

MOM C-gransking ved lokaliteten  
Ådnekvamme  
i Masfjorden kommune



R  
A  
P  
P  
O  
R  
T

Rådgivende Biologer AS 2000





# Rådgivende Biologer AS

**RAPPORT TITTEL:**

MOM C - gransking ved lokaliteten Ådnekvamme i Masfjorden kommune.

**FORFATTARAR:**

Bjarte Tveranger, Mette Eilertsen og Thomas Tveit Furset.

**OPPDRAKSGJEVAR:**

Engesund Fiskeoppdrett AS

**OPPDRAGET GITT:**

juni 2014

**ARBEIDET UTFØRT:**

august 2014

**RAPPORT DATO:**

14. januar 2015

**RAPPORT NR:**

2000

**ANTAL SIDER:**

30

**ISBN NR:**

ISBN 978-82-8308-131-2

**EMNEORD:**

- Resipientgransking	- Oksygenmetting
- Masfjorden kommune	- Sedimentkvalitet
- Hordaland Fylke	- Blautbotnfauna

**KVALITETSOVERSIKT:**

Element	Akkreditering
Prøvetaking	Søkt etter NS-EN ISO / IEC 17025 (2005)
Kjemiske analyser	Akkreditert underleverandør Eurofins Norsk Miljøanalyse AS
Sortering blautbotnfauna	Akkreditert underleverandør Havbrukstjenesten AS
Artsbestemming blautbotnfauna	Akkreditert underleverandør Havbrukstjenesten AS
Vurdering av resultat	Søkt etter NS-EN ISO / IEC 17025 (2005)
Rapportering	Søkt etter NS-EN ISO / IEC 17025 (2005)

**RÅDGIVENDE BIOLOGER AS**

Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen

Foretaksnummer 843 667 082-mva

Internett : [www.radgivende-biologer.no](http://www.radgivende-biologer.no)

E-post: [post@radgivende-biologer.no](mailto:post@radgivende-biologer.no)

Telefon: 55 31 02 78

Telefaks: 55 31 62 75

*Framsidedeilete: Lokaliteten Ådnekvamme. Foto: Thomas Tveit Furset*

## FØREORD

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag frå Engesund Fiskeoppdrett AS utført ei MOM C-gransking på oppdrettslokalitet nr 30196 Ådnekvamme i Masfjorden kommune. Lokaliteten er mellombels godkjent for ein maksimalt tillaten biomasse (MTB) på 780 tonn ut året 2016.

Bakgrunnen for MOM C granskinga på Ådnekvamme er at Fylkesmannen i Hordaland i løyve dagsett 11. desember 2012 har stilt krav om å gjennomføre ei MOM C resipientundersøking etter to år i drift for å kartleggje forureiningseffekten anlegget har på resipienten, og at granskinga godt kan koordinerast med anna oppdrettsverksemd i Masfjorden slik det vil kome fram i overvakingsprogrammet etter vassforskrifta. Denne rapporten presenterer resultat og vurdering av tilstand i resipienten frå ei MOM C-gransking med innsamling av sediment og botndyr samt hydrografiske profilar den 11. og 13. august 2014.

Rådgivende Biologer AS takkar alle som har bidrege til denne rapporten. Analysar av sediment er gjort av det akkrediterte laboratoriet Eurofins Norsk Miljøanalyse AS avd. Bergen. Sortering og artsbestemming av botnfauna er utført av akkreditert laboratorium Havbrukstjenesten AS.

Rådgivende Biologer AS takkar Engesund Fiskeoppdrett AS ved Svein Eivind Gilje for oppdraget, og lån av båt og assistanse ved feltarbeidet.

Bergen, 14. januar 2015

## INNHALD

Føreord.....	2
Innhald .....	2
Samandrag .....	3
Områdeskildring.....	4
Oppdrettslokalitet Ådnekvamme .....	6
Metode og datagrunnlag .....	7
Hydrografi .....	7
sedimentprøvar .....	7
Blautbotnfauna .....	9
Resultat .....	11
Sjiktning og hydrografi .....	11
Sedimentkvalitet.....	13
Blautbotnfauna .....	17
Tilhøvet til naturmangfaldlova.....	21
Vurdering av tilstand .....	22
Konklusjon .....	25
Referansar .....	26
Om marin blautbotnfauna .....	28
Vedlegg.....	29

# SAMANDRAG

*Tveranger, B., M. Eilertsen & T.T. Furset 2015*

*MOM C – gransking ved lokaliteten Ådnekvamme i Masfjorden kommune*

*Rådgivende Biologer AS, rapport 2000, 30 sider. ISBN 978-82-8308-131-2.*

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag frå Engesund Fiskeoppdrett AS utført ei MOM C-gransking på oppdrettslokalitet nr 30196 Ådnekvamme i Masfjorden. Den 11. og 13. august 2014 vart det samla inn prøvar av sediment og botnfauna på tre stasjonar frå nær lokaliteten ved Ådnekvamme og eit stykke ut i resipienten i Masfjorden, samt hydrografiprofil på den djupaste stasjonen i ytre basseng, i indre basseng og utanfor hovudterskelen til Masfjorden.

Lokalitet Ådnekvamme ligg i Masfjorden sitt ytre basseng i Masfjorden kommune i Hordaland. Anlegget ligg om lag 150 m frå land i lengderetning nordaust – sørvest på austsida av Masfjorden, og er moderat eksponert for vind frå sør til sørvest. Lokaliteten ligg i tilknytning til eit djupbasseng kor det er over 200 m djup over ein distanse på vel 3 km i frå Ådnekvamme og ut til Duesundøyna.

Granskinga den 11. og 13. august 2014 synte god oksygenmetting tilsvarende tilstandsklasse II = "god" ved det djupaste punktet i resipienten til anlegget, men oksygenmålingar føreteke sidan 2011 indikerer noko reduksjon av oksygeninnhaldet i bassengvatnet. Sedimentgransking tyder på noko sedimentterande tilhøve ved dei to grunnaste stasjonane og meir sedimentterande tilhøve ved det djupaste i resipienten. Målingar av glødetap, nedbrytingstilhøva i sedimentet og sedimentkvaliteten tyder på normale nedbrytingstilhøve i resipienten til anlegget. Nivået av kopar og sink var lågt på alle stasjonar og tilsvarte tilstandsklasse I-II = "bakgrunn/god".

I høve til MOM C-indeksen for botndyr hamna stasjon C1 og C2, i nær- og overgangssona i beste klasse (miljøtilstand 1). Blautbotnfaunaen i høve til rettleiar 02:2013 viste at ein har ei moderat organisk påverknad i nærsona og overgangssona på stasjon C1 og C2. Stasjonen i fjernsona framstod som upåverka av organisk påverknad. Basert på den samla verdien (gjennomsnittet av nEQR), vart stasjon 3 samla sett klassifisert i tilstandsklasse «god».

Resultata frå resipientgranskinga syner at anlegget ved Ådnekvamme i liten grad påverkar resipienten negativt. Granskinga syner at Masfjorden sitt ytre basseng ser ut til å ha kapasitet til å handtere dagens drift ved Ådnekvamme slik at det nok er grunnlag for permanent drift på lokaliteten. Samtidig er det også rett å peike på at fjordbassenget ikkje har uavgrensa resipientkapasitet. Det har vore drift i relativt kort tid på lokaliteten der ein truleg treng meir kunnskap for å få stadfesta om dagens produksjon er høveleg, eller om produksjonen på sikt kan aukast.

**Tabell 1.** Oppsummering av miljøtilstand for ulike målte parametarar på stasjon C1-C3 i resipienten til Ådnekvamme 11. og 13. august 2014. Gjeldande parametarar for miljøtilstand ved lokaliteten har fargekodar. Vurdering av botnfauna i nær- og overgangssona er i høve til NS 9410:2007, medan rettleiar 02:2013 er gjeldande for fjernstasjonen. Fargekodar tilsvarende tilstandsklassifisering etter rettleiar 02:2013, tilstand I (blå), II (grøn), III (gul), IV (oransje) til V (raud). Miljøtilstand etter NS 9410 er her vist med følgjande fargekodar: 1 (blå), 2 (grøn), 3 (gul) og 4 (raud). Soneinndeling for kvar stasjon er markert som n = nærsona, o = overgangssone, f = fjernstasjon.

Stasjon	NS 9410:2007			Rettleiar 02:2013				
	pH/Eh	Fauna	Miljøtilstand	TOC	O <sub>2</sub> botn	nEQR grabb	nEQR stasjon	Økologisk tilstand
C1 (n)	I	I	Meget god	IV	-	0,594	0,598	Moderat
C2 (o)	I	I	Meget god	III	-	0,580	0,595	Moderat
C3 (f)	I	I	Meget god	V	II	0,724	0,737	God

## OMRÅDESKILDING

Lokalitet Ådnekvamme ligg i ytre del av Masfjorden i Masfjorden kommune i Hordaland. Anlegget ligg om lag 150 m frå land på austsida av Masfjorden, og er moderat eksponert for vind frå sør til sørvest (**figur 1**). Lokaliteten ligg i det ytre delbassenget med eit maksimaldjup på ca 296 m djup vel 1,1 km sørvest for lokaliteten. Terskelen mellom Masfjordens indre og ytre basseng ligg på 197 meters djup på høgde med Selvågneset rundt 400 meter nordvest for lokaliteten (**figur 1 & 2**). Det grunnast vidare mot sør før fjorden dreier retning mot vest ved Duesundøyna der fjorden sin hovudterskel ligg på 69 m djup mellom Duesundøyna og Sandnes vel 4 km sørvest for Ådnekvamme. Vidare mot sørvest ligg det eit nytt basseng på vel 200 meters djup i Sandnesosen ved Holsøya med ein djupterskel på vel 140 meter og eit påfylgjande basseng på rundt 185 meters djup nord for Kvamsøyna. Ein ny djupterskel på ca 130 m djup ligg vest for Kvamsøyna før det djupnest ned mot over 500 meters djup i Austfjorden.



**Figur 1.** Oversiktskart over Masfjorden ut til Austfjorden. Plasseringa av lokaliteten Ådnekvamme er markert, og tersklar og djupner i fjorden samt hydrografistasjon Bar 3 er markert i høvesvis raudt og svart. Kartgrunnlaget er henta frå <http://kart.fiskeridir.no/>.

Ved Ådnekvamme er fjorden om lag 1,5 km brei, og vidare mot søraust går det ein stutt fjordarm inn til Andvik kor fjorden er om lag 4 km brei før den smalnast av til ca ein km vidare mot sørvest og vest i retning Sandnes (**figur 2**). Terskelen på 68 m djup mellom Sandnes og Duesundøyna er såpass djup at ein kan pårekne sannsynleg utskifting av botnvatn med jamne mellomrom, og at det ikkje vil kunne oppstå oksygenvinn av betydning før utskifting av nytt bassengvatn under terskeldjup.

Det undersøkte sjøområdet utanfor **Ådnekvamme** ligg i vassførekomsten Masfjorden (fjordkatalog nr 02.61.04.06.01-C), og resipienten kan klassifiserast som mindre følsam iht. EUs avløpsdirektiv (Molvær m. fl. 2005). Masfjorden er oppført med ”god” økologisk tilstand (låg pålitelegheitsgrad) i Vanddirektiv databasen Vann-Nett.

Masfjorden er av typen *M4 = “Ferskvannspåvirket beskyttet fjord”* basert på følgjande tilhøve:

- økoregion Nordsjøen nord
- Polyhalin 18 – 30 ‰
- Beskytta
- Permanent lagdelt med stagnerande djupvatn
- Tidevatn <1 meter

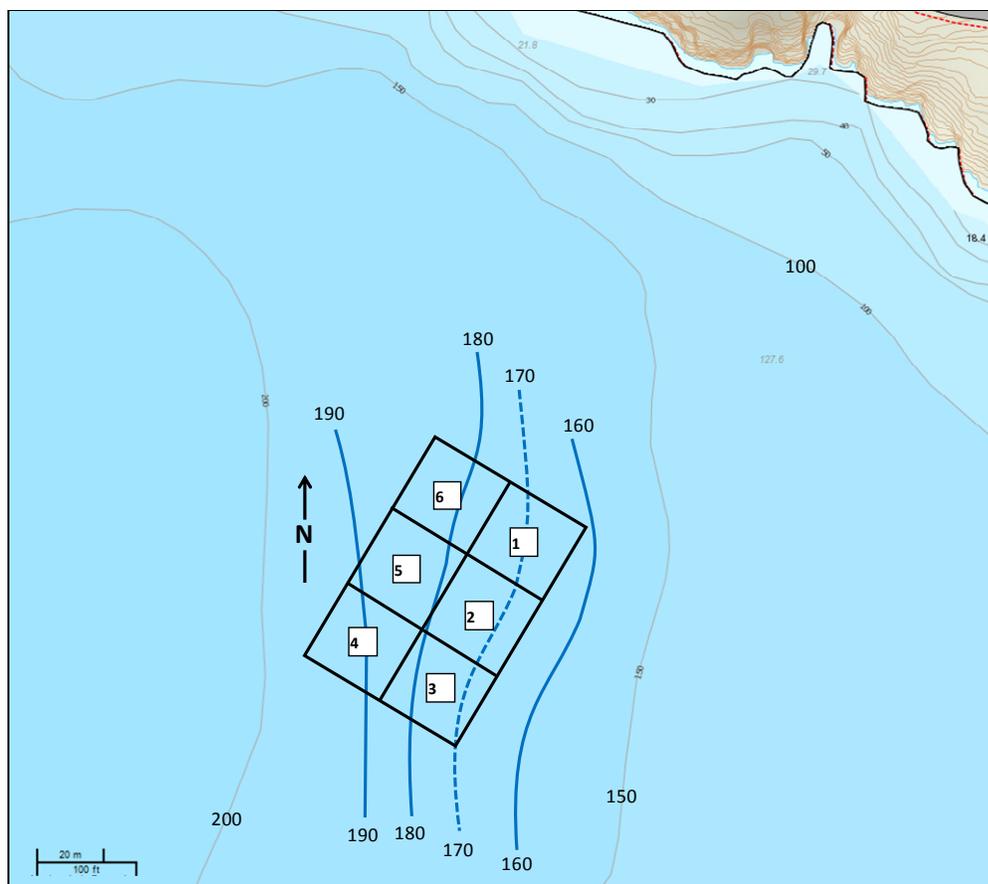


**Figur 2.** Masfjorden ved lokaliteten Ådnekvamme, med djupnekoter og terskeldjupner avmerka. Kartgrunnet er henta frå <http://kart.fiskeridir.no>.

## OPPDRETTSLOKALITET ÅDNEKVAMME

Lokaliteten Ådnekvamme (nr. 30196) har vore i bruk frå mai 2013, og er godkjent for en MTB på 780 tonn. Det ligg eit stålanlegg av typen Viking Nordic med 6 stk. 24 x 24 m bur (**figur 3**), som ligg i to parallelle rekker à tre bur. Nøtene i anlegget har blyline på ca 15 m djup.

Det er relativt bratt frå land ved Ådnekvamme i retning sør – sørvest kor det 60 – 90 m frå land er 150 m djupt. Herfrå flatar botn noko ut kor det er 200 m djupt rundt 150 m frå land. Anlegget ligg om lag i retning nordaust – sørvest vel 150 meter frå land. Under anlegget er det om lag 160 – 200 m djupt, og botn skrår på tvers av anlegget i retning vest ned mot det djupaste partiet i Masfjordens ytre basseng.



**Figur 3.** Oversyn over anlegget ved lokaliteten Ådnekvamme i Masfjorden kommune, med merdnummer (firkantar) Kartgrunlaget er henta frå <http://kart.fiskeridir.no>.

Første utsett av fisk var mai 2013. Fôrforbruk og produsert mengde fisk i perioden 2013 – august 2014 har vore som følgjer (**tabell 2**):

**Tabell 2.** Anlegget sin driftshistorikk sidan oppstart i mai 2013.

	2013	August 2014
Førmengde (tonn)	Ca. 410	Ca 679
Produksjon (tonn)	Ca. 310	Ca. 568

## METODE OG DATAGRUNNLAG

MOM C-granskinga er gjennomført i høve til Norsk Standard NS 9410:2007 og består av ei skildring av botntilhøva i området rundt oppdrettslokaliteten Ådnekvamme i Masfjorden kommune. Granskinga skal avdekke miljøtilstanden i nærsona og overgangssona rundt anlegget, samt på ein fjernstasjon (**tabell 3**). Det er utført analyser av **sedimentkvalitet** og **blautbotnsfauna**, i tillegg til **hydrografisk profil**. Vurdering av resultat er gjort i høve til NS 9410:2007 og Vassforskrifta sin rettleiar 02:2013 (Direktoratsgruppa for vandirektivet).

*Tabell 3. Oversyn over soneinndelinga i MOM-systemet. Tabellen skildrar påverknadskjelde og potensiell påverknad, samt kva type granskingar som inngår i overvakinga og kva slags miljøstandardtypar som vert brukt (frå NS 9410:2007).*

	Nærsona	Overgangssone	Fjernstasjon
Definisjon	Område under og i umiddelbar nærleik til eit anlegg der det meste av større partiklar vanlegvis sedimenterer.	Område mellom nærsona og fjernsona der mindre partiklar sedimenterer. På djupe, strømssterke lokalitetar kan også større partiklar sedimentere her.	Område utanfor overgangssona.
Påverknadskjelde	Akvakulturanlegget.	Akvakulturanlegget er hovudpåverkar, men andre kjelder kan ha betydning.	Akvakulturanlegget er ei av fleire kjelder.
Potensiell påverknad	Endringar i fysiske, kjemiske og biologiske forhold i botnen.	Vanlegvis mindre påverknad enn i nærsona.	Auka primærproduksjon og oksygenforbruk i djupvatnet. Oksygenmangel i resipientar med dårlig vassutskifting.
Gransking	Primært B	Primært C	C
Miljøstandard	Eigne grenseverdiar gitt i NS 9410:2007, og Rettleiar vassdirektivet 02:2013	Eigne grenseverdiar gitt i NS 9410:2007, og Rettleiar vassdirektivet 02:2013	Rettleiar vassdirektivet 02:2013

## HYDROGRAFI

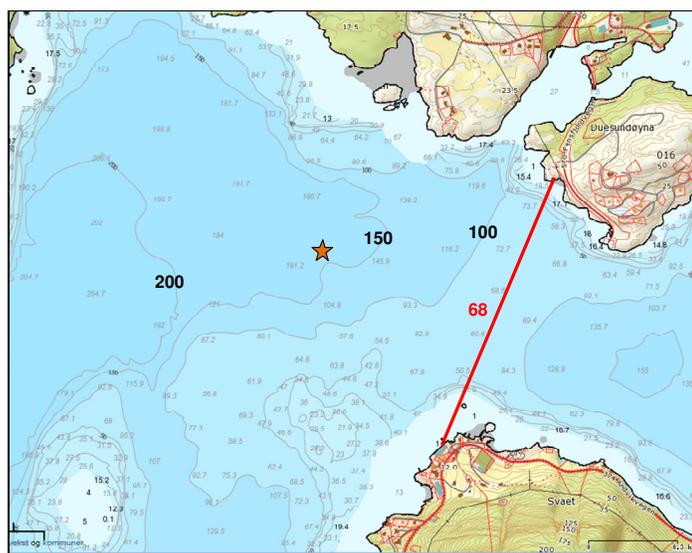
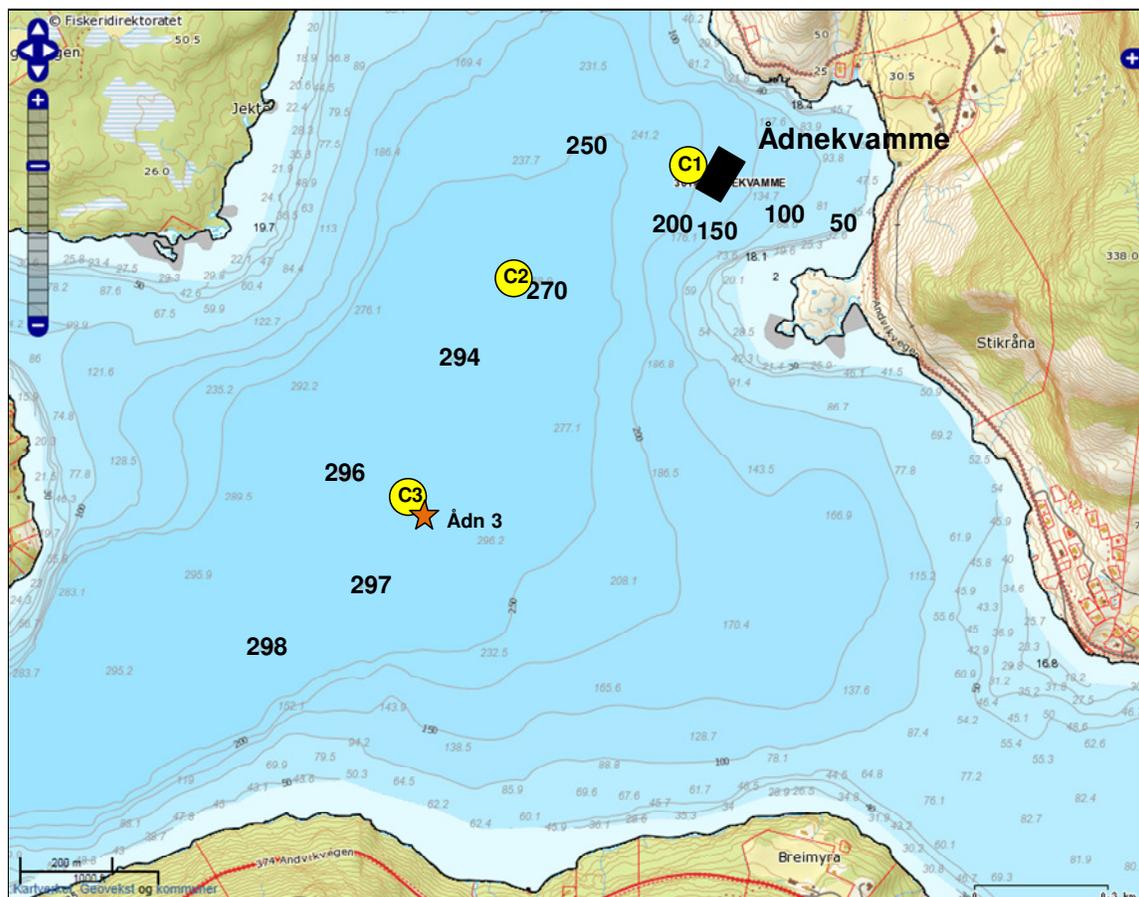
Hydrografiske tilhøve vart målt i Masfjordens ytre basseng med ein SAIV CTD/STD sonde modell SD204 i posisjon N 60° 49,491', Ø 5° 20,658' (WGS 84) (**figur 4**). Det vart målt temperatur, saltinnhald og oksygen i vassøyla ned til botn. I tillegg vart det målt hydrografi i Sandnesosen utanfor hovudterskelen inn til Masfjorden i posisjon N 60° 48,356', Ø 5° 17,460'. Målingane vart utført den 13. august 2014. Målingane vart og samanlikna med hydrografisk profil tatt i Masfjordens indre basseng den 11. august i posisjon N 60° 52,017', Ø 5° 21,728'. Målingar av vassøyla vart gjort ned til 473 meters djup i Masfjordens indre basseng (Bar 3, jf. **figur 1**), 296 meter djupne på stasjon C3 (Ådn 3) i Masfjordens ytre basseng, samt 164 meters djup utanfor terskelen inn til Masfjorden.

