B-undersøkelse

Lokalitet Fjon (10060)

Lokalitetstilstand 1

Rapport ID 6965

Generell informasjon

Sist endret	2012-07-06T10:56:21Z
Oppdretter	FJON BRUK AS - 983664490
Kompetent organ	RESIPIENTANALYSE AS - 998058376
Dato prøvetaking	2011-11-23
Årsak	
Type anlegg	
Sammendrag / Konklusjon	
Materiale og metode	
Områdebeskrivelse	
Stasjonsopplysninger	
Resultat før strømmålinger	

Resipientundersøkelse i Ålfjordbotn, utenfor Fjonavika 2011 Sveio kommune

RAPPORT

Rådgivende Biologer AS 1524

Rådgivende Biologer AS

RAPPORT TITTEL:

Resipientundersøkelse i Ålfjordbotn, utenfor Fjonavika 2011, Sveio kommune

FORFATTARAR:

Mette Eilertsen & Geir Helge Johnsen

OPPDRAGSGJEVAR:

Fjon Bruk AS

OPPDRAGET GITT:	ARBEIDET UTFØRT:	RAPPORT DATO:
15. november 2011	2011-2012	20. mars 2012

RAPPORT NR:	ANTAL SIDER:	ISBN NR:
1524	30	ISBN 978-82-7658-902-3

EMNEORD:

- Bløtbunnsfauna	- Tersklet basseng
- Biologisk mangfold	- Oksygeninnhold i dypvann

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen
Foretaksnummer 843667082-mva
Internett : www.radgivende-biologer.no E-post: post@radgivende-biologer.no
Telefon: 55 31 02 78 Telefaks: 55 31 62 75

Framsidebilete: Oversikt over settefiskanlegget Fjon Bruk AS i Fjonavika (www.norgeibilder.no).

FORORD

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag fra Fjon Bruk AS utført en MOM C-undesøkelse i dypålen til Ålfjordbotn utenfor Fjonavika i Sveio kommune, omtrent 1,3 km nordøst for utslippene til settefiskanlegget i Fjonavika.

Resipienten har blitt jevnlig undersøkt siden 1981, og denne undersøkelsen skal benyttes som grunnlag for en søknad om utvidelse ved settefiskanlegget. For utfyllende beskrivelser av selve utvidelsen ved anlegget blir det vist til Tveranger mfl. (2011).

Fylkesmannen har i brev av 16. august 2011 krevd konsekvensutredning av tiltaket etter naturmangfoldlova, fordi det i en tidligere rapport fra 2006 er konkludert med at en negativ endring i bunndyrsamfunnet ute i resipienten kan skyldes gjødslingseffekt bla. oppdrett; "*Det er observert endringar i faunasamansetjinga i dei djupaste områda i Ålfjordbotn frå tilstandsklasse I til tilstandsklasse III i løpet av ein 15-årsperiode*".

Denne rapporten presenterer resultatene fra en resipientndersøkelse med innsamling av bunnprøver av sediment og bløtbunnsfauna, samt hydrografiprofiler i resipienten den 23. november 2011, ved det samme punktet i resipienten som er undersøkt siden 1981. Resultatene er sammenlignet med tidligere undersøkelser på samme sted og utviklingen av tilstand i resipienten er vurdert i forhold til en økt produksjon hos Fjon Bruk AS.

Rådgivende Biologer AS takker Fjon Bruk AS ved Ove Gjerde og Harald Mundal for oppdraget og for lån av båt og assistanse av Johannes Kvalvågnes ved feltarbeidet.

Bergen, 20. mars 2012

INNHOLD

Forord 2
Innhold 2
Sammendrag 3
Innledning 4
Områdebeskrivelse 7
Fjon Bruk AS 8
Metode og datagrunnlag 9
Resultat 12
Sjiktning og oksygeninnhold 12
Sedimentkvalitet 13
Bløtbunnsfauna 14
Vurdering av tilstand 16
Sjiktning og oksygeninnhold 16
Sedimentkvalitet 17
Bløtbunnsfauna 19
Belastning og miljøforhold i Ålfjordbotn 22
Oppsummering og konklusjon 26
Referanser 28
Vedleggstabell bløtbunnfauna 30

SAMMENDRAG

Eilertsen, M. & G.H. Johnsen 2012.
Resipientundersøkelse i Ålfjordbotn, utenfor Fjonavika 2011, Sveio kommune
Rådgivende Biologer AS, rapport 1524, 30 sider, ISBN 978-82-7658-902-3

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag frå Fjon Bruk AS utført en MOM C-undersøkelse i dypålen til Ålfjordbotn utenfor Fjonavika i Sveio kommune 23.november 2011. Både prøvetaking og vurdering er utført i samsvar med NS 9410:2007, NS-EN ISO 5667-19, NS-EN ISO 16665, samt i samsvar med SFTs klassifisering av miljøkvalitet (Molvær mfl. 1997).

Denne rapporten sammenstiller resultatene fra samtlige undersøkelser over en 30 årsperiode fra samme punkt i dypålen i Ålfjordbotn. Undersøkelsene har pågått fra 1981 til 2011, og samtidig har produksjonen ved Fjon Bruk AS økt med mer enn fem ganger. Anlegget la om og iverksatte fullrensing av avløpene i 1996, og etter dette er det ikke mulig å påvise noen sammenheng mellom variasjon i miljøforholdene og den omfanget av produksjonen ved anlegget. Undersøkelsen i 2011 viser at forholdene nå er tilsvarende som ved undersøkelsen i 1986, og oksygeninnholdet i dypvannet var bedre enn noen gang tidligere. Den dårlige tilstanden i 2006 er et unntak i den lange måleserien. Det konkluderes derfor med at avløpet fra anlegget ikke har noen påvirkning på miljøforholdene, og at den omsøkte utvidelsen heller ikke vil påregnes å ha noen påviselig miljøeffekt ved det dypeste i resipienten.

Rapporten tar utgangspunkt i forvaltningsmålet nedfestet i naturmangfoldloven (§§ 4-5), og kunnskapsgrunnlaget er vurdert som "godt" (§ 8) slik at føre var prinsippet ikke behøver komme til anvendelse i denne sammenhengen (§ 9). Beskrivelsen av resipientene og sjøområdene har vurdert utvidelsen i forhold til de samlede belastningene på økosystemene og naturmiljøet i tiltaksområdet (§ 10). Ved gjennomføring av en utvidelse vil en basere seg på etablert teknologi med omfattende rensing av avløpet, slik at skader på naturmangfoldet så langt mulig unngås eller avgrenses. En søker på ednne måten å oppnå det beste samfunnsmessige resultat ut fra en samlet vurdering av både naturmiljø og økonomiske forhold (§ 12).

Undersøkelsen den 23. november 2011 viser gode miljøforhold på stasjon S16 i dypålen til Ålfjordbotn utenfor Fjonavika. Oksygenforholdene målt i 2011 er de "beste" i resipienten noensinne. Alle tidligere målinger er utført i samme periode om høsten fra september til november. Målingene fra 2009 var de nest beste siden målingene startet i 1981, og tilstanden synes bedret de siste årene.

Sedimentet i Ålfjordbotn på stasjon S16 er finkornet (silt og leire) og bestod hovedsakelig av pellitt, hvilket er ventet i et slikt tersklet sjøbasseng. Slik har det også i hovedsak vært alle undersøkelsene. Det organiske innholdet i sedimentet har generelt vært høyt i alle undersøkelsene, vurdert til tilstandsklasse V="meget dårlig". Glødetapet i 2011 var imidlertid det laveste som er observert noensinne, og vurdert sammen med god diversitet av bunnfauna og elektrodepotensial og surhetsforhold i sedimentet tilsvarende beste tilstand, tilsvarer forholdene i resipienten det en kan forvente av naturtilstand i slike fjordbasseng. Tilstandsvurderingen av TOC representerer således ikke forholdene i sedimentet på noen god måte, og er derfor ikke tillagt vekt.

Bløtbunnsfaunaen var i 2011 noe individfattig, men middels artsrik og fremstår som nærmest upåvirket, tilsvarende nest beste tilstandsklasse II = god med hensyn på diversitetsindekser og artsindeks. Forholdene er de beste siden undersøkelsen i 1986. I 2011 var *Pseudopolydora paucibranchiata* den mest dominerende arten med omtrent 25 % av artssammensetningen. Dette er er en forurensningstolerant art, men samtidig var det et høyt innslag av sensitive arter, der *Terebellides stroemi* var den nest hyppigste forekommende arten. Et relativt høyt innslag av sensitive arter i Ålfjordbotn viser at bunnfaunaen i 2011 reflekterer gode og ikke belastede forhold.

INNLEDNING

Fjorder og poller er pr. definisjon adskilt fra de tilgrensende utenforliggende sjøområder med en terskel i munningen/utløpet. Dette gjør at vannmassene innenfor ofte er sjiktet, der dypvannet som er innestengt bak terskelen kan være stagnerende, mens overflatevannet hyppig skiftes ut fordi tidevannet to ganger daglig strømmer fritt inn og ut. Ålfjordbotn er resipient for Fjon Bruk AS. Ålrfjordbotn er tersklet ut til Ålfjorden, slik at de geografiske og topografiske forholdene tilsier mulighet for stagnerende vannmasser i de dypereliggende områdene.

"Overflatelaget" vil ofte kunne være preget av ferskvannstilrenning slik at det utgjør et varierende tykt *brakkvannslag* på toppen. Under dette finner vi *"tidevannslaget"* som er påvirket av det to ganger daglige inn- og utstrømmende tidevannet. Fra noen meter under terskelnivået finner vi *"dypvannet"*, som også ofte kan være sjiktet i et *"øvre-* og *nedre- dypvannslag"* grunnet forskjeller i temperatur, saltholdighet og oksygenforbruk. I Ålfjordbotn tilsier terskeldypene inn til resipienten at en kan ha et et *dypvannslag,* dvs et sjikt med vannmasser fra ca 60 m dyp og nedover der det kan oppstå reduserte oksygenforhold forhold.

I det stabile dypvannet innenfor tersklene i slike sjøbasseng (poller), er tettheten vanligvis større enn i det daglig innstrømmende tidevannet, og her foregår det to viktige prosesser. For det første forbrukes oksygenet i vannmassene jevnt på grunn av biologisk aktivitet knyttet til nedbryting av organisk materiale. For det andre skjer det en jevn tetthetsreduksjon i dypvannet på grunn av daglig påvirkning av det inn- og utstrømmende tidevannet. Dersom munningen er kanalformet, vil det inn- og utstrømmende tidevannet kunne få en betydelig fart, og påvirkningen på de underliggende vannmassene vil kunne bli stor. Når tettheten i dypvannet er blitt så lav at den tilsvarer tidevannets tetthet, kan dypvannet skiftes ut med tilførsel av friskt vann helt til bunns i bassenget.

Vinterstid kan også tyngre og saltere vannmasser komme nærmere overflaten i sjøområdene langs kysten, fordi ferskvannspåvirkningen til kystområdene da er liten og brakkvannslaget blir tynnere. Dersom dette tyngre vannet kommer opp over terskelnivå, vil en kunne få en fullstendig utskifting av dypvannet innenfor terskelen. Hyppigheten av slike utskiftinger avhenger i stor grad av terskelens dyp,- jo grunnere terskel jo sjeldnere forekommer utskiftinger av denne typen. I Ålfjordbotn får man bunnvannsfornying trolig en eller flere ganger i året og nokså sikkert om våren og forsommeren da vannet normalt er tyngst (Gade og Furevik 1994).

I bassengvannet, som altså finnes naturlig i alle fjorder under fjordens terskelnivå, vil balansen mellom disse to nevnte prosessene avgjøre miljøtilstanden i dypvannet. Dersom oksygenforbruket er stort, slik at oksygenet blir brukt opp raskere enn tidsintervallet mellom dypvannsutskifting, vil det oppstå oksygenfrie forhold med dannelse av hydrogensulfid i dypvannet. Under slike forhold er den biologiske aktiviteten mye lavere, slik at nedbryting av organisk materiale blir sterkt redusert. Motsatt vil en hele tiden ha oksygen i dypvannet dersom oksygenforbruket i dypvannet enten er lavt eller tidsintervallet mellom dypvannsutskiftingene er kort. Det er utviklet modeller for teoretisk beregning av balansen mellom disse to forholdene (Stigebrandt 1992).

Alt organisk materiale som blir tilført et sjøområde, enten fra de omkringliggende landområder, fra det daglig innstrømmende tidevannet, eller fra sjøområdets egen produksjon av alger og dyr i vannmassene, bidrar til en sedimentasjon av dødt organisk materiale som legger seg på bunnen. Dette er en naturlig prosess, som kan øke i omfang dersom store mengder organisk materiale tilføres. Viktige kilder kan være kloakk eller for eksempel spillfôr og fekalier fra fiskeoppdrettsanlegg. Store eksterne tilførsler av organisk nedbrytbart materiale til dypvannet i sjøområdene vil imidlertid øke oksygenforbruket i dypvannet. Dersom oksygenet i dypet er brukt opp, vil sulfatreduserende bakterier fortsette nedbrytingen, og den giftige gassen hydrogensulfid (H_2S) dannes. Dyreliv vil ikke forekomme under slike betingelser. Mange bassenger vil også fra naturens side ha en balanse som gjør at slike situasjoner vil opptre uten ekstra ytre påvirkning. Det behøver derfor ikke være et tegn på "overbelastning" at det forekommer hydrogensulfid i dypvannet og i sedimentene.

I Ålfjordbotn vil det foregå et oksygenforbruk i bassengvannet, men på grunn av det store volumet av bassengvann, vil reduksjonen gå sakte, og fordi terskelen inn til fjorden er så dyp, sikrer det utskifting av bassengvannet ned til bunns lenge før det oppstår oksygenfrie forhold i de dypereliggende vannmassene.

