

RAPPORT LNR 3841-99

Resipientundersøkelse
ved lokaliteten Kobbavika
i Finnøy kommune

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

Søndre Tollbugate 3
9000 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel RESIPIENTUNDERSØKELSE VED LOKALITETEN KOBBAVIKA I FINNØY KOMMUNE	Løpenr. (for bestilling) 3841-99	Dato 11.06.99
	Prosjektnr. Undernr. O-97052	Sider Pris 36
Forfatter(e) Evy R. Lømsland Torbjørn M. Johnsen Eivind Oug Brage Rygg	Fagområde Akvakultur	Distribusjon
	Geografisk område Rogaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Hydro Seafood Rogaland a.s	Oppdragsreferanse Nils Viga
--	--------------------------------

Sammendrag

Ved oppdrettslokaliteten Kobbavika i Finnøy kommune har det vært gjennomført miljøundersøkelser med analyser av vannsøylen og bunnforholdene. De vannkjemiske analysene viste vannmasser med næringssaltinnhold og algebiomasse normale for området. Oksygenforholdene i dypvannet var tilfredsstillende. Generelt kan forholdene på lokaliteten karakteriseres som gode, men kjemiske analyser av sedimentet, bunndyranalyser og verdier for totalt organisk karbon i vannsøylen antyder tilførsel av organisk materiale av ulik opprinnelse. Det ble registrert betydelige variasjoner over kort avstand med hensyn på organisk innhold i sedimentet. Slik oppdrettsanlegget er planlagt orientert/plassert, kan det ut fra beregninger oppstå kritiske oksygenkonsentrasjoner i strømstille perioder i merden som ligger i strømskyggen.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Hjelmeland kommune Sjøresipient Miljøundersøkelse Akvakultur 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Hjelmeland municipality Marine recipient Environmental investigation Aquaculture
--	--


Evy Rigmor Lømsland
Prosjektleder


Kari Nygaard
Forskningsleder


Bjørn Braaten
Forskningssjef

RESIPIENTUNDERSØKELSE VED
LOKALITETEN KOBBAVIKA
I
FINNØY KOMMUNE

Prosjektleder: Evy R. Lømsland

Medarbeidere: Lars G. Golmen

Unni Efraimsen

Torbjørn M. Johnsen

Inger Midttun

Einar Nygaard

Eivind Oug

Brage Rygg

Lise Tveiten

Sabine Cochrane

Forord

Denne undersøkelsen er gjennomført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) på oppdrag av Hydro Seafood Rogaland a.s med Nils Viga som kontaktperson.

Analysene av oksygen er utført ved NIVA-Vestlandsavdelingen, Bergen, mens de resterende kjemiske analyser er utført ved NIVAs laboratorium i Oslo.

Følgende personer har vært involvert i undersøkelsen: Feltarbeid, behandling av hydrografidata og modellberegninger er utført av Einar Nygaard som sammen med Lars G. Golmen har kommet med verdifulle innspill til kapasitetsvurderingene. Unni Efraimsen har gjort kornfordelingsanalysene. Lise Tveiten har sortert bunnfaunaprøvene. Inger Midttun har analysert oksygenprøver. Pirkko Rygg, Brage Rygg og Eivind Oug vært ansvarlig for identifisering og kvantifisering av bunnfauna. De to sistnevnte har i tillegg vært ansvarlig for rapportering av bunndyranalysene. Torbjørn M. Johnsen har vært ansvarlig for rapportering av kapasitetsberegningene og Evy R. Lømsland, som også har vært prosjektleder, har hatt ansvaret for den resterende del av rapporteringen.

Rapporten er kvalitetssikret av Bjørn Braaten.

Bergen, 11. juni 1999

Evy Rigmor Lømsland

Innhold

Sammendrag	5
1. INNLEDNING	6
2. MATERIALE OG METODER	7
2.1 Lokalitetsbeskrivelse og stasjoner	7
2.2 Metodikk	7
2.2.1 Hydrografi/Vannkjemi	7
2.2.2 Bunnprøver	9
2.2.3 Kapasitetsberegninger	9
3. RESULTATER	10
3.1 Hydrografi	10
3.2 Vannkjemi	12
3.3 Sedimentkjemi	14
3.4 Bunndyrsamfunn	15
4. Kapasitetsberegninger	20
4.1 Vurdering av egnethet for framtidig produksjon av 2.000 tonn fisk pr. år	20
4.1.1 Tilstand på bunnen	20
4.1.2 Tilstanden i sjøen	20
4.1.3 Vannutskiftning, stagnasjonsperioder	20
4.2 Forventet framtidig belastning	21
4.3 Driftsfaktorer	23
4.3.1 Oksygen	23
4.3.2 Ammonium	23
5. KONKLUSJONER	26
6. REFERANSER	28
Vedlegg A.	30
Vedlegg B.	34

Sammendrag

Undersøkelser av vannkvalitet, sediment og bunnfauna har i 1997 vært undersøkt ved oppdrettslokaliteten Kobbavika ved Fogn i Finnøy kommune.

De vannkjemiske analysene fra de øvre 15 meterne av vannsøylen fra april og oktober viste vannmasser med konsentrasjoner for totalt fosfor, fosfat, totalt nitrogen og nitrat som må kunne betegnes som normale for uforurensede ferskvannspåvirkede vannmasser. Algebiomassen i integrerte vannprøver (0-10 m) fra oktober lå innenfor grensen for tilstandsklasse I ("Meget god"). Verdiene av totalt organisk karbon kan indikere en viss tilførsel av organisk karbon. Oksygenforholdene i dypvannet kvalifiserer til tilstandsklasse I "Meget god".

De kjemiske analysene av sedimentprøvene viste betydelige variasjoner på stasjon 1.2, noe som indikerer flekkvis fordeling av sedimentert materiale. Basert på normalisert organisk karbon i sedimentet varierte tilstanden mellom klasse I - "Meget god" og III - "Mindre god" på stasjon 1.2, mens stasjon 1.1 plasserte seg i tilstandsklasse II - "God" ved begge anledninger. En nærmere analyse av sedimentets kjemi tyder på at stasjonene tilføres organisk materiale av ulik opprinnelse. Verdiene av kobber og sink i sedimentet lå innenfor et normalt bakgrunnsnivå.

Analyser av bunnfaunaen viste et artsmangfold som plasserer de to stasjonene innenfor henholdsvis tilstandsklasse I - "Meget god" og II - "God". Artssammensetningen på stasjon 1.1 må karakteriseres som normal fjordfauna, selv om noen av de dominerende artene er kjent for å tolerere organisk belastning. På stasjon 1.2 var faunaen arts- og individrik med en overvekt av arter som er typiske for dypere fjordområder på Vestlandet, men en av de registrerte artene er ofte en karakterart ved organisk belastning.

Totalt sett viser resultatene at lokaliteten Kobbavika tilføres noe organisk materiale, men dette synes ikke i særlig grad å påvirke bunnfaunaen i negativ retning.

En produksjonen av 2.000 tonn fisk vil medføre årlige utslipp av nitrogen og fosfor på henholdsvis 90 og 19 tonn ved förfaktor 1,06. De døgnlige utslippene fra anlegget kan for perioden med høyest biomasse (antatt 1.500 tonn) komme opp i 555 og 120 kg for henholdsvis nitrogen og fosfor.

Beregninger viser at i perioder med liten strømfart, høy sjøtemperatur (dvs. lavt oksygeninnhold i sjøen) og stor fisketetthet kan det forekomme perioder med kritiske oksygenkonsentrasjoner i merder som ligger i strømskygge. En orientering av anlegget på tvers av dominerende strømrøtning og større spredning av merdene vil redusere problemet.

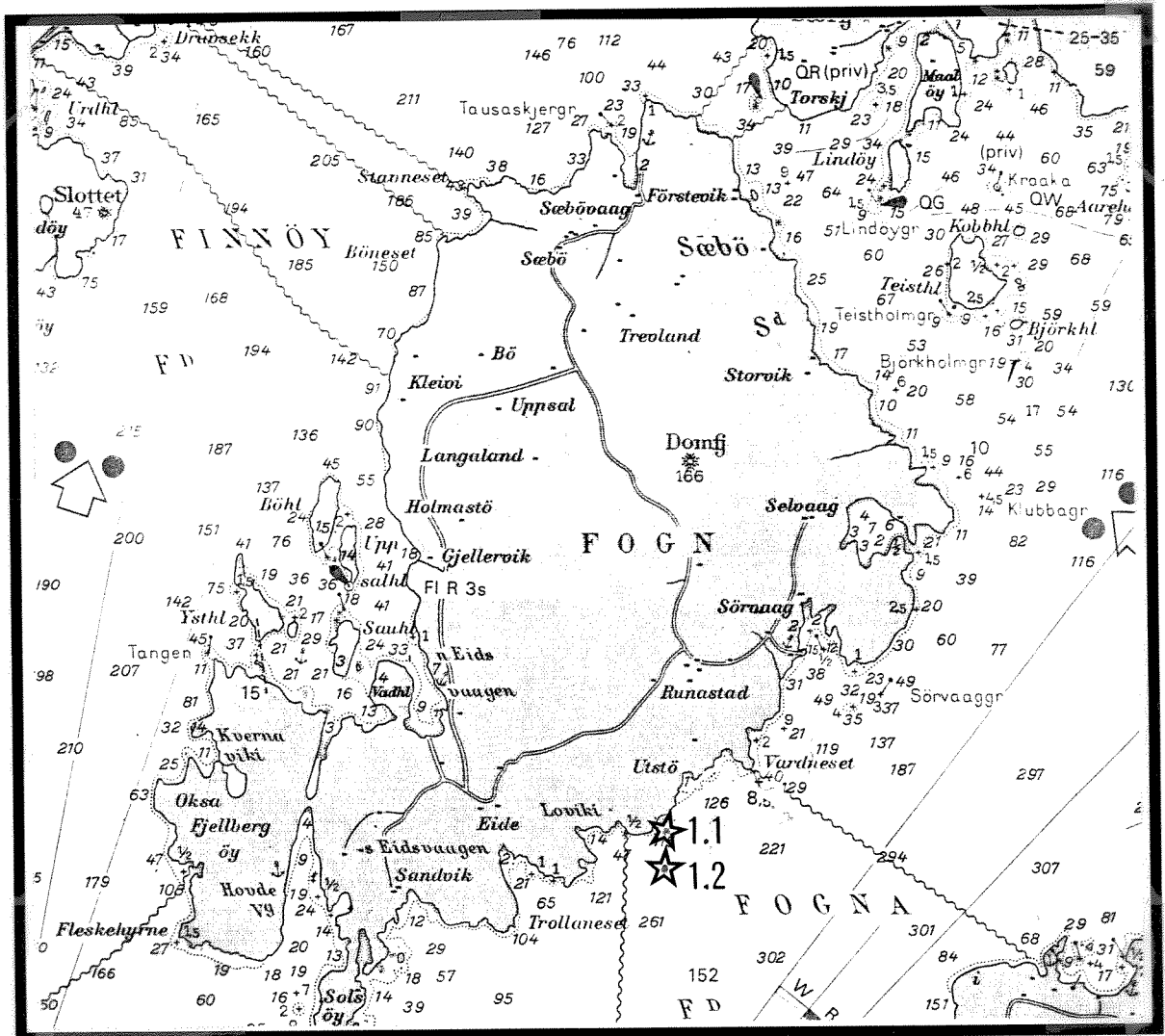
Modellberegninger med bruk av gjennomsnittsstrøm viste at ammoniumkonsentrasjonen i merdene ikke vil overstige faregrensen.