## SEDIMENTPRØVAR

Den 11. og 13. august 2014 vart det tatt prøvar av sediment og botndyr på tre stasjonar ved og omkring lokaliteten Ådnekvamme, jf. **tabell 4**, **figur 4**. Prøvetaking er utført i høve til Norsk Standard NS-EN ISO 5667-19:2004 og NS-EN ISO 16665:2013. Det vart tatt prøvar av sediment på tre stasjonar. Stasjon C1 vart tatt i nærleiken til lokaliteten, om lag 20 meter frå anlegget si langside mot vestnordvest (**figur 4**, **tabell 4**). Stasjon C2 vart tatt i overgangssona ca 400 m sørvest for lokaliteten. Stasjon C3 (fjernstasjonen) vart tatt ned mot det djupaste i resipienten, ca 950 meter sørvest for lokaliteten.

**Tabell 4.** Posisjonar (WGS 84) for stasjonane i samband med MOM C-granskinga ved og rundt lokaliteten Ådnekvamme i Masfjorden kommune den 13. august 2014.

Stasjon:	C1	C2	C3
Posisjon nord	60° 49,936'	60° 49,778'	60° 49,491'
Posisjon aust	5° 21,276'	5° 20,880'	5° 20,658'
Djupne (m)	207	272	290



**Figur 4.** Stasjonane C1, C2 og C3 (gule sirkular) og posisjon for sondeprofil (stjerne) i sjøområdet rundt lokaliteten Ådnekvamme (over) samt i sjøområdet Sandnesosen utanfor terskelen inn til Masfjorden (til høgre) 13. august 2014. Kartgrunnlaget er henta frå kart.kystverket.no

For gransking av blautbotnfauna vart det tatt to parallelle sedimentprøvar med ein 0,1 m<sup>2</sup> stor vanVeen-grabb på kvar av dei tre stasjonane (**figur 4**). Sedimentet i prøvane frå kvar av parallellane vart vaska gjennom ei rist med holdiameter på 1 mm, og attverande materiale vart fiksert med formalin tilsett bengalrosa og borax. Boksar med silt og fiksert materiale vart merka med stasjonsnamn, dato, prøvestad og prøve id, og sendt til Havbruksstasjonen AS for sortering og artsbestemming av botnfauna.

## KORNFORDELING OG KJEMI

Det vart tatt eit grabbhogg på kvar av dei tre stasjonane med ein 0,1 m<sup>2</sup> stor vanVeen-grabb for uttak av sedimentprøve for vurdering av sedimentkvalitet, dvs kornfordelingsanalyse og kjemiske analyser (tørrstoff, glødetap, TOC, kopar og sink). Prøve for kjemiske analyse vart tatt frå dei øvste centimeteren av grabbprøva, medan prøve for kornfordelingsanalyse vart tatt frå dei øvste 5 centimetrane. Analysar er utført av Eurofins Norsk Miljøanalyse Norge AS avd. Bergen.

Kornfordelingsanalysen måler den relative andelen av leire, silt, sand, og grus i sedimentet og vert utført gravimetrisk. Innhaldet av organisk karbon (TOC) i sedimentet vart analysert etter EN 13137, men for å kunne nytte klassifiseringa i frå SFT rettleiar (Molvær m. fl. 1997) skal konsentrasjonen av TOC i tillegg standardiserast for teoretisk 100 % finstoff etter følgjande formel, der F = andel av finstoff (leire + silt) i prøva:

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

Det vart og gjort sensoriske vurderingar av prøvematerialet og målt surleik (pH) og redokspotensial (Eh) i felt. Måling av pH i sedimentprøvane vart utført med ein WTW Multi 3420 med ein SenTix 980 pH-elektrode til måling av pH og ein SenTix ORP 900 platinaelektrode med intern referanseelektrode til måling av redokspotensial (Eh). pH-elektroden blir kalibrert med buffer pH 4 og 7 før kvar feltøkt. Eh-referanseelektroden gjev eit halvcellepotensial på +207 mV ved 25 °C, +217 mV ved 10 °C og +224 mV ved 0 °C. Halvcellepotensial tilsvarande sedimenttemperaturen på feltdagen vart lagt til avlest verdi før innføring i "prøveskjema" (**tabell 9**). Litt ulike halvcellepotensial ved ulike temperaturar ligg innanfor presisjonsnivået for denne type granskingar på ± 25 mV, som oppgitt i NS 9410:2007.

## BLAUTBOTNFAUNA

Det vert utført ei kvantitativ og kvalitativ gransking av makrofauna (dyr større enn 1 mm) for kvar enkelt parallell og for middelverdien av dei to parallellane og for kvar stasjon samla. Dette for å kunne stadfeste ein fullstendig miljøtilstand. I nær- og overgangssona skal botnfauna klassifiserast etter grenseverdiar i NS 9410:2007, medan fjernstasjonen skal klassifiserast etter rettleiar 02:2013 (**tabell 6 og 7**). Vurderinga av tilstand vert gjort ut frå klassifiseringssystem basert på ein kombinasjon av indeksar som inkluderer diversitet og tettleik (antal artar og individ) samt førekomst av sensitive og forureiningstolerante artar (sjå **tabell 5**). Det vert brukt seks ulike indeksar for å sikre best mogeleg vurdering av tilstanden på botndyr. Indeksverdien for kvar indeks vert vidare omrekna til nEQR (normalisert ecological quality ratio), og vert gjeve ein talverdi frå 0-1. Middelverdien av nEQR verdien for samtlege indeksar vert brukt til å fastsetje den økologiske tilstanden på stasjonen. Sjå rettleiar 02:2013 for detaljar om dei ulike indeksane.

### MOM C-indeks for botndyr

Frå heilt opp til eit utslepp og eit stykke utover i resipienten vil ein på grunn av den store lokale påverknaden ofte kunne finne få artar med ujamn individfordeling i prøvane. Følsame diversitetsindeksar blir då lite eigna til å angje miljøtilstand. I nærsona og overgangssona til lokaliteten vert det difor i tillegg gjort ei vurdering på grunnlag av talet på artar og samansetnaden av artar etter nærare skildring i NS 9410:2007 (**tabell 6**).

**Tabell 5.** Klassifiseringssystem for blautbotnfauna basert på ein kombinasjon av indeksar (Klassifisering av miljøtilstand i vann, vegleiar 02:2013).

Indeks	type	Økologiske tilstandsklassar basert på observert verdi av indeks				
		svært god	god	moderat	dårlig	svært dårlig
Kvalitetsklassar →						
NQII	samansatt	0,9 - 0,82	0,82 - 0,63	0,63 - 0,49	0,49 - 0,31	0,31 - 0
H'	artsmangfald	5,7 - 4,8	4,8 - 3	3 - 1,9	1,9 - 0,9	0,9 - 0
ES <sub>100</sub>	artsmangfald	50 - 34	34 - 17	17 - 10	10 - 5	5 - 0
ISI <sub>2012</sub>	ømfintligheit	13 - 9,6	9,6 - 7,5	7,5 - 6,2	6,1 - 4,5	4,5 - 0
NSI	ømfintligheit	31-25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0
DI	individtettheit	0 - 0,30	0,30 - 0,44	0,44 - 0,60	0,60 - 0,85	0,85 - 2,05
nEQR tilstandsklasse		<b>1-0,8</b>	<b>0,8-0,6</b>	<b>0,6-0,4</b>	<b>0,4-0,2</b>	<b>0,2-0,0</b>

**Tabell 6.** Grenseverdiar nytta i nærsona til eit utslepp for vurdering av prøvestasjonen sin miljøtilstand (frå NS 9410:2007).

Miljøtilstand 1	-Minst 20 artar av makrofauna (>1 mm) utanom nematoder i eit prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> ; -Ingen av artane må utgjera meir enn 65 % av det totale individantalet.
Miljøtilstand 2	-5 til 19 artar av makrofauna (>1 mm) utanom nematoder i eit prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> ; -Meir enn 20 individ utanom nematoder i eit prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> ; -Ingen av artane må utgjera meir enn 90 % av det totale individantalet.
Miljøtilstand 3	-1 til 4 artar av makrofauna (>1 mm) utanom nematoder i eit prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> .
Miljøtilstand 4 (uakseptabel)	-Ingen makrofauna (>1 mm) utanom nematoder i eit prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup>

### Geometriske klassar

Då botnfaunaen blir identifisert og kvantifisert, kan artane inndelast i geometriske klassar. Det vil seie at alle artane frå ein stasjon blir gruppert etter kor mange individ kvar art er representert med. Skalaen for dei geometriske klassane er I = 1 individ, II = 2-3 individ, III = 4-7 individ, IV = 8-15 individ per art, osv (**tabell 7**). For ytterlegare informasjon kan ein vise til Gray og Mirza (1979), Pearson (1980) og Pearson et. al. (1983). Denne informasjonen kan setjast opp i ei kurve kor geometriske klassar er presentert i x-aksen og antal artar er presentert i y-aksen. Forma på kurva er eit mål på sunnheitsgraden til botndyrsamfunnet og kan dermed brukast til å vurdere miljøtilstanden i området. Ei krapp, jamt fallande kurve indikerer eit upåverka miljø, og forma på kurva kjem av at det er mange artar, med heller få individ. Eit moderat påverka samfunn vil ha ei kurve som er meir avflata enn i eit upåverka miljø. I eit sterkt påverka miljø vil forma på kurva variere på grunn av dominerande artar som førekjem i store mengder, samt at kurva vil bli utvida med fleire geometriske klassar.

**Tabell 7.** Døme på inndeling i geometriske klassar.

Geometrisk klasse	Tal individ/art	Tal artar
I	1	15
II	2-3	8
III	4-7	14
IV	8-15	8
V	16-31	3
VI	32-63	4
VII	64-127	0
VIII	128-255	1
IX	256-511	0

# RESULTAT

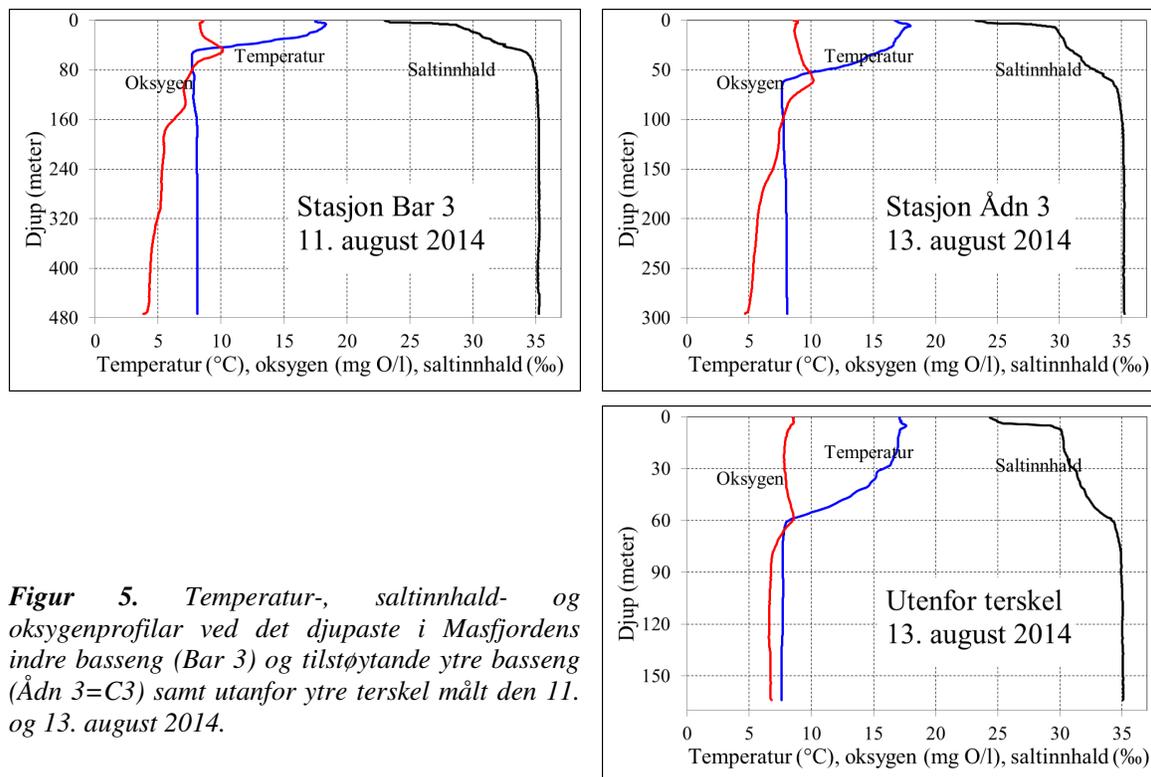
## SJIKTNING OG HYDROGRAFI

Då målingane er føreteke sommartid var det ei sjikting av vassmassane med omsyn på temperatur og saltinnhald som strekte seg ned mot rundt 60 – 65 meters djup (kystvatn) på dei tre stasjonane før ein trefte på det meir stabile djupvasslaget frå rundt 60 meters djup og nedover mot botnen.

Målingane viste at det naturleg nok var eit definert brakkvasslag i overflatelaget, og at dette laget var tydeligast på de to stasjonane inne i fjorden (**figur 5**). Masfjorden mottok mykje ferskvatn frå uregulerte felt samt kraftverkskøyringa inne i Matre meir eller mindre heile året (40 – 50 m<sup>3</sup>/s). Nedover i vassøyla auka saltinnhaldet relativt likt på alle stasjonane. Det var ei jamn auke til 34,5 ‰ på rundt 65 m djup, moderat aukande til 35 ‰ ned til ca 100 m djup, og vidare ned til botnen var saltinnhaldet relativt stabilt og vart målt til 35,1 ‰ på 164 m djup på stasjonen utanfor terskelen og 35,3 ‰ på begge stasjonane innafor hovudterskelen.

Målingane viste også ei temperatursjikting av vassmassane som gjekk ned til rundt 60 – 65 meters djup på alle tre stasjonane. Temperaturen låg rundt 17 – 18 °C i overflatelaget og sokk til 7,7 – 7,8 °C på 65 meters djup. På stasjonen utanfor terskelen i Sandnesosen var temperaturen stabil nedover mot botn og vart målt til 7,6 °C på 164 meters djup. På dei andre to stasjonane steig temperaturen frå 65 m djup moderat frå 7,7 °C til 8 °C på 164 m djup. Herifrå og ned mot botnen låg temperaturen stabilt rundt 8 – 8,1 °C på høvesvis 296 m djup (ytre basseng) og 473 m djup (indre basseng).

Ein ser av **figur 5** at ein fekk ein liten oksygendropp i vassøyla dei nedste 5 – 15 metrane på stasjonane Bar 3 og Ådn 3, truleg på grunn av at sonden har vore nedi sedimentet på veg ned, og at ein difor får ein oksygendropp i det ein dreg sonden oppatt frå botnen før oksygensensoren stabiliserer seg på veg oppatt. For stasjon Bar 3 reknar ein då oksygenminimum ved 470 m djup, og på stasjon Adn 3 ved 290 m djup.



**Figur 5.** Temperatur-, saltinnhald- og oksygenprofilar ved det djupaste i Masfjordens indre basseng (Bar 3) og tilstøytande ytre basseng (Ådn 3=C3) samt utanfor ytre terskel målt den 11. og 13. august 2014.

På stasjonane innanfor hovudterskelen var det ei stigning i oksygeninnhaldet frå overflata og ned mot 50 – 60 m djup. På stasjonen Bar 3 i indre basseng steig oksygeninnhaldet frå 8,5 mg O/l i overflata (105 % metting) til eit maksimum på 10,1 mg O/l på 50 m djup (108 % metting). På stasjonen Ådn 3 (C3) i ytre basseng steig oksygeninnhaldet frå 8,6 mg O/l i overflata (104 % metting) til eit maksimum på 10,2 mg O/l på 60 m djup (109 % metting). Då oksygeninnhaldet i sjøvatn er nært knytt opp mot temperaturen i vassøyla, er det ein samanheng mellom auken i oksygeninnhaldet og gradvis fallande temperatur ned mot 50 – 60 m djup på dei to stasjonane, noko ein og ser av mettingsprosenten, som er om lag den same mellom overflata og 50 – 60 m djup.

På stasjonen utanfor terskelen i Sandnesosen var oksygeninnhaldet i overflata 8,5 mg O/l på (104 % metting), og nedover i vassøyla fall oksygeninnhaldet til eit minimum på 7,8 mg O/l på 24 m djup (99 % metting), før oksygeninnhaldet steig til eit maksimum på 8,5 mg O/l på 60 m djup (92 % metting). Oksygeninnhaldet var soleis noko høgare i vassøyla ned mot 50 – 60 m djup på stasjonane innanfor terskelen samanlikna med stasjonen utanfor terskelen.

Vidare nedover i vassøyla fall oksygeninnhaldet på stasjonen utanfor hovudterskelen til eit minimum på 6,6 mg O/l på 110 m djup (71 % metting) før oksygeninnhaldet steig moderat til 6,8 mg O/l (4,79 ml O/l) ved botnen på 164 m djup (73 % metting), noko som tilsvarar tilstand I = ”svært god”. På stasjon Bar 3 i indre basseng fall oksygeninnhaldet til 8,0 mg O/l frå 50 til 70 m djup (omtrent på nivå med hovudterskelen). Vidare nedover i djupvasslaget sokk oksygeninnhaldet jamt nedover til 5,2 mg O/l på 300 m djup (56 % metting) og 4,3 mg O/l på 450 m djup (47 % metting). Ved botn på 470 m djup vart oksygeninnhaldet målt til 4,14 mg O/l (2,91 ml O/l) og 45 % metting, noko som tilsvarar tilstand III = ”moderat”.

På stasjon Ådn 3 (C3) i ytre basseng fall oksygeninnhaldet til 9,3 mg O/l frå 50 til 70 m djup (omtrent på nivå med hovudterskelen). Vidare nedover i djupvasslaget sokk oksygeninnhaldet jamt nedover til 5,2 mg O/l på 270 m djup (56 % metting). Ved botn på 290 m djup vart oksygeninnhaldet målt til 4,98 mg O/l (3,51 ml O/l) og 54 % metting, noko som tilsvarar tilstand II = ”god” (**figur 5**).

## SEDIMENTKVALITET

### SKILDRING AV PRØVANE

**Stasjon C1** vart teken på om lag 207 m djup. Dei to parallellane var nokså like i struktur og samansetjing. Grabbane var fulle av grått og luktfritt sediment med mjuk konsistens (**figur 6, tabell 8**). Prøvene bestod i hovudsak av leire, silt og sand. Sedimentkarakteristikk (NS 9410:2007) for dei to parallellane gav tilstand 1 = "meget god" (**tabell 9**).

**Stasjon C2** vart teken på om lag 272 m djup. Dei to parallellane var nokså like i struktur og samansetjing. Grabbane var fulle av gråbrunt sediment med eit lysebrunt lag på toppen, og sedimentet var luktfritt med mjuk konsistens. Prøvene bestod i hovudsak av silt og sand, og litt leire. Sedimentkarakteristikk (NS 9410:2007) for dei to parallellane gav tilstand 1 = "meget god".

**Stasjon C3** vart teken på om lag 290 m djup. Dei to parallellane var nokså like i struktur og samansetjing. Grabbane var fulle av gråbrunt og luktfritt sediment med mjuk konsistens. Prøvene bestod i hovudsak av silt og leire. Sedimentkarakteristikk (NS 9410:2007) for dei to parallellane gav tilstand 1 = "meget god".



**Figur 6.** Bilete av sediment frå stasjon C1 (oppe t.v.), C2 (oppe t.h.) og C3 (nede t.h.). Biletet nede til venstre syner prøve på stasjon C3 etter siling, og mengda materiale etter siling her er mest representativ for stasjonane C2 og C3, medan det var noko meir avsilt materiale på stasjon C1.

