

RAPPORT LNR 4041-99

Resipientundersøkelse
ved lokaliteten Ringja i
Tysvær kommune

Hovedkontor

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

Serlendsavdelingen

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 RINGJA I TYSVÆR KOMMUNE	Løpernr. (for bestilling) 4041-99	Dato 11.06.99
	Prosjektnr. Undernr. O-97052	Sider Pris 34
Forfatter(e) Evy R. Lømsland Torbjørn M. Johnsen Eivind Oug	Fagområde Akvakultur	Distribusjon
	Geografisk område Rogaland	Trykket NIVA

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

Sammendrag Ved oppdrettslokaliteten Ringja i Tysvær kommune har det vært gjennomført miljøundersøkelser med analyser av vannsøyle og bunnforhold. Målingene i vannsøylen viste normale forhold. Bunnnyr analysen konkluderte med meget gode forhold. Overkonsentrasjoner av organisk karbon i henhold til SFTs kriterier ble imidlertid registrert, men de organiske komponentene var av liten betydning for faunaen. Sannsynlig årsak er tilførsler av planterester fra land. I de dypere deler av merden kan det slik oppdrettsanlegget er planlagt utformet, forekomme kritisk lave oksygenkonsentrasjoner under strømstille perioder.

Fire norske emneord 1. Tysvær kommune 2. Sjøresipient 3. Miljøundersøkelse 4. Akvakultur	Fire engelske emneord 1. Tysvær municipality 2. Marine recipient 3. Environmental investigation 4. Aquaculture
---	---

Evy Rigmor Lømsland
Evy Rigmor Lømsland
Prosjektleder

Kari Nygaard
Kari Nygaard
Forskningsleder

Bjørn Braaten
Bjørn Braaten
Forskningssjef

**RESIPIENTUNDERSØKELSE VED
LOKALITETEN RINGJA
I
TYSVÆR KOMMUNE**

Prosjektleder: Evy R. Lømsland
Medarbeidere: Sabine Cochrane *Akvaplan-niva*
Unni Efraimsen
Lars G. Golmen
Torbjørn M. Johnsen
Einar Kleiven
Einar Nygaard
Eivind Oug
Brage Rygg
Lise Tveiten

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, oksygenanalyser og bearbeiding av STD-data er utført av *Einar Nygaard* som sammen med *Lars G. Golmen* har kommet med verdifulle innspill til utformingen av kapittelet om kapasitetsberegninger som er rapportert av *Torbjørn M. Johnsen*. *Unni Efraimsen* har gjort kornfordelingsanalysene. *Lise Tveiten* og *Einar Kleiven* har sortert bunnfaunaprøvene. *Eivind Oug*, *Brage Rygg* og *Sabine Cochrane-Akvaplan-niva* har vært ansvarlig for identifisering og kvantifisering av bunnfauna. *Brage Rygg* har bearbeidet tallmaterialet og resultatene fra bunnfaunaundersøkelsen, som sammen med de sedimentkjemiske analysene er rapportert av *Eivind Oug*. *Evy R. Lømsland* har vært ansvarlig for den resterende del av rapporteringen og har også vært prosjektleder.

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
3. RESULTATER	10
3.1 Hydrografi	10
3.2 Vannkjemi	12
3.3 Sedimentkjemi	14
3.4 Bunndyrsamfunn	15
4. Kapasitetsberegninger	19
4.1 Vurdering av egnethet for framtidig produksjon av 2.500 tonn fisk pr. år	19
4.1.1 Tilstand på bunnen	19
4.1.2 Tilstanden i sjøen	19
4.1.3 Vannutskiftning, stagnasjonsperioder	19
4.2 Forventet framtidig belastning	21
4.3 Driftsfaktorer	22
4.3.1 Oksygen	22
4.3.2 Ammonium	23
5. Konklusjoner	25
6. Referanser	26
Vedlegg A.	28
Vedlegg B.	32

Sammendrag

Vannkvalitet, sediment og bunnfauna har i 1997 og 1998 vært undersøkt ved den aktuelle oppdrettslokaliteten Ringja i Tysvær kommune. Undersøkelsen er å betrakte som en bakgrunnsundersøkelse før drift starter opp.

Analyse av næringsalter i de frie vannmasser er gjort på to stasjoner. Den ene stasjonen (st. 8.1) ligger i det området et framtidig anlegg vil bli plassert ca. 100 m fra land og den andre (st. 8.2) ligger ca. 200 meter lenger nord, dvs. inn fjorden.