1. INNLEDNING

Hydro Seafood Rogaland a.s ønsker å etablere et stort oppdrettsanlegg ($\geq 24.000 \text{ m}^3$) på lokaliteten Kobbavika i Finnøy kommune (figur 1.1). I den forbindelse ble Norsk institutt for vannforskning (NIVA) engasjert av oppdrettsfirmaet for å gjennomføre resipientundersøkelse med analyse av egnethet for oppdrettsvirksomhet i henhold til krav fra miljøvern avdelingen hos Fylkesmannen i Rogaland. Lokaliteten har ikke tidligere vært benyttet til oppdrett av laksefisk.

Hensikten med undersøkelsen er:

1. Dokumentere miljøtilstanden på lokaliteten.
2. Vurdere lokalitetens egnethet for produksjon av 2.000 tonn laksefisk i et oppdrettsvolum på 24.000 m^3 .



Figur 1. Kart over innsamlingsområdet. De prøvetatte stasjonene på lokaliteten Kobbavika er markerte med .

2. MATERIALE OG METODER

2.1 Lokalitetsbeskrivelse og stasjoner

Lokaliteten Kobbavika ligger øst for Lovik ved den sørøstlige delen av øya Fogn i Finnøy kommune. På lokaliteten varierer dybden mellom 100 og 200 meter med minst dybde inn mot land. Bunnen i området som sannsynligvis er berg, skrånner bratt ned mot ca. 300 meters dyp i Fognafjorden.

Lokaliteten ligger i et område øst for Boknafjorden som generelt har relativt høy tetthet av oppdrettsanlegg. Området er også noe ferskvannspåvirket.

Det har vært gjennomført 2 innsamlinger (11. april og 12. oktober) av hydrografiske data, vannprøver for vannkjemisk analyse og bunnprøver for analyse av bunndyrsamfunn og sedimentkjemi på to stasjoner (**Figur 1**) i løpet av 1997.

Den ene stasjonen, stasjon 1.1, ble lagt ca. 100 meter fra land i Kobbavika (pos. N59°07,53' E05°56,11'), dvs. på det stedet hvor det er planlagt etablering av et matfiskanlegg (**Figur 2**). Den andre, stasjon 1.2, ble lagt ca. 200 meter lenger ut i Fognafjorden (pos. N59°07,43' E05°56,11').

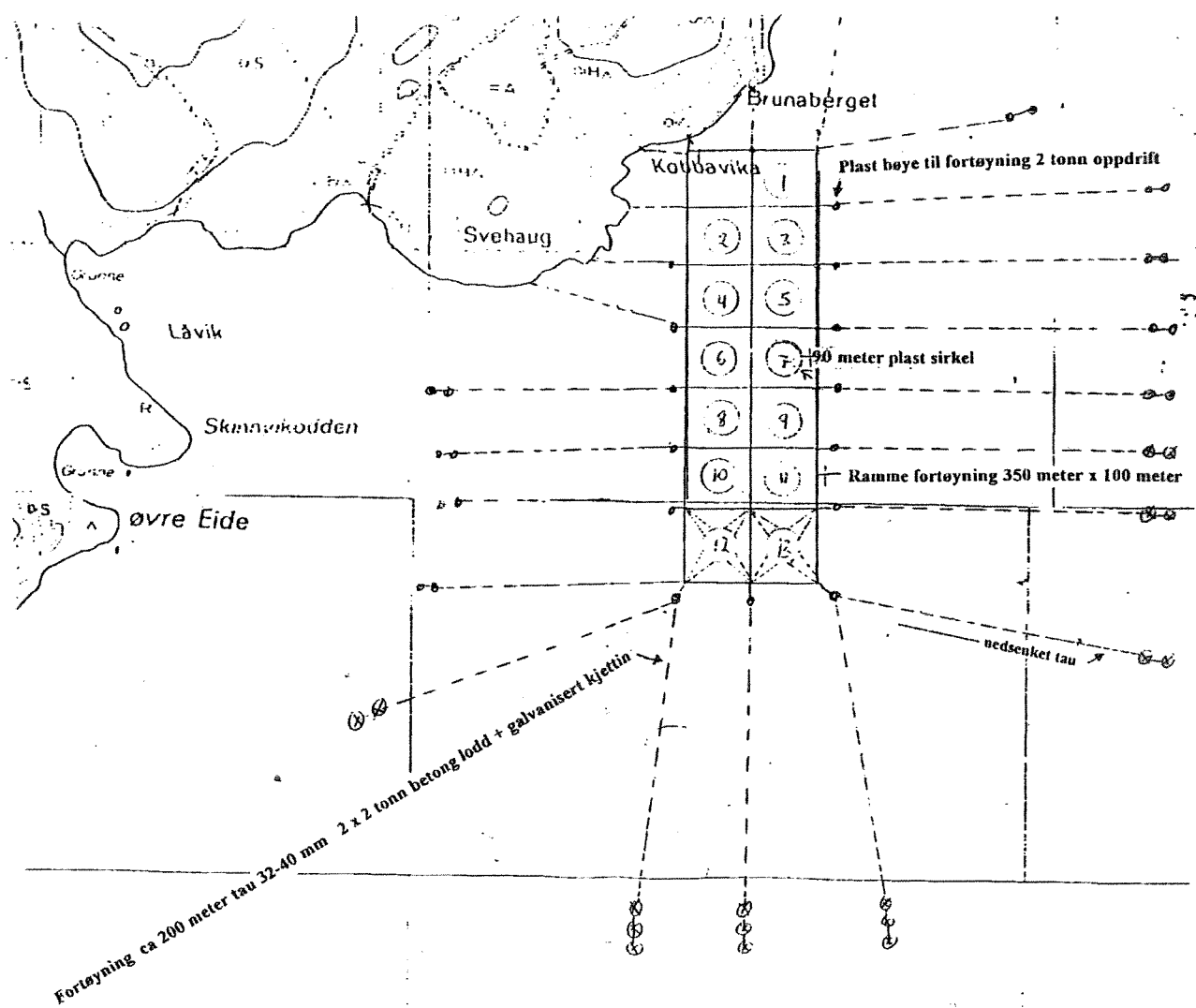
2.2 Metodikk

2.2.1 Hydrografi/Vannkjemi

Hydrografiske målinger (temperatur, salinitet og oksygen) fra overflaten til bunnen ble gjennomført på samtlige tokt ved bruk av selvregistrerende sonde av merke Seabird. I tillegg er det vår og høst tatt prøver av dypvannet på begge stasjonene ved bruk av vannhenter for analyse av oksygen etter Winklers metode.

Vannprøver for analyse av næringssalter (totalt fosfor (Tot-P), fosfat (PO₄), totalt nitrogen (Tot-N) og nitrat (NO₃)) og organisk karbon (TOC) ble tatt på 3 dyp (1, 5 og 15 meter) i april og oktober. Siktedyp med fargeangivelse ble samtidig målt.

Integrert vannprøve fra 0-10 meter for analyse av klorofyll *a* ble samlet inn ved bruk av slange i oktober. Prøvene ble filtrert på membranfilter og frosset ned for senere analyse i spektrofotometer.



Kobbavika

Anlegg på 36.000M

- 13 stk 90 meter sirkler
- Ramme fortøyning 350 meter x 100 meter.

Figur 2. Lokaliteten Kobbavika med planlagte merder inntegnet.

2.2.2 Bunnprøver

Ved bruk av van Veen-grabb ble det forsøkt tatt 2 grabbhugg på hver stasjon. Bunnforholdene ved Kobbavika var imidlertid vanskelige, med mye stein. Dette førte til mange bomskudd og ved innsamlingen i oktober resulterte dette i at kun ett skikkelig grabbhugg ble tatt på st. 1.1. For vurdering av sedimenttilstanden ble surhetsgrad (pH) målt på 1 cm dyp i sedimentet i det ene grabbhugget. Målinger av redokspotensial (Eh) ble forsøkt, men måtte gis opp på grunn av instrumentfeil.

Fra hvert grabbhugg ble det tatt ut sedimentprøver til en blandprøve for analyse av kornfordeling (andel finmateriale <63 µm), glødetap, totalt organisk karbon (TOC), nitrogen (Tot-N), fosfor (Tot-P), kobber (Cu) og sink (Zn).

Begge grabbhuggene ble siktet slik at dyr større enn 1 mm ble tatt vare på og konservert i formalin for kvalitativ og kvantitativ analyse av bunndyrsamfunnene. Før sikting ble det gjort en visuell beskrivelse og karakterisering av sedimentet på grunnlag av farge, lukt, forekomst av fôrrester osv.