**Tabell 8.** Feltskildring av sedimentprøvene som vart samla inn ved granskinga rundt lokaliteten Ådnekvamme 13. august 2014.

Stasjon	C1 a-b	C2 a-b	C3 a-b
Grabbvolum (liter)	¾ - full	¾ - full	Full
Gassbobling i prøve	Nei	Nei	Nei
H <sub>2</sub> S lukt	Nei	Nei	Nei
Primær- sediment:			
Skjelsand	5 %	–	–
Grus	5 – 10 %	–	–
Sand	20 – 25 %	20 – 30 %	–
Silt	40 – 50 %	50 – 60 %	40 %
Leire	20 %	10 – 30 %	60 %
Mudder	–	–	–
Feltskildring av prøvane	¾ - full grabb med grått og luktfritt materiale med tynt svart slør på toppen og mjuk konsistens, bestående av sand, silt og leire med litt grus og skjelsand. Begge parallellar var av same type.	¾ - full grabb med gråbrunt og luktritt materiale med mjuk konsistens, bestående av sand, silt og litt leire. Begge parallellar var av same type.	Full grabb med gråbrun og luktfritt materiale med mjuk konsistens, bestående av silt og leire. Begge parallellar var av same type.

Oppgjeven prosentdel av dei ulike fraksjonane i prøvane i **tabell 8** er basert på rein visuell observasjon og ikkje absolutte, målte verdiar. Dei prosentvise anslaga er meir ein indikasjon på kva for type sediment ein fann i prøvane. Resultat frå kornfordelingsanalyse er presentert nedanfor.

Nedbrytingstilhøva i sedimentet kan beskrivast ved hjelp av både surleik (pH) og elektrodepotensial (Eh). Ved høg grad av akkumulering av organisk materiale vil sedimentet verte surt og ha eit negativt elektrodepotensial. Sedimentet på alle stasjonane var lite belasta, med middels høge pH-verdiar og middels høg til høge Eh-verdiar. Alle stasjonar og parallellar hamna i tilstand 1 (**tabell 9**). Meir detaljert var det høgast Eh-verdiar i sedimentet på fjernstasjonen C3, medan stasjonane C1 og C2, hadde lågaste Eh-verdiar, men skilnadene var små.

Samla vurdering av sedimentkvalitet (middelverdi av gruppe II+III) gav tilstand 1 på kvar av stasjonane (**tabell 9**).

## KORNFORDELING OG KJEMI

Resultatet frå kornfordelingsanalysen syner at det var noko variable sedimenterende tilhøve på stasjonane ved lokaliteten Ådnekvamme. På dei to grunnaste stasjonane C1 og C2 var innhaldet av finsediment (silt og leire) høvesvis 52,7 og 44,8 %, medan andelen var 85,3 % på stasjon C3 ved det djupaste punktet i resipienten (**tabell 10, figur 7**).

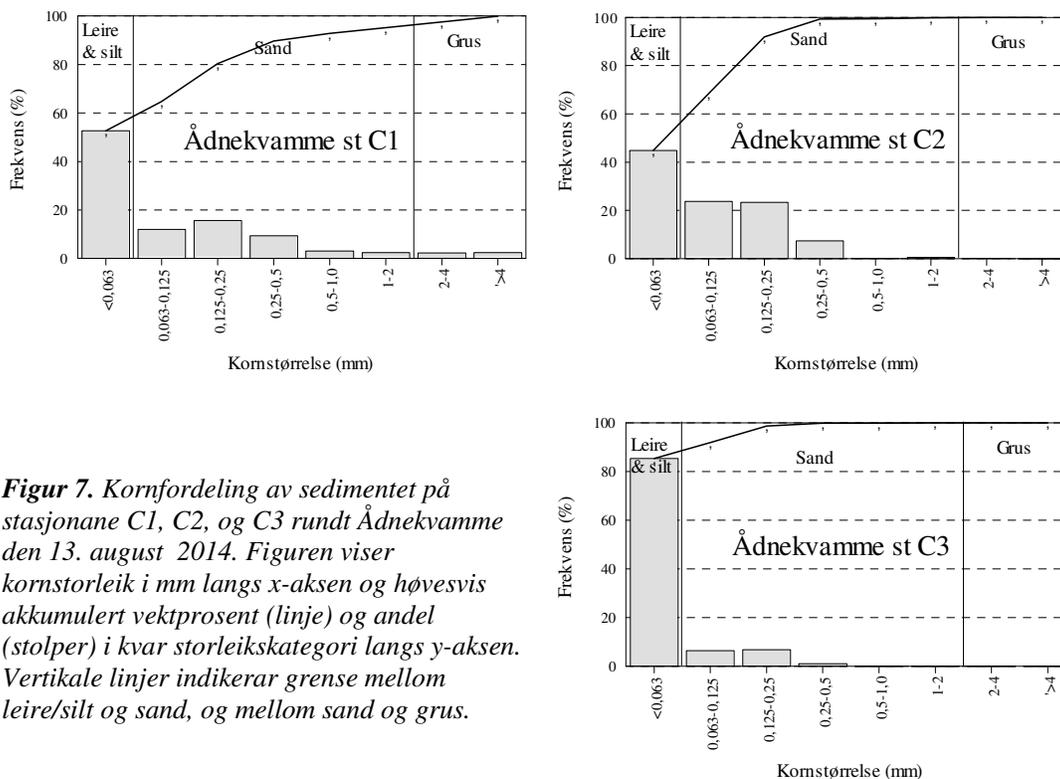
Tørrestoffinnhaldet i sedimentprøvar vil kunne variere, med lågt innhald i prøvar med mykje organisk materiale, og høgare innhald i prøvar som inneheld mykje mineralsk materiale i form av primærsediment. Tørrestoffinnhaldet var lågt på fjernstasjonen C3 (ca 30 %) og middels høgt på stasjonane C1 og C2, med eit innhald på høvesvis 40 og 45 % (**tabell 10**).

**Tabell 9. PRØVESKJEMA** for granskingane i dei ulike parallellane frå dei tre stasjonane rundt Ådnekvamme 13. august 2014.

Gr	Parameter	Poeng	Prøve nr								Indeks																									
			Ådn1a	Ådn1b	Ådn2a	Ådn2b	Ådn3a	Ådn3b																												
	Dyr	Ja=0 Nei=1	0	0	0	0	0	0	0				<b>0,00</b>																							
I	Tilstand gruppe I		<b>A</b>																																	
II	pH	verdi	7,68	7,57	7,58	7,60	7,76	7,72																												
	Eh	verdi	97	201	152	231	178	19																												
	pH/Eh	frå figur	1	0	0	0	0	1					<b>0,33</b>																							
	Tilstand prøve			1	1	1	1	1	1																											
Tilstand gruppe II			<b>1</b>		Buffertemp: 15,1 °C Sjøvasstemp: 16,8 °C Sedimenttemp: 8 °C pH sjø: 7,99 Eh sjø: 410 mV Referanseelektrode: 217 mV																															
III	Gassbobler	Ja=4 Nei=0	0	0	0	0	0	0																												
	Farge	Lys/grå=0	1	1	1	1	1	1																												
		Brun/sv=2																																		
	Lukt	Ingen=0	0	0	0	0	0	0																												
		Noko=2																																		
		Sterk=4																																		
	Konsistens	Fast=0																																		
		Mjuk=2	2	2	2	2	2	2																												
		Laus=4																																		
	Grabb- volum	<1/4 =0																																		
		1/4 - 3/4 = 1																																		
		> 3/4 = 2	2	2	2	2	2	2																												
	Tjukkelse på slamlag	0 - 2 cm =0	0	0	0	0	0	0																												
2 - 8 cm = 1																																				
> 8 cm = 2																																				
SUM:			5	5	5	5	5	5																												
Korrigert sum (*0,22)			1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1				<b>1,10</b>																								
Tilstand prøve			2	2	2	2	2	2																												
Tilstand gruppe III			<b>2</b>																																	
II +	Middelverdi gruppe II+III		1,05	0,55	0,55	0,55	0,55	1,05					<b>0,72</b>																							
Tilstand prøve			1	1	1	1	1	1																												
III	Tilstand gruppe II+III		<b>1</b>																																	
<table border="1"> <tr> <td>“pH/Eh”</td> <td rowspan="4">Tilstand</td> <td rowspan="4">1</td> </tr> <tr> <td>“Korr.sum”</td> </tr> <tr> <td>“Indeks”</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1,1</td> </tr> <tr> <td>1,1 - 2,1</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2,1 - 3,1</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>&gt; 3,1</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> </table>			“pH/Eh”	Tilstand	1	“Korr.sum”	“Indeks”	< 1,1	1,1 - 2,1	2	2	2,1 - 3,1	3	3	> 3,1	4	4	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">“Tilstand”</td> <td rowspan="2">Lokalitetens tilstand</td> </tr> <tr> <td>Gruppe I</td> <td>Gruppe II &amp; III</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>1, 2, 3, 4</td> <td>1, 2, 3, 4</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1, 2, 3</td> <td>1, 2, 3</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> </table>			“Tilstand”		Lokalitetens tilstand	Gruppe I	Gruppe II & III	A	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4	4	1, 2, 3	1, 2, 3	4	4	4	<p style="text-align: center;">LOKALITETENS TILSTAND : <b>1</b></p>	
“pH/Eh”	Tilstand	1																																		
“Korr.sum”																																				
“Indeks”																																				
< 1,1																																				
1,1 - 2,1	2	2																																		
2,1 - 3,1	3	3																																		
> 3,1	4	4																																		
“Tilstand”		Lokalitetens tilstand																																		
Gruppe I	Gruppe II & III																																			
A	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4																																		
4	1, 2, 3	1, 2, 3																																		
4	4	4																																		

**Tabell 10.** Tørrstoff, organisk innhald, kornfordeling og innhald av fosfor, nitrogen, kopar og sink i sedimentet frå tre stasjonar rundt Ådnekvamme 13. august 2014. Tilstand er markert med tal og farge, som tilsvarar tilstandsklassifiseringa etter rettleiar 02:13 og TA 2229:2007.

Stasjon	Eining	C1	C2	C3
Leire & silt	%	52,7	44,8	85,3
Sand	%	42,6	55,1	14,7
Grus	%	4,7	0,1	0
Tørrstoff	%	40,0	45,0	29,3
Glødetap	%	6,55	6,75	10,7
TOC	mg/g	30,0	22,0	61,0
<b>Normalisert TOC</b>	mg/g	<b>38,5 (IV)</b>	<b>31,9 (III)</b>	<b>63,6 (V)</b>
Total Fosfor	mg/g	1,0	0,91	1,1
Total Nitrogen (N)	mg/g	2,3	2,1	4,5
Kopar (Cu)	mg/kg	23 (I)	16 (I)	35 (II)
Sink (Zn)	mg/kg	70 (I)	55 (I)	120 (I)



**Figur 7.** Kornfordeling av sedimentet på stasjonane C1, C2, og C3 rundt Ådnekvamme den 13. august 2014. Figuren viser kornstorleik i mm langs x-aksen og høvesvis akkumulert vektprosent (linje) og andel (stolper) i kvar storleikskategori langs y-aksen. Vertikale linjer indikerar grense mellom leire/silt og sand, og mellom sand og grus.

Glødetapet var relativt lågt på stasjonane C1 og C2 med verdiar på høvesvis 6,6 og 6,8 %. Glødetapet var moderat høgt på stasjon C3 og vart målt til 10,7 %. Glødetapet angir mengda organisk stoff i sedimentet, der ein reknar med at det vanlegvis er 10 % eller mindre i sedimentar der det føregår normal nedbryting av organisk materiale. Høgare verdiar førekjem i sediment der det enten er så store tilførsler av organisk stoff at nedbrytinga ikkje greier å halde følge med tilførslene, eller i område der nedbrytinga er naturleg avgrensa av til dømes oksygenfattige forhold. Glødetapsverdiene indikerer soleis relativt normale nedbrytingstilhøve på stasjonane i resipienten til anlegget.

Innhaldet av normalisert TOC var middels høgt med høvesvis 38,5 og 31,9 mg C/g på stasjonane C1 og C2, noko som tilsvarar tilstandsklasse IV= "dårlig" og III = "moderat". Innhaldet av normalisert TOC var høgt med 63,6 mg C/g på stasjon C3, noko som tilsvarar tilstandsklasse V = "svært dårlig" (**tabell 10**). Normalisert TOC vert berre nytta som eit supplement til vurdering av blautbotnfauna for å få informasjon om organisk belastning (02:2013).

Innhaldet av organisk nitrogen og fosfor i sedimentet fortel og noko om nedbrytingstilhøva og omfanget av tilførsler til sedimentet. Det vart målt eit relativt lågt innhald av nitrogen med høvesvis 2,3 og 2,1 mg N/g på stasjonane C1 og C2, noko som tilsvarer tilstandsklasse II= "mindre god". (Rygg og Thelín 1993). På stasjon C3 var nivået av nitrogen høgare og vart målt til 4,5 mg N/g, noko som tilsvarer III = "nokså dårlig". Ved gode nedbrytingsforhold er innhaldet av fosfor vanlegvis ein del lågare enn innhaldet av nitrogen, og resultatata samsvarer godt med dette på samtlige stasjonar og indikerer relativt gode nedbrytingsforhold i resipienten til anlegget.

Nivået av kopar og sink var relativt jamt på alle stasjonar, og i høve til klassegrensene i rettleiar TA 2229:2007 hamna alle stasjonar innan tilstandsklasse I = "bakgrunn" (**tabell 10**). Det einaste unntaket var nivået av kopar på stasjon C3 som låg på grensa til tilstandsklasse II= "god".

## BLAUTBOTNFAUNA

Sortering og artsbestemming, utrekning av indeksar, samt vurdering og fortolking av resultat frå faunaprøvar er utført av Havbruksstjenesten AS (**vedlegg 2**).

### St C1

Vurdering av botnfauna i høve til grenseverdiar frå NS 9410:2007 viser at stasjon C1 hamna i beste tilstandsklasse (Miljøtilstand 1) på grunnlag av talet på artar og samansetnaden av artar.

Som grunnlag for faunagransking fekk ein opp høvesvis ein full og  $\frac{3}{4}$  full grabb i begge parallellane. Gjennomsnittleg antal artar i dei to grabbane var innafor normalen i høve til vegleiar 02:2013, medan antal individ var høgare enn normalen (**tabell 11**). Normalt gjennomsnittleg artsantal er 25-75 artar per grabb, medan for individ er det 50-300 per grabb. Oftast førekommande art var den svært forureiningstolerante fleirbørstemakken *Pseudopolydora paucibranchiata* (ISI-verdi 8,55, NSI-verdi 17,8) som utgjorde 36 % av det samla individantalet (**tabell 14**). Faunastrukturen uttrykt i geometriske klassar syner ei jamn synkande kurve, men med eit par artar med høge individtal og dermed høg geometrisk klasse (**figur 8**).

NQII-verdien for begge grabbane, gjennomsnittet ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdien ( $\bar{S}$ ) låg innanfor tilstandsklassen «god». H'- verdien, ES<sub>100</sub> og ISI-indeksen for begge grabbane,  $\bar{G}$  og  $\bar{S}$  låg innanfor tilstandsklassen «god». NSI-verdien for grabb 1 låg innanfor tilstandsklassen «moderat», medan grabb B,  $\bar{G}$  og  $\bar{S}$  låg innanfor tilstandsklassen «god». DI-verdien for grabb A låg innanfor tilstandsklassen «svært dårlig», grabb B innanfor «moderat» og  $\bar{G}$  og  $\bar{S}$  innanfor tilstandsklassen «dårlig».

Basert på den samla verdien (gjennomsnittet av nEQR) for stasjon C1 ut i frå *veileder 02:2013 - Klassifisering av miljøtilstand i vann* totalt sett klassifisert i tilstandsklasse «moderat», men ligg på grensa til tilstandsklasse «god». Stasjonen står då fram som moderat påverka.

**Tabell 11.** Artsantal (S), individantal (N), NQI1-indeks, artsmangfold uttrykt ved Shannon-Wieners (H') og Hurlberts indeks (ES100), jamnsleiksindeks (J), H'max, ISI-indeks, NSI-indeks og DI-indeks i grabb A og B på stasjon C1 ved Ådnekvamme 13. august 2014. Hurlberts indeks er ikkje oppgitt i situasjonar med under 100 individ. Middelerdi for grabb A og B angitt som  $\bar{G}$ , medan stasjonsverdien er angitt som  $\bar{S}$ . Til høgre for begge sistnemnte kolonner står nEQR-verdiane for desse størrelsane. Nedst i nEQR-kolonnene står middelerdien for nEQR-verdiane for samtlege indeksar. I ruta nedst i tabellen sitt høgre hjørne står middelerdien av de to berekningane av indeksane sin middelerdi nEQR som angjev samla basis for stasjonen sin tilstandsklasse. Tilstandsklassar er angitt med farge, der blå = klasse I, grøn = II, gul = III, oransje = IV og raud = V (jf. tabell 4). Enkelresultat er presentert i vedlegg 2.

ST. C1	grabb A	grabb B	$\bar{G}$	$\bar{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\bar{S}$
S	58	37	47,5	66		
N	918	370	644,0	1288		
NQI1	0,644	0,670	0,654	0,660	0,628	0,631
H'	3,134	3,183	3,158	3,302	0,618	0,634
J	0,535	0,611	0,573	0,546		
H'max	5,858	5,209	5,534	6,044		
ES100	21,780	22,310	22,045	22,380	0,659	0,663
ISI2012	8,655	9,037	8,846	8,961	0,728	0,739
NSI	19,902	21,174	20,538	20,267	0,622	0,611
DI	0,913	0,518	0,716	0,716	0,308	0,308
Samlet			0,596		0,594	0,598

## St C2

Vurdering av botnfauna i høve til grenseverdiar frå NS 9410:2007 viser at stasjon C2 hamna i beste tilstandsklasse (Miljøtilstand 1) på grunnlag av talet på artar og samansetnaden av artar.

Som grunnlag for faunagransking fekk ein opp høvesvis ¼ full og full grabb i begge parallellar. Gjennomsnittleg tal artar i dei to grabbane var innafor normalen i høve til vegleiar 02:2013, medan tal individ var høgare enn normalen. Oftast førekommande art var fleirbørstemakken *Pseudopolydora paucibranchiata* som utgjorde 50 % av det samla individantalet. Faunastrukturen uttrykt i geometriske klassar syner ei relativtjamm synkende kurve med mange artar representert med få individ, samt med eit par artar med høge individtal og dermed høg geometrisk klasse.

NQI1-verdien for begge grabbane,  $\bar{G}$  og  $\bar{S}$  låg innanfor tilstandsklassen «god». H'- verdien for begge grabbane,  $\bar{G}$  og  $\bar{S}$  låg innanfor tilstandsklassen «moderat». ES100-indeksen for begge grabbane,  $\bar{G}$  og  $\bar{S}$  låg innanfor tilstandsklassen «god». ISI-indeksen for grabb A og  $\bar{G}$  låg innanfor tilstandsklassen «god», medan grabb B og  $\bar{S}$  låg innanfor tilstandsklassen «svært god». NSI-verdien for begge grabbane,  $\bar{G}$  og  $\bar{S}$  låg innanfor tilstandsklassen «moderat». DI-verdien for begge grabbane,  $\bar{G}$  og  $\bar{S}$  låg innanfor tilstandsklassen «dårlig».

Basert på den samla verdien (gjennomsnittet av nEQR) for stasjon C2 ut i frå *veileder 02:2013 - Klassifisering av miljøtilstand i vann* totalt sett klassifisert i tilstandsklasse «moderat», men ligg på grensa til tilstandsklasse «god». Stasjonen står då fram som moderat påverka.

**Tabell 12.** Artsantal (S), individantal (N), NQI1-indeks, artsmangfold uttrykt ved Shannon-Wieners (H') og Hurlberts indeks (ES100), jamnsleiksindeks (J), H'max, ISI-indeks, NSI-indeks og DI-indeks i grabb A og B på stasjon C2 ved Ådnekvamme 13. august 2014. Enkeltresultat er presentert i vedlegg 2.

ST. C2	grabb A	grabb B	$\bar{G}$	$\bar{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\bar{S}$
S	45	46	45,5	65		
N	497	624	560,5	1121		
NQI1	0,653	0,633	0,643	0,657	0,613	0,628
H'	2,921	2,651	2,786	2,910	0,561	0,584
J	0,532	0,480	0,506	0,483		
H' <sub>max</sub>	5,492	5,524	50508	6,022		
ES <sub>100</sub>	20,090	17,260	18,675	19,690	0,620	0,632
ISI <sub>2012</sub>	9,242	9,627	9,432	10,041	0,784	0,826
NSI	19,694	19,317	19,483	19,465	0,579	0,579
DI	0,646	0,745	0,696	0,696	0,323	0,323
Samlet			<b>0,588</b>		<b>0,580</b>	<b>0,595</b>

### St C3

Som grunnlag for faunagransking fekk ein opp full grabb i begge parallellar. Gjennomsnittleg tal artar og individ i dei to grabbane var innafør normalen i høve til vegleiar 02:2013. Oftast førekommande art var også her fleirbørstemakken *Pseudopolydora paucibranchiata* som utgjorde 32 % av det samla individantalet. Faunastrukturen uttrykt i geometriske klassar syner ei jamn synkende kurve med dei fleste artane representert med få individ.

NQI1-verdien, H'- verdien, ES<sub>100</sub>, ISI-indeksen og NSI-verdien for begge grabbane,  $\bar{G}$  og  $\bar{S}$  låg innanfor tilstandsklassen «god». DI-verdien for begge grabbane,  $\bar{G}$  og  $\bar{S}$  låg innanfor tilstandsklassen «svært god».