Tatt i betraktning årstidene prøvene er tatt på og påvirkningen fra Sandsfjordsystemet, er det ingen ting som tyder på at næringsaltverdiene representerer noe annet enn normalverdier.

Oksygenforholdene ved bunnen var meget gode på begge stasjonene.

Algebiomasse målt som klorofyll a i integrerte vannprøver fra 0 til 10 meter, lå innenfor tilstandsklasse I - "Meget god". Verdiene for totalt organisk karbon representerte normalverdier.

Analyse av bunndyrfaunaen viste normale arts- og individtall og høyt artsmangfold på begge stasjonene. Basert på artsmangfoldet får de begge karakteristikken "Meget god tilstand" etter SFTs miljøkvalitetskriterier.

Ut fra de kjemiske analysene basert på organisk karbon (TOC) varierer tilstanden på sedimentet på stasjon 8.1 mellom klasse II-"God tilstand" og klasse III-"Mindre god tilstand" etter SFTs miljøkvalitetskriterier. På stasjon 8.2 varierte tilstanden mellom klasse II-"God tilstand" og klasse IV-"Dårlig tilstand". Verdiene er imidlertid ikke unormale i forhold til det man ofte finner i fjordområder. Tilstanden var dårligst om høsten og de kjemiske analysene indikerer at det organiske materialet i hovedsak besto av planterester fra land. Det er ikke uvanlig å få ulike karakteristikk i henhold til SFTs kriterier ved kjemiske analyser av sedimenter og bunnfaunaanalyser i kystområder, hvor sedimentene kan inneholde betydelige mengder organiske komponenter av liten betydning for faunaen.

Verdiene for kobber og sink i sedimentet lå innenfor et normalt bakgrunnsnivå.

En produksjonen av 2.500 tonn fisk pr. år vil medføre årlige utslipp av nitrogen og fosfor på henholdsvis 113 og 24 tonn ved førfaktor 1,06. De døgnlige utslippene fra anlegget kan for perioden med høyest biomasse (antatt 1.875 tonn) komme opp i 695 og 150 kg for henholdsvis nitrogen og fosfor.

Gode strømforhold fører til høye oksygenkonsentrasjoner på 3 meters dybde i merdene selv under perioder med høy fisketetthet. På 15 meters dybde kan det i strømstille perioder forekomme oksygenkonsentrasjoner lavere enn den anbefalte nedre grense på 5 mg O₂/l.

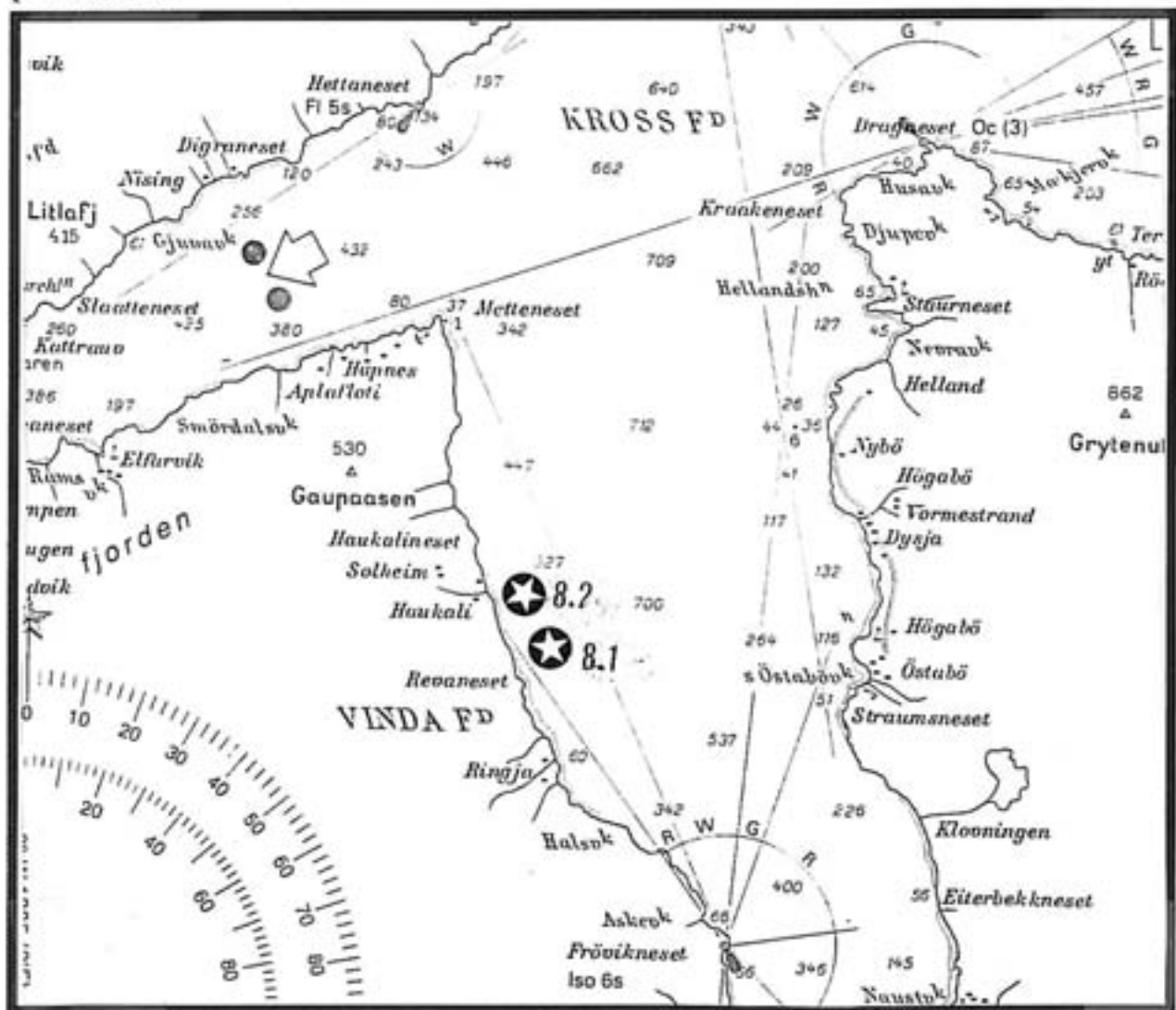
Modellberegninger med bruk av gjennomsnittsstrøm viste at ammoniumkonsentrasjonen i merdene ikke vil overstige faregrensen.