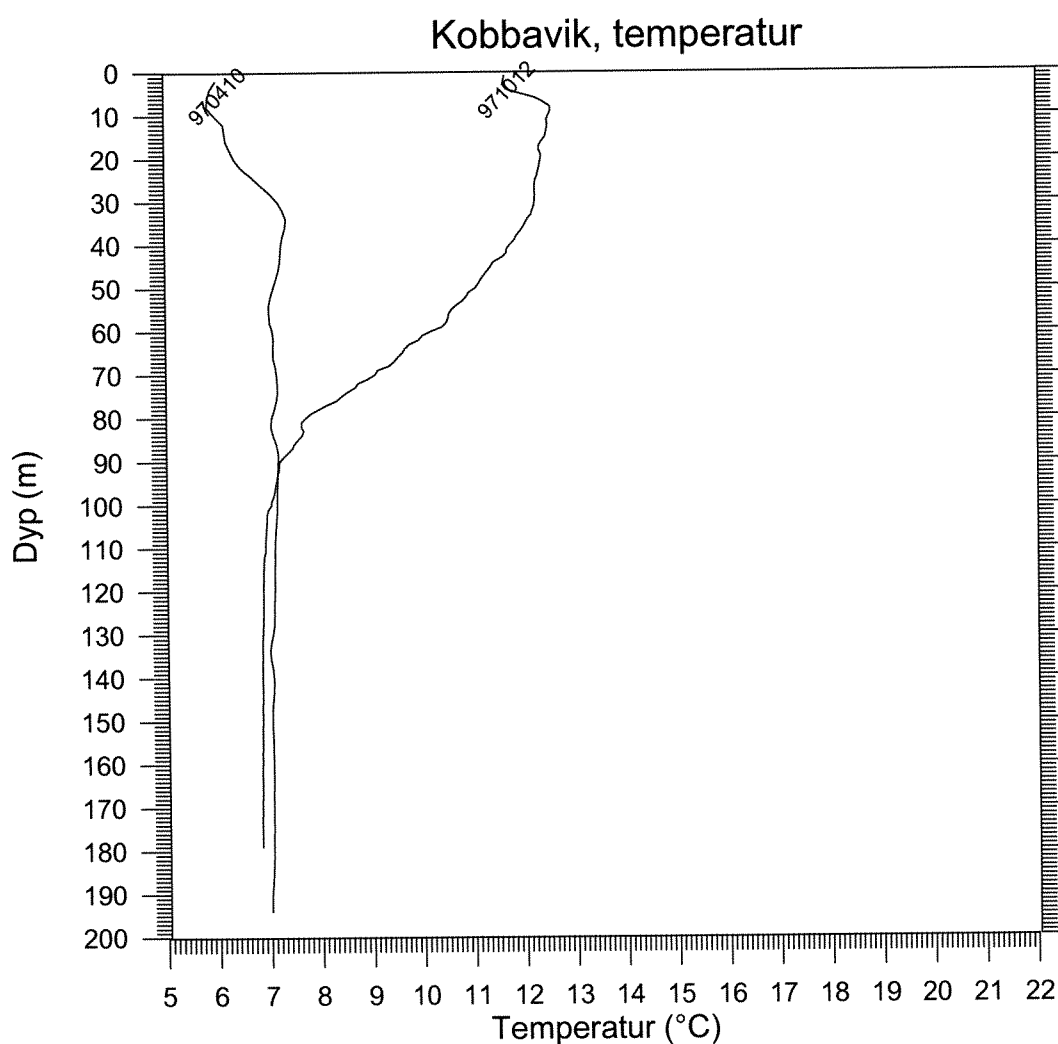
2.2.3 Kapasitetsberegninger

Beregninger av lokalitetens kapasitet er gjennomført ved bruk av modellen Fiskmeny (Stigebrandt 1986). I tillegg er det gjennomført diverse tilleggsberegninger for å finne ut om oksygenkonsentrasjonen i anlegget til tider kan komme under den anbefalte minimumsgrense på 5 mg O₂/liter.

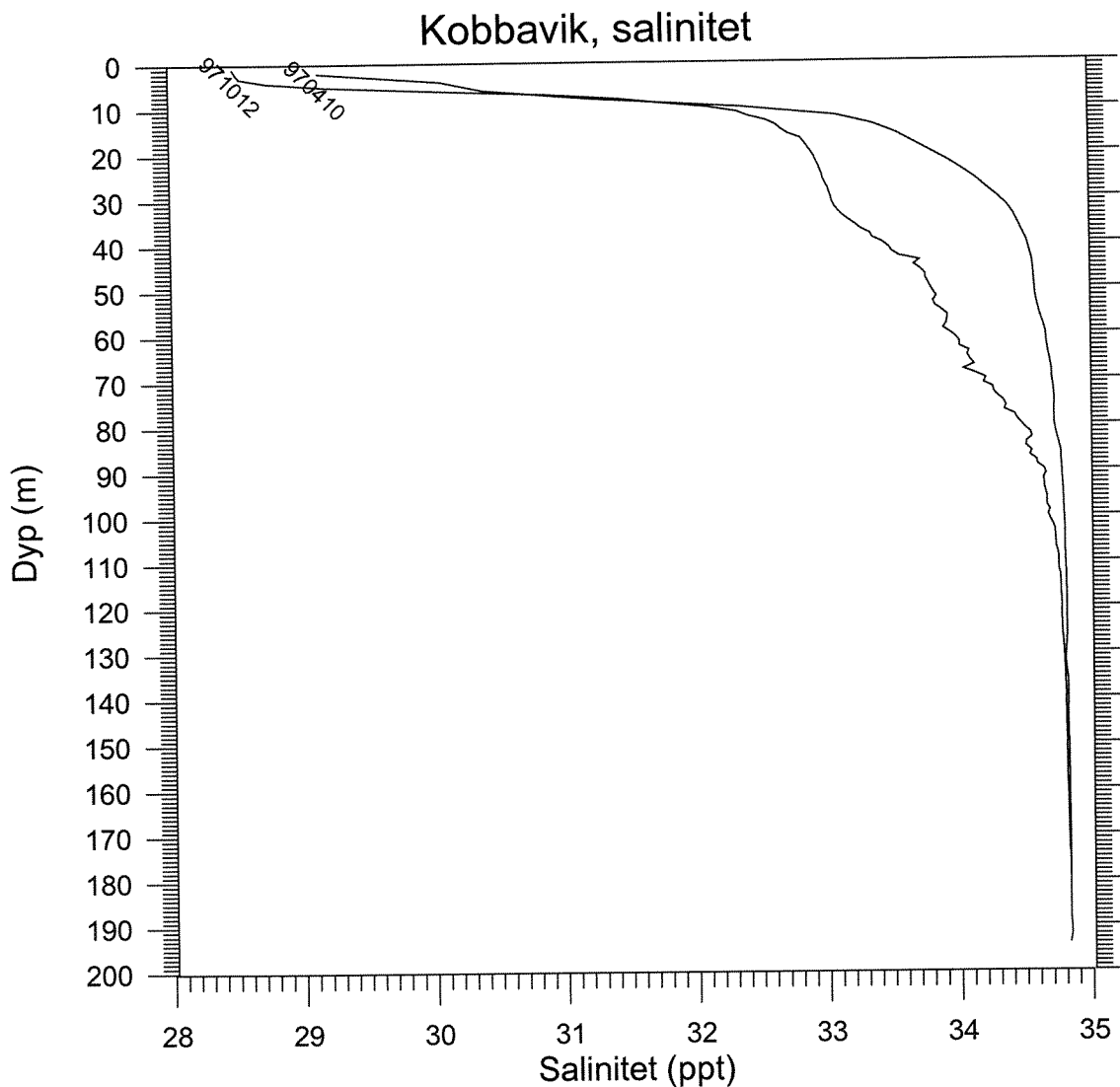
3. RESULTATER

3.1 Hydrografi

Figur 3 og Figur 4 viser temperatur og saltholdighetsprofiler på lokaliteten Kobbavika. Temperaturen var relativt homogen i hele vannsøylen i april, spesielt fra 30 m og nedover. En antydning til sprangsjikt kunne i oktober registreres på rundt 5-10 m dyp. Under dette var vannmassene relativt homogene ned til 35 m. Temperaturen avtok så gradvis nedover i dypet, men under ca. 90 m dyp var temperaturen relativt konstant.



Figur 3. Temperaturprofiler på lokaliteten Kobbavika 10. april og 12. oktober 1997.



Figur 4. Salinitetsprofiler på lokaliteten Kobbavika 10. april og 12. oktober 1997.

Det ble ved begge innsamlingene registrert et tynt brakkvannslag. Haloklinen lå på ca. 10 m dyp. I oktober var vannmassene relativt homogene med hensyn på salinitet under 30 m dyp, mens overgangssonen mellom overflatelaget og dypvannet var større i april.

Resultatene fra oksygenprøver analysert etter Winklers metode er vist i **Tabell 1**. Verdiene fra oktober var på begge stasjonene noe lavere enn aprilmålingene, spesielt var dette tilfellet på st. 1.1, men dypvannet lå på begge stasjonene innenfor tilstandsklasse I ("Meget god") etter SFTs klassifisering av miljøtilstand (Molvær et al. 1997) ved begge målingstidspunktene.

Siktedypet var 8 m på begge stasjonene om våren og 7-8 m om høsten og fargen var lys grønn..

Tabell 1. Resultater av oksygenanalyser etter Winklers metode på stasjon 1.1 og 1.2.

Dato	St. 1.1			St. 1.2		
	Dyp (m)	O ₂ (mg/l)	Siktedyp (m)	Dyp (m)	O ₂ (mg/l)	Siktedyp (m)
11.04.97	95	8,94	8	195	8.55	8
12.10.97	95	7,24	7	195	8.33	8

3.2 Vannkjemi

Resultatene av de vannkemiske analysene er vist i **Tabell 2**. Vannprøvene er tatt i april og oktober og faller derfor mellom de to periodene juni-august/desember-februar i SFT sitt klassifiseringssystem. En sen våroppblomstring kan gi relativt høye nærings saltverdier i april, ved at vinterens nærings saltforråd ikke er forbrukt.

Innsamlingen i oktober ble foretatt i en periode der det bare var en svak antydning til sprangsjikt rundt 5-10 m dyp og med relativt homogene vannmasser fra 10-35 m. Disse og andre målinger fra området viste helt tydelig at nedbrytningen av temperaturstratifiseringen var i gang. Denne prosessen fører til omrøring av vannmassene og medvirker til at næring tilføres øvre del av vannsøylen fra dypere vannlag. Klorofyllverdiene fra Kobbavika, som lå innenfor grensen til tilstandsklasse I - "Meget god", var relativt høye i forhold til en normal sommersituasjon. Verdiene tyder på at næring har blitt tilført det øvre vannlaget.

Nærings saltverdier fra 0 og 5 meters dyp lå under grenseverdien til tilstandsklasse I - "meget god" i SFT sine sommerkriterier både for totalt fosfor, fosfat og totalt nitrogen. Nitratverdiene var derimot høyere, men alle verdiene lå langt under grenseverdien for tilstandsklasse I dersom vinterkriteriene legges til grunn.

De høye nitratverdiene på 15 m dyp i april forekom sammen med relativt høye fosfatverdier, noe som indikerer tilførsel av næring fra dypere vannlag. De generelt høye nitratverdiene på 1 og 5 m uten tilsvarende høye fosfatverdier kan delvis forklares med at lokaliteten ligger i et område som er betydelig ferskvannspåvirket (se nedenfor).

I april ble det tatt tilsvarende prøver fra totalt 7 lokaliteter i området og i oktober fra totalt 6 lokaliteter. Alle lokalitetene viser i grove trekk det samme bildet. Prøvene tatt i Kobbavika skiller seg således ikke ut fra de andre områdene.