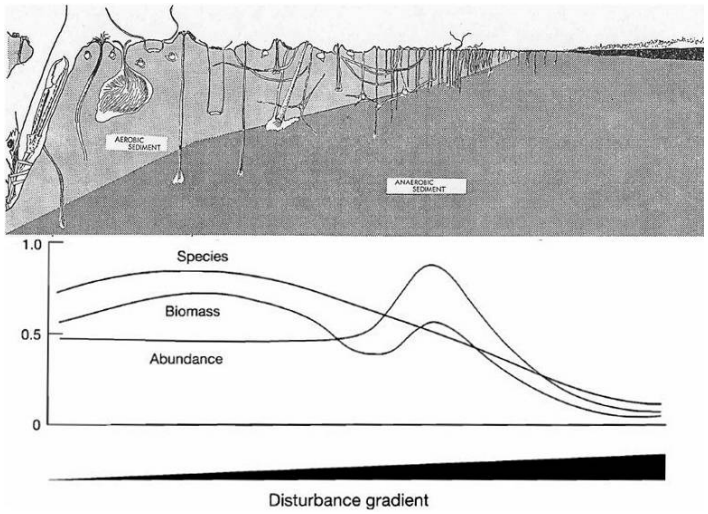
Glødetap er et mål for mengde organisk stoff i sedimentet, og en regner med at det vanligvis er 10% eller mindre i sedimenter der det foregår normal nedbryting av organisk materiale. Høyere verdier forekommer i sedimenter der det enten er så store tilførsler av organisk stoff at den biologiske nedbrytingen ikke greier å holde følge med tilførslene, eller i områder der nedbrytingen er naturlig begrenset av for eksempel oksygenfattige forhold. Innhold av organisk karbon (TOC) i sedimentet er et annet mål på mengde organisk stoff, og dette er vanligvis omtrent 0,4 x glødetapet. Den forventede naturtilstanden for sedimenter i sjøbasseng der det er gode nedbrytingsforhold ligger på rundt 30 mg C/g eller mindre.

Sedimentprøver og bunndyrprøver fra de dypeste områdene i de undersøkte sjøbassengene gjenspeiler derfor disse forholdene på en utfyllende måte. Basseng som har periodevis og langvarige oksygenfrie forhold, vil ikke ha noe dyreliv av betydning i de dypeste områdene, og vil dermed ha en sterkt redusert nedbryting av organisk materiale på bunnen. Da vil innholdet av ikke-nedbrutt organisk materiale være høyt i sedimentprøver. Statens forurensningstilsyn (SFT) har utarbeidet oversiktlige klassifikasjonssystemer for vurdering av disse forholdene.

Det er utviklet en standardisert prøvetakingsmetodikk for vurdering av belastning fra fiskeoppdrettsanlegg, som også inkluderer undersøkelser i resipienter (MOM-undersøkelsene). MOM (Matfiskanlegg, Overvåking og Modellering) består av et overvåkingsprogram (A, B og C-undersøkelser) og en modell for beregning av lokalitetens bæreevne og fastsetting av lokalitetens produksjonskapasitet. For nærmere beskrivelse av overvåkingsprogrammet vises til «Konsept og revidert utgave av overvåkningsprogrammet 1997» (Hansen m. fl., 1997) og Norsk Standard for miljøovervåking av marine matfiskanlegg (NS 9410:2007), og denne resipientundersøkelsen følger i all hovedsak opplegget for en MOM C- og en MOM B-undersøkelse, som er en undersøkelse av bunntilstanden fra rundt selve anlegget/utslippet (nærsonen) og utover i resipienten (fjernsonen).

BLØTBUNNSFAUNA

Bløtbunnsfauna er dominert av flerbørstemakk, krespdyr, muslinger og pigghuder, men det er mange ulike organismegrupper som kan være representert. Det er vanlig å bruke bløtbunnsfauna som indikator på miljøforhold og for å karakterisere virkninger av eventuell forurensing. Mange dyr som har sedimentet som habitat er relativt lite mobile og flerårige, og ut fra dette kan en derfor registrere unaturlige forstyrrelser på miljøet. Samfunnet kan beskrives og tallfestes. Ved hjelp av slik informasjon kan en se om negative påvirkninger har ført til en dominans av forurensingstolerante arter, reduksjon i antall arter og reduksjon i diversitet. Er det gode og upåvirkede bunnforhold med oksygenrikt sediment blir dette vist av større individer som graver dypt (se **figur 1**). Her vil det være mange arter som forekommer i få eksemplarer hver, og fordelingen mellom individene vil være noenlunde jevn. I områder med moderate tilførsler vil bunnen få en ”gjødslingeffekt”, som fører til at en da vil se dyr av mindre størrelse, samt en økning av tolerante arter som forekommer i høye individtall (Kutti et al. 2007). I svært påvirkede miljø eller under tilnærmede oksygenfrie forhold vil kun forurensingstolerante arter, som for eksempel artene *Capitella capitata* og *Malacoceros fuliginosus,* forekomme med svært høye individtall. En ”overgjødsling” vil føre til at dyresamfunnet kveles.

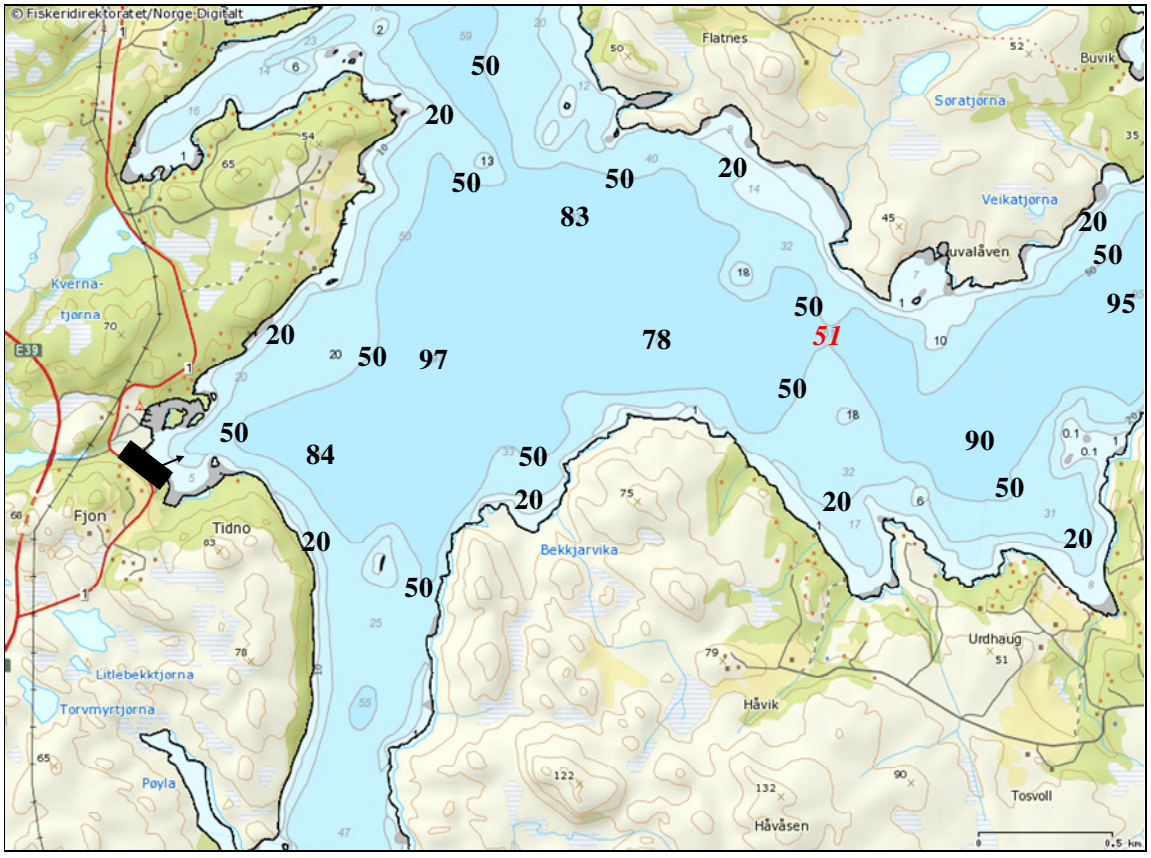


Figur 1. *Bilde (**over**) og modell (**under**) illustrerer endringer i bunndyrssamfunn som en respons på organiske tilførsler, oksygenmangel og fysiske forstyrrelser (fra Pearson & Rosenberg, 1978).*

Undersøkelser av bløtbunnsfauna er svært vanlig i miljøundersøkelser. Et eksempel på overvåkning av bløtbunnssamfunnet over tid i større skala er fra olje og gassvirksomheten i Nordsjøen. Med utbygging og etablering av oljevirksomhet har det vært et krav om både biologisk, fysiske og kjemiske undersøkelser. Over tid har det vist seg at oljeindustrien har tilført miljøgifter i sedimentene med merkbare påvirkninger på dyresamfunnet i bløtbunnen. Miljøundersøkelser ble startet i 1997 utenfor avløpet og har siden blitt gjennomført tre ganger. I løpet av disse undersøkelsene har en registrert store mengder av blant annet oljehydrokarboner, barium, kobber og bly i sedimentene som skaper store forstyrrelser hos bunndyrene. Ved hjelp av mindre utslipp og strengere rense-/ustlippskrav har en sett en merkbar endring i tilstanden hos bløtbunnsfaunaen, til mindre forstyrrelser (Botnen m.fl. 2007).

OMRÅDEBESKRIVELSE

Settefiskanlegget på Fjon har sitt utslipp gjennom to ledninger på henholdsvis 10 og 15 meters dyp i Fjonvika til Ålfjordbotn, som ligger innerst i Ålfjorden. Dette sjøområdet har et sentralt basseng på over 2 km² der største dybde i henhold til sjøkart er 97 meter. Det er adskilt fra den utenforliggende Ålfjorden med en terskel på omtrent 51 meter (**figur 2**).



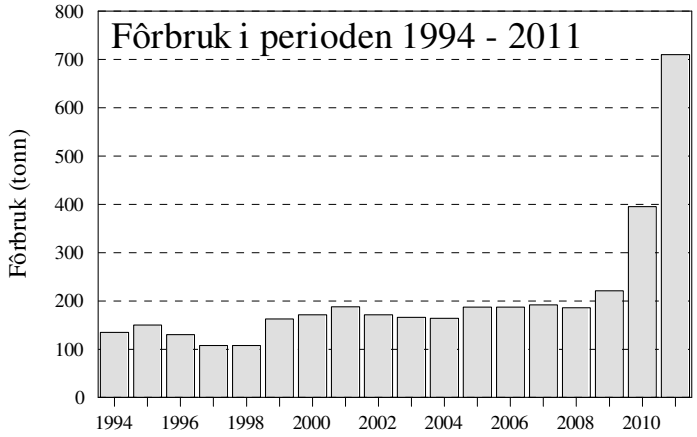
Figur 2. *Enkelt dybdekart over Ålfjordbotn med Fjonvika og Fjon Bruk AS med plassering av anlegget og utslippet i Fjonvika. En har angitt bassengdyp (sorte tall) og terskeldyp (røde tall) i sjøområdene (fra http://kart.fiskeridir.no/adaptive/).*

FJON BRUK AS

Fjon Bruk AS (registreringsnummer H/SO 0003) driver settefiskproduksjon på Fjon (lokalitetsnummer 10060) i Sveio kommune. Det har vært drevet settefiskproduksjon her siden 17. juli 1973, og anlegget var tidligere eiet av Stolt Sea Farm AS. Konsesjonsrammen er i dag på 5 millioner sjødyktig settefisk, og Fjon Bruk AS søker nå om utvidelse til 20 millioner sjødyktig settefisk og i tillegg om en produksjon av 52 millioner 10 grams yngel.

UTVIKLING I PRODUKSJON OG BELASTNING PÅ RESIPIENTEN

Fra Alsaker Fjordbruk AS har vi fått tilsendt opplysninger om fôrbruk i perioden 1994 – 2010. Den varierte mellom 110 og 190 tonn fram til Alsaker Fjordbruk AS overtok anlegget i mars 2006 fra Stolt Seafarm AS. Etter dette lå forbruken rundt 190 tonn årlig før det steg til 220 tonn i 2009, 396 tonn i 2010 og 710 tonn i 2011 etter utvidelsen ved anlegget.



Figur 3. *Fôrbruken ved anlegget i perioden 1994 – 2010.*

Avløpet er siden juni 1996 blitt renset gjennom et renseanlegg som nå har en kapasitet på 65 m³/min, bestående av 4 stk HYDROTECH filtre med filteråpning på 90 µm. Rensekapasitet ligger på omtrent 1 m³ slam pr tonn för brukt, og i forbindelse med utvidelsen stilles det krav til renseanlegget om 50% rensing med hensyn på organisk stoff, samt 70 % reduksjon av suspendert tørrstoff.

METODE OG DATAGRUNNLAG

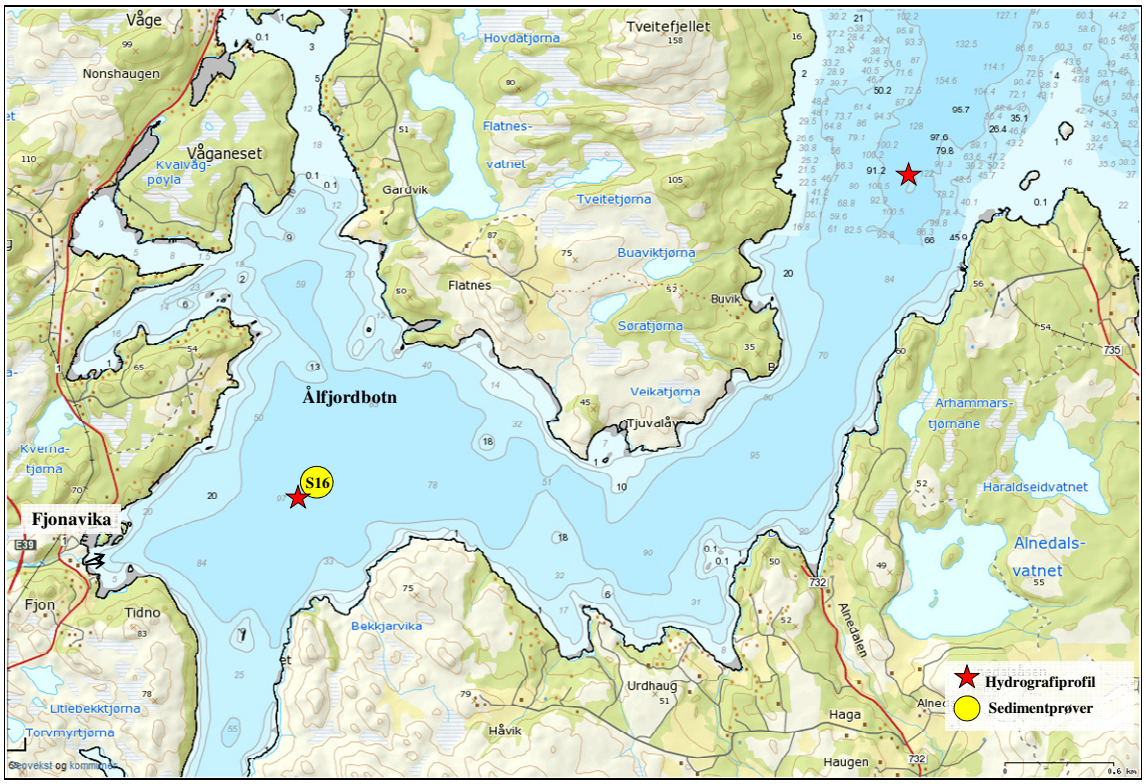
Det ble utført en MOM C – resipientundersøkelse den 23. november 2011 utenfor Fjonavika i dypålen til Ålfjordbotn, ca 1,3 km nordøst for utslippene til Fjon Bruk AS. Det ble tatt prøver på stasjon **S16,** som har vært undersøkt åtte ganger tidligere siden 1981. Både prøvetaking og vurdering ble utført i samsvar med NS 9410:2007, NS-EN ISO 5667-19, NS-EN ISO 16665, samt i samsvar med SFTs klassifisering av miljøkvalitet (Molvær mfl. 1997).