**Tabell 13.** Artsantal (S), individantal (N), NQI1-indeks, artsmangfold uttrykt ved Shannon-Wieners (H') og Hurlberts indeks (ES100), jamnsleiksindeks (J), H'max, ISI-indeks, NSI-indeks og DI-indeks i grabb A og B på stasjon C3 ved Ådnekvamme 13. august 2014. Enkeltresultat er presentert i vedlegg 2.

ST. C3	grabb A	grabb B	$\bar{G}$	$\bar{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\bar{S}$
S	29	27	28,0	42		
N	159	112	135,5	271		
NQI1	0,677	0,673	0,675	0,695	0,647	0,669
H'	3,525	3,646	3,586	3,793	0,665	0,688
J	0,726	0,767	0,746	0,703		
H' <sub>max</sub>	4,858	4,755	4,086	5,392		
ES <sub>100</sub>	23,050	25,750	24,400	25,620	0,687	0,701
ISI <sub>2012</sub>	9,016	8,772	8,894	9,475	0,733	0,788
NSI	20,428	20,971	20,699	20,651	0,628	0,626
DI	0,151	0,001	0,076	0,076	0,949	0,949
Samlet			<b>0,731</b>		<b>0,724</b>	<b>0,737</b>

Basert på den samla verdien (gjennomsnittet av nEQR) for stasjon C3 ut i frå *veileder 02:2013 - Klassifisering av miljøtilstand i vann* totalt sett klassifisert i tilstandsklasse «god». Stasjonen står då fram som ikkje påverka.

Vurdering av botnfauna i høve til grenseverdiar frå NS 9410:2007 viser at stasjon C3 hamna i beste tilstandsklasse (Miljøtilstand 1) på grunnlag av talet på artar og samansetnaden av artar.

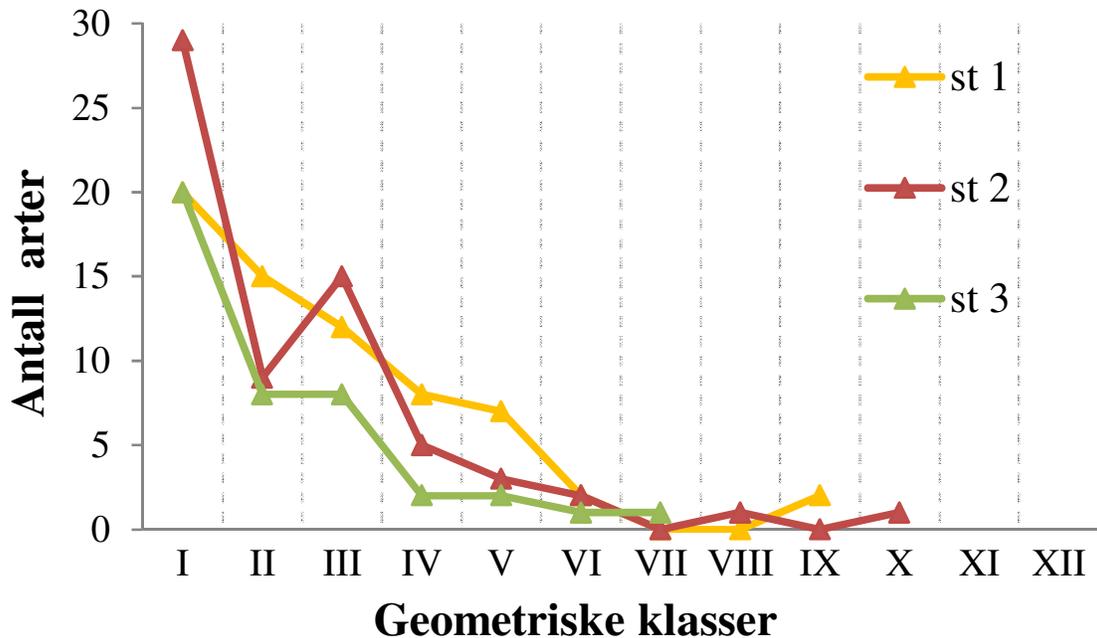
Av dei 10 artane med høgast individtal var det minst fire samanfallande artar på alle tre stasjonar, med noko ulik fordeling i mengde. Den mest hyppigaste arten var den same på alle stasjonar og var den forureiningstolerante børstemakken *Pseudopolydora paucibranchiata*.

**Tabell 14.** Dei ti mest dominerande artane av botndyr tekne på stasjon C1, C2 og C3 ved Ådnekvamme 13. august 2014.

St C1			St C2		
Taxa	%	Kum %	Taxa	%	Kum %
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	36,41	83,00	<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	49,78	87,24
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	29,66	46,58	<i>Spiochaetopterus typicus</i>	21,86	37,47
<i>Lagis koreni</i>	3,88	16,93	<i>Kelliella miliaris</i>	3,21	15,61
<i>Thyasira equalis</i>	2,48	13,04	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	3,03	12,40
<i>Mendicula ferruginosa</i>	2,33	10,56	<i>Terebellides stroemii</i>	2,59	9,37
<i>Chaetozone setosa</i>	2,17	8,23	<i>Amphilepis norvegica</i>	1,87	6,78
<i>Pseudopolydora antennata</i>	1,63	6,06	<i>Onchnesoma steenstrupii</i>	1,52	4,91
<i>Abra nitida</i>	1,55	4,43	<i>Lagis koreni</i>	1,25	3,39
<i>Philine</i> sp.	1,48	2,87	<i>Nucula tumidula</i>	1,07	2,14
<i>Spiochaetopterus typicus</i>	1,40	1,40	<i>Chaetoderma nitidulum</i>	1,07	1,07

St C3		
Taxa	%	Kum %
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	32,47	80,07 %
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	12,92	47,60 %
<i>Spiochaetopterus typicus</i>	11,07	34,69
<i>Chaetoderma nitidulum</i>	7,01	23,62
<i>Terebellides stroemii</i>	4,06	16,61
<i>Amphilepis norvegica</i>	3,32	12,55
<i>Kelliella miliaris</i>	2,58	9,23
<i>Pholoe baltica</i>	2,58	6,64
Nemertea indet	2,21	4,06
<i>Lagis koreni</i>	1,85	1,85



**Figur 8.** Faunastruktur uttrykt i geometriske klassar for stasjonane C1, C2 og C3 tekne 18. august 2014 ved oppdrettslokaliteten Ådnekvamme. Antal artar langs y – aksen og geometriske klassar langs x- aksen.

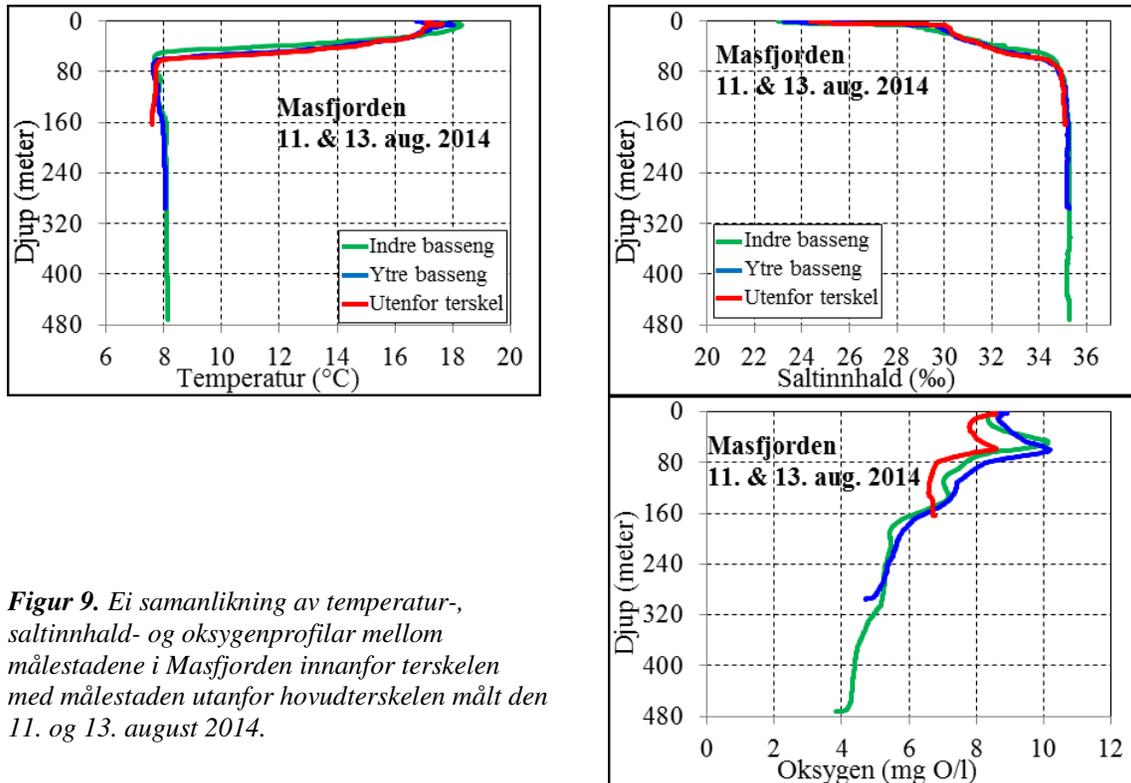
## TILHØVET TIL NATURMANGFALDLOVA

Denne resipientgranskinga tek utgangspunkt i forvaltningsmålet nedfesta i naturmangfaldlova (§§ 4-5), og kunnskapsgrunnlaget er vurdert som ”godt” (§ 8) slik at føre var prinsippet ikkje er naudsynt i denne samanhengen (§ 9). Resipientgranskinga vurderer verknader av oppdrettsverksemda, samt om resipienten har kapasitet til auka belastningar på økosystemet og det registrerte naturmiljøet i resipienten (§ 10), frå denne granskinga. Lokaliteten ved Ådnekvamme er mellombels godkjent for ein maksimalt tillaten biomasse (MTB) på 780 tonn ut året 2016, med ønskje om permanent godkjenning etter dette. Oppdrettar legg vinn på å drive anlegget slik at skadar på naturmangfaldet så langt mogleg vert avgrensa, og ein søkjer å oppnå det beste samfunnmessige resultat ut frå ei samla vurdering av både naturmiljø og økonomiske tilhøve (§ 12).

## VURDERING AV TILSTAND

### HYDROGRAFI

I **figur 9** nedanfor har vi samanlikna hydrografimålingane på stasjonen utanfor hovudterskelen med målingane på dei to stasjonane i Masfjorden innanfor.

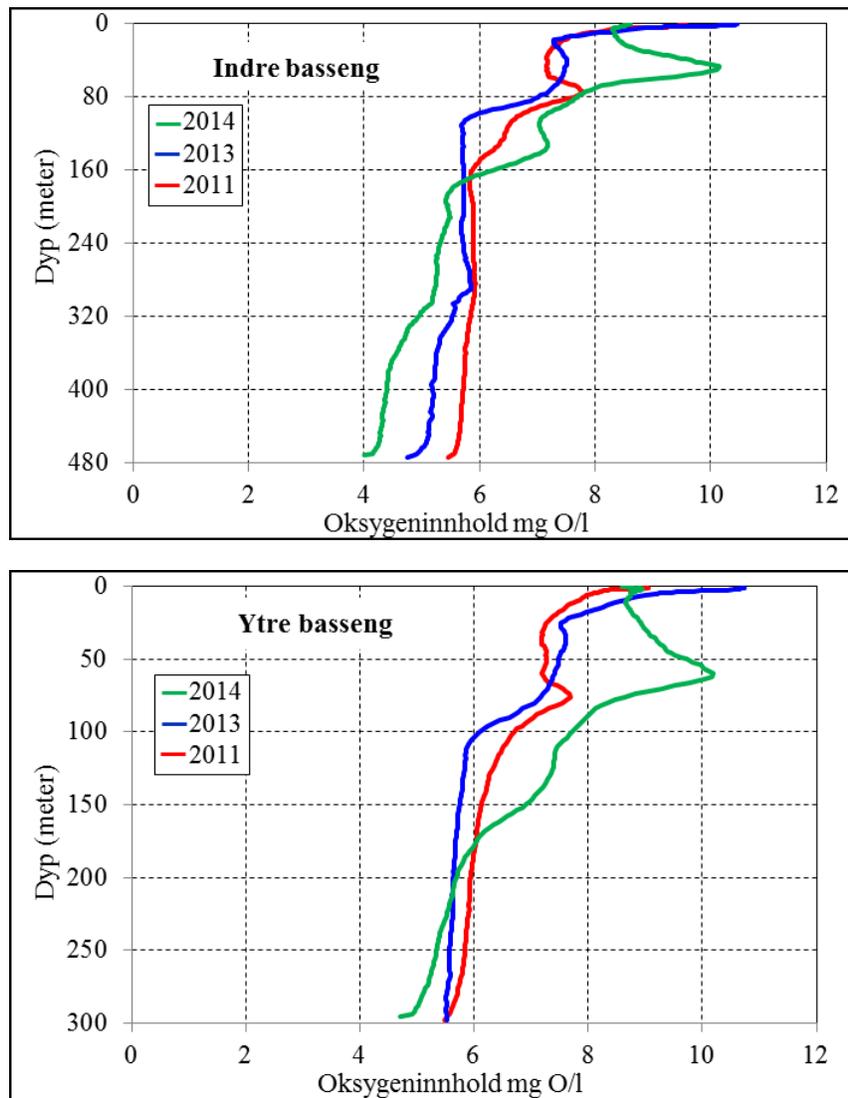


**Figur 9.** Ei samanlikning av temperatur-, saltinnhald- og oksygenprofilar mellom målestadene i Masfjorden innanfor terskelen med målestaden utanfor hovudterskelen målt den 11. og 13. august 2014.

Det var ei sjikting av vassmassane med omsyn på temperatur og saltinnhald som strekte seg ned mot rundt 60 – 65 meters djup (kystvatn) på dei tre stasjonane før ein trefte på det meir stabile djupvasslaget frå rundt 60 meters djup og nedover mot botnen. Det var små forskjellar mellom stasjonane med omsyn på temperatur og saltinnhald i overflatelaget. Frå terskeldjupet på rundt 70 m djup og nedover i vassøyla til 110 m djup var det framleis små forskjellar i saltinnhald og temperatur. På begge stasjonar innafor terskelen steig temperaturen med om lag 0,4 °C (frå 7,7 °C til 8,1 °C) ned til 160 m djup, medan temperaturen på 160 m djup utanfor terskelen vart målt til 7,6 °C.

Oksygeninnhaldet i vassøyla ned mot 50 – 60 m djup var ulik for stasjonane i indre og ytre basseng og utanfor terskel, med det høgaste oksygeninnhaldet på stasjonane innafor terskelen. Frå terskeldjupet på rundt 70 m djup var det eit gradvis fall i oksygeninnhaldet på begge stasjonane innafor hovudterskelen, og frå rundt 150 meters djup var forskjellen mellom stasjonane innafor og stasjonen utanfor terskelen utlikna. Ein ser og at oksygeninnhaldet nedover i vassøyla frå 80 til 250 m djup var moderat høgare 0,1 – 0,6 mg O/l) på stasjon Ådn 3 (C3) i ytre basseng i høve til stasjon Bar 3 i indre basseng.

Oksygenverdiene i indre og ytre basseng frå 2011 (Tveranger 2011), 2013 (Furset 2014) og 2014 er samanlikna i **figur 10**.



**Figur 10.** Samanlikning av oksygeninnhald i indre og ytre basseng i 2011, 2013 og 2014.

Både i 2011 og 2013 sokk oksygeninnhaldet frå overflata og ned til ca 15 m djup. Vidare var det litt variasjonar ned mot terskeldjup. I 2014 var oksygeninnhaldet heilt i overflata lågare enn dei to føregåande åra, men med ei god stiging ned mot 50 – 60 m djup. Dei variasjonane ein såg over terskeldjup i dei tre åra er naturlege sesongvariasjonar som hovudsakelig følgjer av årstider og variasjonar i vêr og vind, og dette vil variere frå år til år. Litt under terskeldjup sokk oksygeninnhaldet raskt nedover i vassøyla alle tre åra, men samstundes var oksygeninnhaldet ned mot 150 m djup opp mot 1 – 2 mg O/l høgare enn dei to føregåande åra på stasjonane Bar 3 og Ådn 3 (C3).

På stasjonen Bar 3 i det indre bassenget innafor terskelen ser ein at oksygeninnhaldet i heile vassøyla frå rundt 170 m djup og nedover mot botnen i 2014 låg 0,5 – 1,5 mg O/l under målingane frå dei to føregåande åra.

Ved botnen på 470 m djup vart oksygeninnhaldet i 2011 og 2013 målt til høvesvis 5,57 (3,92 ml O/l) og 4,90 mg O/l (3,45 ml O/l), medan nivået i august 2013 vart målt til 4,14 mg O/l. (2,91 ml O/l). Oksygenivalet tilsvarte tilstand II= ”god” i 2011 og tilstand III= ”moderat” i 2013 og 2014.

Det vart i 2011 ved hjelp av ”Fjordmiljø” berekna eit teoretisk månadleg oksygenforbruk på 0,025 ml

O/liter i bassengvatnet i Masfjorden ved ein årleg produksjon på 1150 tonn. Ved ei dobling av produksjonen vil oksygenforbruket ha auka til 0,028 ml O/liter i månaden. I oktober 2011 vart oksygeninnhaldet i indre basseng på 400 m djup målt til 5,72 mg O/l (4,03 ml O/l), mens det i desember 2013 og august 2014 vart målt til høvesvis 5,18 (3,65 ml O/l) og 4,39 mg O/l (3,09 ml O/l). Dette er høvesvis 0,38 og 0,56 ml O/l lågare i desember 2013 og august 2014, og tilsvarer ein månadleg reduksjon på høvesvis 0,014 ml O/l frå oktober 2011 til desember 2013 og 0,07 ml O/l frå desember 2013 til august 2014. Dette kan indikere at det ikkje har skjedd noko utskifting av bassengvatn i indre basseng av betydning i perioden, men resultatet kan og tyde på ein auke i oksygenforbruket i bassengvatnet i indre basseng frå desember 2013 til august 2014.

På stasjonen Ådn 3 (C3) i det ytre bassenget innafor terskelen ser ein at oksygeninnhaldet i heile vassøyla frå rundt 170 m djup og nedover mot botnen i 2014 låg 0,2 – 0,7 mg O/l under målingane frå dei to føregåande åra.

Ved botnen på 290 m djup vart oksygeninnhaldet i 2011 og 2013 målt til høvesvis 5,61 (3,95 ml O/l) og 5,51 mg O/l (3,88 ml O/l), medan nivået i august 2013 vart målt til 4,98 mg O/l (3,51 ml O/l). Oksygennivået tilsvarer tilstand II= ”god” i 2011, 2013 og 2014.

I oktober 2011 vart oksygeninnhaldet i ytre basseng på 250 m djup målt til 5,83 mg O/l (4,1 ml O/l), mens det i desember 2013 og august 2014 vart målt til høvesvis 5,57 (3,92 ml O/l) og 5,34 mg O/l (3,76 ml O/l). Dette er høvesvis 0,18 og 0,16 ml O/l lågare i desember 2013 og august 2014, og tilsvarer ein månadleg reduksjon på høvesvis 0,006 ml O/l frå oktober 2011 til desember 2013 og 0,02 ml O/l frå desember 2013 til august 2014. Dette kan indikere at ein hadde ei vassutskifting i ytre basseng mellom 2011 og 2013, og/eller at det relativt sett var eit noko lågare oksygenforbruk i perioden i det ytre bassenget i forhold til i djupvatnet i det indre basseng. Frå desember 2013 til august 2014 hadde oksygenforbruket også auka noko i ytre basseng, noko som kan ha samband med anleggsdrifta i perioden.

Sidan indre og ytre basseng i Masfjorden er fråskilt med ein om lag 200 m djup terskel, kan ein godt ha ein høgare oksygenforbruksrate i indre basseng då organisk utslepp frå anleggsdrifta i Masfjordens indre basseng vil drenere til den djupaste delen av bassengvatnet her.

Anleggsdrifta ved Ådnekvamme ser ut til å vere innanfor akseptabel påverknad for oksygenforbruk i det ytre bassenget då oksygennivået i djupvatnet framleis ligg innafor tilstandsklasse II= ”god”.

Sjølv om utviklinga i oksygeninnhaldet i Masfjordens indre og ytre basseng syner ein nedadgåande trend dei siste tre åra, skal ein uansett vere varsam med å trekkje for bastante konklusjonar når det gjeld utviklinga i oksygenforbruk i perioden. Ein har berre tre måleseriar i perioden, og små variasjonar i f. eks kalibrering av sonden kan gje utslag på profilane. Ein veit heller ikkje sikkert om det har skjedd ei fornying av botnvatnet i Masfjorden dei tre siste åra. Det mest pålitelige ville ha vore å følgje med på utviklinga gjennom månadlege målingar for eventuelt å fange opp sesongvariasjonar og når det skjer utskifting av bassengvatn over terskeldjupet inn til Masfjorden.

## SEDIMENTKVALITET

Resultatet frå kornfordelingsanalysen syner at det var noko variable sedimenterende tilhøve på stasjonane i resipienten til anlegget ved Ådnekvamme der andelen finstoff (leire og silt) var middels høgt på stasjonane C1 og C2, medan andelen finstoff var nokså høgt på stasjon C3 ved det djupaste punktet i resipienten. Dette avspeglar også glødetapsmålingane som viste at innhaldet av organisk stoff i sedimentet var lågast på stasjonane C1 og C2 og høgast på stasjon C3, men nivået var ikkje høgare enn at det på alle tre stasjonane truleg føregår normal nedbryting av organisk materiale. Innhaldet av normalisert TOC var middels høgt på stasjonane C1 og C2 og høgt på stasjon C3. Det vil ikkje bli lagt stor vekt på tilstandsklassene til normalisert TOC då det ikkje lenger skal nyttast som eit eige kvalitetselement i stadfesting av den økologiske tilstanden, men hovudsakelig som støtteparameter til

blautbotnfauna granskingar (veglear 02:13).