Generelt er forholdet mellom nitrogen og fosfor på vektbasis lik 7,2 for marint planteplankton. Planktoniske alger benytter hovedsaklig nitrat og fosfat som nitrogen- og fosforkilder. Hvis forholdet mellom nitrat og fosfat i vannmassene er lavere enn 7,2 (Redfieldforholdet), betyr det at nitrogentilgangen er vekstbegrensende sett fra planteplanktonets behov. Målingene viste at forholdet nitrat/fosfat var høyt i 1 og 5 m dyp. Dette indikerer at nitrogen er i overskudd i forhold til fosfat og at det stort sett er fosformangel som begrenser algenes vekst i de øvre 5 meterne. Dette er et vanlig fenomen i ferskvannspåvirkede områder. I rene marine områder

er det vanligvis nitrogen som blir den begrensende faktoren. Verdiene fra 15 m dyp viste et generelt underskudd på nitrogen.

Totalt nitrogen og fosfor inneholder summen av alle målbare nitrogen- og fosforforbindelser i vannsøylen, både organiske og uorganiske. Det vil si at de målte konsentrasjonene inkluderer både nyttbare og unyttbare forbindelser for algene, og dermed reflekterer ikke forholdet mellom Tot-N og Tot-P på samme måte som nitrat og fosfat algenes tilgjengelighet for næring. I marint miljø har det vist seg at forholdet mellom totalt nitrogen og fosfor ligger høyere enn Redfieldforholdet (Olsen & Jensen 1989). Dette viste seg klart å være tilfelle på begge stasjonene i denne undersøkelsen.

Verdiene for totalt organisk karbon (TOC) i vannmassene varierer normalt innenfor et område mellom 0,4 og 2 mg/l (Parsons et al. 1977). Enkelte av de prøvetatte dypene ved Kobbavika hadde relativt høye konsentrasjoner av TOC og indikerer en viss tilførsel av organisk karbon. Gjennomsnittverdiene for april og oktober svinger rundt øvre grense. Verdiene lå like over grensen i april og under i oktober.

Tabell 2. Resultater av næringssaltanalyser, totalt organisk karbon og klorofyll a i vannmassene.

Stasjon	Dato	Dyp (m)	Tot-P (µg/l)	PO ₄ -P (µg/l)	Tot-N (µg/l)	NO ₃ -N (µg/l)	NO ₃ /PO ₄	TOC (mg/l)	Tot. N/P	Klf.a. (µg/l)
St. 1.1	10.04.97	1	8	3	128	26	8,7	3,0	16,0	
		5	7	3	128	26	8,7	1,5	18,3	
		15	19	15	185	86	5,7	1,4	9,7	
St. 1.2		1	7	3	155	30	10,0	1,4	22,1	
		5	7	3	129	30	10,0	2,1	18,4	
		15	15	11	170	72	6,5	3,1	11,3	
St. 1.1	12.10.97	1	6	2	160	28	14,0	1,9	26,7	1,88
		5	6	2	200	28	14,0	1,7	33,3	
		15	9	6	147	33	5,5	1,7	16,3	
St. 1.2		1	7	2	160	29	14,5	2,0	22,9	1,82
		5	7	2	160	27	13,5	1,6	22,9	
		15	10	6	147	38	6,3	1,8	14,7	

3.3 Sedimentkjemi

Tabell 3 og **Tabell 5** viser innhold av organisk materiale, metaller, prosentvis andel av finfraksjon i sedimentets øvre 2 centimeter og pH i sedimentets porevann på 1 cm sediment-dyp. Det var stor variasjon mellom de to innsamlingene, noe som antyder en betydelig flekkvis fordeling av sedimentert materiale. Bunntypen synes i hovedsak å være sterkt skrånende berg med enkelte lommer med sedimentert materiale. Særlig er dette tilfellet for st. 1.1.

Tabell 3. Organisk materiale, %-vis andel partikler <63 µm og pH i sedimentet.

Stasjon	Dato	Dyp (m)	Total gløderest (g/kg)	% organisk materiale Glødetap	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	<63 µm (%)	pH
St. 1.1	11.04.97	100	964	3,6	8,7	43,3	29,9	7,4
St. 1.2	11.04.97	200	928	7,2	16,9	94,3	90,1	7,5
St. 1.1	12.10.97	110	950	5,0	17,0	50,9	23,7	7,7
St. 1.2	12.10.97	200	900	10,0	21,9	100,0	75,4	7,5

Med unntak av st. 1.2 i oktober som hadde middels høyt glødetap (jfr. **Tabell 3** og **Tabell 5**), var verdiene for glødetap (dvs. % organisk materiale) lave (jfr. **Tabell 4**). Verdiene for normert organisk karbon på stasjon 1.1 lå innenfor tilstandsklasse II - "God" ved begge innsamlingene. På stasjon 1.2 varierte imidlertid innholdet mellom tilstandsklassene I - "Meget god" og III - "Mindre god", i følge SFT sitt klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997).

I sedimenter hvor det organiske materialet i hovedsak har marin opprinnelse (f.eks. dødt plankton), er forholdstallet mellom karbon og nitrogen normalt 6-10, mens det i sedimenter som tilføres betydelige mengder materiale fra land, vil ligge over 10. I havet er det plante

Tabell 4. Klassifiseringsskala for organisk belastning av bunnsediment (Bjerknes et al. 1988).

Total organisk karbon (mg/g)	Klassifisering	Glødetap
>100	Svært høy	>25
60-100	Høy	15-25
30-60	Middels	7,5-15
15-30	Lav	4-7,5
<15	Svært lav	<4

Tabell 5. Resultater av sedimentanalyser.

Stasjon	Dato	Dyp M	TN mg/g	Tot-P mg/g	TOC mg/g	Norm TOC Mg/g	SFT klasse	C/N	N/P	P/C
St. 1.1	11.04.97	100	<1,0	0,77	8,3	20,9	II	>8,3	<1,3	0,093
St. 1.2	11.04.97	200	2,1	0,79	17,8	19,6	I	8,5	2,7	0,044
St. 1.1	12.10.97	110	1,8	0,23	12,9	26,6	II	7,2	7,8	0,018
St. 1.2	12.10.97	200	3,7	0,22	25,8	30,2	III	7,0	16,8	0,009

planktonet som assimilerer næringsstoffene i vannet og omdanner disse til organisk materiale. Denne assimilerte næringen blir så overført til høyere trofiske nivå gjennom næringskjeden. For planteplankton i god vekst er det atomære forholdet mellom karbon (C), nitrogen (N) og fosfor (P) = 106:16:1 (Redfieldforholdet). På vektbasis gir dette et C/N-forhold på 5,7, et N/P-forhold på 7,2 og et P/C-forhold på 0,024. Dyreplankton og bakterier binder en prosentvis større andel av det tilgjengelige fosforet enn karbon og har derfor et høyere P/C-forhold enn planteplankton.

C/N-forholdet viste relativt normale verdier for et marint sediment. N/P forholdet på stasjon 1.2 i oktober antyder imidlertid en viss anrikning av nitrogen, mens P/C forholdene i april, spesielt på stasjon 1.1, antyder fosforanrikning. Verdiene tyder på tilførsel av organisk materiale av ulik opprinnelse.

Kobber (Cu) inngår ofte som begroingshindrende middel i notimpregnering og finnes derfor ofte i forhøyede konsentrasjoner under oppdrettsanlegg. Sinkinnholdet (Zn) i fiskefôr er relativt høyt og forspill gir derfor forhøyede Zn-konsentrasjoner nær oppdrettsanlegg. For å få en indikasjon på bakgrunnverdiene på lokaliteten før eventuell drift starter opp, ble det analysert på disse to metallene. På begge stasjonene lå som forventet både kobber- og sinkverdiene (jfr. **Tabell 3**) innenfor tilstandsklasse I ("Ubetydelig-Lite forurenset") etter SFTs klassifiseringssystem.

3.4 Bunnnyrsamfunn

Oversikt over artsforekomstene er gitt i **Tabell 6**, **Tabell 7**, **Tabell 8** og **Vedlegg A**.

Karakteristikk:

Stasjon 1.1. I bunnfaunaen var det forholdsvis høye artstall og individtettheter. Artsmangfoldet var høyt, og basert på arts mangfoldet får stasjonen karakteristikken "Meget god" tilstand etter SFTs miljøkvalitetskriterier. Også artsindeksen (AI) tok forholdsvis høy verdi, som viser at det var et betydelig innslag av forurensningsømfintlige arter i faunaen. Artssammensetningen må karakteriseres som normal fjordfauna, men noen av de dominerende artene (f.eks. *Pseudopolydora*) er kjent for å tolerere organisk belastning. Sedimentet var forholdsvis grovt, som indikerer at lokaliteten er strømpåvirket. I oktober var prøvetakingen

problematisk og bare en god prøve ble tatt. Bunnsedimentet hadde moderat til lavt organisk innhold. Basert på organisk karbon (TOC) (**Tabell 5**) får sedimentet karakteristikken "God" tilstand etter SFTs kriterier. Resultatene for de to prøvetakingene (april, oktober) var nokså like. Lokaliteten har gode forhold, men den høye individtettheten kan indikere en viss stimulering fra organiske tilførsler.

Stasjon 1.2. I bunnfaunaen var det normale til litt lave artstall og normale individtettheter. Artsmangfoldet var normalt til høyt, og basert på arts mangfoldet får stasjonen god karakteristik etter SFTs miljøkvalitetskriterier. Artsindeksen (AI) tok høy verdi, som viser at det var et betydelig innslag av forurensningsømfintlige arter i faunaen. Artssammensetningen var normal med overvekt av arter som er typiske for dypere fjordområder på Vestlandet (f.eks. *Spiophanes*, *Onchnesoma*, *Paramphinome*, *Thyasira ferruginea*), men en av artene (*Pseudopolydora*) er ofte en karakterart ved organisk anrikning. Resultatene for bunnfaunaen ved de to prøvetakingene (april, oktober) var nokså like. Bunnsedimentet var finkornet, men hadde også forholdsvis høyt innslag av grus og skjellsand. Ved prøvetakingen i april hadde sedimentet lavt organisk innhold (**Tabell 5**) og får karakteristikken "Meget god" tilstand etter SFTs miljøkvalitetskriterier. Ved prøvetakingen i oktober hadde sedimentet moderat organisk innhold og får karakteristikken "Mindre god" tilstand. Det organiske materialet var i april noe anriket av fosfor, mens det i oktober var noe anriket av nitrogen. Forskjellene kan gjenspeile litt ujevn sedimentfordeling på lokaliteten eller varierende tilførsler. Lokaliteten har gode forhold, men kan synes å tilføres noe organisk materiale.

Tabell 6. Prøvetaking av bunnfauna ved Fogn 10. april og 12. oktober 1997. Alle prøvene ble tatt med 0,1 m² van Veen bunngrabb.