Temperatur, oksygen- og saltinnhold i vannsøylen ble målt på stasjon S16 (innenfor terskel) og utenfor terskel i Ålfjorden, ved hjelp av en SAIV SD 204 nedsenkbar sonde som logger hvert 2. sekund (jf. **figur 4, tabell 1**). Sedimentet ble undersøkt med to parallelle grabbhugg.

Det foreligger et godt datagrunnlag til rette for vurdering av dagens tilstand til resipienten Ålfjordbotn med hensyn til prøvetaking og analyser gjort i 2011. I tillegg er vurderingsgrunnlaget for utviklingen av resipienten god da det foreligger data fra opptil 9 undersøkelser i resipienten siden 1981.

Tabell 1. *Posisjon (WGS 84) og dyp for prøvetakingen på stasjon S16 den 23.november 2011.*

Stasjon:	**S16**
Posisjon nord	59º 31,068’
Posisjon øst	5º 27,969’
Dyp (m)	85



Figur 4. *Stasjonen S16 i MOM C-undersøkelsen av dypålen til Ålfjordbotn utenfor Fjonavika den 23. november 2011. Hydrografiprofiler er markert med rød stjerne innenfor og utenfor terskel. Kartgrunnlaget er hentet fra kart.kystverket.no.*

SEDIMENTKVALITET

To parallelle sedimentprøver ble tatt med en 0,1 m^2 stor vanVeen-grabb for vurdering av bløtbunnsfauna. Sedimentet fra hver av de parallelle prøvene ble vasket gjennom en rist med hulldiameter på 1 mm, og resterende materiale ble fiksert på hver sin boks med formalin tilsatt bengalrosa og tatt med til lab for sortering og analyse av fauna.

Til analyse av henholdsvis kornfordeling og kjemiske analyser ble det tatt et ekstra grabbhugg med en liten grabb (0,025 $m^{2)}$. Kornfordelingsanalysen måler den relative andelen av leire, silt, sand, og grus i sedimentet og ble utført etter standard metoder (NS-EN ISO 16665). Bearbeiding av de resterende kjemiske analysene (tørrstoff, glødetap, TOC) ble også utført i samsvar med nevnte standard. Vurdering av resultatene er i henhold til SFTs klassifisering av miljøkvalitet (Molvær m. fl. 1997), samt Rygg (2002).

Innholdet av organisk karbon (TOC) i sedimentet ble analysert direkte etter AJ 31, men for å kunne benytte klassifiseringen i SFT (1997) skal konsentrasjonen av TOC i tillegg standardiseres for teoretisk 100 % finstoff etter nedenforstående formel, der F = andel av finstoff (leire + silt) i prøven.:

$$\text{Normalisert TOC} = \text{målt TOC} + 18 \times (1-F)$$

BLØTBUNNSFAUNA

Det utføres en kvantitativ og kvalitativ undersøkelse av makrofauna (dyr større enn 1 mm). Vurderingen av bunndyrsammensetningen gjøres på bakgrunn av diversiteten i prøven. Diversitet omfatter to forhold, artsrikhet og jevnhet, som er en beskrivelse av fordelingen av antall individer pr art. Disse to komponentene er sammenfattet i Shannon-Wieners diversitetsindeks (Shannon & Weaver 1949), og denne er brukt for å angi diversitet for de ulike prøvene:

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} p_i \log_2 p_i$$

der $p_i = n_i/N$, og n_i = antall individer av arten i, N = totalt antall individer og S = totalt antall arter.

Dersom artsantallet er høyt, og fordelingen mellom artene er jevn, blir verdien på denne indeksen (H') høy. Dersom en art dominerer og/eller prøven inneholder få arter blir verdien lav. Prøver med jevn fordeling av individene blant artene gir høy diversitet, også ved et lavt artsantall. En slik prøve vil dermed få god tilstandsklasse selv om det er få arter (Molvær m. fl. 1997). Diversitet er også et dårlig mål på miljøtilstand i prøver med mange arter, men hvor svært mange av individene tilhører en art. Diversiteten blir lav som følge av skjev fordeling av individene (lav jevnhet), mens mange arter viser at det er gode miljøforhold. Ved vurdering av miljøforholdene vil en i slike tilfeller legge større vekt på artsantallet og hvilke arter som er til stede enn på diversitet.

Jevnheten av prøven er også kalkulert, ved Pielous jevnhetsindeks (J):

$$J = \frac{H'}{H'max}$$

der $H'max = \log_2 s$ = den maksimale diversitet som kan oppnåes ved et gitt antall arter, S.

Det er dessuten etablert et klassifiseringssystem basert på forekomster av sensitive og forurensningtolerante arter (Rygg 2002, **tabell 2**). En indikatorartsindeks (ISI = Indicator species index) kan vurdere økologisk kvalitet til bunnfauna på grunnlag av ulike arter sin reaksjon på ugunstige miljøforhold. Arter som er sensitive for miljøpåvirkninger har høye sensitivitetsverdier, mens arter med høy toleranse har lave verdier. Indikatorindeksen er et gjennomsnitt av sensitivitetsverdiene til alle artene som er til stedes i prøven. Den forurensningtolerante flerbørstemakken *Capitella capitata* har for eksempel en sensitivitetsverdi på 2,46, mens flerbørstemarken *Terebellides stroemi*, som en vanligvis finner i upåvirkede miljø, har en sensitivitetsverdi på 9,5.

Tabell 2. *Klassifikasjonssystem for bløtbunnsfauna basert på diversitet (H'), Molvær m.fl. 1997 og en forsøksvis klassifisering ved bruk av indikatorartsindeks (ISI), Rygg 2002.*

	Klasser				
Parameter	I Svært god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Svært dårlig
Shannon-Wiener index (H', log_2)	**>4**	**4-3**	**3-2**	**2-1**	**<1**
Indicator species index (ISI)	**>8,75**	**8,75-7,5**	**7,5-6**	**6-4**	**4-0**

Alle kjemiske analyser samt kornfordelingsanalyse er utført av Eurofins Norsk Miljøanalyse AS avd. Bergen. Bunndyrprøvene er sortert av Guro Eilertsen, og Marine Bunndyr AS ved Cand. scient. Øystein Stokland har artsbestemt dyrene.

GEOMETRISKE KLASSER

Da bunnfaunaen identifiseres og kvantifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Det vil si at alle arter fra en stasjon grupperes etter hvor mange individer hver art er representert med. Skalaen for de geometriske klassene er I = 1 individ, II = 2-3 individer, III = 4-7 individer, IV = 8-15 individer per art, osv (**tabell 3**).

For ytterligere informasjon vises til Gray og Mirza (1979), Pearson (1980) og Pearson et. al. (1983). Denne informasjonen kan settes opp i en kurve hvor geometriske klasser er presentert i x- aksen og antall arter er presentert i y-aksen. Kurveforløpet er et mål på sunnhetsgraden til bunndyrssamfunnet og kan dermed brukes til å vurdere miljøtilstanden i området. En krapp, jevnt fallende kurve indikerer et upåvirket miljø og formen på kurven kommer av at det er mange arter, med heller få individer. Et moderat påvirket samfunn vil ha et mer avflatet kurveforløp enn i et upåvirket miljø. I et sterkt påvirket miljø vil kurveforløpet variere (uregelmessige topper) på grunn av dominerende arter som forekommer i store mengder, samt at kurven vil utvides med flere geometriske klasser.

Tabell 3. *Eksempel på inndeling i geometriske klasser.*

Geometrisk klasse	**Antall individer/art**
I	1
II	2-3
III	4-7
IV	8-15
V	16-31
VI	32-63
VII	64-127
VIII	128-255
IX	256-511
X	512-1032

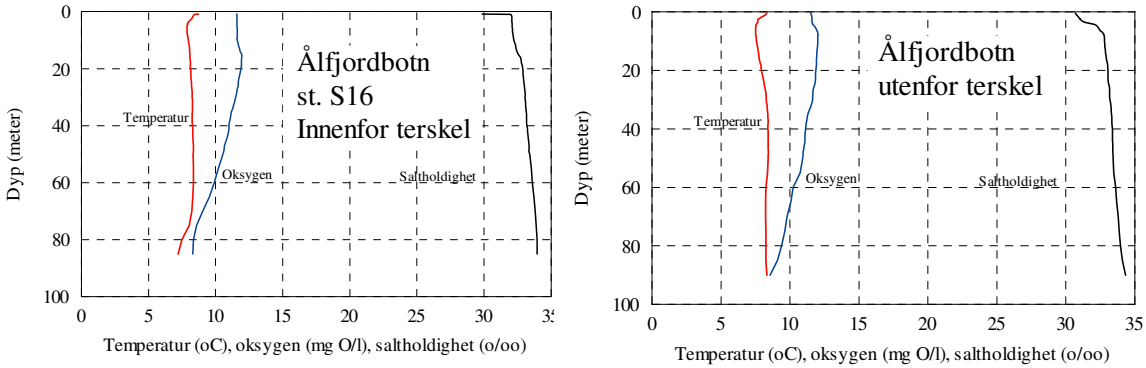
RESULTAT

SJIKTNING OG OKSYGENINNHOLD

Målinger av temperatur, saltinnhold og oksygen i vannsøylen ble gjort i en høstsituasjon den 23. november 2011 på stasjon S16 (**figur 5**).

Profilene for de to stasjonene, tatt henholdsvis innenfor terskelen i dypålen til Ålfjordbotn og utenfor terskelen, i Ålfjorden, var i stor grad sammenfallende nedover i dypet. Profilene viser at overflatelaget var lite ferskvannpåvirket.

Saltinnholdet i overflaten var begge steder relativt høyt, men overflatelaget var noe mer ferskvannspåvirket innenfor terskel med 29,9 ‰ i forhold til 30,7 ‰ utenfor terskel. Saltinnholdet økte til henholdsvis 32,9 og 33 ‰ på omtrent 20 meters dyp og videre nedover i vannsøylen steg det sakte til henholdsvis 34 og 34,3 ‰ på bunnen innenfor og utenfor terskel.



Figur 5. *Temperatur (°C), oksygeninnhold og saltinnhold i vannsøylen på stasjon S16 i dypålen til Ålfjordbotn utenfor Fjonavika den 23. november 2011.*

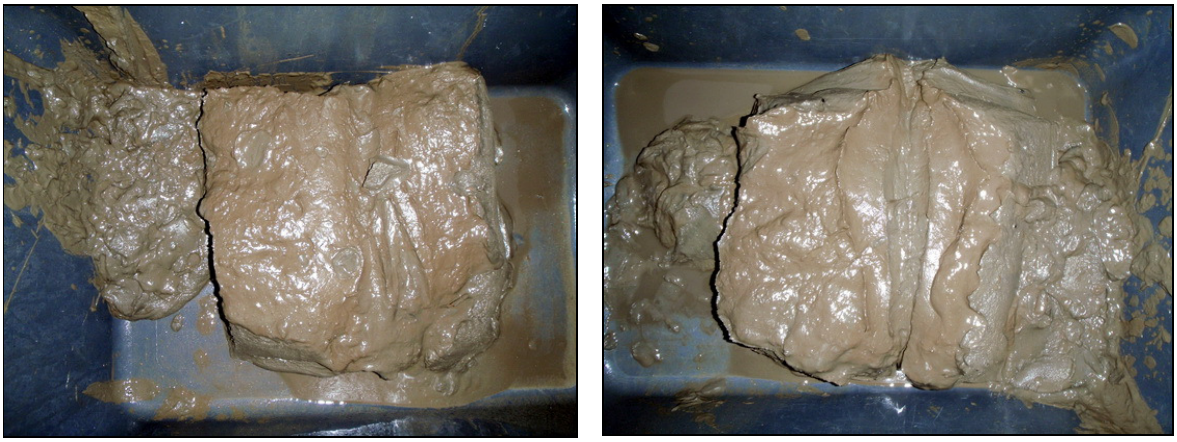
Temperaturen i overflatelaget på begge steder var noe høy for årstiden med 11,6 og 11,5°C i overflaten og økte svakt til 11,9 og 12,0 °C på henholdsvis 15 og 10 m dyp. Videre nedover i vannsøylen sank temperaturen gradvis til ca 10 °C på 60 og 65 m dyp. Innenfor terskel sank temperaturen ytterligere ned til 8,2 °C på bunnen på 85 m dyp, mens temperaturen utenfor terskel var noe høyere på tilsvarende dybde med 9,1°C og sank ned til 8,6 °C på bunnen på 90 m dyp (**figur 5**).