1. INNLEDNING

Hydro Seafood Rogaland a.s ønsker å etablere et stort oppdrettsanlegg ($\geq 24.000 \text{ m}^3$) på lokaliteten Ringja i Tysvær kommune (Figur 1). I den forbindelse ble Norsk institutt for vannforskning (NIVA) engasjert av oppdrettsfirmaet for å gjennomføre resipientundersøkelse og egnethet for oppdrettsvirksomhet i henhold til krav fra miljøvernavdelingen 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 2.500 tonn laksefisk i et oppdrettsvolum på 24.000 m^3 .



Figur 1. Kart over Vindafjorden og tilgrensende områder. Innsamlingsstasjonene på lokaliteten Ringja er markerte med 

2. MATERIALE OG METODER

2.1 Lokalitetsbeskrivelse og stasjoner

Lokaliteten Ringja ligger på vestsiden av Vindafjorden i Tysvær kommune. På lokaliteten varierer dybden mellom 100 og 125 meter med minst dybde inn mot land. Bunntypen er skrånende fjellbunn, som nærmest land i hovedsak synes å bestå av berg, stein og grov skjellsand, men dypere ned er sedimentet mer leirholdig. Bunnen skråner ned mot 700 m dyp i Vindafjorden.

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

Det har vært gjennomført 2 innsamlinger (11. oktober 97 og 7. april 98) av hydrografiske data, vannprøver for vannkjemisk analyse og bunnprøver for analyse av bunndyrsamfunn og sedimentkjemi på to stasjoner i løpet av 1997/98. På grunn av instrumentfeil har imidlertid de hydrografiske data for innsamlingen i april gått tapt.

Stasjon St. 8.1 ble lagt i det området et framtidig anlegg var prosjektert ca. 100 meter fra land (pos. N59°24,45' E05°51,85'). Den andre stasjonen St. 8.2 ble tatt noen hundre meter nord for st. 8.1, dvs. inn fjorden (pos. N59°28,55' E05°58,68") (**Figur 1**, **Figur 2**).

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. I oktober ble det også tatt prøve fra 10 m dyp. Siktedyp med fargeangivelse ble samtidig målt.

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

2.2.2 Bunnprøver

Ved bruk av van Veen-grabb ble det forsøkt tatt 2 grabbhugg på hver stasjon. Bunnforholdene på stasjon 8.1 var imidlertid vanskelige, med mye stein. Dette førte til mange bomskudd og var årsaken til at det i oktober kun ble tatt ett grabbhugg på stasjon 8.1. 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 konserverte 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 forrester osv.