Stasjon	Dyp	Antall prøver	Fyll.-grad	Observasjoner	Sikterest (materiale > 1 mm)
<i>10. april</i>					
St. 1	110	2	1/1	Grå fin leire, litt skjell og rør i prøvene. Noen bomskudd under prøvetakingen	1 liter: skjellsand, noe sand og grus. Fragmenter av tang og tare
St. 2	200	2	1/1	Grå leire	0.5 liter: grus, småstein skjellbiter
<i>12. okt.</i>					
St. 1	110	1	2/3	Leire med skjellsand. Mange bomskudd under prøvetakingen.	3 liter: skjellsand, grus og stein
St. 2	200	2	1/1	Grå finkornet leire	6 liter: skjellsand, sand, grus og stein. En del fragmenter av tang og tare

Tabell 7. Antall arter, individtall, individtettheter og artsmangfold i prøvene av bunnfauna fra Fogn 10. april og 12. oktober 1997. Artsmangfoldet er gitt ved Shannon-Wiener indeksen (H'), og indeksen $ES_{(100)}$ som gir forventet antall arter ved en prøve på 100 individer. Indeksen AI (artsindeks) gir et mål for forekomst av forurensningsømfintlige arter i prøven, verdier >6 indikerer normale forhold. Tilstandsklasse i henhold til SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet er også vist (Molvær et al. 1997).

Stasjon	Areal	Artstall	Ind.	Ind/m ²	H'	E(S ₁₀₀)	AI	SFT Klasse	
<i>10.april</i>									
1.1 ¹⁾	grabb 1	0.1	61	364					
	grabb 2	0.1	60	558					
	sum	0.2	80	922	4610	4.94	34.2	7.9	I 'meget god'
1.2 ¹⁾	grabb 1	0.1	21	139					
	grabb 2	0.1	32	193					
	sum	0.2	36	332	1660	3.33	20.0	8.8	II 'god'
<i>12. okt.</i>									
1.1 ¹⁾		0.1	73	485	4850	4.39	32.7	7.7	I 'meget god'
1.2 ¹⁾	grabb 1	0.1	50	340					
	grabb 2	0.1	37	257					
	sum	0.2	62	597	2985	4.55	29.5	8.3	I 'meget god'

1) Gruppen Nematoda (rundmark) er ikke tatt med i beregningene fordi disse ikke samles kvantitativt ved prøvetakingen.

Tabell 8. De viktigste artene i prøvene av bunnfauna fra Fogn 10. april og 12. oktober 1997. De ti mest individrike artene på hver stasjon ved hver innsamling er vist. Individtallene representerer en grabbprøve (0,1 m²) for St. 1 i oktober, mens det er sum av to grabbprøver (0,2 m²) for St. 1 i april og for St. 2 ved begge innsamlingene.

Stasjon 1

Art	Gruppe	10. april	12. oktober
<i>Nemertinea ind</i>	NEMERTINEA	112	3
<i>Amythasides macroglossus</i>	POLYCHAETA	108	-
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	POLYCHAETA	81	154
<i>Pseudopolydora paucibranchiata/sp.</i>	POLYCHAETA	59	29
<i>Sosane sulcata</i>	POLYCHAETA	51	-
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	SIPUNCULIDA	42	1
<i>Eclysippe vanelli</i>	POLYCHAETA	37	26
<i>Tharyx mcintoshii/sp.</i>	POLYCHAETA	32	32
<i>Exogone spp.</i>	POLYCHAETA	29	6
<i>Thyasira equalis</i>	BIVALVIA	28	17
<i>Ampharetida ind</i>	POLYCHAETA	-	37
<i>Spiophanes spp.</i>	POLYCHAETA	24	23
<i>Sosanopsis wireni</i>	POLYCHAETA	-	19
<i>Caudofoveata ind.</i>	MOLLUSCA	22	8
<i>Irregularia ind</i>	ECHINODERMATA	-	8

Stasjon 2

Art	Gruppe	10. april	12. oktober
<i>Pseudopolydora paucibranchiata/sp.</i>	POLYCHAETA	129	65
<i>Spiophanes spp.</i>	POLYCHAETA	43	52
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	SIPUNCULIDA	30	45
<i>Nemertinea ind.</i>	NEMERTINEA	27	26
<i>Heteromastus filiformis</i>	POLYCHAETA	25	18
<i>Terebellides stroemi</i>	POLYCHAETA	10	7
<i>Eriopisa elongata</i>	AMPHIPODA	10	12
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	POLYCHAETA	9	105
<i>Caudofoveata ind</i>	MOLLUSCA	6	3
<i>Ceratocephale loveni</i>	POLYCHAETA	3	-
<i>Myriochele oculata</i>	POLYCHAETA	-	45
<i>Thyasira ferruginea</i>	BIVALVIA	-	30
<i>Eudorella truncatula</i>	CUMACEA	-	21
<i>Sosanopsis wireni</i>	POLYCHAETA	-	20
<i>Eclysippe vanelli</i>	POLYCHAETA	2	19

4. Kapasitetsberegninger

4.1 Vurdering av egnethet for framtidig produksjon av 2.000 tonn fisk pr. år

4.1.1 Tilstand på bunnen

Resultatene av de kjemiske analysene av sedimentet i Fognafjorden viste at karbonet i sedimentet er av marin opprinnelse. Analysene av bunnfaunaen konkluderer med at sammensetningen er normal og typisk for dypere fjorder på Vestlandet, men med forekomst av en art som ofte forbindes med sediment som er noe anrikt med organisk materiale.

Strømmålinger gjennomført i mars-april 1997 viste at på 3 meters dyp var det periodevis (1-4 dager) strøm enten i sørvestlig eller i nordøstlig retning. På 15 meters dyp var strømmen svakere og mindre retningsstabil (Nygaard 1997a).

4.1.2 Tilstanden i sjøen

Vannprøver for analyse av næringssalter tatt rett på lokaliteten for det planlagte oppdrettsanlegget i Kobbavika og ca. 200 meter lenger ut i Fognafjorden viste gode forhold (**Tabell 2**) sett i relasjon til SFTs vannkvalitetskriterier. Vanligvis er det naturlig et minimum av næringssalter i sjøens overflatelag (ovenfor nedre sprangsjikt) om sommeren - gjerne med de laveste verdiene i juli-september (Aure & Johannessen 1997). For totalt nitrogen og totalt fosfor kan variasjonene mellom sommer og vinter dreie seg om henholdsvis 50 og 100%. I denne undersøkelsen foreligger det målinger kun fra april og oktober slik at variasjonene i totalt nitrogen og fosfor fra sommer til vinter i vannmassene ved Kobbavika ikke kan vurderes.

Næringssaltkonsentrasjonene i april ble målt i en våroppblomstringsperiode hvor ikke hele næringssaltforrådet fra vinteren var forbrukt. Målingene i oktober ble tatt lik i etterkant av en omrøringsperiode og næringssaltkonsentrasjonene ligger på et nivå som tilsvarer en mellom-situasjon mellom sommer og vinter (Bokn et al. 1996).

4.1.3 Vannutskiftning, stagnasjonsperioder

For å få best mulig vannutskiftning i det planlagte anlegget ved Kobbavika (**Figur 2**), bør anlegget orienteres i nordvestlig-sørøstlig retning. Da vil merdene være orientert vinkelrett på de dominerende strømretningene på lokaliteten (Nygaard 1997a).

Strømmålingene gjennomført av NIVA i mars-april 1997 viste en middelvei for strømfart på 10,57 og 3,10 cm/s på henholdsvis 3 og 15 meters dyp (Nygaard 1997a).

Middelstrømverdiene var noe lavere enn det en typisk finner på en kystlokalitet eller på lokaliteter lenger nord der tidevannsutskiftningen er større. Verdiene avviker imidlertid ikke særlig fra det som ble målt av NIVA for Hydro Seafood Rogaland a.s på andre lokaliteter i Rogaland i 1997 (Nygaard 1997 a, b, c).

Målingene viste lite innslag av motsatt rettet strøm på de to måledypene slik en ofte finner i sterkt sjiktede fjorder.

Varighet av perioder med svak strøm kan være en begrensende faktor for produksjon/egnetet i forhold til det å opprettholde tilfredsstillende vannkvalitet for fisken i merdene (Nygaard & Golmen 1997). Det er derfor naturlig å vurdere egnetheten ut fra dette kriteriet. Målingene i mars-april 1997 viste at lengste periode med strøm under 1,1 cm/s var 0,2 timer på 3 meters dyp og 12,8 timer på 15 meters dyp.

4.2 Forventet framtidig belastning

Fiskeoppdrett er en av de største bidragsyterne når det gjelder norske tilførsler av antropogent fosfor og nitrogen til sjøvann i kystområdene på Vestlandet (Tjomsland & Braaten 1996). Spesielt gjelder dette fosfor hvor beregninger viser at ca. halvparten av den totale tilførsel av fosfor for kyststrekningen fra Rogaland til Stad, kommer fra akvakultur (Molvær 1997). Disse tilførslene kommer som mange små punktutslipp over et stort område. Lokalt kan slike utslipp ha en eutrofierende virkning, men totalt sett utgjør de antropogene utslippene av næringsalter bare et lite bidrag til innholdet av næringsalter i vannmassene (Aure & Stigebrandt 1990). I den nasjonale utredningen om eutrofisituasjonen på kyststrekningen Jomfruland-Stad (Molvær 1997) ble det likevel uttrykt et klart behov for ytterligere kunnskap om fosfor- og nitrogenutslippene fra akvakulturnæringen. Derfor er det viktig å kvantifisere disse tilførslene når en skal vurdere mulige effekter av framtidig belastning fra store fiskeoppdrettsanlegg.

Tilførslene av nitrogen og fosfor avhenger av fóring og fiskeproduksjon. Fórfaktoren ved moderne anleggsdrift nærmer seg 1,0. Statistikk for 1996 viser verdier på rundt 1,1-1,2 for matfiskanlegg i vestlandsfylkene (Fiskeridirektoratet 1997). For Rogaland og Skagerrakkysten var middelverdien 1,23, dvs. noe høyere enn for fylkene lenger nord. For å beregne den totale årlige maksimale tilførselen av nitrogen og fosfor, har vi benyttet samme metode som i Molvær (1997):

$$\text{Nitrogentilførsel (tonn)} = (\text{Fór} * 0,070) - (\text{Fiskeproduksjon} * 0,029)$$

$$\text{Fosfortilførsel (tonn)} = (\text{Fór} * 0,0134) - (\text{Fiskeproduksjon} * 0,0045)$$

For verdier for fórfbruk ("Fór") har vi tatt utgangspunkt i produsert fiskemengde multiplisert med fórfaktoren.