Oksygeninnholdet var generelt høyt gjennom hele vannsøylen. Det ble målt 8,7 og 8,3 mg/l oksygen i overflaten innenfor og utenfor terskel tilsvarende en oksygenmetning på 94 og 97 %. Fra overflaten og ned mot 7 meters dyp sank oksygeninnholdet før det deretter steg sakte opp mot 8,4 og 8,3 mg/l på 60 meters dyp. Fra 60 m dyp sank oksygeninnholdet til 7,2 mg/l på bunnen innenfor terskelen, med en oksygenmetning på 76,8 %. Utenfor terskel var oksygeninnholdet stabilt ned til bunnen og det ble målt 8,3 mg/l på 90 m dyp tilsvarende en oksygenmetning på 89,8 %. Oksygeninnholdet i dypvannet innenfor og utenfor terskel faller innunder SFT tilstandsklasse I = ”meget god”.

SEDIMENTKVALITET

BESKRIVELSE AV PRØVENE

Stasjon S16 ligger knapt 1,3 km nordøst for utslippene til settefiskanlegget i Fjonavika og ble tatt på 85 meters dyp (jf. **tabell 1**). De to parallellene var nokså like i struktur og samansetning. Grabbene inneholdt 12 liter sediment (full grabb) som var mykt, grått og luktfritt (**figur 6**, **tabell 4**). Prøvene bestod hovedsaklig av silt og leire iblandet noe sand og spor av grus og skjellrester.



Figur 6. *Bilder av sediment fra de to parallelle prøvene fra stasjon S16 i dypålen til Ålfjordbotn utenfor Fjonavika 23. november 2011. Prøvene bestod av luktfritt, mykt og grått finsediment.*

Tabell 4*. Feltbeskrivelse av sedimentprøvene som ble samlet inn på stasjon S16 23. november 2011.*

Stasjon		**S16 A**	**S16 B**
Grabbvolum (liter)		12	12
Gassbobling i prøve		Nei	Nei
H_2S lukt		Nei	Nei
Primær-sediment:	Skjellsand	spor	spor
	Grus	spor	spor
	Sand	10%	10%
	Silt	60 %	60 %
	Leire	30 %	30 %
	Mudder	-	-
Feltbeskrivelse av prøvene		Full grabb med grått, mykt og luktfritt sediment. Et noe brunere og mykere slør på overflaten av sedimentet, ca de øverste 2 cm. Sediment bestående av omtrent 60 % silt, 30 % leire og 10 % sand. Spor av grus og skjellrester.	Samme type.

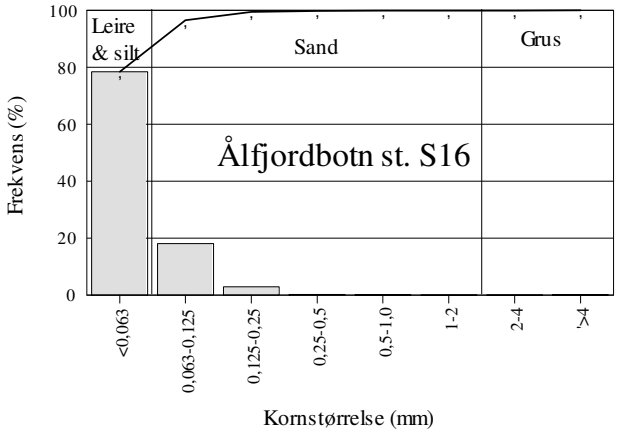
Nedbrytingsforholdene i sedimentet kan beskrives ved hjelp av både surhet (pH) og elektrodepotensial (Eh) i henhold til NS 9410:2007. Ved høy grad av akkumulering av organisk materiale vil sedimentet bli surt og ha et negativt elektrodepotensial. Det var middels høye verdier av pH med henholdsvis 7,31 og 7,30 for de to parallellene og tilhørende Eh verdier på +190 og +203. Det betyr at sedimentet blir klassifisert til tilstand 1, med verdier som indikerer oksygenrike og gode nedbtyringsforhold i sedimentet.

KORNFORDELING

Resultatet fra kornfordelingsanalysen viser at det er sedimenterende forhold på stasjon S16 med 78,4 % pellitt (silt og leire). Andelen sand og grus var på henholdsvis 21,4 og 0,1 % (**tabell 5, figur 7**).

Stasjon	Enhet	S16
Leire & silt	%	78,4
Sand	%	21,4
Grus	%	0,1
Tørrstoff	%	33,0
Glødetap	%	11,6
TOC	mg/g	49,0
Normalisert TOC	**mg/g**	**52,9**

Tabell 5. *Tørrstoff, organisk innhold og kornfordeling fra stasjon S16 den 23. november 2011. SFT-tilstand er markert med tall og farge, som tilsvarer tilstandsklassifiseringen etter SFT (1997).*



Figur 7*. Kornfordeling av sedimentet på stasjon S16 den 23. november 201. Figuren viser kornstørrelse i mm langs x-aksen og henholdsvis akkumulert vektprosent og andel i hver størrelseskategori langs y-aksen.*

Tørrstoffinnholdet var relativt lavt med 33 % og dette skyldes at prøvene generelt inneholder en del organisk materiale, og relativt sett mindre mineralsk materiale i form av primærsediment. Glødetapet var moderat høyt med en verdi på 11,6 %. Innholdet av normalisert TOC var høyt med 52,9 mg C/g på stasjon S16 (**tabell 5**). Dette tilsvarer SFTs tilstandsklasse V = "svært dårlig" (SFT 1997), men se diskusjon av SFTs klassegrenser for organisk innhold i vurderingen bak.

BLØTBUNNSFAUNA

Som grunnlag for artsbestemmelse fikk en opp godt med prøvemateriale, dvs. fulle grabbhugg i de to parallellene. På stasjon S16 i dypålen til Alfjordbotn ble det registrert et lavt individtall med 279 individer fordelt på et middels artsantall med 29 arter (**tabell 6**).

Hyppigst forekommende art på stasjonen var den forurensningstolerante flerbørstemarken *Pseudopolydora paucibranchiata* som hadde omtrent 26 prosent av individene for de to grabbene samlet. Den sensitive flerbørstemarken *Terebellides stroemi*, slimormer (Nemertini indet) og flerbørstemarken *Prionospio fallax* var henholdsvis nummer to, tre og fire med hensyn til hyppighet representert med 13, 9 og 7 prosent av individene (**tabell 7**). De to sistnevnte artene kan øke sine antall ved økt organisk tilførsel samtidig som de kan være tallrike på upåvirkede lokaliteter, mens den førstnevnte som regel kun er knyttet til upåvirkede forhold.

Verdiene for artsmangfold lå innenfor tilstandsklasse II = "god" for begge enkeltgrabber og samlet for begge indekser. Jevnhetsindeksen og H'max hadde verdier assosiert med lite dominans. Verdiene for ISI-indeksen i de to enkeltgrabbene og samlet lå innenfor klasse II = "god".

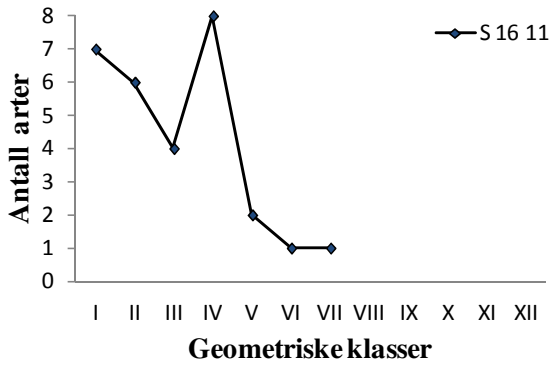
Tabell 6. *Tall på arter og individer av bunndyr i de to parallellene på stasjon S16 den 23. november 2011, samt Shannon-Wieners diversitetsindeks, Hurlberts indeks, maksimal diversitet (H'-max), jevnhet (evenness) og indikatorartsindeks (ISI). Tilstand er markert med tall og farge, som tilsvarer tilstandsklassifiseringen etter Molvær et al. 1997 og Rygg 2002. Enkeltresultater er presentert i* ***vedleggstabell 1*** *bak i rapporten.*

Stasjon S16	Antall arter	Antall individer	Jevnhet, J	H'max	Diversitet, H'	Hurlberts indeks	ISI indeks
A	22	161	0,85	4,44	3,77	19,7	7,67
B	24	118	0,81	4,56	3,69	22,8	7,88
Samlet	**29**	**279**	**0,80**	**4,85**	**3,88**	**22,0**	**7,81**

Tabell 7. *De ti mest dominerende artene av bunndyr registrert på stasjon S16 i dypålen til Ålfjordbotn utenfor Fjonavika 23. november 2011.*

Taxa	%	Kumulativ %
Pseudopolydora paucibranchiata	25,81	78,14
Terebellides stroemi	12,54	52,33
Nemertini indet	9,32	39,78
Prionospio fallax	7,17	30,47
Myriochele oculata	4,30	23,30
Chaetozone setosa	4,30	19,00
Scolelepis foliosa	4,30	14,70
Lumbrineris sp.	3,94	10,39
Amphiura filiformis	3,23	6,45
Ceratocephale loveni	3,23	3,23

Kurven til de geometriske klassene har et generelt jevnt fallende kurveforløp, foruten en liten topp på klasse IV (8-15 individer per art) og viser til at det i hovedsak er få arter som opptrer med svært mange individer, noe som indikerer et tilsynelatende lite påvirket bunndyrssamfunn (**figur 8**).



Figur 8. *Faunastruktur uttrykt i geometriske klasser for stasjon S16 den 23. november 2011 utenfor Fjonavika. Antal arter langs y – aksen og geometriske klasser langs x- aksen.*

Kombinasjonen middels artsantall, lavt individantall, artsmangfold innenfor tilstandsklasse II = "god", lav dominans, ISI-sindeks i tilstandsklasse II = "god"og hyppigst forekommende arter med både stor og liten forurensningstoleranse arter karakteriserer stasjon S16 per 23. november 2011. Stasjonen framstår som nærmest upåvirket, og tilstandsklasse II = "god" synes å karakterisere stajonen godt på det aktuelle tidspunkt.

VURDERING AV TILSTAND

Det er foretatt jevnlige miljøundersøkelser i dypålen til Ålfjordbotn siden 1981, først i forbindelse med resipientundersøkelser i Sveio kommune (Johannesen 1982), deretter resipientundersøkelser ved Toraneset renovasjonsplass (Johannesen 1987, Botnen & Johannesen 1992, Heggøy mfl. 2007), og sist i forbindelse med resipientundersøkelser ved fiskeanlegget på Fjon (Botnen mfl. 1994, Tvedten mfl. 1997, Botnen mfl. 2001, og Haveland 2010). Formålet med undersøkelsene har hovedsakelig vært å spore eventuelle påvirkninger fra Toraneset renovasjonsplass og fra drift av smoltanlegg i Fjonavika til resipienten.

En sammenstilling av undersøkelsene ble gjort av Rådgivende Biologer AS i 2011 (Tveranger mfl. 2011), men på grunn av en misforståelse ble ikke den siste resipientundersøkelsen utført av Sam-Unifob fra 2006 inkludert i denne sammenstillingen. Dette har ført til et noe ufullstendig kunnskapsgrunnlag for en vurdering av resipienten i form av at ikke alle relevante undersøkelser ble inkludert, og Fylkesmannen i Hordaland har anbefalt at sammenstillingen bør kompletteres med resultater fra denne rapporten. I sistnevnte rapport ble det dessuten konkludert med at resipienten har hatt en negativ utviklingstrend med hensyn på bunndyr, da kvaliteten på bunndyrssamfunnet har utviklet seg fra tilstandsklasse I = "meget god" til III = " mindre god" siden 1981. På grunnlag av dette ble det i tillegg satt i gang en ny MOM C undersøkelse i 2011, med samme prøvepunkt som i 2006, for å undersøke eventuelle endringer på fem år. Det ble gjort en tilsvarende undersøkelse i 2010 av Resipientanalyse AS, men prøvepunktet S16 ble erstattet av et nytt omtrent 400 m lenger sørvest (nærmere utslippene) og det var dermed ikke direkte sammmenlignbar med stasjon S16, som har blitt undersøkt i en årrekke siden 1981.

I denne rapporten sammenstillinges resultatene fra samtlige undersøkelser over en 30 årsperiode fra samme punkt i dypålen i Ålfjordbotn. Det gir en fullstendig vurdering av utviklingstrenden i resipienten, og er her i tillegg sett i forhold om produksjonen hos Fjon Bruk AS har hatt noen påviselig miljøeffekt.

SJIKTNING OG OKSYGENINNHOLD

Hydrografiprofiler innenfor terskel i Ålfjordbotn og utenfor terskel i Ålfjorden den 23. november 2011 registrerte relativt høy temperatur i overflatevannet med opptil 12 grader på 10-15 meters dyp, men sank nedover til 8-9 grader på bunnen. Det var noe varmere på det dypeste i vannsøylen utenfor terskel i forhold til innenfor terskel. Overflatevannet var lite påvirket av ferskvann og saltholdigheten økte jevnt nedover vannsøylen. Målingene viser til meget gode oksygenforhold på stasjon S16 med 7,21 mg/l ved bunnen, tilsvarende en oksygenmetning på 78,88 % Dette er innenfor beste tilstandsklasse i henhold til SFTs klassifiseringsystem.

Det har blitt målt generelt gode til meget gode oksygenforhold i dypvannet ved alle undersøkelser i henhold SFTs klassifiseringssystem (Molvær m. fl. 1997). Det laveste innholdet av oksygen i Ålfjordbotn ble målt i 2000 med 3,35 mg O/l, som tilsvarer en metning på 51 % dvs. tilsvarende SFTs tilstandsklasse II/III ="god - mindre god" (**tabell 8**). Oksygeninnholdet i dypvannet kan variere mye fra fjord til fjord og avhenger også av tidspunkt på året. For målingene på stasjon S16 har samtlige blitt utført om høsten fra september til november. Da det ikke er blitt tatt mer enn en hydrografimåling ved hver av undersøkelsene, er det vanskelig å si hvorfor det var et noe lavt oksygeninnhold i dypvannet akkurat i 2000.

Målinger viser imidlertid til at oksygenforholdene var gode i dypålen i Ålfjordbotn i 2009. I 2009 ble det riktig nok ikke tatt hydrografiprofil på stasjon S16, men respresenterer likevel ed samme vannmassene i Ålfjordbotn, da det ble målt ned til 86 meters dyp. Det vil si at oksygeninnholdet fra undersøkelsen i 2006 til 2009 gikk fra tilstandsklasse II ="god" til I = "meget god".