Kapasitetsberegninger

Beregninger av lokalitetens kapasitet er gjennomført ved bruk av modellen Fiskmeny (Stigebrand 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

Temperatur og salinitetsprofiler fra lokaliteten Ringja i oktober 97 er vist i **Figur 3**.

Temperaturprofilen viser at temperaturstratifiseringen fra sommermånedene er i ferd med å brytes ned. Et svakt sprangsjiktet kan spores rundt 2-5 meter dyp. Under det avkjølte overflatelaget synker temperaturen gradvis ned mot bunn.

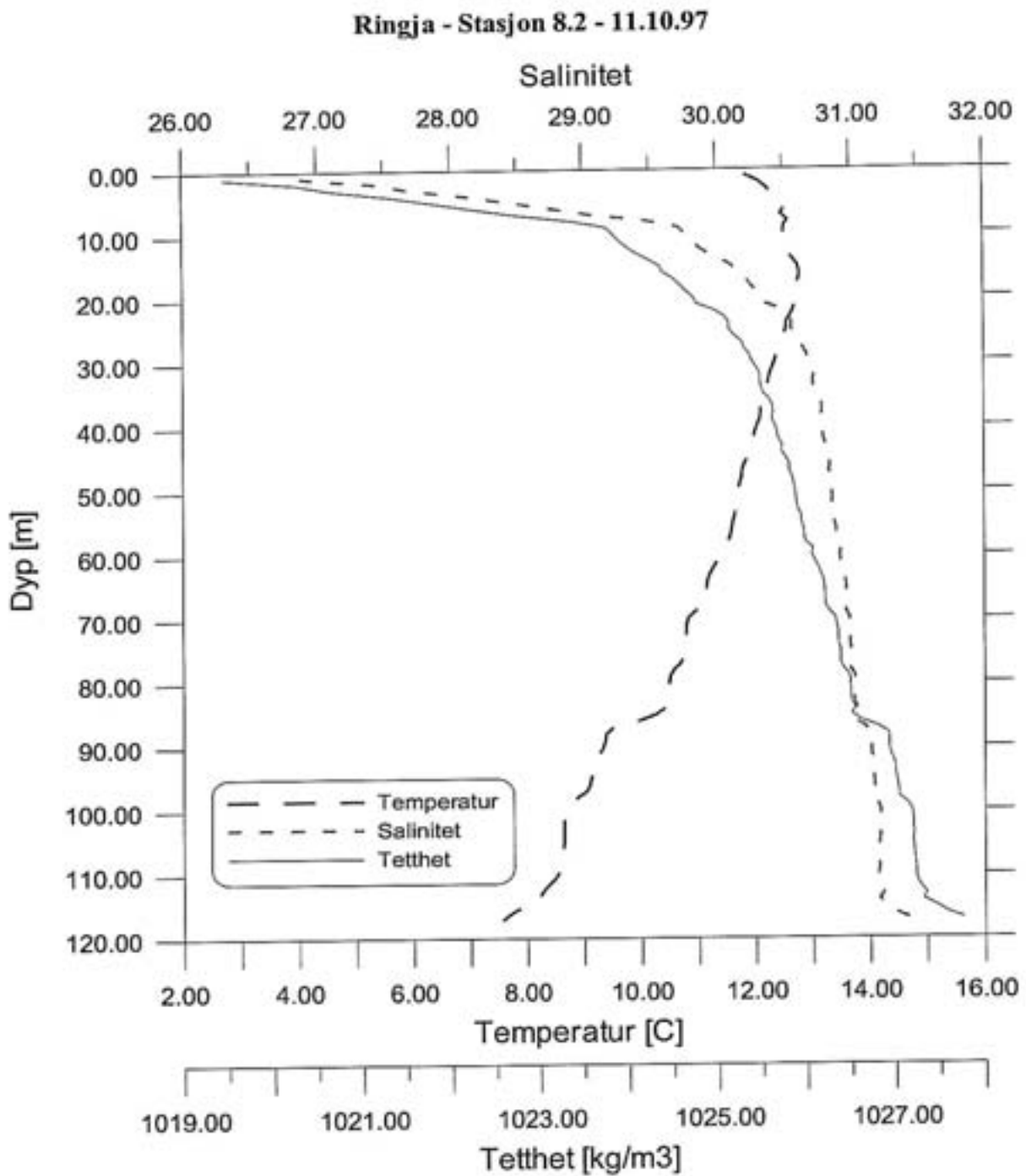
Brakkvannslaget i Vindafjord var begrenset til de øverste 10 m. Haloklinen ligger mellom 10-20 m dyp. Saliniteten var relativt homogen under 30 m dyp.