Nivået av kopar og sink var relativt jamt og lågt på alle stasjonar og tilsvarte tilstandsklasse I = "bakgrunn". Det einaste unntaket var nivået av kopar på stasjon C3 som låg på grensa til tilstandsklasse II = "god". Andre målte parametarar viste òg at i ein avstand på 20 m frå anlegget og til det djupaste i resipienten, er det eit naturleg friskt og upåverka sediment.

I høve til MOM C-indeksen for botndyr hamna stasjon C1 og C2, i nær- og overgangssona i beste klasse (miljøtilstand 1). Blautbotnfaunaen i høve til rettleiar 02:2013 viste at ein har ei moderat organisk påverknad i nærsona og overgangssona på stasjon C1 og C2 høvesvis rundt 20 og 400 meter frå anlegget, medan stasjonen i fjernsona rundt 950 meter frå anlegget framstod som upåverka av organisk påverknad. Basert på den samla verdien (gjennomsnittet av nEQR), vart begge stasjonane C1 og C2 samla sett klassifisert i tilstandsklasse «moderat», men ligg på grensa til tilstandsklasse «god».

Basert på den samla verdien (gjennomsnittet av nEQR), vart stasjon C3 samla sett klassifisert i tilstandsklasse «god».

Det er gjort ei MOM B gransking på lokaliteten i 2014 (Tverberg og Haugsøen 2014), og denne synte moderat påverknad frå oppdrettsverksemda. Granskinga vart utført like før maksimal produksjon der lokaliteten fekk nest beste tilstandsklasse, tilstand 2 = "god". Produksjonen er relativt moderat på lokaliteten, som er godkjent for ein MTB på 780 tonn. Det er såleis moderat påverknad frå oppdrettsverksemda direkte under anlegget.

Resultata frå resipientgranskinga er positiv og syner at anlegget ved Ådnekvamme berre i moderat grad påverkar resipienten negativt. Granskinga syner at Masfjorden sitt ytre basseng ser ut til å ha kapasitet til å handtere dagens drift ved Ådnekvamme slik at det nok er grunnlag for permanent drift på lokaliteten. Samtidig er det også rett å peike på at fjordbassenget ikkje har uavgrensa resipientkapasitet. Det har vore drift i relativt kort tid på lokaliteten der ein truleg treng meir kunnskap for å få stadfesta om dagens produksjon er høveleg, eller om produksjonen på sikt kan aukast.

## KONKLUSJON

Oppdrettslokaliteten Ådnekvamme ligg i Masfjordens sitt ytre basseng om lag 150 m frå land i lengderetning nordaust – sørvest på austsida av Masfjorden. Under anlegget er det om lag 160 – 200 m djupt, og botn skrar på tvers av anlegget i retning vest ned mot det djupaste partiet i Masfjordens ytre basseng. Det er sedimenterande tilhøve på stasjonane i resipienten, men innhaldet av organisk stoff i sedimentet er ikkje høgare enn at det på alle tre stasjonane truleg føregår normal nedbryting av organisk materiale. I høve til grenseverdier for vurderinga av botnfauna etter NS 9410:2007 vart stasjonane i nærsona og overgangssona klassifisert til miljøtilstand 1 = "meget god". Fjernstasjonen vart klassifisert til tilstand "god" i høve til rettleiar 02:2013.

**Tabell 15.** Oppsummering av miljøtilstand for ulike målte parametarar på stasjon C1-C3 i resipienten til Ådnekvamme 11. og 13. august 2014. Gjeldande parametarar for miljøtilstand ved lokaliteten har fargekodar. Vurdering av botnfauna i nær- og overgangssona er i høve til NS 9410:2007, medan rettleiar 02:2013 er gjeldande for fjernstasjonen. Fargekodar tilsvarar tilstandsklassifisering etter rettleiar 02:2013, tilstand I (blå), II (grøn), III (gul), IV (oransje) til V (raud). Miljøtilstand etter NS 9410 er her vist med følgjande fargekodar: 1 (blå), 2 (grøn), 3 (gul) og 4 (raud). Soneinndeling for kvar stasjon er markert som n= nærsona, o = overgangssone, f = fjernstasjon.

Stasjon	NS 9410:2007			Rettleiar 02:2013				
	pH/Eh	Fauna	Miljøtilstand	TOC	O <sub>2</sub> botn	nEQR grabb	nEQR stasjon	Økologisk tilstand
C1 (n)	I	I	Meget god	IV	-	0,594	0,598	Moderat
C2 (o)	I	I	Meget god	III	-	0,580	0,595	Moderat
C3 (f)	I	I	Meget god	V	II	0,724	0,737	God

## REFERANSAR

**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, P.J. 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.*

**DIREKTORATSGRUPPA VANNDIREKTIVET 2013.**

*Veileder 02:2013 Klassifisering av miljøtilstand i vann.*

**FURSET, T.T. 2014**

Vurdering av utvikling i oksygenforhold i Masfjorden, og miljøpåvirkningen fra oppdrettslokalitet Ådnekvamme.

*Rådgivende Biologer AS, notat, 7 sider*

**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.*

**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.*

**MOLVÆR, J., R. VELVIN, I. BERG, T. FINNELAND & J.L. BRATLI 2005.**

Resipientundersøkelser i fjorder og kystfarvann. EUs avløpsdirektiv Versjon 3 - oppdatert i 2005

*SFT rapport TA-1890/2005, ISBN 82-7655-459-8, 54 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 16665:2013**

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. & I. THÉLIN 1993.**

Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virkninger av organiske stoffer. *SFT Veiledning 93:05. TA-925/1993.*

**SHANNON, C.E. & W. WEAVER 1949.**

The mathematical theory of communication.

*University of Illinois Press, Urbana, 117 s.*

**TVERBERG, J. & H. HAUGSØEN 2014.**

MOM B-gransking av oppdrettslokalitet Ådnekvamme i Masfjorden kommune mai 2014.

*Rådgivende Biologer AS, rapport 1936, 22 sider.*

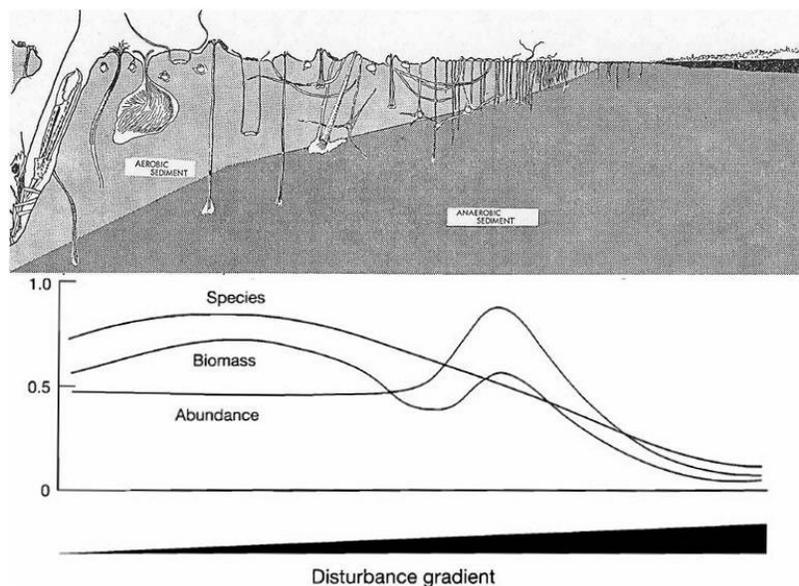
**TVERANGER, B. 2011**

Vurdering av miljøpåvirkningen fra eksisterende og planlagt oppdrettsaktivitet i Masfjorden ved hjelp av Fjordmiljømodellen.

*Rådgivende Biologer AS, notat, 13 sider*

## OM MARIN BLAUTBOTNFAUNA

Blautbotnsfauna er dominert av fleirbørstemakkar, krepssdyr, muslingar og pigghudingar, men det er mange ulike organismegrupper som kan vere representert. Det er vanleg å nytte blautbotnsfauna som indikator på miljøtilhøva, og for å karakterisere verknadane av ei eventuell forureining. Mange dyr som har sedimentet som habitat er relativt lite mobile og fleirårige, og ut frå dette kan ein difor registrere unaturleg forstyrring på miljøet. Samfunnet kan beskrivast og talfestast. Ved hjelp av slik informasjon kan ein sjå om negative påverknadar har ført til ein dominans av forureiningstolerante artar, reduksjon i talet på artar og reduksjon i diversitet. Er det gode og upåverka botntilhøve med oksygenrikt sediment blir dette vist av større, djuptgravande individ (**figur 9**). Her vil det vere mange artar som førekjem i få eksemplar kvar, og fordelinga mellom individa vil vera nokolunde jamn. I område med moderate tilførsler vil botnen få ein "gjødslingsseffekt", som fører til at ein då vil sjå dyr av mindre storleik, samt ein auke av tolerante artar som førekjem i høge individantal (Kutti m.fl. 2007). I svært påverka område eller under tilnærma oksygenfrie tilhøve vil ein berre finne forureiningstolerante artar, som til dømes *Capitella capitata* og *Malacoceros fuliginosus*, ofte med svært høge individantal. Ei "overgjødsling" vil føre til at dyresamfunnet vert kvelt.



**Figur 9.** Biletet (**over**) og modell (**under**) illustrerer endringar i botndyrsamfunnet som ein respons på organiske tilførsler, oksygenmangel og fysiske forstyringar (frå Pearson & Rosenberg, 1978).

Granskingar av blautbotnsfauna er svært vanleg i miljøgranskingar. Eit døme på overvaking av blautbotnsamfunnet over tid i ein større skala, er frå olje- og gassverksemdene i Nordsjøen. Med utbygging og etablering av oljeverksemd har det vore eit krav om både biologiske, fysiske og kjemiske granskingar. Over tid har det vist seg at oljeindustrien har tilført miljøgifter i sedimenta med merkable påverknadar på dyresamfunnet i blautbotnen. Miljøgranskingar vart starta i 1997 og har sidan vorte utført tre gonger. I løpet av desse granskingane har ein registrert store mengder av blant anna oljehydrokarboner, barium, kopar og bly i sedimenta som skaper store forstyringar i botndyrfaunaen. Ved hjelp av færre og mindre utslepp, og strengare reinse-/utsleppskrav, har ein sett ei merkbar endring i tilstanden hos blautbotnfaunaen (Botnen m.fl. 2007).

## VEDLEGG

**Vedlegg 1.** Detaljar om ulike indeksar for klassifisering av tilstand til blautbotnfauna. Henta frå rettleiar 02:2013, *Klassifisering av miljøtilstand i vann*.

### 1. NQI1 = Norwegian quality index

Den samansatte indeksen NQI1 kombinerer gransking av ømfintligheit (basert på AMBI = Azti Marine Biotic Index, Borja et al., 2000) direkte med artsantal og individantal.

$$NQI1 = 0,5*((1-AMBI)/7) + 0,5*((\ln(S)/(\ln(\ln N))/2,7)*(N/(N+5)))$$

der N er antal individ og S antal artar.

$$AMBI = 0*EGI + 1,5*EGII + 3*EGIII + 4,5*EGIV + 6*EGV$$

kor EGI er andelen av individ som tilhøyre toleransegruppe I etc. Tala angir toleranseverdiane. AMBI vert berekna ved bruk av dataprogrammet ambi\_v5 (2012). Det er 6500 marine botndyrartar med toleranseverdi i dette systemet. Høg AMBI-verdi betyr at det er mange artar med høg sensitivitet (lav toleranse mot påvirknad og/eller organisk belastning) i prøva.

### 2. H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks (Shannon & Weaver 1949)

Komponentane artsrikdom og jamnleik (fordeling av antall individer pr art) er samanfatta i Shannon-Wieners diversitetsindeks:

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

der  $p_i = n_i/N$ , og  $n_i$  = antal individ av arten  $i$ ,  $N$  = totalt antal individ og  $S$  = totalt antal artar.

Dersom artsantalet er høgt, og fordelinga mellom artane er jamn, vert verdien på denne indeksen ( $H'$ ) høg. Dersom ein art dominerer og/eller prøva inneheld få artar vert verdien låg. Prøvar med jamn fordeling av individa blant artane gjer høg diversitet, også ved eit lågt artsantal. Ein slik prøve vil dermed få god tilstandsklasse sjølv om det er få artar (Molvær m. fl. 1997).

### 3. ES<sub>100</sub> = Hurlberts indeks

Denne indeksen skildrar forventanta antal artar blant 100 vilkårlig valde individ i ei prøve.

$$ES_{100} = \sum_{i=1}^s 1 - [(N - N_i)! / ((N - N_i - 100)! * 100!)] / [N! / ((N - 100)! * 100!)]$$

der N er totalt antall individ i prøva, S er antal artar og  $N_i$  er antal individ av arten  $i$ .

### 4. ISI<sub>2012</sub> = Indicator species index (se NIVA-rapport 4548-2002 og oppdatering 2012 med revidert og utvida artsliste).

Indikatorartsindeksar som ISI<sub>2012</sub> (og NSI) kan vurdere økologisk kvalitet på botnfauna på grunnlag av ulike artar sin reaksjon på ugunstige miljøtilhøve. Artar som er sensitive for miljøpåverknad har høge sensitivitetsverdiar, medan artar med høg toleranse har låge verdiar.

$$ISI_{2012} = \sum_i^s (ISI_i/S_{ISI})$$

der  $ISI_i$  er verdi for arten  $i$ , og  $S_{ISI}$  er antal arter tildelt sensitivetsverdiar.

Lista med ISI-verdiar omfattar 591 artar (taksa). Indeksen tek berre omsyn til kva slags artar som er i ei prøve og ikkje kor mange individ av arten der er.

### 5. NSI = Norsk sensitivetsindeks

NSI liknar på AMBI men er utvikla for norske tilhøve (norske artar) og indeksten tek omsyn til kor mange individ av kvar art som er i ei prøve. Her er det – i samsvar med  $ISI_{2012}$  - 591 artar som har tilordna sensitivetsverdi.

$$NSI = \sum_i^s [(N_i * NSI_i) / N_{NSI}]$$

der  $N_i$  er antal individ og  $NSI_i$  verdi for arten  $i$ , og  $N_{NSI}$  er antal individ med sensitivetsverdi.

### 6. DI = Density index

DI er ein ny indeks for individtettleik (antal dyr per  $0,1 \text{ m}^2$ ) som tek omsyn til at sær høge og sær låge individtall kan indikere dårlig miljøtilstand.

$$DI = \text{abs} [\log_{10}(N_{0,1\text{m}^2})]$$

DI er spesielt egna for å klassifisere individfattige botndyrssamfunn. Lågt individtal kan finnast på botn med stabilt dårlege oksygentilhøve (t.d. oksygenfattige fjordar) medan ekstremt høgt individtal av tolerante artar oftast peikar på organisk belastning.

**Vedlegg 2.** Blautbotnfaunarapport utarbeida av Havbrukstjenesten AS er lagt ved på neste side.

# Bløtbunnsfaunaundersøkelse

## NS-EN ISO 16665:2013



Foto: *Phyllodoce groenlandica* (Martin Skarsvåg)

<b>Lokalitet:</b>	Ådnekvamme
<b>Felt dato:</b>	<b>18.08.2014</b>
<b>Rapport dato:</b>	<b>10.12.2014</b>
<b>Oppdragsgiver:</b>	Rådgivende Biologer AS Bredsgården 5003 Bergen

<b>Rapport</b>	
Tittel	Bløtbunnsfaunaundersøkelse for Ådnekvamme
Rapportnr.	BBU – M – 4314 – Ådnekvamme – 1214
Rapportdato	10.12.2014
Dato feltarbeid	18.08.2014
Revisjonsnr.	-
Revisjonsbeskrivelse:	-
<b>Lokalitet</b>	
Lokalitet	Ådnekvamme, Masfjorden kommune, Hordaland
Lokalitetsnummer	Ikke oppgitt
<b>Oppragsgiver</b>	
Selskap	Rådgivende Biologer AS Bredsgården 5003 Bergen
Kontakt person	Mette Eilertsen <a href="mailto:Mette.eilertsen@radgivende-biologer.no">Mette.eilertsen@radgivende-biologer.no</a> Tlf: 47396376
<b>Oppdragsansvarlig</b>	
Selskap	Havbrukstjenesten AS Siholmen, 7260 SISTRANDA Organisasjon nr. 963 554 052
Rapportansvarlig	Ingrid Kjerstad <a href="mailto:ingrid@havbrukstjenesten.no">ingrid@havbrukstjenesten.no</a> Telefonnr: 92232863 
Forfatter (e)	Øystein Stokland Therese S. Løkken Ingrid Kjerstad
Godkjent av	Arild Kjerstad <a href="mailto:arild@havbrukstjenesten.no">arild@havbrukstjenesten.no</a> 90 94 20 55 

## Innholdsfortegnelse

<b>Forord</b> .....	<b>4</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Metode og datagrunnlag</b> .....	<b>7</b>
<b>3. Resultater og vurdering</b> .....	<b>8</b>
<b>3.1 Arts- og individfordeling; Stasjon 1</b> .....	<b>8</b>
<b>3.2 Arts- og individfordeling; Stasjon 2</b> .....	<b>9</b>
<b>3.3 Arts- og individfordeling; Stasjon 3</b> .....	<b>11</b>
<b>3.4 NQI1-indeks</b> .....	<b>12</b>
<b>3.5 Shannon-Wieners indeks (H')</b> .....	<b>13</b>
<b>3.6. ES<sub>100</sub>-indeks</b> .....	<b>14</b>
<b>3.7. ISI-indeks</b> .....	<b>15</b>
<b>3.8. NSI-indeks</b> .....	<b>16</b>
<b>3.9. DI-indeks</b> .....	<b>17</b>
<b>3.10 AMBI</b> .....	<b>18</b>
<b>3.11 Endelig klassifisering av stasjonene (nEQR) – konklusjon av miljøtilstand</b> .....	<b>19</b>
<b>4 Referanser</b> .....	<b>20</b>
<b>V. Vedlegg</b> .....	<b>21</b>
<b>V.1. Artsliste</b> .....	<b>21</b>
<b>V.2. Referansetilstander og klassegrenser</b> .....	<b>26</b>
<b>V.3. Beregning av indekser</b> .....	<b>28</b>
V.3.1. Diversitet og jevnhet .....	28
V.3.2. Sensitivitet og tetthet.....	29
V.3.3. S sammensatt indeks (NQI1).....	30
V.3.4. Normalisering .....	30
<b>V.4 Klassifisering av miljøtilstand ut i fra NS 9410:2007</b> .....	<b>31</b>
<b>V.5 Klassifisering av forurensningsgrad (AMBI)</b> .....	<b>32</b>

## **Førord**

Havbrukstjenesten AS har på oppdrag fra Rådgivende Biologer AS utført artsidentifisering i henhold til NS-EN ISO 16665:2013 fra prøver tatt ved lokalitet Ådnekvamme. Havbrukstjenesten AS er akkreditert for vurdering og fortolkning av resultater etter SFT-Veileder 97:03 og Norsk Standard NS 9410, samt NIVA- rapport 4548 (Berge 2002) og Veileder 02:2013 (Anon 2013) ved Direktoratgruppa for gjennomføring av vanddirektivet. Havbrukstjenesten AS sitt laboratorium tilfredsstillter kravene i NS-EN ISO/IEC 17025.

Trondheim 10.12.2014

## Sammendrag

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene ved Ådnekvamme i Møre og Romsdal. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på bunndyrsundersøkelser. Materialet ble grovsortert og arts-identifisert ut i fra NS EN ISO 16665:2013, samt klassifisert ut ifra veileder 02:2013 (Anon 2013) og NS 9410:2007. Ut ifra den normaliserte samlede verdien (gjennomsnittlig nEQR) til indeksene synes Stasjon 1 og Stasjon 2 ut i fra Veileder 02:2013 best karakterisert ved tilstandsklassen «moderat» og begge stasjonene fremstår dermed som påvirket. Stasjon 3 synes best karakterisert ved tilstandsklassene «god». Stasjonen synes derfor best representert ved denne tilstandsklassen og stasjonen fremstår da som ikke påvirket av organisk materiale.

På grunn av stor lokal påvirkning helt opp til utslippet/anlegget kan man ofte finne få arter med jevn individfordeling som gjør det uegnet å bruke diversitetsindekser til å angi miljøtilstand. I denne rapporten fra Ådnekvamme er vurdering av Stasjon 1 og Stasjon 2 også gjort på grunnlag av artsantall og artssammensetning ut ifra beskrivelse fra *NS 9410:2007 – Miljøovervåkning av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg*. Både Stasjon 1 og Stasjon 2 falt da under miljøtilstand 1; «meget god».

## 1. Innledning

Bløtbunnsfauna domineres av flerbørstemark, krepsdyr, muslinger og pigghuder, men også flere andre dyregrupper forekommer. S sammensetningen av dyrearter i sedimentet kan gi viktige opplysninger om miljøforholdene ved en lokalitet. De fleste marine bløtbunnsarter er flerårige og relativt lite mobile, og vil dermed reflektere langtidseffekter fra miljøpåvirkning.