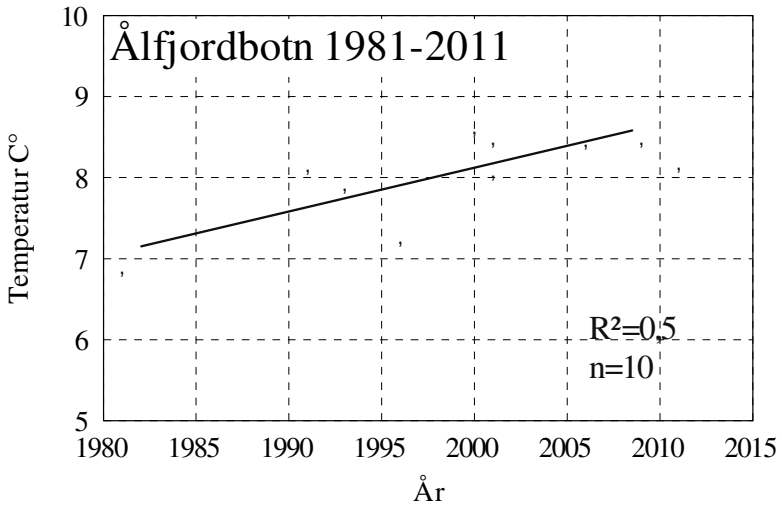
Tabell 8. *Sammenstilling av temperatur og oksygeninnhold i dypålen på stasjon S16 (80 m dyp) ved undersøkelsene i 1981, 1991, 1993, 1996, 2000, 2001, 2007 og 2011 (85 m) og på stasjon 3 i 2009 (86 m).*

	Stasjon S16									S3
	1981	1991	1993	1996	2000	2001	2001	2006	2011	2009
Temperatur	6,91	8,17	7,93	7,28	8,64	8,1	8,5	8,47	8,2	8,5
Oksygen ml/l	4,37	4,37	4,56	6,2	3,35	5,05	4,56	4,15	7,21	6,2
Metning %	64,3	66,2	68,9	69	51,2	76,53	69,62	63,4	76,88	69
O_2-tilstand	II	II	I	I	III	I	I	II	I	I

Oksygeninnholdet i dypålen fra 2011 på 85 meters dyp er den høyeste som er målt i Ålfjordbotn siden undersøkelsene ble satt i gang i 1981, med en verdi på 7,2 ml/l. Dette tyder på at det siden undersøkelsene i 2006 har skjedd en utskiftning av dypvannet i Ålfjordbotn. Høyeste måling før 2009 ble målt i 1996 med et oksygeninnhold i dypålen på 5,94 ml/l , tilsvarende en oksygenmetning på 88 %.

Temperaturmålinger fra dypålen i Ålfjordbotn gir indikasjoner på at temperaturen har økt noe i tidsperioden 1981-2011 (**tabell 8** og **figur 9**). Korrelasjonsanalyser mellom temperaturmålinger og tid viser til en svak positiv sammenheng.

Figur 9*. Grafisk oversikt over temperatur registrert på 80-85 m dypålen i Ålfjordbotn utenfor Fjonavika. Det er tatt med to målinger fra 2001 (september og oktober)°, da det i en periode fra juni 2001 til mai 2002 ble tatt hydrografiprofiler en gang i måneden (Heggøy mfl. 2007). Det er svak en positiv sammenheng mellom utviklingen av temperatur over tid.*



SEDIMENTKVALITET

Kornfordelingsanalysen viste at det er sedimenterende forhold i dypålen i Ålfjordbotn, hovedsaklig bestående av pelitt (silt og leire) og noe sand. Glødetapet (organisk innhold) i dypålen til Ålfjordbotn var moderat høyt. Glødetapet er et mål for mengde organisk stoff i sedimentet og en regner med at det vanligvis er 10 % eller mindre i sedimenter der det foregår normal nedbryting av organisk materiale. Høyere verdier forekommer i sediment der det enten er så store tilførsler av organisk stoff at nedbrytingen ikke greier å holde følge med tilførslene, eller i områder der nedbrytingen er naturlig begrenset av for eksempel oksygenfattige forhold. Oksygenforholdene i dypvannet har generelt vært gode til meget gode jfr. avsnitt ovenfor.

Innholdet av normalisert TOC var 52,9 mg C/g på stasjon S16 og tilsvarer SFTs tilstandsklasse V = "Svært dårlig". For klassifisering av organisk innhold i sedimentet i henhold til SFT (Molvær m. fl. 1997), benyttes totalt organisk karbon (TOC) som er korrigert for sedimentets innhold av finstoff (= normalisert TOC). SFTs tilstandsklassifisering for organisk innhold i sedimentene er imidlertid ikke uten videre egnet til å klassifisere miljøtilstanden i sedimentet uten at man også ser på andre forhold, slik som kvaliteten på bunndyrsfauna og gode oksygenforhold i dypvannet. For videre forklaring henvises til rapporten fra 2011 hvor dette forklares mer inngående (Tveranger mfl. 2011). Det vil dermed ikke legges stor vekt på innhold av normalisert TOC verken for resultatene fra 2011 eller ved sammenligning med de andre undersøkelsene. Det tas utgangspunkt i målt glødetap for diskusjoner omkring organisk innhold i sedimentet.

I **tabell 9** har en oppsummert samtlige undersøkelser fra stasjon S16 med hensyn på sedimentkvalitet, kornfordeling og organisk innhold. Kornfordelingen av sedimentet på stasjon S16 har i hovedsak endret seg lite i perioden fra 1986 til 2011 der forskjeller i hovedsak nok kan forklares ut fra variasjoner tilknyttet prøveaking og analyser. Størst var forskjellen mellom undersøkelsene i 1981 og 1986, hvor andelen pellitt (leire og silt) økte med 20 %, dvs. fra 78 til 98 %. Tilsvarende ble andelen sand redusert fra 22 % til 2 %. Siden den tid har andelen pellitt kun variert med et par prosenter mellom undersøkelsene, helt til i 2011, hvor andelen pellitt sank til vel 78 % og andelen sand økte til vel 21 %, tilbake til hvordan det var i 1981. Det er vanlig at andelen finstoff over tid endrer seg nokså lite i sedimenterende bassenger, da de naturgitte forholdene med moderate strømforhold er nokså stabile. Sedimentet har i hovedsak blitt beskrevet som grått til brunt og finkornet, luktfritt eller med innslag av svak lukt av hydrogensulfid ved samtlige undersøkelser.

Tabell 9. *Sammenligning av sedimentkvalitet på stasjon S16 utenfor Fjonavika i 2011 med de åtte tidligere undersøkelsene i perioden 1981 til 2011.*

		1981	1986	1991	1993	1996	2000	2006	2011
Leire og silt	%	78	98	96	99	95	98	97	78,4
Sand	%	22	2	4	1	5	2	3	21,4
Grus	%	0	0	0	0	0	0	0	0,1
Glødetap	%	13,8	17,1	12,1	17,7	12,9	14,3	13,8	11,6
TOC	mg/g	55,2	68,4	48,4	70,8	51,6	57,2	55,2	49,0
Normalisert TOC	mg/g	59,16	68,76	49,12	70,98	52,5	56,84	55,74	52,9
SFT tilstand		V	V	V	V	V	V	V	V

Det har generelt vært et noe forhøyet innhold av organisk materiale målt som glødetap på stasjon S16 i løpet av en 30 års periode. Sedimentet fra de fleste undersøkelsene har hatt verdier av glødetap på mellom 12 og 18 % og er noe høyere enn det som påregnes i sedimenter med normal nedbryting, men samtidig er glødetapet omtrent som en skal forvente i et fjordbasseng siden fjorder normalt mottar en god del organisk materiale av terrestrisk opprinnelse fra land via avrenning, noe som gir et høyere naturlig glødetap i sedimentene enn ute ved kysten (Aure mfl 1993). Glødetapet har variert noe mellom undersøkelsene, men det har ikke vært indikasjoner på en gradvis økning av organisk innhold i sedimentet på stasjon S16. Glødetapet i 2011 er det laveste som noen gang er registrert på stasjon S16 i dypålen til Ålfjordbotn.

Fôrbruken på anlegget er mer enn femdoblet fra rundt 125 tonn i året fram til 1998 til 710 tonn i 2011, noe som kan indikere at utslippene i liten grad påvirker sedimentkvaliteten med hensyn på organisk belastning i bassengvannet under terskeldyp.

BLØTBUNNSFAUNA

I 2011 ble det registrert en bløtbunnsfauna som havnet innenfor tilstandsklasse II = "god" med hensyn på diversitetsindekser og artsindeks, nær beste tilstandsklasse for Shannon Wiener indeksen. Bløtbunnsfaunen var noe individfattig, middels artsrik og dominert av den forurensingstolerante børstemarken *P. branchiata.* Samtidig var det og et høyt innslag av sensitive arter eller arter som ikke forbindes med dårlige miljøforhold.

I Ålfjordbotn har kvaliteten på bunndyrssamfunnet i tidsperioden 1981 til 1986 tilsvart tilstandsklasse I = "meget god" og frem til 2000 tilsvart tilstand II = "god". I 2006 var kvaliteten på bløtbunnsfaunen merkbart dårligere og havnet innenfor tilstandsklasse III = " mindre god". Samtlige rapporter fra tiden før 2006 konkluderer med at det ikke er påvist organisk belastning fra verken Toraneset renovasjonsplass eller Fjon Bruk AS (tidligere Stolt Seafarm AS) i dypet av Ålfjordbotn i denne perioden (**tabell 10**). Konklusjonen fra undersøkelsen i 2006 var at artssammensetningnen til bløtbunnsfaunaen viste en svak negativ utvikling og at det over tid har vært betydelige endringer i faunaen av sannsynligvis naturlige årsaker. En påvirkning fra blant annet jordbruk og oppdrett, samt en økning i temperatur kunne imidlertid ikke utelukkes. Kvaliteten på bløtbunnsfaunaen registrert i 2011 var betydelig bedre enn i 2006 og gikk opp en tilstandsklasse og er per dags dato innenfor nest beste tilstandsklasse.

***Tabell 10**. Sammenligning av bunndyrsundersøkelsene på stasjon S16 i Ålfjordbotnen i 1981, 1986, 1991, 1993, 1996, 2000, 2006 og 2011. Ved undersøkelsene frem til 2000 ble det benyttet en 0,2 m² grabb, mens alle har nyttet en 0,1 m² grabb siden. Det er tatt 5 paralleller i 1981, 1986, 1991, 1993 og 1996 (tilsvarende et prøveareal på 1 m²), 3 paralleller i 2000 (tilsvarende et prøvearel på 0,6 m²), 3 paralleller i 2006 (areal = 0,3 m³) og 2 paralleller i 2011 (areal = 0,2 m²). Fargekoder tilsvarer tilstandsklassifiseringen etter SFT (1997).*

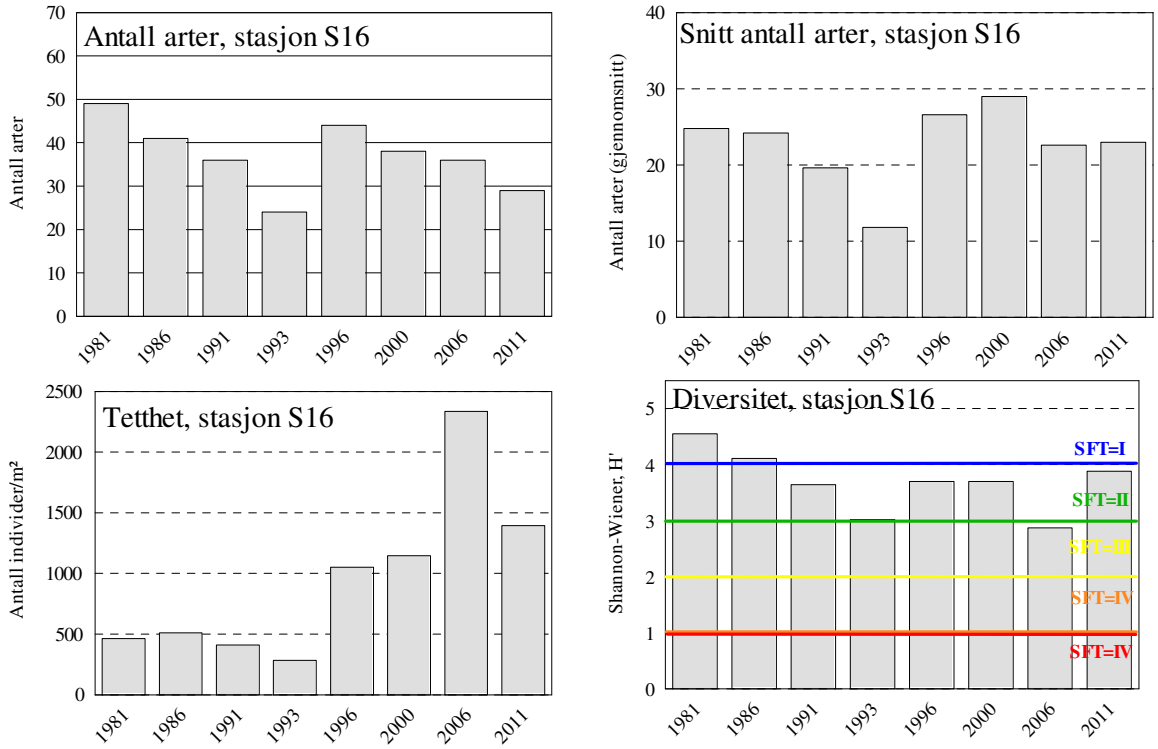
	1981	1986	1991	1993	1996	2000	2006	2011
Antall individer	463	511	411	284	1051	688	701	279
Individtetthet pr m²	463	511	411	284	1051	1147	2336	1395
Antall arter	49	41	36	24	44	38	36	29
Shannon-Wiener, H'	4,55	4,11	3,64	3,02	3,70	3,70	2,87	3,88
Jevnhet, J	0,81	0,77	0,70	0,66	0,68	0,71	0,55	0,8
H'-max	5,61	5,36	5,17	4,58	5,46	5,25	5,17	4,85
SFT-tilstandsklasse	I	I	II	II	II	II	III	II

Det har vært variasjoner og endringer i arts- og individantall og artssammensetning i løpet av en 30 års periode på stasjon S16. Artsantallet på stasjon S16 har variert betraktelig, hvor det høyeste målte antallet ble registrert i 1981 med 49 arter (**tabell 10, figur 10**) og det laveste antallet i 1993 med kun 24 arter. Det lave artsantallet i 1993 sammenfalt også med lavt individtall og en diversitetsindeks på grensen til tilstand III ="mindre god". Det lave arts- og individantallet i 1993 kunne trolig skyldes en negativ påvirkning av partikler fra utslipp fra en pågående veiutbygging som ble ferdigstilt i 1992/1993 (nye E 39), da verken sedimentkvalitet eller artssammensetningen av bunnfaunaen tilsa at det var organiske tilførsler eller oksygensvikt på bunnen som var årsaken (Botnen mfl. 1994).