Framtidige årsproduksjoner på henholdsvis 1.300 og 2.000 tonn laks vil tilsvare følgende nitrogen- og fosfortilførsler ved en fórfaktor på 1,06 (N. Viga, pers. medd. 1998):

Tilførsler pr. år	Årsproduksjon 1.300 tonn	Årsproduksjon 2.000 tonn
Totalt nitrogen (avrundet)	59 tonn	90 tonn
Totalt fosfor (avrundet)	13 tonn	19 tonn

En forbedring av førfaktoren vil naturlig nok redusere tilførslene ved at en større andel av føret bindes i fisken.

Tilførslene vil imidlertid variere over året med de største tilførslene i månedene april-juli da det vil være mest fisk i anlegget (N. Viga, pers. med.). De daglige tilførslene kan da være 3-4 ganger høyere enn ellers i året (3 ganger benyttet i beregningene). I perioden med mest fisk i anlegget kan det antas at fiskemengden vil være 975 og 1.500 tonn ved produksjon av henholdsvis 1.300 og 2.000 tonn fisk. Føring og ekskresjon fra fisken vil i måneden med størst utføring og produksjon føre til gitte mengder tilførsler av fosfor og nitrogen hvor det kan antas at 50-60% (gj.snitt. 55%) av fosforet og inntil 80-90% (gj.snitt. 85%) av nitrogenet løses i sjøen, mens resten er partikulært bundet (fekalier, førspill) og synker til bunns. Hvis en antar at de daglige tilførslene under maksimal føring er 3 ganger høyere enn ellers i året og at førfaktoren er 1,06, vil de framtidige utslippene pr. døgn i en periode med høy produksjon beregnes til:

Estimerte tilførsler pr. døgn ved maksimal føring	Totalt	Vannløst
Årlig produksjon: 1.300 tonn		
Totalt nitrogen (avrundet)	360 kg/døgn	305 kg/døgn
Totalt fosfor (avrundet)	80 kg/døgn	45 kg/døgn
Årlig produksjon: 2.000 tonn		
Totalt nitrogen (avrundet)	555 kg/døgn	470 kg/døgn
Totalt fosfor (avrundet)	120 kg/døgn	65 kg/døgn

En redusert førfaktor vil resultere i utslippsreduksjoner både for fosfor og nitrogen.

4.3 Driftsfaktorer

4.3.1 Oksygen

Oksygen vil kunne være en problemfaktor i perioder med maksimal produksjon, svak strøm og høy sjøtemperatur som gir liten oksygenkonsentrasjon i sjøen. Gjennomsnittlig strømfart ved målt stagnasjon (pga. friksjon i rotor på strømmåler) er ved Kobbavika beregnet til 1,0 og 0,5 cm/s på henholdsvis 3 og 15 meter. Lengste periode med denne strømfarten ble målt til 0,1 og 11,9 timer på de to dypene. Dette er benyttet for å finne oksygenkonsentrasjonen inne i en merd som ligger rett mot strømmen og i en merd som ligger i strømskyggen fra en foranliggende merd. I disse beregningene er merdene antatt å være kvadratiske (25x25 meter, omtrent tilsvarende areal som en 90-metring) og med et dyp på 25 meter. Oksygenforbruket er satt til 10 kg O₂ pr. tonn fisk pr. døgn. Utgangskonsentrasjonen for oksygen er satt lik 9 mg/l. Ved høy fisketetthet er det beregnet 150 tonn fisk i hver merd, noe som vil tilsvare omtrent 2.000 tonn fisk for hele anlegget. Merd 2 er nedstrøms Merd 1, og 75% av vannet som strømmer inn i Merd 2 er antatt å komme fra Merd 1.

Beregninger viser at oksygenkonsentrasjonen i Merd 1 kan komme helt ned i 3,0 mg O₂/l på 15 meters dyp (**Figur 5**). For Merd 2 (merden som ligger i strømskyggen) viser beregningene at muligheten for kritiske oksygenkonsentrasjoner er tilstede på 15 meters dyp under "strømstille" perioder. Under slike perioder er det beregnet at oksygenkonsentrasjonen i kan bli lavere enn 0,1 mg O₂/l (jfr. **Figur 5**). På 3 meters dyp viser strømmålingene at "strømstille" perioder sjelden forekommer, og det fører til gode oksygenforhold både i Merd 1 og Merd 2.

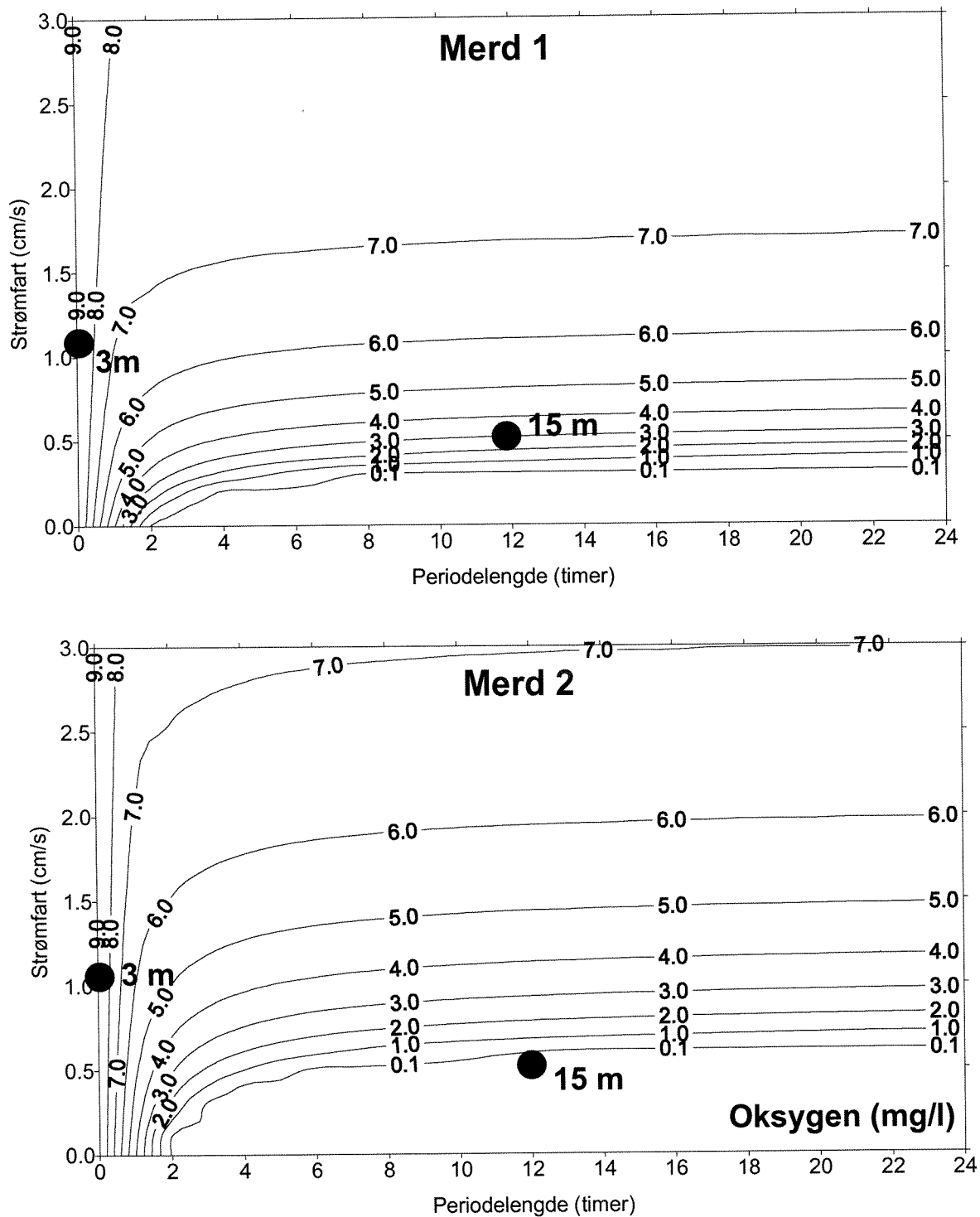
I tillegg er modellen Fiskmeny (Stigebrandt 1986) benyttet for å beregne miljøbelastningen som det planlagte matfiskanlegget ved Kobbavika vil forårsake. Resultatene av modellkjøringen viser ingen fare for at oksygenkonsentrasjonen nær overflaten i merdene vil komme lavere enn den anbefalte nedre grense på 5 mg O₂/l (Vedlegg B). Selv om beregningene i denne modellen utføres for gjennomsnittlig strøm og ikke tar hensyn til forholdene som oppstår under perioder med strømstille/liten strømfart, er det liten fare for dårlige oksygenforhold nær overflaten på grunn av sjelden forekomst av strømstille.

Ut fra beregningsresultatene anbefales det å gjennomføre oksygenmålinger i anlegget ved Kobbavika sommerstid for å kontrollere om det er lavt oksygennivå i de dypere deler av merdene (spesielt de som ligger i strømskyggen) som kan være stress og vekstbegrensende for fisken.

4.3.2 Ammonium

Ammoniakk/ammonium vil teoretisk sett kunne representere en begrensende faktor mht. giftvirkning av ammoniakk. Det meste av nitrogenet utskilles over gjellene som ammoniakk. Antar en at 80% av nitrogenutskillelsen er ammoniakk, tilsvarer dette 480 kg NH₃/døgn i en periode med sterk tilvekst. En stor del av ammoniakken oksyderes raskt til ammonium, men noe vil bestå som ammoniakk.

Kobbavik, 150 tonn fisk pr. merd



Figur 5. Beregnet oksygenkonsentrasjon i merd som ligger rett mot strømmen (Merid 1) i Kobbavika og i merd som ligger i strømskyggen fra foranliggende merd (Merid 2) ved 150 tonn fisk pr. merd.

I modellen Fiskmeny benyttes en ammoniumkonsentrasjon på 0,5 mg/l som grenseverdi for dårlig vannkvalitet i merdene. Modellkjøringene ga som resultat at ammonium i merdene sannsynligvis ikke vil være et problem – iallfall ikke i det øvre vannlaget – med den størrelse og fiskeproduksjon som er planlagt for anlegget ved Kobbavika.

5. KONKLUSJONER

De vannkjemiske analysene fra de øvre 15 meterne av vannsøylen fra april og oktober viste vannmasser med konsentrasjoner for totalt fosfor, fosfat, totalt nitrogen og nitrat som må kunne betegnes som normale for uforurensede ferskvannspåvirkede vannmasser. Klorofyll a-verdiene for integrerte vannprøver fra 0 til 10 meter lå i oktober innenfor grensen for tilstandsklasse I ("Meget god"). Verdiene for totalt organisk karbon på enkelte dyp om våren kan indikere en viss tilførsel av organisk materiale.