Miljøforholdene er avgjørende for antall arter og antall individer innenfor hver art i et bunndyrsamfunn. Ved naturlige forhold vil et bunndyrsamfunn inneholde mange ulike arter med en relativt jevn fordeling av individer blant disse artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. Moderat organisk belastning kan stimulere bunndyrsamfunnet slik at artsantallet øker, mens ved større organisk belastning i et område vil antallet arter reduseres. Opportunistiske arter, slik som de forurensningstolerante flerbørstemarkene *Capitella capitata* og *Malacoceros fuliginosus*, vil da øke i antall individer mens mer sensitive arter vil forsvinne.

Direktoratsgruppen for gjennomføring av vanddirektivet har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvaliteten i marine områder (Veileder 02:2013) Når bløtbunnsfauna brukes i klassifisering, benyttes Shannon-Wieners diversitetsindeks ( $H'$ ) og den sammensatte indeksen NQI1 (beskrevet i vedlegg V.3). Tilstandsklassene (vedlegg V.3.4) kan gi et godt inntrykk av de reelle miljøforhold, særlig når de benyttes sammen med artssammensetningen i prøvene. Shannon-Wieners diversitet er beregnet ut fra individfordelingen mellom artene. NQI1 tar i tillegg til artsmangfoldet også hensyn til hvilke forurensningstolerante arter som er tilstede i prøvene (sensitivitet).

De univariate metodene (Shannon-Wieners indeks ( $H'$ ), Jevnhetsindeksen (J), ISI, NSI, AMBI og NQI1, forklart i vedlegg V.3) reduserer den samlede informasjonen som ligger i en artsliste til et tall eller indeks, som oppfattes som et mål på artsrikdom og påvirkningsgrad i bløtbunnsfaunasamfunnet. Ut fra indeksen kan miljøkvaliteten i et område vurderes, men metodene må brukes med forsiktighet og sammen med andre resultater for at konklusjonen skal bli korrekt. Klima og forurensningsdirektoratet (Klif) legger imidlertid vekt på indekser når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bløtbunnsfauna (Molvær et al. 1997 og Veileder 02:2013).

Ved å normalisere alle indekser gjennom indeksen normalised Ecological Quality Ratio (nEQR) (se Vedlegg 3.4) får man verdier som gjør det mulig å sammenligne de ulike indeksene på bakgrunn av tallverdi. Tilstandsklassene nEQR er delt opp i spanner over en skala fra 0-1, og hver tilstandsklasse spanner over nøyaktig 0,2 (tilstandsklasse «svært dårlig» tilsvarer verdier mellom 0 – 0,2, tilstandsklasse «dårlig» tilsvarer verdier mellom 0,2 – 0,4 osv.). En samlet verdi av nEQR for alle indeksene vil da også indikere hvilken tilstandsklasse som synes best å karakterisere stasjonen.

Metode, resultat og konklusjon for prøvene tatt ved Ådnekvamme er presentert i avsnitt 2.- 3.

## 2. Metode og datagrunnlag

Havbrukstjenesten AS mottok sediment fra tre stasjoner (2 grabber per stasjon) fra Rådgivende Biologer AS. Alle prøver ble grovsortert, identifisert og kvantifisert i henhold til NS-EN ISO 16665:2013 og NS 9410:2007 (Tabell 2.1).

**Tabell 2.1:** Oversikt over utført arbeid.

Leverandør	Arbeid	Personell	Akkreditert arbeid
Rådgivende Biologer AS	Feltarbeid	Rådgivende Biologer AS	-
Havbrukstjenesten AS	Grovsortering	Kenneth B. Sandhåland	Ja, (Test 252: P21)
Havbrukstjenesten AS	Artsidentifisering	Therese S. Løkken	Ja, (Test 252: P21)
Havbrukstjenesten AS	Vurdering og tolkning	Øystein Stokland	Ja, (Test 252: P32)

Artsmangfold ( $ES_{100}$ ) og jevnhet (J) og ble utført med programpakken PRIMER, versjon 6.1.6 fra Plymouth Laboratories, England. Sensitivitetsindeksen AMBI (komponent i NQI1) ble utregnet ved hjelp av programpakken AMBI, versjon 5.0 fra AZTI-Tecnalia. Alle øvrige utregninger ble utført i Microsoft Excel 2013.

Shannon-Wieners indeks og Jevnhetsindeksen (J) ble regnet ut i henhold til Shannon & Weaver, 1949 og Veileder 02:2013 (Anon 2013). ISI- og NSI-indeksene ble beregnet i henhold til Rygg & Norling, 2013. AMBI-indeks, NQI1-indeks, DI-indeks samt vurdering og fortolkning ble beregnet og foretatt etter Veileder 02:2013. Alle utregninger er beskrevet med formler i vedlegg V.3. Forklaringer til ulike forkortelser og indekser som er benyttet i denne rapporten er beskrevet i Tabell 2.2.

**Tabell 2.2:** Forklaringer på forkortelser og indekser benyttet i rapporten.

Forkortning/Indeks	Beskrivelse
S	Antall arter i prøven
N	Antall individer i prøven
NQI1	Artsmangfold og ømfintlighet (sammensatt indeks)
$H'$	Artsmangfold (Shannon-Wiener diversitets indeks)
$ES_{100}$	Hurlberts diversitetsindeks (Kun oppgitt dersom $N \geq 100$ )
J	Jevnhetsindeks
$H'_{max}$	Maksimal diversitet som kan oppnås ved et gitt antall arter ( $= \log_2 S$ )
ISI	Sensitivitetsindeks (Indicator Species Index), tar ikke hensyn til individtall
NSI	Sensitivitetsindeks (Norwegian Sensitivity Index) basert på norske forhold, hvor individantall også inngår
DI	Indeks for individtetthet (Density Index)
$\bar{G}$	Gjennomsnittlig verdi for grabb A og 2
$\hat{S}$	Stasjonsverdi (kombinert verdi for grabb A og 2)
nEQR	Normaliserte verdier (Normalised Ecological Quality Ratio)
Samlet verdi	Gjennomsnittet av alle indeksenenes nEQR-verdi

### 3. Resultater og vurdering

Arts- og individtall (statistisk relevante) registrert ved Stasjon 1-3 samt en vurdering av disse er presentert i Tabell 3.1 – 3.3. Figurene 3.1 - 3.3 viser fordeling av de hyppigste artene funnet ved de tre stasjonene. De hyppigste artene er også beskrevet med grad av forurensingstoleranse/sensitivitet angitt av AMBI-indeksen (se vedlegg 5). Komplette artsliste for alle prøver er oppgitt i vedlegg V.1. Miljøkvaliteten for de tre stasjonene er beskrevet av indeksene; NQI1, H<sup>+</sup>, ES<sub>100</sub>, ISI, NSI, DI, AMBI og nEQR som er regnet ut på bakgrunn av arts og individtall fra resultatene. Indeksene er presentert og vurdert i avsnitt 3.4-3.11 og gjengitt i tabellform i vedlegg V.2 (beskrivelse av utregning av indekser finnes i vedlegg V.3).

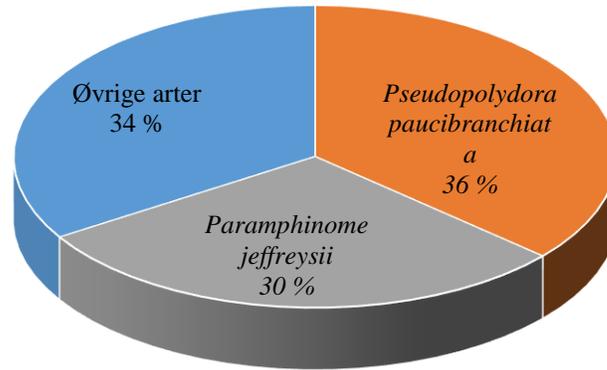
#### 3.1 Arts- og individfordeling; Stasjon 1

Hyppigst forekommende art ved Stasjon 1 (Figur 3.1) var den svært forurensingstolerante opportunistiske flerbørstemarken *Pseudopolydora paucibranchiata* (AMBI-gruppe IV) som utgjorde 36% av det totale individantallet. Denne arten har tidligere blitt klassifisert med en høy ISI-verdi (8,55) som indikerer at den er sensitiv til forurensing, men dette kan tyde på å være feilaktig da både NSI og AMBI klassifiserer den som en opportunist og svært forurensingstolerant. Den nest hyppigst forekommende arten var den forurensingstolerante flerbørstemarken *Paramphinome jeffreysii* (AMBI-gruppe III) som utgjorde 30 % av det totale individantallet. Øvrige arter utgjorde 34 % av det totale individantallet fra prøvene og var en samling av de resterende 64 artene som forekom med lavere og varierende individtall.

**Tabell 3.1:** Antall arter (s), antall individer (N), gjennomsnitt ( $\bar{G}$ ), stasjonsverdi ( $\bar{S}$ ) samt vurdering og tolkning for Stasjon 1.

Stasjon 1	Gr. 1	Gr. 2	$\bar{G}$	$\bar{S}$	Vurdering og tolkning
S	58	37	47,5	66	Gjennomsnittlig artsantall ( $\bar{G}$ ) i de to grabbene var innenfor normalen (norm. 25-75 pr. grabb, ref: veileder 02:2013).
N	918	370	644,0	1288	Gjennomsnittlig individantall ( $\bar{G}$ ) i de to grabbene var høyere enn normalen (norm. 50 – 300 pr. grabb, ref: veileder 02:2013).

## Stasjon 1



**Figur 3.1:** Prosentvis fordeling av de tre hyppigste artene ved Stasjon 1. Fordelingen er basert på stasjonsverdien ( $\bar{S}$ ) for antall individer funnet ved stasjonen.

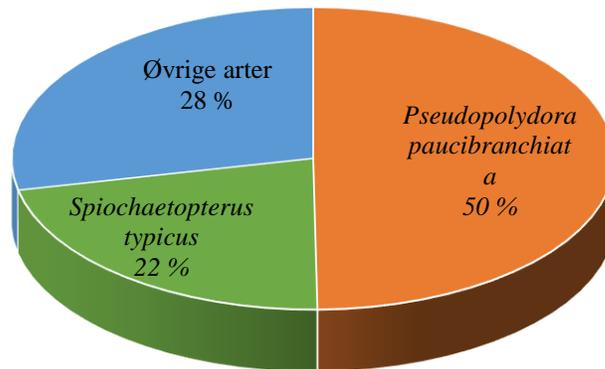
### 3.2 Arts- og individfordeling; Stasjon 2

Hyppigst forekommende art ved Stasjon 2 (Figur 3.2) var den svært forurensingstolerante opportunistiske flerbørstemarken *Pseudopolydora paucibranchiata* (AMBI-gruppe IV) som utgjorde 50% av det totale individantallet. Denne arten har tidligere blitt klassifisert med en høy ISI-verdi (8,55) som indikerer at den er sensitiv til forurensing, men dette kan tyde på å være feilaktig da både NSI og AMBI klassifiserer den som en opportunist og svært forurensingstolerant. Den nest hyppigst forekommende arten var den forurensingstolerante flerbørstemarken *Spiochaetopterus typicus* (AMBI-gruppe III) som utgjorde 22% av det totale individantallet. Øvrige arter utgjorde 28 % av det totale individantallet fra prøvene og var en samling av de resterende 63 artene som forekom med lavere og varierende individtall.

**Tabell 3.2:** Antall arter (s), antall individer (N), gjennomsnitt ( $\bar{G}$ ), stasjonsverdi ( $\bar{S}$ ) samt vurdering og tolkning for Stasjon 2.

Stasjon 2	Gr. 1	Gr. 2	$\bar{G}$	$\bar{S}$	Vurdering og tolkning
S	45	46	45,5	65	Gjennomsnittlig artsantall ( $\bar{G}$ ) i de to grabbene var innenfor normalen (norm. 25-75 pr. grabb, ref: veileder 02:2013).
N	497	624	560,5	1121	Gjennomsnittlig individantall ( $\bar{G}$ ) i de to grabbene var høyere enn normalen (norm. 50 – 300 pr. grabb, ref: veileder 02:2013).

## Stasjon 2



**Figur 3.2:** Prosentvis fordeling av de hyppigste artene ved Stasjon 2. Fordelingen er basert på stasjonsverdien (Š) for antall individer funnet ved stasjonen.

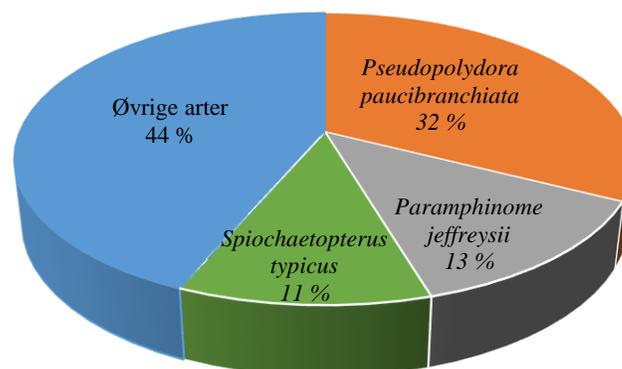
### 3.3 Arts- og individfordeling; Stasjon 3

Hyppigst forekommende art ved Stasjon 3 (Figur 3.3) var den svært forurensingstolerante opportunistiske flerbørstemarken *Pseudopolydora paucibranchiata* (AMBI-gruppe IV) som utgjorde 32% av det totale individantallet. Denne arten har tidligere blitt klassifisert med en høy ISI-verdi (8,55) som indikerer at den er sensitiv til forurensing, men dette kan tyde på å være feilaktig da både NSI og AMBI klassifiserer den som en opportunist og svært forurensingstolerant. Den nest hyppigst forekommende arten var den forurensingstolerante flerbørstemarken *Paramphinome jeffreysii* (AMBI-gruppe III) som utgjorde 13 % av det totale individantallet. Den tredje hyppigst forekommende arten var den forurensingstolerante flerbørstemarken *Spiochaetopterus typicus* (AMBI-gruppe III) som utgjorde 11% av det totale individantallet. Øvrige arter utgjorde 44% av det totale individantallet fra prøvene og var en samling av de resterende 39 artene som forekom med lavere og varierende individtall.

**Tabell 3.3:** Antall arter (s), antall individer (N), gjennomsnitt ( $\bar{G}$ ), stasjonsverdi ( $\bar{S}$ ) samt vurdering og tolkning for Stasjon 3.

Stasjon 3	Gr. 1	Gr. 2	$\bar{G}$	$\bar{S}$	Vurdering og tolkning
S	29	27	28	42	Gjennomsnittlig artsantall ( $\bar{G}$ ) i de to grabbene var innenfor normalen (norm. 25-75 pr. grabb, ref: veileder 02:2013).
N	159	112	135,5	271	Gjennomsnittlig individantall ( $\bar{G}$ ) i de to grabbene var innenfor normalen (norm. 50 – 300 pr. grabb, ref: veileder 02:2013).

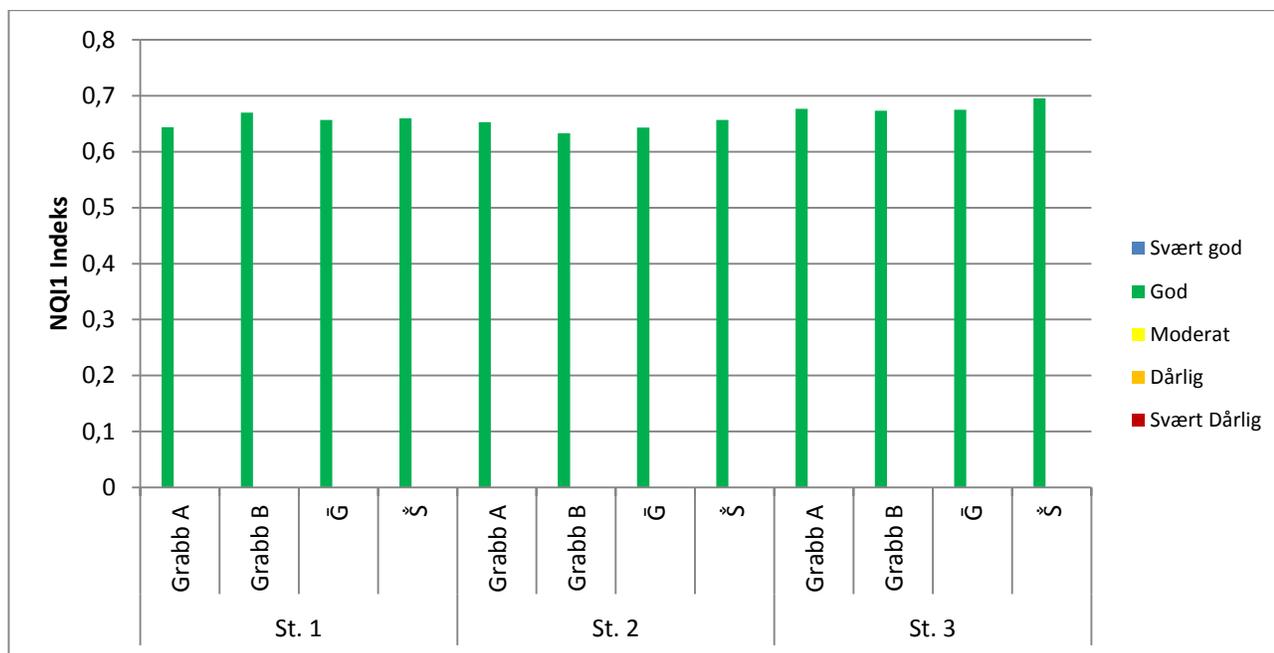
### Stasjon 3



**Figur 3.3:** Prosentvis fordeling av de hyppigste artene ved Stasjon 3. Fordelingen er basert på stasjonsverdien ( $\bar{S}$ ) for antall individer funnet ved stasjonen.

### 3.4 NQI1-indeks

NQI1-indeksen for Stasjon 1-3 er presentert i Figur 3.4 som viser hvilke tilstandsklasser indeksen faller inn under for de ulike sonene og grabbene.

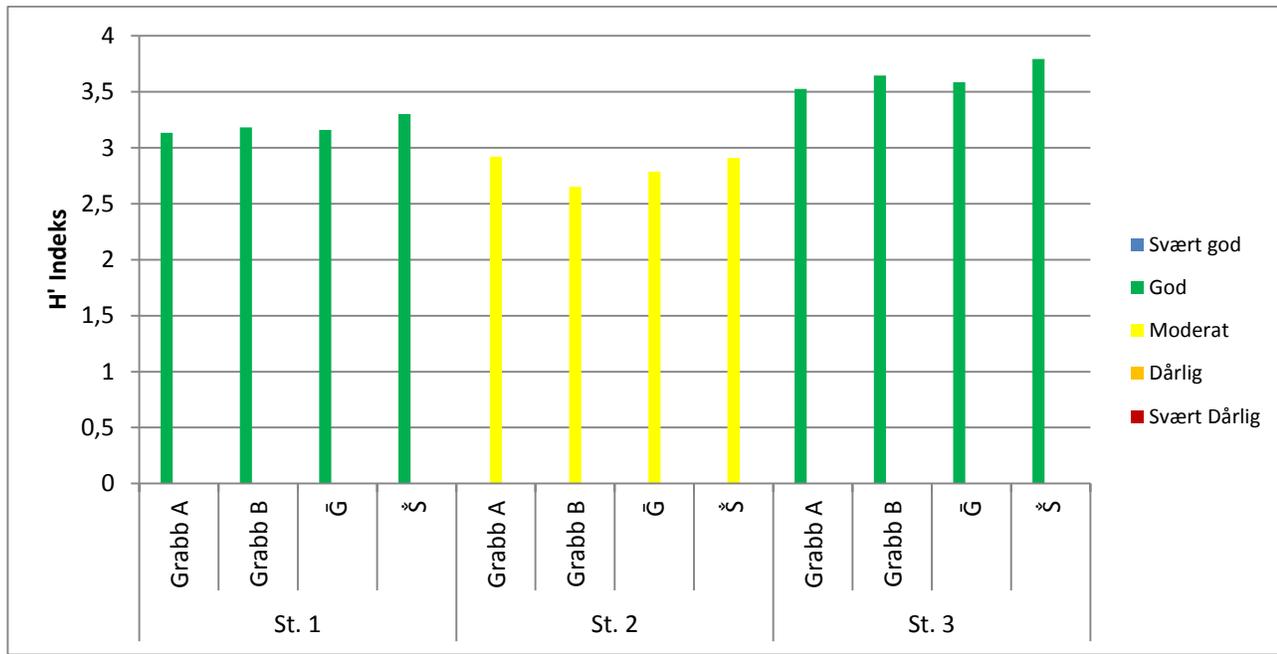


**Figur 3.4:** NQI1-indeksen for alle stasjonene, samt gjennomsnitt ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdi ( $\bar{S}$ ), beregnet på grunnlag av arts- og individtall fra de ulike stasjonene.

For Stasjon 1-3 lå NQI1-verdien for grabb A, grabb B, gjennomsnittet ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdien ( $\bar{S}$ ) innenfor tilstandsklassen «god».

### 3.5 Shannon-Wieners indeks ( $H'$ )

Shannon-Wieners indeks for Stasjon 1-3 er presentert i Figur 3.5 som viser hvilke tilstandsklasser indeksen faller inn under for de ulike stasjonene og grabbene.



Figur 3.5: Shannon-Wieners indeks ( $H'$ ) for alle stasjoner, samt gjennomsnitt ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdi ( $\dot{S}$ ), beregnet på grunnlag av arts- og individantall for de ulike stasjonene.