Imidlertid viser korrelasjonsanalyser mellom fôrforbruk og artsantall en jevn nedgang i tiden før etablering av renseanlegg fra 1981 til 1993 (se avsnitt om bløtbunnsfauna under belastning og miljøforhold i Ålfjordbotn for nærmere forklaring). I 2000 ble det igjen funnet en noe mer artsfattig, men likevel tilsynelatende sunn og nærmest upåvirket bunnfauna med 1127 individer fordelt på 38 arter. Det må her tas hensyn til at prøvearealet var mindre i 2000 enn de foregående årene, og det ville sannsynligvis vært flere arter og individer til stede med et større prøveareal. I 2006 var det ingen endringer i artsantall, mens det i 2011 ble registrert 29 arter som er det nest laveste artsantallet siden undersøkelsene startet i 1981. Her må det igjen tas hensyn til at prøvearealet var mindre i 2011 i

forhold til de foregående årene. Dersom en ser på gjennomsnittet av antall arter per grabbhugg fra samtlige undersøkelser (**figur 10**) var det en tydelig nedgang i perioden fra 1981 til 1993, som også sammenfaller med lav diversitet. Det var et høyt gjennomsnitt av arter i 1996 og 2000 og en noe lavere, men stabilt i 2006 og 2011.

Mens artsantallet har variert, kommer det tydelig frem at individtettheten har økt kraftig i løpet av denne perioden. Individtettheten var relativt lav i årene fra 1981 til 1993, men med omtrent en firedobling fra 1993 til 1996 og 2000, kan det indikere en positiv stimulering fra organiske tilførsler (**figur 10**). I 2006 var individtettheten det høyeste noen gang med over 2300 individer per m^2, noe som er vel åtte ganger mer enn i 1993. I 2011 var tettheten fremdeles høy, men omtrent tilbake til hvordan det var i 2000.



Figur 10. *Utvikling i antall arter, gjennomsnitt av antall arter, tetthet (individer/m²) og diversitetsindeks på stasjon S16 i 30-årsperioden 1981 – 2011.*

Innholdet av organisk materiale i sedimentet på stasjon S16 har i perioden 1981 til 2000 variert, men gir få indikasjoner på en retning av økning eller reduksjon i organisk innhold. Den økte tettheten av individer må da skyldes tilførsler i så små mengder at bunnfaunaen blir stimulert av tilførslene og bryter det organiske innholdet raskt ned. Høy individtetthet sammenfaller ofte med lav jevnhetsverdi, da enkelte arter ofte er svært dominerende, men dette har ikke vært tilfellet for stasjon S16, foruten i 2006. Det ble registrert en jevnhetsverdi på 0,55 da *Polydora* sp. dominerte med hele 45 % av artssammensetningen. Den lave jevnheten førte til at diversiteten for bløtbunnsfaunaen havnet i tilstandsklasse III = "mindre god", som er den dårligeste tilstanden registrert (**figur 10**). Jevnheten har variert mellom 0,66 - 0,81 i løpet av undersøkelsene og i 2011 var jevnheten 0,8, som er det høyeste siden 1981. Det vil si at det er generelt har vært en relativt jevn fordeling av individer på stasjon S16 og få arter som har vært svært dominerende. I 2011 utgjorde den mest dominerende arten vel 25 % av artssammensetningen og er det laveste siden 1991. De største utslagene på diversitetsindeks og jevnhetsverdi har skjedd når enkeltarter har nærmet seg 45-50 % av artssammensetningen, som i 1993 og 2006 (**tabell 11**).

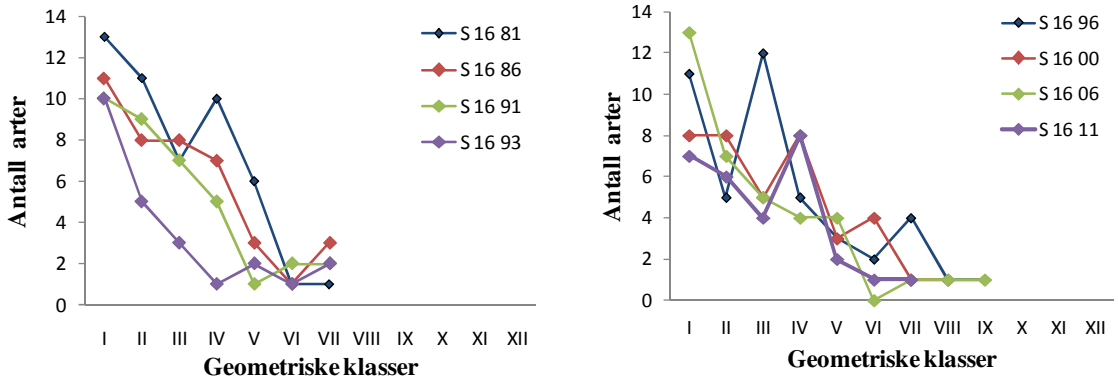
De tre mest hyppig forekommende artene har variert gjennom en 30 års periode (**tabell 11**), men med arter som hovedsakelig forbindes med upåvirkede fjorder og gode miljøforhold. Arter som har vært dominerende er blant annet flerbørstemakkene *Lumbrineris* sp., *Paramphinoe jeffreysii*, *Heteromastus filiformis*, representanter fra familien Spionidae (*Pseudopolydora paucibranchiata*, *Polydora* sp., *Spio filicornis*, *Scololepos korsuni*) og slangestjernen *Amphuira filiformis*. Artssammensetninger med innslag av både sensitive artere og noen flertallige forurensningtolerante arter indikerer at bløtbunnsfaunaen blir stimulert av organiske tilførsler, men ikke i så stor grad at sensitive arter ikke etablerer seg.

De fleste nevnte arter kan opptre i områder med noe organisk anrikning, men er også vanlige i upåvirkede fjorder. *P. paucibranciata* og *Polydora* sp. forbindes med dårlige miljøforhold og er forurensingstolerante. Samtidig tilsier et relativt høyt innslag av forurensningsømfintlige arter som for eksempel flerbørstemakkene *Terebellides stroemi*, *Streblosoma bairdi*, *Ceratocephale loveni*, *Scololepis korsuni* og mudderreken *Calocaris macandrea* på gode miljøforhold (Rygg 2002).

***Tabell 11**. De tre mest dominerende artene på stasjon st. S16 i Ålfjordbotn ved undersøkelsene i 1981, 1986, 1991,1993, 1996, 2000, 2007 og 2011.*

	St. S16					
		%		%		%
1981	*Lumbrineris sp.*	18	*Yoldiella tomlini*	12	*Thyasira equalis*	7
1986	*Amphiura filiformis*	15	*Lumbrineris sp.*	15	*Paramphinome jeffreysii*	13
1991	*Spionidae* indet.	23	*Amphiura filiformis*	21	*Lumbrineris sp.*	15
1993	*Spio filicornis*	50	*Amphiura filiformis*	24	*Lumbrineris sp.*	16
1996	*Paramphinome jeffreysii*	31	*Spio filicornis*	13	*Polydora sp.*	9
2000	*Scololepis korsuni*	30	*Paramphinome jeffreysii*	16	*Polydora sp.*	8
2006	*Polydora* sp.	45	*Heteromastus filiformis*	20	*Pectinaria koreni*	10,4
2011	*Pseudopolydora paucibranchiata*	25,8	*Terrebellides stroemi*	12,5	*Nemertini indet*	9,3

Det er gjort en oppsummering av geometriske klasser på stasjon S16 fra samtlige undersøkelser i tiden før og etter etablering av renseanlegg (**figur 11**). Oppsplitting ble gjort for å eventuelt påvise tydelige endringer i faunastruktur i tiden etter at renseanlegget ble etablert. Faunastrukturen viser i hovedsak til en høyere individtetthet i perioden 1981 til 2011, samt en svak økning i individrike arter. Det var flere individrike arter som dominerte i 2011 enn i 2006 og tyder på en bedring i bunndyrssamfunnet.



***Figur 11.** Faunastruktur uttrykt i geometriske klasser for st. S16 i perioden 1981-2011 henholdsvis i tidsperioden før (venstre) og etter (høyre) etablering av renseanlegg. Antall arter langs y - aksen og geometriske klasser langs x- aksen.*

Variasjonene i artsmangfold og diversitet på stasjon S16 i Ålfjordbotn skyldes høyst trolig en kombinasjon av naturlige variasjoner i miljøforhold, økende temperatur i perioden og naturlige organiske tilførsler, samt tilførsler fra bebyggelse, Toraneset renovasjonsplass og også tidligere fra Fjon Bruk AS. Individtettheten har generelt har økt kraftig i tiden etter etablering av rensing og gjenommsnittlige artsantallet er fremdeles på høyde med det som har blitt funnet tidligere. Dette indikerer en positiv stimuli av bunndyrssamfunnene og ikke en overbelastning av organiske tilførsler i Ålfjordbotn.

BELASTNING OG MILJØFORHOLD I ÅLFJORDBOTN

En har til nå i rapporten vurdert utviklingen av tilstanden i Ålfjordbotn med hensyn på blant annet oksygeninnhold og bløtbunnsfauna hvor resultater fra opptil åtte undersøkelser i en 30 års periode ligger til grunn. Det er imidlertid viktig å se på sammenhenger mellom nevnte miljøforhold og utviklingen av produksjon og etablering av rensing på utslipp hos Fjon Bruk AS med hensyn på resipienten sin kapasitet.

OKSYGENINNHOLD

Fra rapporten i 2011 er det gjort beregninger av volumer og terskeltversnitt av Ålfjordbotn som danner grunnlag for modellering med Fjordmiljømodellen. For ytterligere informasjon henvises til Tveranger mfl. 2011. En oppsummering av dette tas med for å få et helhetlig bilde av utviklingen av og kapasiteten til resipienten.

Beregnet naturlig oksygenforbruk i bassengvannet pr måned er av Fjordmiljømodellen beregnet til 0,211 ml/l, mens naturlig oksygenminimum i bassengvannet er satt til 4,8 ml/l basert på seks oksygenmålinger i bassengvannet på 80 m dyp i perioden 1981 – 2009. Målingene er utført om høsten, dvs på den tiden av året det normalt forekommer oksygenminimum før bunnvannfornying inntrer. Arealet av det innerste bassenget Ålfjordbotn i Ålfjorden er 5,09 km². Volumet av fjordbassenget er beregnet til 0,2 km³, der volumet under terskeldypet inn til Ålfjordbotn (51 m) utgjør 0,038 km³. **Tabell 12** viser beregninger utført ved hjelp av Fjordmiljømodellen for Ålfjordbotns vannutskiftingsforhold der en også inkluderer effekten av utslippene fra dagens anlegg. De naturlige tilførslene av organisk materiale som sedimenterer i bassengvannet til Ålfjordbotn er primært tilførsler av organisk materiale via algeblomstringen, dvs både planktoniske alger samt fastsittende alger, samt eksterne tilførsler via tidevannet inn til Ålfjordbotn. Sedimenteringsraten for partikulært organisk materiale er beregnet til 33,3 døgn. Beregninger ved hjelp av Fjordmiljømodellen viser at det ville ha tatt vel 28 måneder før det oppsto oksygenfrie forhold i dypvannet (dersom ikke dypvannet ble utskiftet), men at det går kun knapt et halvt år før full utskifting av dypvannet. Det tar også knapt ett døgn å skifte ut bassengvannet.

Tabell 12. *Teoretisk beregnet "naturlige" vannutskiftingsforhold i Ålfjordbotn. Tallene er beregnet fra modellen "Fjordmiljø" (Stigebrandt 2001).*

Basseng	Oppholdstid overflatevann (døgn)	Oksygenforbruk i dypvatnet (ml O/liter/måned)	Tidsintervall til oksygenfrie forhold i dypvannet (måneder)	Tidsintervall til utskifting av dypvannet (måneder)	Fyllingstid for bassengvannet (døgn)
Ålfjordbotn	3,29	0,211	28,41	5,68	0,78

Beregninger viser at en produksjonsøkning til 1920 tonn, der alle tilførslene går til den delen av vannsøylen som ligger over terskeldyp, ikke vil medføre noen endring av oksygenforbruket i bassengvannet (jf. **tabell 13**). Noe av det finpartikulære materialet fra utslippet vil naturlig nok sedimentere i bassengvannet under terskeldyp, og dersom en forutsetter at 100 tonn av dagens produksjon tilføres bassengvannet, øker oksygenforbruket i måneden pr liter vann til 0,238 ml.

Dersom en modellerer effekten av en økning av produksjonen slik at 1520 tonn tilføres vannlaget over terskeldyp og 400 tonn til bassengvannet, vil dette øke oksygenforbruket i bassengvannet med 33,6 % slik at oksygenforbruket i måneden pr liter vann øker til 0,317 ml. Nytt oksygenminimum i bassengvannet ville da blitt 4,4 ml/O/l. Modelleringen viser da at den negative effekten av en utvidelse av produksjonen ved anlegget på oksygenminimum i bassengvannet vil være relativt moderat, der oksygenminimum i bassengvannet om høsten i Ålfjordbotn fremdels vil ligge innenfor STFs tilstandsklasse II= "god".

