man finner utfyllende informasjon om resultatene i SAM e-Rapport nr 27-2014.



**Figur 19.** Kart over område 11 og 12 med stasjoner inntegnet. Sirkler markerer stasjoner i sjø.



I område 11 var konsentrasjonen av næringssalter målt i juni lav ved alle stasjoner. Oksygenforholdene målt i juni var meget gode til gode ved alle stasjonene, unntatt i Fjellangervågen ved stasjon L41 (innerst i Lindåspollene) der det ikke var oksygen i bunnvannet. Dette grunnet naturlige forhold der en lang og grunn kanal hindrer bunnvannsutskifting i vågen.

Sedimentprøvene hadde et svært høyt innhold av organisk materiale på alle stasjonene, der L9 og L11 lå på samme nivå som ved sist undersøkelse, og L12 og L14 lå noe høyere.

Det stabilt høye innholdet av organisk materiale på stasjonene kan forklares ved at stasjonene ligger i de dypeste partiene i hvert undersøkelsesområde og at noen av disse områdene er innestengt og har et svært finkornet sediment. Organisk materiale samles naturlig under slike betingelser.

Bunndyrsanalysene viser at det var som tidligere var gode økologiske forhold ved de åpne og dype stasjonene L11 og L12, og moderate økologiske forhold ved den mer innelukkede stasjonen L9.

Ved den grunne stasjonen L14 ser man en bedring i artssammensetning fra undersøkelsen i 2004, men det er fremdeles dårlige økologiske forhold på stasjonen.

Ved L41 i Fjellangervågen var det ikke oksygen i bunnvannet og svært dårlige økologiske forhold uten bunndyr.

I område 12 ble kun en stasjon undersøkt. Det var lave konsentrasjoner av næringssalter ved den undersøkte stasjonen Mo71. Oksygenivået i bunnvannet ved stasjonen var meget godt på undersøkelsestidspunktet (juni). Like utenfor stasjonen er det en terskel på ca. 30 m terskler som hindrer utskifting av bunnvann deler av året. Man får da ofte lavere oksygenkonsentrasjon ettersom oksygenet forbrukes etter utskifting av bunnvannet har funnet sted, som observert ved undersøkelsen i 2004 (tilstandsklasse V – dårlig, ved måling i oktober).

Sedimentprøvene fra Mo71 i område 12 viser et lavt organisk innhold (8,3 %) som er innenfor normalen i norske fjorder.

Bunndyrsanalysene viser en forbedring i artssammensetning fra 2004 (oktober) til 2013 (juni) fra henholdsvis dårlig tilstand til god tilstand, samtidig som antall individer er kraftig redusert siden sist undersøkelse, da særlig en reduksjon i antall børstemark av slekten Chaetozone. Den kraftige reduksjonen i antall individer kan komme av dårlig utskifting av bunnvann i deler av året, og da påfølgende dårlige oksygenforhold. Fordelingen av individene over arter er forbedret men artssammensetningen tilsier at stasjonen er moderat belastet. Bunndyrsanalysen viser at det var moderate økologiske forhold på stasjonen ved undersøkelsestidspunktet i 2013. Resipienten fremstår som sårbar for økte utslipp.

## Takk

SAM-Marin vil gjerne takke skipper Leon Pedersen med mannskap på henholdsvis MS *Solvik* og *Periphylla*, skipperene Bjarte Espevik og Frode Ydstebø på Scallop – Kvitsøy sjøtjenester og Thomas Sørlie på *Aurelia* og *Hyperborea*. Videre vil vi takke leverandør av kjemiske analyser Eurofins Testing Environment Norway for et godt samarbeid. Vi vil også takke Anne Cornell fra Vann- og Avløpsetaten, Bergen kommune, Erling Heggøy fra Driftsassistansen i Hordaland- Vann og Avløp IKS (DIHVA) og Per Johannessen for et godt samarbeid under skrivingen av rapportene.