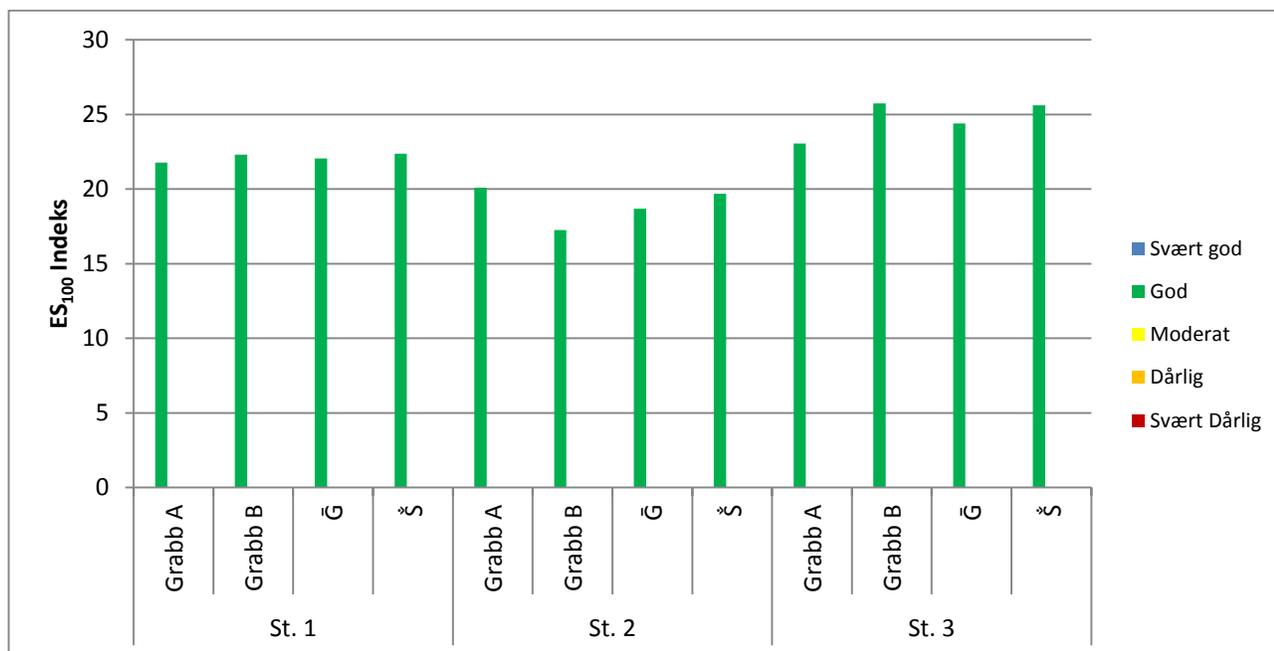
For Stasjon 1 lå  $H'$ - verdien for grabb A, grabb B, gjennomsnittet ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdien ( $\dot{S}$ ) lå innenfor tilstandsklassen «god»

For Stasjon 2 og lå  $H'$ -verdien for grabb A, grabb B, gjennomsnittet ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdien ( $\dot{S}$ ) innenfor tilstandsklassen «moderat».

Stasjon 3 lå  $H'$ -verdien for grabb A, grabb B, gjennomsnittet ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdien ( $\dot{S}$ ) innenfor tilstandsklassen «god».

### 3.6. ES<sub>100</sub>-indeks

Artsmangfoldet som er representert ved ES<sub>100</sub> - indeksen for Stasjon 1-3 er presentert i Figur 3.6 som viser hvilke tilstandsklasser indeksen faller inn under for de ulike stasjonene og grabbene.

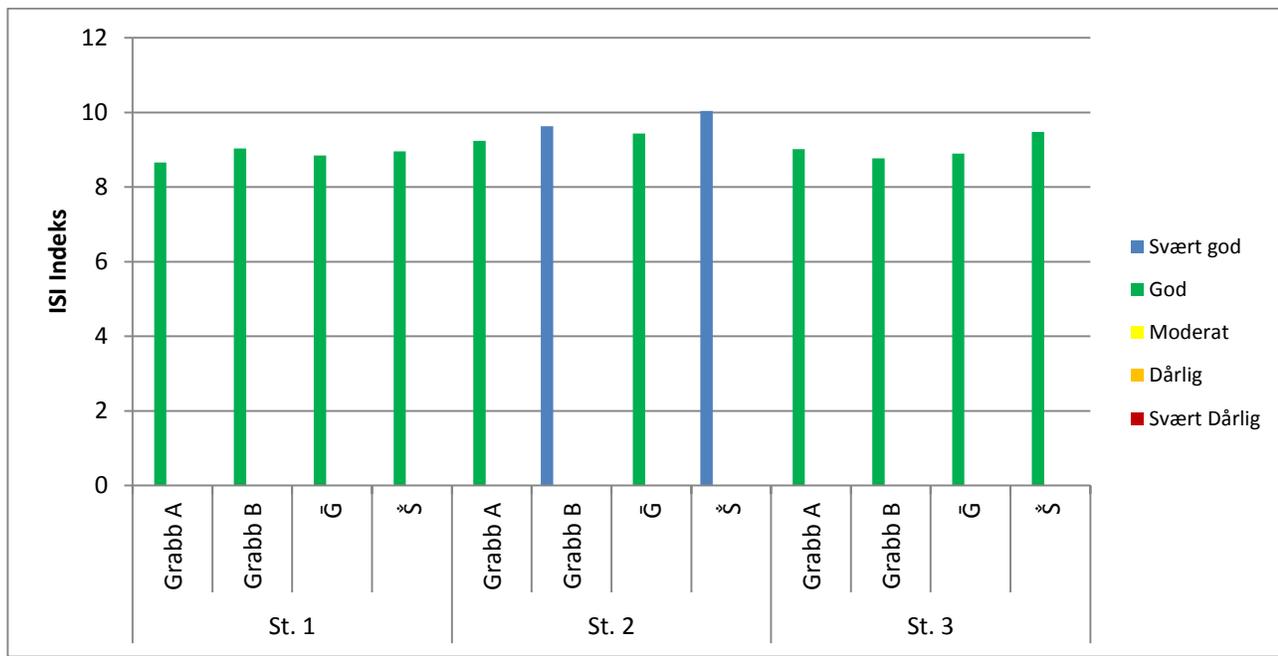


**Figur 3.6:** ES<sub>100</sub>-indeksen for alle stasjoner, samt gjennomsnitt ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdi ( $\dot{S}$ ), beregnet på grunnlag av arts- og individantall for de ulike stasjonene.

For Stasjon 1-3 lå ES<sub>100</sub>-verdien for grabb A, grabb B, gjennomsnittet ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdien ( $\dot{S}$ ) innenfor tilstandsklassen «god».

### 3.7. ISI-indeks

ISI – indeksen for Stasjon 1-3 er presentert i Figur 3.7 som viser hvilke tilstandsklasser indeksen faller inn under for de ulike stasjonene og grabbene.



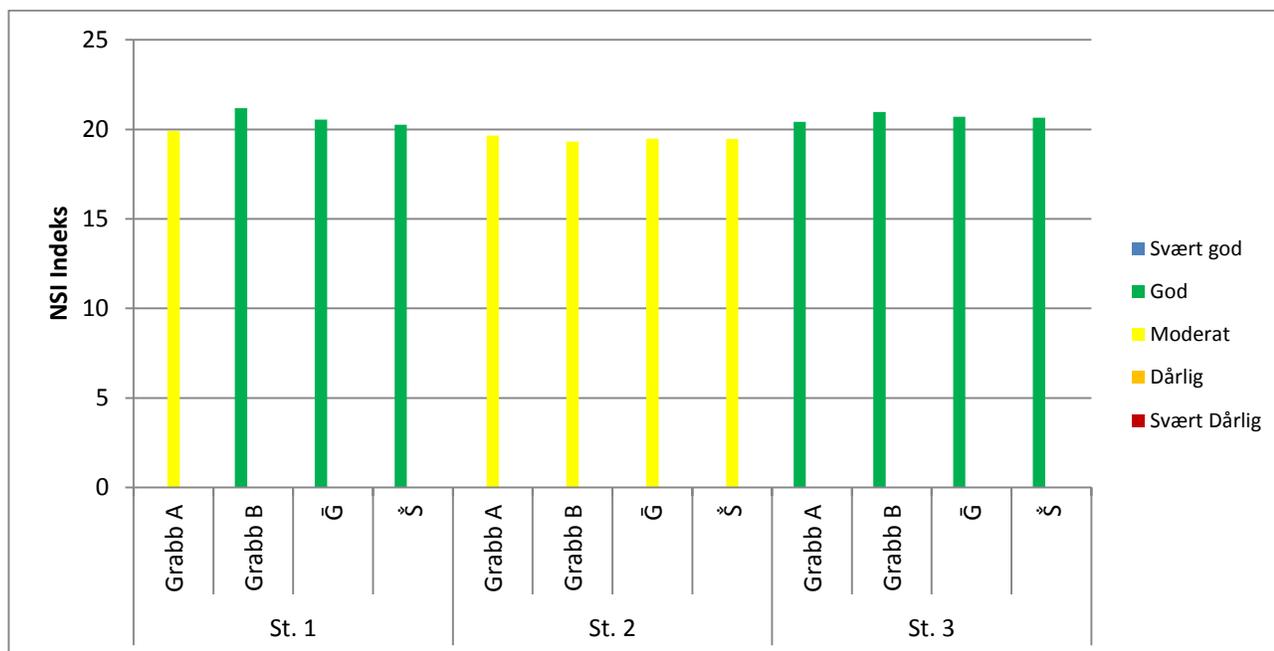
**Figur 3.7:** ISI-indeks for alle stasjoner, samt gjennomsnitt ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdi ( $\hat{S}$ ), beregnet på grunnlag av artsantallet for de ulike stasjonene.

For Stasjon 1 og Stasjon 3 lå ISI-verdien for grabb A, grabb B, gjennomsnittet ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdien ( $\hat{S}$ ) innenfor tilstandsklassen «god».

For Stasjon 2 lå ISI-verdien for grabb A og gjennomsnittet ( $\bar{G}$ ) innenfor tilstandsklassen «god», mens grabb B og stasjonsverdien ( $\hat{S}$ ) lå innenfor tilstandsklassen over; «svært god».

### 3.8. NSI-indeks

NSI - indeksen for Stasjon 1-3 er presentert i Figur 3.8 som viser hvilke tilstandsklasser indeksen faller inn under for de ulike stasjonene og grabbene.



**Figur 3.8:** NSI-indeks for alle stasjoner, samt gjennomsnitt ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdi ( $\check{S}$ ), beregnet på grunnlag av arts- og individantall for de ulike stasjonene.

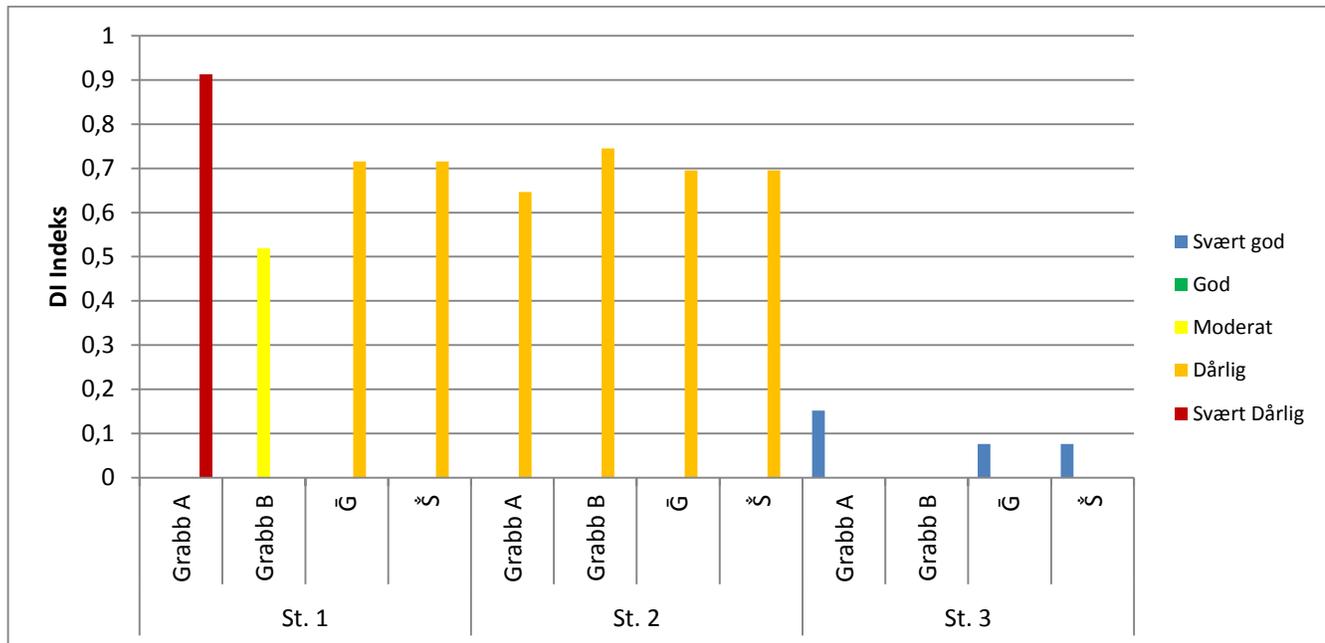
For Stasjon 1 lå NSI-verdien for grabb B, gjennomsnittet ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdien ( $\check{S}$ ) innenfor tilstandsklassen «god», mens grabb A lå innenfor tilstandsklassen under; «moderat».

For Stasjon 2 lå NSI-verdien for grabb A, grabb B, gjennomsnittet ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdien ( $\check{S}$ ) innenfor tilstandsklassen «moderat».

For Stasjon 3 lå NSI-verdien for grabb A, grabb B, gjennomsnittet ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdien ( $\check{S}$ ) innenfor tilstandsklassen «god».

### 3.9. DI-indeks

DI – indeksen for Stasjon 1-3 er presentert i Figur 3.9 som viser hvilke tilstandsklasser indeksen faller inn under for de ulike stasjonene og grabbene.



**Figur 3.9:** DI-indeks for alle stasjoner, samt gjennomsnitt ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdi ( $\hat{S}$ ), beregnet på grunnlag av individantall for de ulike stasjonene. Det kommer dårlig fram i figuren at grabb B faller i tilstandsklassen «svært god» da den er veldig nærme null (0).

For Stasjon 1 lå DI-verdien for grabb A innenfor tilstandsklassen «svært dårlig» og grabb B innenfor «moderat». Gjennomsnittet ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdien ( $\hat{S}$ ) for DI-verdien lå innenfor tilstandsklassen «dårlig».

For Stasjon 2 og lå DI-verdien for grabb A, grabb B gjennomsnittet ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdien ( $\hat{S}$ ) innenfor tilstandsklassen «dårlig».

Stasjon 3 lå DI-verdien for grabb A, grabb B gjennomsnittet ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdien ( $\hat{S}$ ) innenfor tilstandsklassen «svært god». Det kommer dårlig fram fra Figur 3.9 at tilstandsklassen for grabb B er i tilstandsklassen «svært god» da den er veldig nærme null (0).

### 3.10 AMBI

AMBI – indeksen for Stasjon 1-3 er presentert i Tabell 3.4.

Tabell 3.4: Oversikt over de beregnede AMBI-verdiene for grabb A (G2) og grabb B (G2) tatt ved Stasjon 1-3 (St 1-3) samt stasjonsverdien (Š) for hver stasjon

Stasjon	St1 A	St1 B	St1 S	St2 A	St2 B	St2 S	St3 A	St3 B	ST3 S
<b>AMBI</b>	3,44	2,82	3,26	3,21	3,43	3,33	2,74	2,85	2,79

### 3.11 Endelig klassifisering av stasjonene (nEQR) – konklusjon av miljøtilstand

Basert på den samlede verdien (se Tabell V.2.2 i Vedlegg 3) (gjennomsnittet av nEQR) ble både Stasjon 1 og Stasjon 2 ut i fra *veileder 02:2013 - Klassifisering av miljøtilstand i vann* totalt sett klassifisert i tilstandsklassen «moderat», men ligger på grensen i tilstandsklassen over «god». Disse stasjonen synes derfor best representert ved denne tilstandsklassen og fremstår da som påvirket av organisk materiale. Stasjon 3 ble totalt sett (samlet verdi for nEQR, se Tabell V.2.3 i Vedlegg 3) klassifisert i tilstandsklassen «god». Stasjonen synes derfor best representert ved denne tilstandsklassen og stasjonen fremstår da som ikke påvirket av organisk materiale.

På grunn av stor lokal påvirkning helt opp til utslippet/anlegget kan man ofte finne få arter med jevn individfordeling som gjør det uegnet å bruke diversitetsindekser til å angi miljøtilstand. I denne rapporten fra Ådnekvamme er vurdering av Stasjon 1 og Stasjon 2 også gjort på grunnlag av artsantall og artssammensetning ut ifra beskrivelse fra *NS 9410:2007 – Miljøovervåkning av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg*. Både Stasjon 1 og Stasjon 2 falt da under miljøtilstand 1; «meget god», da artsantallet var over 20 arter fra et grabb areal på 0,2 m<sup>2</sup> der ingen enkeltarter utgjorde over 65% av individantallet.

Oversikt over klassifiseringssystemet til NS 9410:2007 se tabell V.4.1 i Vedlegg V.4.

## 4 Referanser

1. Anon, 2013. Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratgruppen for gjennomføringen av vanddirektivet/Miljøtilstandsprosjektet. 263s.
2. Berge G. 2002. Indicator species for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. NIVA-rapport 4548-2002.
3. Borja, A., Franco, J., Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40 (12), 1100–1114.
4. Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.
5. Norsk Standard NS 9410:2007. Miljøovervåkning av marine matfiskanlegg. Norges Standardiseringsforbund.
6. Pielou EC. 1966. The measurement of species diversity in different types of biological collections. - *Journal of Theoretical Biology* 13:131-144.
7. Rygg, B., & K. Norling, 2013. Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI). NIVAS-rapport 6475-2013. 46 pp.
8. Shannon CE, Weaver, W. 1949. The mathematical theory of communication. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.

## V. Vedlegg

### V.1. Artsliste

Tabell V.1. viser komplett artsliste for alle grabber ved alle stasjoner. Arter markert i rødt er arter som er identifisert (og i enkelte tilfeller kvantifisert), men som ikke er statistisk gjeldende (i.e Foraminifera, phylum Bryozoa, kolonielle Porifera, infraklasse Cirripedia, kolonielle Cnidaria, phylum Nematoda og pelagiske arter, jf. NS-EN ISO 16665:2013).

**Tabell V.1:** Kompletts artsliste for alle grabber ved alle stasjoner ved Ådnekvamme.

TAXA	Art	1A	1B	2A	2B	3A	3B
Subclass HEXACORALLIA (phylum Cnidaria)	<i>Cerianthus lloydii</i>	2		2	1	3	
	<i>Edwardsiidae indet</i>			4			
<b>Phylum NEMATODA</b>	<b><i>Nematoda indet.</i></b>	<b>3</b>	<b>5</b>				
Phylum NEMERTEA	<i>Nemertea indet</i>	3	2	2	2	2	4
Class POLYCHAETA (phylum Annelida)	<i>Aglaophamus agilis</i>				6		3
	<i>Amaeana trilobata</i>	1					
	<i>Ampharete baltica</i>				1		
	<i>Amphictene auricoma</i>	5	3				
	<i>Amythasides macroglossus</i>	4				1	
	<i>Aricidea (Acmira) catherinae</i>	1					1
	<i>Augeneria tentaculata</i>			1			
	<i>Capitella capitata</i>	4					1
	<i>Ceratocephale loveni</i>	1					
	<i>Chaetozone setosa</i>	20	8	2	2	1	
	<i>Diplocirrus glaucus</i>	5			1		1
	<i>Driloneries sp.</i>	1					
	<i>Exogone (Parexogone) hebes</i>				1		

TAXA	Art	1A	1B	2A	2B	3A	3B
	<i>Glycera lapidum</i>	2			1		
	<i>Gyptis rosea</i>				3		2
	<i>Harmothoe sp.</i>	2					
	<i>Heteromastus filiformis</i>						1
	<i>Lagis koreni</i>	29	21	6	8	4	1
	<i>Levinsenia gracilis</i>				1		
	<i>Lipobranchius jeffreysii</i>				1		
	<i>Lumbrineris sp.</i>	5	3	1	2		
	<i>Malacoceros fuliginosus</i>	2					
	<i>Myriochele sp.</i>				1		
	<i>Neoleanira tetragona</i>			2		1	
	<i>Nephtys incisa</i>	1		1			
	<i>Nephtys kersivalensis</i>			1			
	<i>Nephtys paradoxa</i>		1	1	1	1	1
	<i>Nephtys sp.</i>	1					
	<i>Nereis sp.</i>			1			
	<i>Notomastus latericeus</i>	8	2	2	4		2
	<i>Oxydromus flexuosus</i>	1		2	1		
	<i>Paradiopatra fiordica</i>		1	4			
	<i>Paradiopatra quadricuspis</i>				1		
	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	202	180	13	21	12	23
	<i>Pherusa falcata</i>	1				1	
	<i>Pherusa flabellata</i>	1					
	<i>Pholoe baltica</i>	12	5	2	3	6	1
	<i>Phyllodoce rosea</i>	1		1			
	<i>Phylo norvegicus</i>			1			
	<i>Pista cristata</i>	4	1	1			
	<i>Polycirrus norvegicus</i>			1			