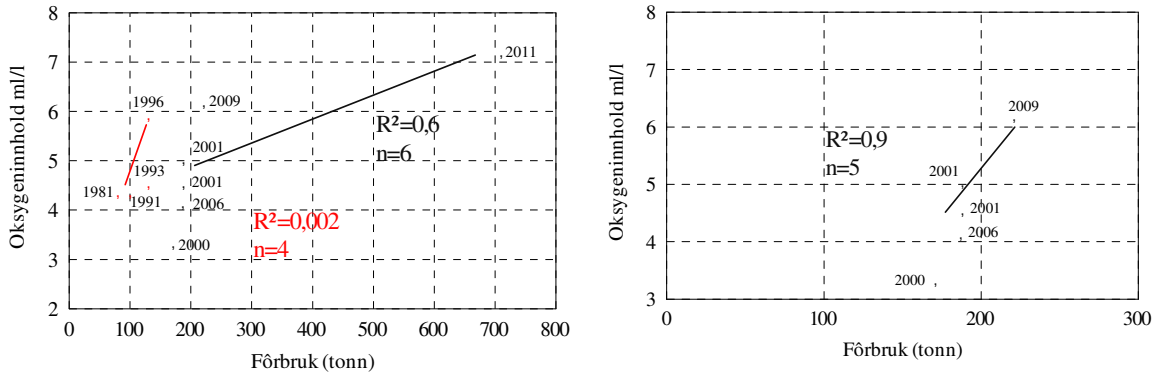
Tabell 13. *Beregnet effekt av nåværende og planlagt produksjon ved Fjon Bruk AS på beregnet "naturlige" vannutskiftingsforhold i Ålfjordbotn. Tallene er beregnet fra modellen "Fjordmiljø" (Stigebrandt 2001). * = antatt 50 % rensing av utslippene.*

Årlig produksjon	Tilført vannmasser over terskeldyp	Tilført bassengvann	Endring i oksygenforbruk (%)	Endringer i siktedyp (%)	Oksygenforbruk i bassengvannet (ml O/liter/måned)	Nytt oksygen-minimum i bassengvann
500	500	0	0	100	0,211	4,8
500	400	100	0	100	0,238	4,8
1920	1920	0	0	98,95	0,211	4,8
1920	1520	400	33,6	98,95	0,317	4,4
960*	760	200	12,5	99,51	0,260	4,65

Og da har vi ikke en gang modellert ut fra Fylkesmannens krav om 50 % reduksjon av organisk stoff, samt 70 % reduksjon av suspendert tørrstoff. Dersom vi f. eks tar hensyn til at rensingen tilsvarer en halvering av produksjonen, dvs en halvering av tilførslene til Ålfjordbotn, ser en at oksygenforbruket i måneden pr liter vann øker til 0,26 ml, og at nytt oksygenminimum i bassengvannet ville da blitt 4,65 ml/O/l, innenfor SFTs tilstandsklasse I ="meget god".

Dette viser at selv om utslippene går ut i en resipient som er tersklet, går disse ut i den delen av resipienten over terskeldyp som har høy resipientkapasitet, dvs den delen av resipienten som alltid har gode oksygenforhold, og således høy kapasitet for organiske tilførsler. Beregninger av oksygenforbruk i forhold til en produksjonsøkning har gjennom Fjordmiljømoddelen har dermed vist at dypålen i Ålfjordbotnen vil ha gode eller meget gode oksygenforhold.

For å undersøke om det er en sammenheng mellom en økning i fôrforbruk (produksjon) og utviklingen av oksygeninnholdet i dypålen til Ålfjordbotn ble det gjort en korrelasjonsanalyse av samtlige oksygenmålinger som er gjort i dypålen til Ålfjordbotn. Alle målinger ble inkludert fordi de alle representerer samme dypål. Det vil si at det er to målinger fra september og oktober i 2001 tatt på stasjon S16 og en måling fra undersøkelsen i 2009 på stasjon 3, i tillegg til målingene fra syv tidligere undersøkelser (**tabell 8**). Det var ingen klare sammenhenger totalt sett for alle målinger, heller ikke sammenheng fra tiden før renseanlegget var kommet i gang (**figur 12**). Det var en svak positiv sammenheng etter etablert rensing. Det er dermed ingen indikasjoner på at en økning i produksjon fra 135 tonn i 1994 til over 700 tonn i 2011, har påvirket resipienten i negativ grad med hensyn på oksygeninnhold i dypålen i Ålfjordbotn.

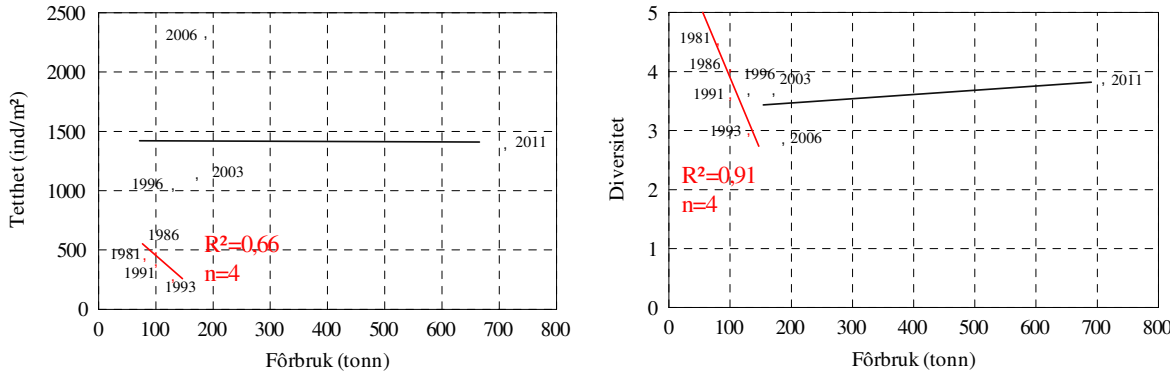


Figur 12. *Sammenheng mellom mengde fôr nyttet ved anlegget og oksygeninnhold (ml/l) i dypålen til Ålfjordbotn fra samtlige undersøkelser siden 1981 (høyre). Røde punkter er vist for årene fra 1981 til 1993, og årene etter renseanlegget ble satt i drift er vist med sorte punkt. Det var en svak positiv sammenheng ved utelating av oksygenmåling og fôrforbrukdata fra tiden før etablert resning og fra 2011 (venstre).*

Dersom en kun tar med målinger fra tiden etter etablert rensing, samt fjerner målingen av oksygeninnhold og fôrforbruk fra 2011, er det en sterk positiv sammenheng, der en økning i oksygeninnhold følger økningen i fôrforbruk. En økning i oksygeninnhold i dypålen i tiden etter etablert rensing kan mulig være en effekt av rensing og at det siden den tid har skjedd en gradvis forbedring i oksygeninnholdet. Årsaken til at det ikke er en like sterk positiv sammenheng i tiden etter rensing når en inkluderer verdien fra 2011, kan muligens forklares av den betydelige økningen i produksjon fra 2009 til 2011. Oksygeninnholdet i dypålen i 2011 er likevel det høyeste som er registrert i en tidsperiode på 30 år.

BLØTBUNNSFAUNA OG ORGANISK INNHOLD

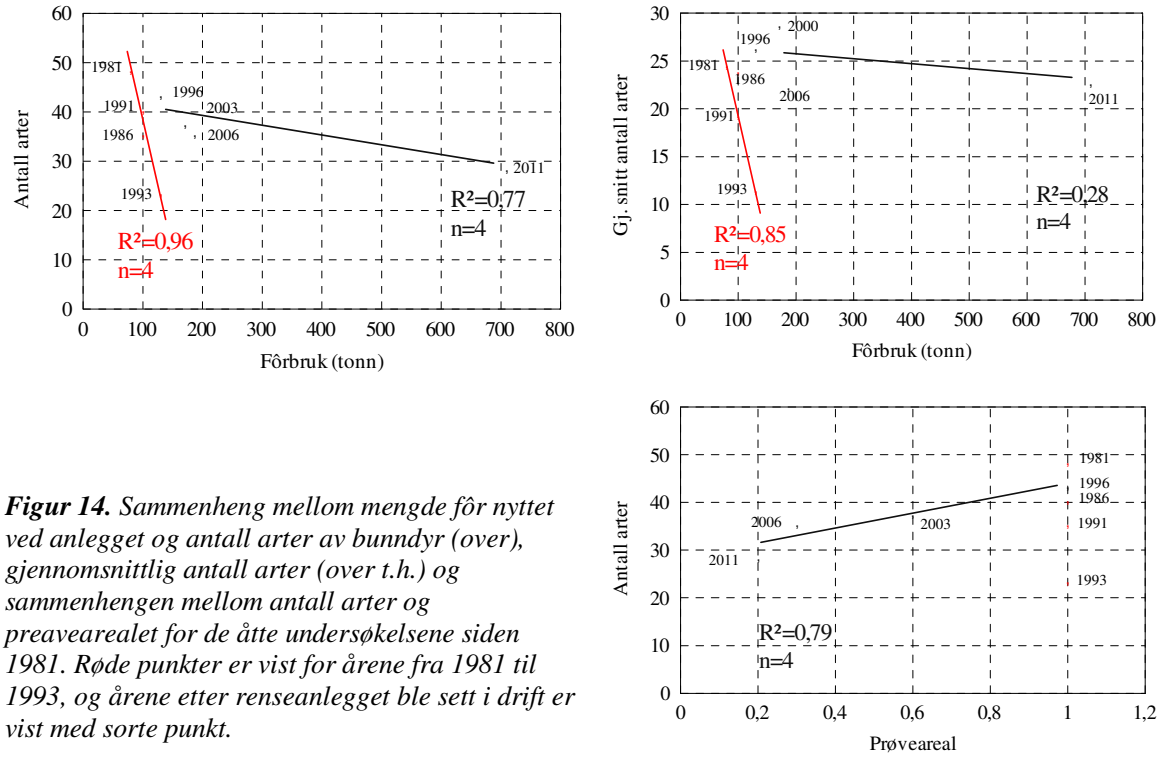
Fra korrelasjonsanalyser er det funnet en klar negativ sammenheng mellom fôrforbruk og tetthet av bunndyr, samt mellom fôrforbruk og diversitet i perioden fra 1981 til 1993 (**figur 13**). I denne perioden var det ingen rensing av utslippet og effekten kommer tydelig frem på det reduserte individ og artsantallet til bunndyrssamfunnet. I tiden etter etablert rensing og utlegging av avløpsledning i april 1996 er det ikke lenger en signifikant sammenheng på nevnte forhold. Det har vært forbausende stabil diversitet med hensyn på en betydelig økning i produksjon, det har vært noe mer varierende for individtallet, men som tidligere nevnt har tettheten av individer økt markant etter etablering av rensing og er tydelig stimulert av de organiske tilførslene.



Figur 13. *Sammenheng mellom mengde fôr nyttet ved anlegget og tetthet (individ/m²) av bunndyr (venstre) og bunndyrdiversitet (høyre) for de åtte undersøkelsene siden 1981. Røde punkter og klare sammenhenger er vist for årene fra 1981 til 1993, og årene etter renseanlegget ble sett i drift er vist med sorte punkt og ingen klare sammenhenger.*

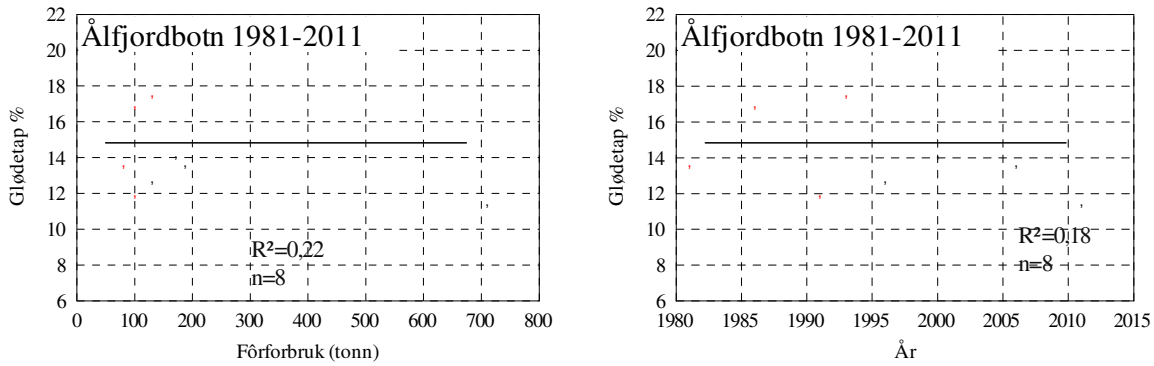
Det er og en klar negativ sammenheng mellom fôrbruk og antall arter i perioden før rensing og en noe svakere negativ sammenheng fra tiden etter rensing (**figur 14**). Her er det viktig å undestreke at store deler av denne negative sammenhengen høyst trolig skyldes at prøvearealet har blitt betydelig redusert siden de første undersøkelsene. I 1981 ble det tatt et prøveareal på 1,0 m^2 frem til og med 1996. I 2000 ble det tatt et prøveareal på 0,6 m^2, i 2006 et areal på 0,3 m^2 og i 2011 et areal på 0,2 m^2. Fordelingen av bløtbunnsfauna på havets bunn er ikke jevnt fordelt, men ofte flekkvis fordelt og dersom det er større areal som er prøvetatt vil det naturlig følge med flere arter. I tillegg vil organisk nedfall som rester av tang og tare eller kadaver kunne ha stor påvirkning på bløtbunnsfaunaen hvor dette faller ned.

Dette kommer tydeligere frem når en ser på sammenhengen mellom fôrforbruk og gjennomsnittet av antall arter på stasjonen for samtlige undersøkelser. Her er fremdeles klar negativ sammenheng fra tiden før rensing, men ingen sammenheng i tiden etter rensing. I tillegg er det en klar positiv sammenheng mellom antall arter og prøveareal, som viser til at det fanges opp flere arter dersom en utvider prøvearealet. Resultatene fra korrelasjonsanalysen viser at her spiller metodikken av prøvetakingen en stor rolle på utfallet av antall arter på stasjonen og at en i tiden etter rensing ikke kan se at en økt produksjon har hatt en negativ effekt på antall arter. Endringer i artsantall og individer i en upåvirket resipient vil i utgangspunktet kunne variere på grunn av naturlige forhold.



Figur 14. *Sammenheng mellom mengde fôr nyttet ved anlegget og antall arter av bunndyr (over), gjennomsnittlig antall arter (over t.h.) og sammenhengen mellom antall arter og preaveararealet for de åtte undersøkelsene siden 1981. Røde punkter er vist for årene fra 1981 til 1993, og årene etter renseanlegget ble sett i drift er vist med sorte punkt.*

Det er ingen klare sammenhenger i utviklingen av glødetap over tid eller i forhold til økt produksjon ved anlegget til Fjon Bruk AS (**figur 15**). Glødetapet har vært på sitt høyeste i tiden før rensing og har etter det vært ganske stabil. Det er ingenting som gir indikasjoner på at det organiske innholdet i sedimentet på stasjon S16 i dypålen i Ålfjordbotn har økt siden undersøkelsene startet i 1981.Glødetapet som ble registrert i 2011 er den laveste verdien som noen gang er registrert.