Både vår og høst viste målinger at dypvannet har tilfredsstillende oksygenforhold (tilstandsklasse I ("Meget god")).

De kjemiske analysene av sedimentprøvene viste betydelige variasjoner på stasjon 1.2, noe som indikerer flekkvis fordeling av sedimentert materiale. Basert på normalisert organisk karbon i sedimentet varierte tilstanden mellom klasse I - "Meget god" og III - "Mindre god" på stasjon 1.2, mens stasjon 1.1 plasserte seg i tilstandsklasse II - "God" ved begge anledninger. En nærmere analyse av sedimentets kjemi antyder fosforanrikning i april, spesielt på stasjon 1.1, mens stasjon 1.2 i oktober synes nitrogenanrikt. Dette tyder på at stasjonene tilføres organisk materiale av ulik opprinnelse. Verdiene av kobber og sink i sedimentet lå innenfor et normalt bakgrunnsnivå og forholdene kan med bakgrunn i dette karakteriseres som "Ubetydelig-Lite forurenset".

Analyse av bunnfaunaen viste en høy artsindeks (A1) og miljøforholdene kan karakteriseres som "Meget god" og "God" på henholdsvis stasjon 1.1 og 1.2. Artssammensetningen på den grunneste stasjonen (st. 1.1) må karakteriseres som normal fjordfauna, selv om noen av de dominerende artene er kjent for å tolerere organisk belastning. På den dypere liggende stasjonen (st. 1.2) var faunaen arts- og individrik med en overvekt av arter som er typiske for dypere fjordområder på Vestlandet, men en av de registrerte artene er ofte en karakterart ved organisk belastning.

Totalt sett viser resultatene at lokaliteten Kobbavika tilføres noe organisk materiale, men dette synes ikke i særlig grad å påvirke bunnfaunaen i negativ retning.

En produksjon av 2.000 tonn fisk ved Kobbavika vil resultere i tilførsler på 90 tonn nitrogen og 19 tonn fosfor ved en forfaktor på 1,06. Tilførslene vil imidlertid variere over året og er beregnet ved en fiskemengde på 1.500 tonn til å kunne komme opp i 555 kg nitrogen pr. døgn og 120 kg fosfor pr. døgn hvorav 80-90% av nitrogenet og 50-60% av fosforet vil være vannløst.

Beregninger av oksygenforholdene i merdene under perioder med lav strømfart viser at det i perioder med høy fisketetthet, kan forekomme perioder med kritiske oksygenkonsentrasjoner i merden som ligger i strømskygge fra den foranliggende merden. Modelleringsresultater med

bruk av gjennomsnittlig strømfart synes ikke å føre til kritiske konsentrasjoner av ammonium i merdene.

For å unngå problemer med lavt oksygenivå i merdene, kan merdene orienteres slik at ingen blir liggende i strømstille og slik at de blir liggende vinkelrett på de dominerende strømretningene, dvs. vinkelrett ut fra land..

6. REFERANSER

- Aure, J., & T. Johannessen. 1997. Næringssalter og klorofyll-a fra Skagerrak til Vestlandet. *Fisken og Havet*, rapp.nr.2/97. Havforskningsinstituttet, Bergen. 45 pp.
- Aure, J., & A. Stigebrandt. 1990. Quantitative estimates of the eutrophication effects of fish farming on fjords. *Aquaculture*, 90:135-156.
- Bjerknes, V., L.G. Golmen, A. Pedersen & K. Sørgaard. 1988. Kapasitet for fiskeoppdrett i Skogsvågen og i fjordområdet kring Toftarøy på Sotra. NIVA-rapport 2072.
- Bokn, T., T.M. Johnsen, J. Knutzen, E. Lømsland, F. Moy, K. Nygaard & B. Rygg. 1996. Resipientundersøkelser i 1995 i sjøområder rundt Stavangerhalvøya. NIVA-rapport 3493-96. 127 pp.
- Fiskeridirektoratet. 1997. Lønnsomhetsundersøkelse for matfiskanlegg 1996. Rapp. nr. 2/97. Fiskeridirektoratet. 118 pp.
- Molvær, J. (Red.). 1997. Kyststrekningen Jomfruland-Stad. Vurdering av eutrofitilstand. Rapp. nr. 2, SFTs ekspertgruppe for vurdering av eutrofiforhold i fjorder og kystfarvann. SFT/NIVA. 129 pp.
- 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-nr. 1467/1997.
- Nygaard, E. 1997a. Strømmålinger ved Herøy, Kobbavik, Langavik og Vindsvik i Ryfylke. NIVA-rapport 3684-97. 40 pp.
- Nygaard, E. 1997b. Strømmålinger ved Langavik på Ombo i juli-august 1997. NIVA-notat nr. 97/06. 14 pp.
- Nygaard, E. 1997c. Strømmålinger ved Lindvik, Fossaa, Kleppholmen og Djupvik i Ryfylke. NIVA-rapport 3671-97. 40 pp.
- Nygaard, E., & L.G. Golmen. 1997. Strømforhold på oppdrettslokalteter i relasjon til topografi og miljø. NIVA-rapport 3709-97. 58 pp.
- Olsen, Y., & A. Jensen. 1989. Status for NTNFs program for eutrofieringsforskning. Programmets relevans til forskning og forvaltning i forbindelse med marin eutrofiering. ISBN 82-72224-299-0.
- Parsons, T.R., M. Takahashi & B. Hargrave. 1977. *Biological oceanographic processes*. 2nd Ed. Pergamon International Library, Oxford. 332 pp.

Stigebrandt, A. 1986. Modellberäkningar av en fiskodlings miljöbelastning. NIVA-rapport 1823. 28 pp.

Tjomsland, T., & B. Braaten. 1996. Tilførsler av næringsstoffer til kysten mellom svenskegrensen og Stad. NIVA-rapport 3548-96. 39 pp.

Vedlegg A.

Fullstendige resultater for bunnfauna – Kobbavika
0,1 m² van Veen bunngrabb

	Dato	10.april 1997				12.oktober 1997		
		1-1	1-2	2-1	2-2	1	2-1	2-2
	Stasjon - prøve Kobbavika	1-1	1-2	2-1	2-2	1	2-1	2-2
	Areal, m ²	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
PORIFERA	Porifera indet		1					
ANTHOZOA	Anthozoa indet	1						
	Cerianthus lloydi Gosse				1			
NEMERTINEA	Nemertinea indet	25	87	14	13	3	20	6
NEMATODA	Nematoda indet	1	2	1		4	1	
POLYCHAETA	Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)	25	56	3	6	154	53	52
	Harmothoe sp					2		1
	Pholoe anoculata Hartmann 1965	2	10					
	Pholoe minuta (Fabricius 1780)	3	6					
	Pholoe sp					4	7	1
	Sthenelais limicola (Ehlers 1864)						1	
	Eteone cf. longa (Fabricius 1780)					1		
	Eulalia sp					1		
	Phyllodoce rosea (McIntosh 1877)		2					
	Phyllodocidae indet	1	1					
	Nereimyra punctata (O.F.Mueller 1788)	1	2					
	Exogone hebes (Webster & Benedict 1884)					2		
	Exogone sp	4	25	1				
	Exogone verugera (Claparede 1868)					4		2
	Typosyllis cornuta (Rathke 1843)					2		
	Ceratocephale loveni Malmgren 1867	1	1	1	2			
	Nephtys hombergii Savigny 1818							1
	Nephtys paradoxa Malm 1874		1	1				1
	Nephtys pulchra Rainer 1991	1	1	1	1		1	
	Sphaerodoridium fauchaldi Hartmann-Schröder, 1993					1		
	Glycera capitata Oersted 1843	1			1			
	Glycera lapidum (Eliason 1920)					5		
	Glycera rouxii Audouin & Milne Edwards 1833	1						
	Glycinde nordmanni (Malmgren 1865)					1		
	Goniada maculata Oersted 1843							1
	Paradiopatra quadricuspis (M. Sars, 1872)		5					1
	Abyssoninoe hibernica (McIntosh, 1903)	6	6			3	1	2
	Lumbrineris sp	13	9	1				
	Ougia subaequalis (Oug, 1978)					1		
	Phylo norvegica (M.Sars 1872)		1			1		1
	Apistobranchus tullbergi (Theel 1879)	1	1					
	Aricidea catherinae Laubier 1967					1		
	Aricidea sp	4						

Levinsenia gracilis (Tauber 1879)	6	2		1	3		2
Paradoneis lyra (Southern 1914)	2	19			3	4	
Prionospio cirrifera Wiren 1883	3	3			3		
Prionospio fallax Soederstroem 1920		1					
Pseudopolydora paucibranchiata Czerniaavsky						29	33 32
Pseudopolydora sp	21	38	60	69			
Scolelepis cf. korsuni Sikorski, 1994					3		
Scolelepis sp	1						
Spiophanes kroeyeri Grube 1860					13	15	31
Spiophanes sp	9	14	9	34			
Spiophanes urceolata Imajima, 1991					10		6
Spiochaetopterus typicus M.Sars 1856		1	2	1			
Caulleriella sp	2	2					
Chaetozone setosa Malmgren 1867	2	2			6		1
Cirratulidae indet	1						
Macrochaeta sp		4					
Tharyx mcintoshii (Southern, 1914)					32		1
Tharyx sp	22	10					
Diplocirrus glaucus (Malmgren 1867)	5	6	1	1	5	1	3
Scalibregma inflatum Rathke 1843		7			3		
Ophelina acuminata Oersted 1843					1		
Ophelina norvegica Stoep-Bowitz 1945	2		1	2			
Heteromastus filiformis (Claparede 1864)	3	2	15	10		2	16
Notomastus latericeus Sars 1851	2				7		
Asychis biceps (M.Sars 1861)		1					
Euclymeninae indet	5	3		1	1	1	2
Lumbriclymene cf. minor					2		
Praxillura longissima Arwidsson 1906	2	2			1		
Rhodine loveni Malmgren 1865		2				2	3
Myriochele oculata Zaks 1922	2	2			3	3	42
Owenia fusiformis Delle Chiaje 1841					1	1	
Pectinaria auricoma (O.F.Mueller 1776)		2				1	1
Pectinaria belgica (Pallas 1766)						1	
Pectinaria koreni Malmgren 1865					4		
Ampharetidae indet					37	6	3
Amythasides macroglossus Eliason 1955	38	70		1		7	8
Eclysippe vanelli (Fauvel 1936)	25	12		2	26	12	7
Melinna cristata (M.Sars 1851)		2					1
Mugga wahrbergi Eliason 1955		7					
Sabellides octocirrata (M.Sars 1835)	1				1		
Samytha sexcirrata M.Sars 1856	1				2	2	
Sosane sulcata Malmgren 1865	19	32					
Sosanopsis wireni Hessle 1917					19	18	2
Amaeana trilobata (M.Sars 1863)					1		
Paramphitrite tetrabranchiata Holthe 1976	1						1
Pista cristata (O.F.Mueller 1776)	1	4			2	5	3
Polycirrus norvegicus (Wollebaek 1912)					3		
Polycirrus sp					1		
Terebellidae indet					1	1	
Terebellus sp	1						