TAXA	Art	1A	1B	2A	2B	3A	3B
	<i>Prionospio dubia</i>	11	2	4	2		1
	<i>Pseudopolydora antennata</i>	18	3	2	2		
	<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	422	47	210	348	55	33
	<i>Pterolysippe vanelli</i>			1			
	<i>Rhodine loveni</i>	1	1			1	
	<i>Scalibregma inflatum</i>	1					
	<i>Scolelepis (Scolelepis) foliosa</i>			3			
	<i>Scolelepis sp.</i>			1		1	
	<i>Sige fusigera</i>	3			2		
	<i>Spiochaetopterus typicus</i>	10	8	147	98	21	9
	<i>Spiophanes kroyeri</i>			5	1		
	<i>Spiophanes wigleyi</i>			4	1		
	<i>Terebellides stroemii</i>	4		4	25	7	4
Phylum SIPUNCULA	<i>Golfingia sp.</i>						1
	<i>Onchnesoma steenstrupii steenstrupii</i>	2	10	13	4		
	<i>Phascolion (Phascolion) strombus strombus</i>	7	4	1			
Subclass COPEPODA (subphylum Crustacea)	<i>Calanoida indet</i>	2	3		2	3	4
	<i>Melinnacheres terebellidis</i>				3		
Order CUMACEA (subphylum Crustacea)	<i>Cumacea indet</i>		1				
	<i>Diastylis cornuta</i>		3				
	<i>Diastylis tumida</i>		1				
	<i>Eudorella sp.</i>						1

TAXA	Art	1A	1B	2A	2B	3A	3B
Order AMPHIPODA, suborder GAMMARIDEA (subphylum Crustacea)	<i>Eriopisa elongata</i>		3	6	1	1	3
Order DECAPODA (benthic and pelagic species) (subphylum Crustacea)	<i>Calocarides coronatus</i>					1	
	<i>Decapod larver</i>	1				1	1
Class MALACOSTRACA (phylum Arthropoda)	<i>Mysidae indet.</i>			2			
Class CAUDOFOVEATA (phylum Mollusca)	<i>Chaetoderma nitidulum</i>	8	4	11	1	16	3
	<i>Scutopus ventrolineatus</i>	5	2			2	
Class GASTROPODA (phylum Mollusca)	<i>Eulimidae indet.</i>					1	
	<i>Limacina helicina</i>						1
Subclass HETEROBRANCHIA (includes infraclass HETEROSTROPHA and suborder OPISTHOBRANCHIA) (phylum Mollusca)	<i>Philine sp.</i>	14	5	7	2		4
Class SCAPHOPODA (phylum Mollusca)	<i>Entalina tetragona</i>		4		1		
Class BIVALVIA (phylum Mollusca)	<i>Abra nitida</i>	12	8		4	2	2
	<i>Axinulus croulinensis</i>	1				1	
	<i>Kelliella miliaris</i>	1		1	35	5	2
	<i>Kurtiella tumidula</i>	1		1			
	<i>Mendicula ferruginosa</i>	18	12	1	3		
	<i>Mendicula pygmaea</i>	5				1	
	<i>Mytilus edulis</i>	1	1		1		

TAXA	Art	1A	1B	2A	2B	3A	3B
	<i>Nucula tumidula</i>	2	4	4	8	2	
	<i>Parvicardium scabrum</i>			1		1	
	<i>Thyasira equalis</i>	22	10	1	8	2	2
Phylum PHORONIDA	<i>Phoronis muelleri</i>				1		
Phylum CHAETOGNATHA	<i>Chaetognatha indet</i>						1
Class ASTEROIDEA (phylum Echinodermata)	<i>Asteroidea indet</i>	2	1				
	<i>Psilaster andromeda</i>		1				
Class OPHIUROIDEA (phylum Echinodermata)	<i>Amphilepis norvegica</i>	13	1	13	8	6	3
	<i>Amphipholis squamata</i>	1	3	4			2
	<i>Amphiura chiajei</i>	3	2		2		
	<i>Ophiocten affinis</i>	2					
	<i>Ophiura albida</i>	1	2	1			
	<i>Ophiura sarsii</i>	2			1		
	<i>Ophiura sp.</i>	2					
Class ECHINOIDEA (phylum Echinodermata)	<i>Echinocardium sp.</i>	3			1	1	
	<i>Irregularia indet</i>				1		
	<i>Regularia indet</i>				1		
Class HOLOTHUROIDEA (phylum Echinodermata)	<i>Labidoplax media</i>	1					
Varia	<i>Fiskeegg</i>				8	5	4

## V.2. Referansetilstander og klassegrenser

Fargene som er brukt i tabellene nedenfor (V.2.1-V.2.4) angir hvilke tilstandsklasse de ulike indeksverdiene hører til i; blå tilsvarer tilstandsklassen «svært god», grønn → «god», gul → «moderat», oransje → «dårlig» og rød → «svært dårlig».

**Tabell V.2.1:** Oversikt over klassegrenser og referansetilstand for de ulike indeksene i henhold til veileder 02:2013.

Indeks	Økologisk tilstandsklasse				
	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
<b>NQI1</b>	0.82- 0.90	0.63 - 0.82	0.49 - 0.63	0.31 - 0.49	0 - 0.31
<b>H'</b>	4.8 - 5.7	3.0 - 4.8	1.9 - 3.0	0.9 - 1.9	0 - 0.9
<b>ES<sub>100</sub></b>	34 - 50	17 - 34	10 - 17	5 - 10	0 - 5
<b>ISI</b>	9.6 - 13	7.5 - 9.6	6.2 - 7.5	4.5- 6.1	0 - 4.5
<b>NSI</b>	25 - 31	20 - 25	15 - 20	10 - 15	0 - 10
<b>DI</b>	0-0,30	0,30 – 0,44	0,44 – 0,60	0,60 - 0,85	0,85 – 2,05

Indeksverdiene fra Ådnekvamme er presentert (Tabell V.2.2-V2.4) nedenfor.

**Tabell V.2.2:** Oversikt over alle indeksverdiene beregnet ut ifra resultatene fra Stasjon 1 fra grabb A og grabb B, gjennomsnittet ( $\bar{G}$ ) for grabbene og stasjonsverdien ( $\bar{S}$ ). Fargene i tabellene angir hvilken tilstandsklasse de ulike indeksene faller inn under. Samlet verdi er gjennomsnittet fra den normaliserte nEQR som samler alle indeksene til en felles representativ verdi for stasjonen. Fargekoder: blå tilsvarer tilstandsklassen «svært god», grønn → «god», gul → «moderat», oransje → «dårlig» og rød → «svært dårlig».

St. 1	Grabb A	Grabb B	$\bar{G}$	$\bar{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\bar{S}$
<b>S</b>	58	37	47,5	66		
<b>N</b>	918	370	644,0	1288		
<b>NQI1</b>	0,644	0,670	0,657	0,660	0,628	0,631
<b>H'</b>	3,134	3,183	3,158	3,302	0,618	0,634
<b>J</b>	0,535	0,611	0,573	0,546		
<b>H'max</b>	5,858	5,209	5,534	6,044		
<b>ES100</b>	21,780	22,310	22,045	22,380	0,659	0,663
<b>ISI</b>	8,655	9,037	8,846	8,961	0,728	0,739
<b>NSI</b>	19,902	21,174	20,538	20,267	0,622	0,611
<b>DI</b>	0,913	0,518	0,716	0,716	0,308	0,308
		<b>Samlet verdi:</b>	0,596		0,594	0,598

**Tabell V.2.3:** Oversikt over alle indeksverdiene beregnet ut ifra resultatene fra Stasjon 2 fra grabb A, grabb B, gjennomsnittet ( $\bar{G}$ ) for grabbene og stasjonsverdien ( $\bar{S}$ ). Fargene i tabellene angir hvilken tilstandsklasse de ulike indeksene faller inn under. Samlet verdi er gjennomsnittet fra den normaliserte nEQR som samler alle indeksene til en felles representativ verdi for stasjonen. Fargekoder: blå tilsvarer tilstandsklassen «svært god», grønn → «god», gul → «moderat», oransje → «dårlig» og rød → «svært dårlig».

St. 2	Grabb A	Grabb B	$\bar{G}$	$\bar{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\bar{S}$
S	45	46	45,5	65		
N	497	624	560,5	1121		
NQI1	0,653	0,633	0,643	0,657	0,613	0,628
H'	2,921	2,651	2,786	2,910	0,561	0,584
J	0,532	0,480	0,506	0,483		
H'max	5,492	5,524	5,508	6,022		
ES100	20,090	17,260	18,675	19,690	0,620	0,632
ISI	9,242	9,627	9,435	10,041	0,784	0,826
NSI	19,649	19,317	19,483	19,465	0,579	0,579
DI	0,646	0,745	0,696	0,696	0,323	0,323
		Samlet verdi:	0,588		0,580	0,595

**Tabell V.2.4:** Oversikt over alle indeksverdiene beregnet ut ifra resultatene fra Stasjon 3 fra grabb A og grabb B, gjennomsnittet ( $\bar{G}$ ) for grabbene og stasjonsverdien ( $\bar{S}$ ). Fargene i tabellene angir hvilken tilstandsklasse de ulike indeksene faller inn under. Samlet verdi er gjennomsnittet fra den normaliserte nEQR som samler alle indeksene til en felles representativ verdi for stasjonen. Fargekoder: blå tilsvarer tilstandsklassen «svært god», grønn → «god», gul → «moderat», oransje → «dårlig» og rød → «svært dårlig».

St. 3	Grabb A	Grabb B	$\bar{G}$	$\bar{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\bar{S}$
S	29	27	28,0	42		
N	159	112	135,5	271		
NQI1	0,677	0,673	0,675	0,695	0,647	0,669
H'	3,525	3,646	3,586	3,793	0,665	0,688
J	0,726	0,767	0,746	0,703		
H'max	4,858	4,755	4,806	5,392		
ES100	23,050	25,750	24,400	25,620	0,687	0,701
ISI	9,016	8,772	8,894	9,475	0,733	0,788
NSI	20,428	20,971	20,699	20,651	0,628	0,626
DI	0,151	0,001	0,076	0,076	0,949	0,949
		Samlet verdi:	0,731		0,724	0,737

### V.3. Beregning av indekser

#### V.3.1. Diversitet og jevnhet

Shannon-Wieners diversitetsindeks ( $H'$ ) beskrives ved artsmangfoldet ( $S$ , totalt antall arter i en prøve) og jevnhet ( $J$ , fordelingen av antall individer relatert til fordeling av individer mellom artene) (Shannon og Wiever 1949). Diversitetsindeksen er beskrevet av formelen:

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

hvor  $p_i = N_i/N$ ,  $N_i$  = antall individer av art  $i$ ,  $N$  = totalt antall individer i prøven eller på stasjonen og  $S$  = totalt antall arter i prøven eller på stasjonen.

Diversiteten er vanligvis over tre i prøver fra uforurensede stasjoner. Ved å beregne den maksimale diversitet som kan oppnås ved et gitt antall arter,  $H'_{\max}$  ( $= \log_2 S$ ), er det mulig å uttrykke jevnheten ( $J$ ) i prøven på følgende måte (Pielou 1966):

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

hvor  $H'$  = Shannon Wiener indeks og  $H'_{\max}$  = diversitet dersom alle arter er representert med ett individ. Dersom  $H' = H'_{\max}$  er  $J$  maksimal og får verdien 1.  $J$  har en verdi nær null dersom de fleste individene tilhører en eller få arter.

Hurlbert diversitetsindeks  $ES_{100}$  er beskrevet som:

$$ES_{100} = \sum_i^S \left[ 1 - \frac{\binom{N - N_i}{100}}{\binom{N}{100}} \right]$$

hvor  $ES_{100}$  = forventet antall arter blant 100 tilfeldig valgte individer i en prøve med  $N$  individer,  $S$  arter, og  $N_i$  individer av  $i$ -ende art.

### V.3.2. Sensitivitet og tetthet

Sensitivitet beskrives av indeksene ISI (Indicator Species Index), NSI og AMBI (Azti Marin Biotic Index).

Beregning av ISI er beskrevet av Rygg, 2002 og NIVA-rapport 4548-2002. Formelen for utregning av en prøves ISI-verdi er gitt ved:

$$ISI = \sum_i^S \left[ \frac{ISI_i}{S_{ISI}} \right]$$

hvor  $ISI_i$  er verdien for arten  $i$  og  $S_{ISI}$  er antall arter tilordnet sensitivitetsverdier. Hver art er tilordnet en sensitivitetsverdi (ISI-verdi), og en prøves ISI-verdi beregnes ved gjennomsnittet av artene i prøven.

NSI er utviklet med basis i norske faunadata. Her er også hver art tilordnet en sensitivitetsverdi (NSI-verdi) og individantall for hver art inngår i beregningen. Formelen for utregning av en prøves NSI-verdi er gitt ved:

$$NSI = \sum_i^S \left[ \frac{N_i \cdot NSI_i}{N_{NSI}} \right]$$

hvor  $N_i$  er antall individer og  $NSI_i$  er verdien for arten  $i$ ,  $N_{NSI}$  er antall individer tilordnet sensitivitetsverdier.

Sensitivitetsindeksen AMBI tilordner hver art en ømfintlighetsklasse (økologisk gruppe, EG): EG-I: sensitive arter, EG-II: indifferente arter, EG-III: tolerante, EG-IV: opportunistiske, EG-V: forurensningsindikerende arter, og hver økologisk gruppe har en toleranseverdi (AMBI-verdi) (Borja et al., 2000). Formelen for beregning av en prøves AMBI-verdi er gitt ved:

$$AMBI = \sum_i^S \left[ \frac{N_i \cdot AMBI_i}{N_{AMBI}} \right]$$

hvor  $N_i$  er antall individer med innenfor økologisk gruppe  $i$ ,  $AMBI_i$  er toleranseverdien for de ulike økologiske gruppene (henholdsvis 0, 1.5, 3, 3.5 og 6, for gruppe I- V, respektivt) og  $N_{AMBI}$  er antall arter tilordnet en AMBI-verdi.

DI (diversity index) er en indeks for individtetthet og er gitt ved (Veileder 02:2013):

$$DI = abs[\log_{10}(N_{0,1 m^2}) - 2,05]$$

hvor *abs* står for absoluttverdi,  $N_{0,1 m^2}$  står for antall individer pr.  $0,1 m^2$ .

AMBI og DI viser stigende verdi ved synkende (dårligere) tilstand, mens alle de andre indeksene viser synkende verdi ved synkende (dårligere) tilstand.

### V.3.3. Sammensatt indeks (NQI1)

Den sammensatte indeksen NQI1 (Norwegian quality status, version 1) bestemmes ut fra både artsmangfold og sensitivitet (AMBI).

NQI-indeksen er gitt ved formelen:

$$NQI1 = \left[ 0,5 \cdot \left( \frac{1 - AMBI}{7} \right) + 0,5 \cdot \left( \frac{\left[ \frac{\ln(S)}{\ln(\ln(N))} \right]}{2,7} \right) \cdot \left( \frac{N}{N + 5} \right) \right]$$

hvor AMBI er en sensitivitetsindeks,  $S$  er antall arter og  $N$  er antall individer i prøven.

### V.3.4. Normalisering

Ved å regne om alle indekstert til nEQR (normalised Ecological Quality Ratio) får man normaliserte verdier som gjør det lettere å sammenligne dem. nEQR gir en tallverdi på en skala mellom 0 og 1, og hver tilstandsklasse spenner over nøyaktig 0,2 (tilstandsklasse «svært dårlig» tilsvarer verdier mellom 0 – 0,2, tilstandsklasse «dårlig» tilsvarer verdier mellom 0,2 – 0,4 osv.). I tillegg til å vise statusklassen viser nEQR-verdien også hvor høyt eller lavt verdien ligger innenfor sin tilstandsklasse. For eksempel viser en nEQR-verdi på 0,75 at indeksen ligger tre firedeler i tilstandsklassen «god» (Tabell V.3.1).

Alle indeksverdier omregnes til nEQR etter følgende formel

$$nEQR = \frac{abs|Indeksverdi - Klassens nedre verdi|}{Klassens øvre indeksverdi - Klassens nedre grenseverdi} \cdot 0,2 + \text{Klassens nEQR Basisverdi}$$

**Tabell V.3.1:** Hver tilstandsklasse nEQR-basisverdi.

	nEQR basisverdi	Tilstandsklasse
<b>Klasse I</b>	0,8	Svært god
<b>Klasse II</b>	0,6	God
<b>Klasse II</b>	0,4	Moderat
<b>Klasse IV</b>	0,2	Dårlig
<b>Klasse V</b>	0	Svært dårlig

## V.4 Klassifisering av miljøtilstand ut i fra NS 9410:2007

Tabell V. 4.1: Miljøtilstanden (tilstandsklasse) deles inn i fire tilstandsklasser for resultatene fra Prøve 1 - Nærsonen fra en C-undersøkelse; «meget god», «god», «dårlig», «meget dårlig»

Miljøtilstand	Kriterier
1 – meget god	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minst 20 arter av makrofauna (&gt; 1mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m<sup>2</sup>.</li> <li>- Ingen av artene må utgjøre mer enn 65% av det totale individtallet.</li> </ul>
2 – god	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 til 19 arter av makrofauna (&gt; 1mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m<sup>2</sup>.</li> <li>- Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m<sup>2</sup>.</li> <li>- Ingen av artene må utgjøre mer enn 90% av det totale individtallet.</li> </ul>
3 – dårlig	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 til 4 arter av makrofauna (&gt; 1mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m<sup>2</sup>.</li> </ul>
4 – meget dårlig	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ingen arter av makrofauna (&gt; 1mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m<sup>2</sup></li> </ul>

## V.5 Klassifisering av forurensningsgrad (AMBI)

### AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) – Klassifisering av forurensing i økologiske grupper

Artene som har blitt klassifisert i AMBI systemet (se Borja et al 2000, Fig.2) er delt inn i fem økologiske grupper basert på toleransen til organisk tilførsel i sedimentene. Utgangstilstand er beskrevet som ikke tilført organisk materiale (lett ubalanse er noe organisk tilførsel osv).

Gruppe I – Arter som er veldig sensitive til organisk tilførsel og er tilstede ved ikke forurensede forhold (svært forurensingssensitive).

Gruppe II – Arter som ikke påvirkes av lett organisk tilførsel. Alltid tilstede i lave tettheter med ikke-betydelige variasjoner over tid (utgangstilstand til lett ubalanse) (forurensingssensitive).

Gruppe III – Arter som er tolerante til organisk tilførsel. Disse artene forekommer også under normale tilstander, men blir stimulert av organiske tilførselen (forurensingstolerante).

Gruppe IV – Andre orden opportunister (lett til markert ubalanserte situasjoner) (opportunistiske)

Gruppe V – Første orden opportunister (markert ubalanserte situasjoner) (opportunistiske)

Rådgivende Biologer A/S  
Bredsgården  
Bryggen  
5003 BERGEN  
Attn: Geir Helge Johnsen

Tlf: +47 94 50 42 42  
Fax:

**AR-14-MX-002662-01**



**EUNOBE-00011456**

Prøvemottak: 14.08.2014  
Temperatur:  
Analyseperiode: 14.08.2014-29.08.2014  
Referanse: MOM C, Masfjorden

## ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	<b>441-2014-0814-027</b>	Prøvetakingsdato:	13.08.2014		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Ådn 1 Masfjorden	Analysestartdato:	14.08.2014		
Analyse	Resultat	Enhet	MU	Metode	LOQ
<b>a) Fosfor (P)</b>					
a) Totalt fosfor (P)	1000	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	10
a) Kopper (Cu)	23.0	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1
a) Sink (Zn)	70.0	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1
a) Totalt organisk karbon (TOC)	3.0	% TS		EN 13137	0.1
<b>a) Total Nitrogen</b>					
a) Nitrogen (N)	0.25	% TS		ISO 13878	0.05
a) Total tørrstoff	40.0	% (w/w)		EN 14346	0.1
<b>* Kornfordeling 4000-63µm 7 fraksjoner</b>					
* Kornfordeling (>63µm)	Se vedlegg			Gravimetrisk	
* Total tørrstoff	45.7	%	15%	NS 4764	0.01
* Total tørrstoff glødetap	6.55	% TS	5%	NS 4764	0.01

### Tegnforklaring:

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Prøvenr.:	<b>441-2014-0814-028</b>	Prøvetakingsdato:	13.08.2014		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Ådn 2 Masfjorden	Analysestartdato:	14.08.2014		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
<b>a) Fosfor (P)</b>					
a) Totalt fosfor (P)	910	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	10
a) Kobber (Cu)	16.0	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1
a) Sink (Zn)	55.0	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1
a) Totalt organisk karbon (TOC)	2.2	% TS		EN 13137	0.1
<b>a) Total Nitrogen</b>					
a) Nitrogen (N)	0.21	% TS		ISO 13878	0.05
a) Total tørrstoff	45.0	% (w/w)		EN 14346	0.1
<b>* Kornfordeling 4000-63µm 7 fraksjoner</b>					
* Kornfordeling (>63µm)	Se vedlegg		Gravimetrisk		
* Total tørrstoff	43.6	%	15%	NS 4764	0.01
* Total tørrstoff glødetap	6.75	% TS	5%	NS 4764	0.01

Prøvenr.:	<b>441-2014-0814-029</b>	Prøvetakingsdato:	13.08.2014		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Ådn 3 Masfjorden	Analysestartdato:	14.08.2014		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
<b>a) Fosfor (P)</b>					
a) Totalt fosfor (P)	1100	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	10
a) Kobber (Cu)	35.0	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1
a) Sink (Zn)	120	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1
a) Totalt organisk karbon (TOC)	6.1	% TS		EN 13137	0.1
<b>a) Total Nitrogen</b>					
a) Nitrogen (N)	0.45	% TS		ISO 13878	0.05
a) Total tørrstoff	29.3	% (w/w)		EN 14346	0.1
<b>* Kornfordeling 4000-63µm 7 fraksjoner</b>					
* Kornfordeling (>63µm)	Se vedlegg		Gravimetrisk		
* Total tørrstoff	27.7	%	15%	NS 4764	0.01
* Total tørrstoff glødetap	10.7	% TS	5%	NS 4764	0.01

**Tegnforklaring:**

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).