Figur 15. *Sammenheng mellom mengde fôr nyttet ved anlegget og glødetap (organisk innhold), samt mellom glødetap og tid i en periode på 30 år. Røde punkter er vist for årene fra 1981 til 1993, og årene etter renseanlegget ble sett i drift er vist med sorte punkt. Det er ingen sammenheng før og etter rensing eller totalt.*

OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

Undersøkelsen den 23. november 2011 viser gode miljøforhold på stasjon S16 i dypålen til Ålfjordbotn utenfor Fjonavika. Det var høyt oksygeninnhold gjennom hele vannsøylen i dypålen tilsvarende beste tilstandsklasse (meget god). Sedimentet var finkornet og bestod hovedsakelig av pellitt og hadde et moderat høyt organisk innhold. Kvaliteten på bløtbunnsfaunaen var noe individfattig, men middels artsrik og fremstår som lite påvirket eller nærmest upåvirket, tilsvarende nest beste tilstandsklasse (god) med hensyn på diversitetsindekser og artsindeks. *Pseudopolydora paucibranchiata* er en forurensningstolerant art og var den mest dominerende arten som bidrog med vel 25 % av artssammensetningen, men det var også et høyt innslag av sensitive arter. Den sensitive arten *Terebellides stroemi* var den nest hyppigste forekommende arten.

Undersøkelsene har i en tidsperiode fra 1981 til 2011 vist at sedimentet i Ålfjordbotn på stasjon S16 er finkornet (silt og leire) med en høy andel finsediment. Det organiske innholdet i sedimentet har generelt vært moderat høyt, noe som er ventet i et tersklet basseng. Resultatene indikerer ikke noe økt organisk anrikning i sedimentene som en følge av utslippene fra anlegget, og det er ingen indikasjon på at forholdene i dypålen har endret seg i negativ retning, selv med en økning i fôrfobruken og produksjonen hos Fjon Bruk AS. Klassifiseringen av organisk innhold i sedimentet er dårlig tilpasset denne type fjordsystem, og dette er ikke vektlagt ved en vurdering av sedimentkvaliteten. Samtlige undersøkelser viser til generelt gode og meget gode oksygenforhold ved bunnen i Ålfjordbotn og sørger for gode forhold for nedbryting av organiske tilførsler. Det ble funnet en svak positiv sammenheng mellom fôrforbruk og oksygeninnhold i dypålen i tiden etter at rensing ble etablert.

I Ålfjordbotn på stasjon S16 var kvaliteten på bløtbunnsfaunaen i perioden 1981 til 1993 nedadgående fra beste tilstandsklasse ved første undersøkelse til på grensen til mindre god (tilstandsklasse 3) i 1993. Forholdet mellom fôrforbruk ved anlegget og gjennomsnittlig artsantall, individtetthet, samt diversitet viser en tydelig negativ sammenheng i denne perioden. I tiden etter etablering av rensing på utslippene er det ingen sammenheng. Det var klar negativ sammenheng mellom fôrforbruk og artsantall i både tiden før og etter rensing, men det legges kun vekt på det gjennomsnittlige antallet da mengde prøveareal har endret seg fra 1,0 m^2 til 0,2 i løpet av en periode på 30 år. Det er klar positiv sammengheng mellom antall arter og preøveareal og viser til at metodikken spiller stor rolle og at en ved et større større areal fanger opp flere arter. Undersøkelsen i 2011 følger gjeldende krav.

En økning i individtetthet i tiden etter etablert rensing viser til at bløtbunnsfaunaen er tydelig stimulert av organiske tilførsler og sammenfaller med økt fôrforbruk. Det er imidlertid ingen sammenheng mellom fôrforbruk og individtetthet i tiden etter rensing, selv med en økning fra rundt 130 tonn i 1996 til 710 tonn i 2011. Det er heller ingen indikasjoner på at det organiske innholdet har økt siden undersøkelsene startet i 1981, da det er ingen sammenheng mellom fôrforbruk og glødetap eller glødetap over tid. Mengden organiske tilførsler er likevel ikke større enn at bunndyrssamfunnet klarer

å bryte det ned. Bunnfaunaen har tilsynelatende vært lite eller tilnærmet upåvirket innenfor tilstandsklasse I og II, foruten i årene 1993 og 2006. Dyresamfunnet har vært preget av forurensningstolerante arter, men generelt av arter som gjerne forøkes der det er organisk anrikning og som en ellers finner i både upåvirkede områder og områder hvor det naturlig er noe reduserte miljøforhold. Et relativt høyt innslag av sensitive arter bekrefter gode forhold i Ålfjordbotn.

Det er viktig å påpeke at de gradvis større mengdene med organiske tilførsler fra Fjon Bruk AS har i en 30 års periode tilsynelatende hatt lite å si for bunnfaunaen, som generelt har lagt innenfor tilstandsklasse I-II = "meget god-god" siden 1981, foruten i 2006 da bløtbunnsfaunen fikk tilstandsklasse III = "mindre god". Det var en nedadgående trend i tiden før etablert rensing, men har etter 1996 vært oppadgående og relativt stabil.

Tilstanden i Fjonvika er nøye overvåket, og den generelle miljøtilstanden er bedret de siste årene selv om produksjonen ved anlegget har økt. Vannbruk og avløp fra Fjon Bruk AS vil isolert sett nesten femdobles i forhold til dagens produksjon, men effekten på miljøet i Ålfjordbotn antas å fremdeles forbli akseptabel og lite til moderat påvirket vurdert ut fra Ålfjordbotns naturtilstand og resipientkapasitet. Dette er også bekreftet gjennom beregninger ved hjelp av Fjordmiljømodellen. Undersøkelser i en periode på 30 år viser til at det ikke har vært endringer i resipienten i negativ retning etter etablering av renseanlegg i 1996 og at resipienten er i tilnærmet naturtilstand, der resultater gjenspeiler forhold som er ventet for en terskelt resipient. Resipienten vil høyst trolig ha god kapasitet til en utvidelse av produksjonen med dagens krav til rensing av utslippene.

REFERANSER

BAKKE, T., G. BREEDVELD, T. KÄLLQVIST, A. OEN, E. EEK, A. RUUS, A. KIBSGAARD, A. HELLAND & K. HYLLAND 2007.
Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann – Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter.
SFT Veileder. TA-2229/2007. 12 sider.

BOTNEN, H., E. HEGGØY, PJ. JOHANNESSEN, P-O. JOHANSEN, G. VASSENDEN 2007.
Miljøovervåking av olje og gassfelt i Region II i 2006.
UNIFOB- Seksjon for anvendt miljøforskning. Bergen, mars 2007. 72s.

GADE, H & T. FUREVIK 1994
Hydrografi og strøm
Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen,.34 sider
Delrapport i Lie, U. & T. Magnesen (red):
Riksvegsamband Sveio-Stord-Bømlo: Konsekvenser for det marine miljø.

GRAY, J.S., F.B MIRZA 1979.
A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. *Marine Pollution Bulletin 10: 142-146.*

KUTTI, T., P.K. HANSEN, A. ERVIK, T. HØISÆTER & P. JOHANNESSEN 2007.
Effects of organic effluents from a salmon farm on a fjord system. II. Temporal and spatial patterns in infauna community composition. *Aquaculture 262, 355-366.*

KROGLUND, T., E. DAHL & E. OUG 1998.
Miljøtilstanden i Risørs kystområder før igangsetting av nytt renseanlegg. Oksygenforhold, hardbunnsorganismer og bløtbunnsfauna
NIVA-rapport 3908, 58 sider

MOLVÆR, J., J. KNUTZEN, J. MAGNUSSON, B. RYGG, J. SKEI & J. SØRENSEN 1997.
Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.
SFT Veiledning 97:03. TA-1467/1997.

MOY, F.E., S. FREDRIKSEN, J. GJØSÆTER, S. HJOLMAN, T. JACOBSEN, T. JOHANNESSEN, T.E. LEIN, E. OUG & Ø.F. TVEDTEN 1996.
Utredning om benthos-samfunnene på kyststrekningen Fulehuk - Stadt.
NIVA-rapport 3551, 84 sider

NORSK STANDARD NS 9410:2007
Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg.
Standard Norge, 23 sider.

NORSK STANDARD NS-EN ISO 5667-19:2004
Vannundersøkelse. Prøvetaking. Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder
Standard Norge, 14 sider

NORSK STANDARD NS-EN ISO 16665:2005
Vannundersøkelse. Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna. *Standard Norge, 21 sider*

PEARSON, T.H., R. ROSENBERG 1978.
Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review 16: 229-311*

PEARSON, T.H. 1980.
Macrobenthos of fjords. In: Freeland, H.J., Farmer, D.M., Levings, C.D. (Eds.), NATO Conf. Ser., Ser. 4. Mar. Sci. Nato. *Conference on fjord Oceanography, New York, pp. 569–602.*

PEARSON, T.H., J.S. GRAY, P.J. JOHANNESSEN 1983.
Objective selection of sensitive species indicative of pollution – induced change in benthic communities. 2. Data analyses. *Marine Ecology Progress Series 12: 237-255*

RYGG, B. 2002.
Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. *NIVA-rapport SNO 4548-2002. 32s.*

SHANNON, C.E. & W. WEAVER 1949.
The mathematical theory of communication. *University of Illinios Press, Urbana, 117 s.*

STIGEBRANDT, A. 1992.
Beregning av miljøeffekter av menneskelige aktiviteter. *ANCYLUS, rapport nr. 9201, 58 sider.*

TVERANGER, B., G.H. JOHNSEN, A.H. STAVELAND & M. EILERTSEN 2011.
Dokumentasjonsvedlegg til søknad om utvidelse ved Fjon Bruk AS (reg. nr. H/SO 0003). *Rådgivende Biologer AS, rapport 1442, 50 sider, ISBN 978-82-7658-850-7.*

Tidligere undersøkelser:

BOTNEN, H. B. & P. J. JOHANNESSEN 1992.
Resipientundersøkelse ved Toraneset renovasjonsplass, Vindafjord kommune.
Institutt for fiskeri- og marinbiologi, Universitetet i Bergen. Rapport nr. 20, 1992. 34 sider.

BOTNEN, H. B., Ø.F. TVEDTEN & P.J. JOHANNESSEN 1994.
Resipientundersøkelse ved Fjon, Sveio kommune
Institutt for Fiskeri- og marinbiologi, Universitetet i Bergen, rapport 11, 1994, 29 sider,

BOTNEN, H., VASSENDEN., JOHANSEN, P-O., JOHANNESSEN, P.J. .2001.
Miljøundersøkelse i Fjonvika, Sveio kommune.
IFM Rapport nr. 7, 2001. Universitetet i Bergen. 27 sider.

HAVELAND, F. 2010.
Resipientgransking Fjonvika. Fjon Bruk AS, Sveio kommune
Resipientanalyse, rapport 401-2010. 29 sider

HEGGØY, E., G. VASSENDEN & P. JOHANNESSEN 2007.
Marinbiologisk miljøundersøkelse ved Haugaland Interkommunale Miljøverk, Toraneset Miljøpark, Vindafjord kommune i 2006
SAM-Unifob Rapport nr. 2-2007, 58 sider, ISSN NR.: 1504-9310

JOHANNESSEN, P. J. 1982.
Resipientundersøkelser i kommunene Kvam, Etne, Ølen og Vindafjord.
Institutt for Marinbiologi, Universitetet i Bergen. 45 sider.

JOHANNESSEN, P. J. 1987.
Resipientundersøkelser ved Toraneset Renovasjonsplass, Vindafjord kommune.
Institutt for Marinbiologi, Universitetet i Bergen. Rapportserie: Rapp. nr. 63, 1987, 29 sider.

TVEDTEN, Ø. F., H. B. BOTNEN & P. J. JOHANNESSEN 1997.
Miljøundersøkelse ved Fjon, Sveio kommune.
Institutt for fiskeri- og marinbiologi, Universitetet i Bergen. Rapport nr. 11, 1997, 32 sider.

VEDLEGGSTABELL BLØTBUNNFAUNA

Vedleggstabell 1. *Oversikt over bunndyr funnet i sediment fra de to parallellane fra stasjonene S16 utenfor Fjonavika i dypålen i Ålfjordbotn 23. november 2011. Prøvene er henta ved hjelp av ein 0,1 m² stor van Veen Grabb, og prøvetakinga dekkjer dermed eit samla botnareal på 0,2 m². Prøvene er sortert av Guro Igland Eilertsen og artsbestemt ved det akkrediterte Marine Bunndyr AS av Cand. scient. Øystein Stokland.*

	St. S16		
	A	B	Samlet
NEMERTINI - Slimorm			
Nemertini indet	13	13	**26**
POLYCHAETA- Flerbørstemark			
Paramphinome jeffreysi		2	**2**
Pholoe baltica	2		**2**
Pholoe pallida	2	1	**3**
Exogone hebes		2	**2**
Ceratocephale loveni	6	3	**9**
Nephtys paradoxa		1	**1**
Glycera lapidum	1		**1**
Goniada maculata	1		**1**
Lumbrineris sp.	5	6	**11**
Pseudopolydora paucibranchiata	37	35	**72**
Prionospio fallax	10	10	**20**
Scolelepis foliosa	6	6	**12**
Apistobranchus tullbergi		1	**1**
Levinsenia gracilis		2	**2**
Chaetozone setosa	10	2	**12**
Diplocirrus glaucus	3	3	**6**
Heteromastus filiformis	5	1	**6**
Myriochele oculata	11	1	**12**
Pectinaria belgica	1		**1**
Terebellides stroemi	24	11	**35**
CRUSTACEA - Krepsdyr			
Leucon nasica	5	3	**8**
Eriopisa elongata	1	2	**3**
MOLLUSCA - Bløtdyr			
Limatula gwyni	1		**1**
Thyasira equalis	5	1	**6**
Thyasira sarsi		6	**6**
Abra nitida		1	**1**
ECHINODERMATA - Pigghuder			
Amphiura chiajei	5	3	**8**
Amphiura filiformis	7	2	**9**