	Terebellides stroemi M.Sars 1835	4	7	3	7	6	4	3
	Trichobranchus roseus (Malm 1874)					2		
	Terebellomorpha indet	1						
	Chone infundibuliformis Kroeyer 1856	1						
	Chone sp					1		
	Euchone sp					1	1	
	Sabella penicillus Linne 1767					3		
	Sabellidae indet	3	10		1			
OLIGOCHAETA	Oligochaeta indet	2						
PROSOBRANCHIA	Eulima stenostoma Jeffreys						1	1
POLYPLACOPHORA	Polyplacophora indet					1		
CAUDOFOVEATA	Caudofoveata indet	16	6	1	5	8	3	
BIVALVIA	Nucula cf. tumidula (Malm)					1		
	Nucula tumidula (Malm)	1			1		5	
	Nucula turgida Leckenby & marshall					1	2	
	Thyasira cf. flexuosa (Montagu 1803)						1	
	Thyasira cf. sarsi (Philippi 1845)					1		
	Thyasira croulinensis (Jeffreys)	8	1				3	
	Thyasira equalis (Verrill & Bush)	20	8		1	17	7	2
	Thyasira ferruginea (Forbes)	5	6			4	30	
	Thyasira flexuosa (Montagu 1803)	1						
	Thyasira obsoleta (Verrill & Bush)	8	4	1	1	3	1	
	Thyasira pygmaea (Verrill & Bush)	4	2				3	
	Montacuta ferruginosa (Montagu 1803)				1			
	Abra nitida (Mueller 1789)	2	1					
	Kelliella miliaris (Philippi 1844)				3		2	
	Cuspidaria obesa (Loven 1846)					2		
SCAPHOPODA	Dentalium entale Linne					1		
	Entalina quinquangularis (Forbes)			1	1			3
CUMACEA	Eudorella truncatula Sp.Bate	1				2	18	3
	Diastylis rostrata Sars					1	2	
	Diastylis tumida (Lilljeborg)		1					
	Diastyloides biplicata G.O.Sars						1	1
TANAIDACEA	Tanaidacea indet		4			1	2	
ISOPODA	Desmosomatidae indet				1			
AMPHIPODA	Eriopisa elongata Bruzelius		8	6	4	1	7	5
	Bathymedon saussurei (Boeck)					1		
	Oediceropsis brevicornis Lilljeborg					1		
	Westwoodilla caecula (Sp.Bate)		1				1	
	Lilljeborgia macronyx G.O.Sars			2	1			
	Pardalisca tenuipes G.O.Sars				1	1	1	2
	Syrrhoë crenulata Goes					1		
DECAPODA	Calocaris macandreae Bell 1846		1	2				3
SIPUNCULIDA	Golfingia sp	3	3			2		
	Onchnesoma steenstrupi Koren & Danielssen 1876	14	28	13	17	1	42	3
	Sipunculida indet	1						
OPHIUROIDEA	Amphiura chiajei Forbes	1	2					
	Amphilepis norvegica Ljungman	1			1	3	1	
ECHINOIDEA	Irregularia indet					8		
	Brissopsis lyrifera (Forbes)				1			

HOLOTHUROIDEA	Labidoplax buski (McIntosh)	1	
HEMICHORDATA	Hemichordata indet		1

Vedlegg B.

Resultater fra kjøring av modellen Fiskmeny.

NIVA
Postboks 333 - Blindern
0314 OSLO 3

FISKMENY (ver.2.0): Kobbavik, 2000 tonn årlig produksjon, for Nostra.

TABELL 1 FYSISKE DATA FOR LOKALITETEN.

Middelstrøm - langtids sommer	0.07	m/sek
Middelstrøm - tidevann	0.01	m/sek
Typisk saltholdighet (juli-sept)	31.0	o/oo
Typisk vindhastighet (sommer)	3.0	m/sek
Terskeldyp (utenfor anlegget)	100.0	meter
Areal innenfor evt. terskel	50.00	kvadratkilometer
Middeldyp innenfor evt. terskel	200.0	meter
Middeldyp ved anlegget	100.0	meter

TABELL 1B AKTUELLE TEMPERATURER (MÅNEDSMIDDEL) SLETTA.

Jan=	5.6	Apr=	5.3	Jul=	13.7	Okt=	12.0
Feb=	4.4	Mai=	8.0	Aug=	14.7	Nov=	9.5
Mar=	4.3	Jun=	10.8	Sep=	13.9	Des=	7.5

TABELL 2 ANLEGGETS DIMENSJONER.

Volum av mærene (totalt)	100000	kubikkmeter
Lengde (vinkelrett på strømretning)	350	meter
Mærenes dyp	20	meter
Fisktetthet (høyeste verdi juli-sept.)	20	kilo/kubikkmeter
Reduksjonsfaktor for gjennomstrømning	0.70	

TABELL 3A FORSAMMENSETNING.

Protein	39.00	prosent
Fett	36.00	prosent
Karbohydrat	12.00	prosent
Aske	8.00	prosent
Energiinnhold (OE - beregnet)	4365	kcal/kg (18275 kJ/kg)

TABELL 3B FORSAMMENSETNING (TILLEGGSSOPPLYSNINGER).

Proteinet inneholder:

Nitrogen	14.70	prosent
Fosfor	2.30	prosent
Forets synkehastighet	0.05	m/s

TABELL 4 FISKENS SAMMENSETNING.

Protein	18.00 prosent
Fett	12.00 prosent
Proteinet inneholder:	
Nitrogen	14.70 prosent
Fosfor	2.30 prosent

OBS!

Er den etterfølgende beregnede oksygenkonsentrasjonen lavere enn 5 mg/l, eller er ammoniumkonsentrasjonen høyere enn 0.5 mg/l, bør anleggets dimensjoner eller driftsform vurderes på nytt.

TABELL 5 FORANDRING AV OKSYGEN- OG AMMONIUMKONSENTRASJONER I MÆRENE PÅ GRUNN AV FISKENS RESPIRASJON RESPEKTIVE EKSKRESJON. FISKENS VEKT= 2100 GRAM, TEMPERATUR= 14.7 GRADER C TONNAGEN I MÆRENE ER 2000000 KG.

Basert på	Oksygen inn (mg/l)	Oksygen ut (mg/l)	Ammonium inn (mg/l)	Ammonium ut (mg/l)
Middelstrøm*)	7.95	7.58	0	0.01
Fjordoverflate*)	7.28	6.91	0.00	0.01

*) OBS! Tabellen gir middelerverdier. Lavere (høyere for ammonium) verdier kan forekomme. På den annen siden er ikke forhøyning av oksygeninnholdet (reduksjon av ammoniumkonsentrasjon) p.g.a. eventuell primærproduksjon i vertsystemet tatt med. Ved en eventuell omdimensjonering: Forsøk å gjøre anleggets lengde større (anlegget bør vende så stor flate som mulig mot strømmen).

TABELL 6 UTSLIPP AV OPPLØST NITROGEN OG FOSFOR FRA MÆRENE VED HØYE, MIDLERE OG LAVE TEMPERATURER. TONNAGEN I MÆRENE ER 2000000 KG. *)

Temperatur (C)	Nitrogen (kg/døgn)	Fosfor (kg/døgn)
14.7	283.3	44.3
9.5	186.9	29.2
4.3	123.3	19.3

*) Forutsatt at fisken fores og spiser maksimalt, se Tab.9 og Tab.3. Utslipet kan minskes ved å redusere proteininnholdet i foret.

TABELL 7 SEDIMENTERENDE LATENT OKSYGENFORBRUK (UOD), NITROGEN (N), FOSFOR (P), ASKEFRI TØRRSUBSTANS (T) SAMT ASKE (A) VED HØYESTE, MIDLERE OG LAVESTE TEMPERATUR FOR ULIK GRAD AV OVERFORING. HVIS FORINGEN SKJER IFLG TAB. 9, ER OVERFORINGEN 0 PROSENT. TONNAGEN I MÆRENE ER 2000000 KG (FISKENS VEKT 2.10 KG).

Overforing (prosent)	Temp (C)	Fra for og ekskrementer				
		kg O ₂ /d	kg T/d	kg A/d	kg P/d	kg N/d
0	14.7	2324	1210	1011.8	3.40	21.75
25	14.7	8953	3961	1264.8	31.77	203.03
50	14.7	15582	6712	1517.8	60.13	384.31
0	9.5	1533	798	667.5	2.25	14.35
25	9.5	5906	2613	834.4	20.96	133.94
50	9.5	10279	4428	1001.2	39.67	253.52
0	4.3	1011	527	440.3	1.48	9.47
25	4.3	3896	1724	550.4	13.82	88.35
50	4.3	6781	2921	660.5	26.17	167.24

KOMMENTARER TIL TABELL 7.

Sedimentoverflate = 33000 kvadratmeter markert påvirket av forrester og ekskrementer. I tillegg kommer sedimentasjon over et større område av organisk materiale som plante- og dyreplankton genererer pga utskillelse av oppløst fosfor og nitrogen direkte fra mærene.

Beregningen av oksygenforbruk i dypvannet per tonn fiskproduksjon: Reduksjon av oksygenkonsentrasjon = 0.000 mg/l/pr. tonn fisk. Om det totale årlige forbruk i dypvannet (oksygenreduksjon x årsproduksjon (i tonn) blir større enn 1 mg/l bør oseanografisk ekspertise konsulteres.

TABELL 8 TOTALE UTSLIPP (LØST + FAST STOFF) AV NITROGEN (N) OG FOSFOR (P) FOR ULIKE GRADER AV OVERFORING. FISKENS VEKT= 2100 GRAM. UTSLIPPET ER UTTRYKT I KILO NITROGEN ELLER FOSFOR PER 1000 KG FISKPRODUKSJON.

Overforing (prosent)	Løst		Fast		Totalt utslipp	
	N (kg)	P (kg)	N (kg)	P (kg)	N (kg)	P (kg)
0	17.8	2.79	1.37	0.21	19.22	3.01
25	17.8	2.79	12.79	2.00	30.63	4.79
75	17.8	2.79	35.63	5.57	53.47	8.37
100	17.8	2.79	47.05	7.36	64.89	10.15