Resultatene fra oksygenprøver analysert etter Winklers metode er vist i **Tabell 1**. Målingene fra oktober er på begge stasjonene noe lavere enn april-målingene, men ved begge målingstidspunktene ligger dypvannet klart i tilstandsklasse I ("Meget god") etter SFTs klassifisering av miljøtilstand (Molvær et al. 1997).

Siktedypet var 11 m på begge stasjonene om våren og 7 m om høsten og fargen var lys grønn.

Tabell 1. Resultater av oksygenanalyser etter Winklers metode på stasjon 8.1 og 8.2.

Dato	St. 8.1			St. 8.2		
	Dyp (m)	mg O ₂ /l	Siktedyp (m)	Dyp (m)	Mg O ₂ /l	Siktedyp (m)
11.10.97	85	8,11	7	115	7,74	7
07.04.98	-	-	-	120	8,92	16



Figur 3. Temperatur- og salinitetsprofiler på lokaliteten Ringja 11. oktober 1997.

3.2 Vannkjemi

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

Innsamlingen i oktober viste relativt homogene vannmasser under brakkvannslaget. Temperaturprofilene viste tydelig at nedbrytningen av temperaturstratifiseringen var i gang. Dette fører til omrøring av vannmassene og medvirker til at næring tilføres øvre del av vannsøylen fra dypere vannlag. Klorofyllverdiene fra Ringja, som var relativt høye - men innenfor det som må betraktes som en normal variasjon, tyder på at dette har skjedd. Resultatene er i overensstemmelse med samtidig innsamlinger fra 5 andre lokaliteter i samme området.

I upåvirkete områder tilføres nitrogen og fosfor til øvre del av vannsøylen fra dypere vannlag hovedsakelig i form av nitrat og fosfat. Dette gir generelt en økende gradient nedover i vannsøylen etter hver som næringen forbrukes av planteplanktonet. Denne gradienten er ved Ringja tydelig for fosfat, spesielt ved innsamlingen i april, mens nitratverdiene generelt er høyere i overflaten. Dette må sees i sammenheng med at Vindafjord påvirkes av vann fra Norges største permanente brakkvannssystem, Sandsfjordsystemet, der nitrat er i konstant overskudd. Næringssaltverdiene indikerer således at systemet i oktober var tilført næring fra dypere liggende vannlag, men aprilverdiene indikerer at vinterforrådet ennå ikke var forbrukt.

Dersom SFTs vinterkriterier legges til grunn faller alle næringssaltverdiene inn under tilstandsklasse I- "Meget god", med unntak av verdiene for totalt nitrogen på 5 m og 15 m dyp på stasjon 8.1 i oktober. Verdiene kvalifiserer for henholdsvis tilstandsklasse V- "Meget dårlig" og III - "Mindre god". Ettersom det ikke var noe etablert anlegg ved Ringja da innsamlingen ble gjort, og tilsvarende verdier ikke ble registrert på stasjon 8.1 ca. 200 m unna, må verdiene betraktes som et resultat av flekkvis tilførsel av nitrogenholdig materiale. Det ble heller ikke registrert høye verdier i april. De kjemiske analysene av sedimentet viser betydelig tilførsel av organisk materiale i perioder, særlig om høsten. Det høye nitrogenverdiene kan således ha sammenheng med dette.

I april 97 ble det tatt tilsvarende prøver fra totalt 7 lokaliteter i området og i oktober 98 fra totalt 6 (Johnsen et al. 1998 a,b og Lømsland et al. 1998 a,b,c, 1999 a,b). Alle lokalitetene viser relativt høye nitratverdier i april og oktober. Prøvene tatt ved Ringja skiller seg således ikke ut fra de andre områdene. Relativt høye nitratverdier i øvre vannlag bør således betraktes som normalt for fjordområdet øst for Boknafjorden i april og oktober. Næringsmålinger i juli og august 1998 fra fire av lokalitetene viste nitratverdier på et nivå som begrenser veksten av planteplankton og verdiene i området falt inn under tilstandsklasse I- "Meget god".

Generelt er forholdet mellom nitrogen og fosfor på vektbasis lik 7,2 for marint planteplankton. Planktoniske alger benytter hovedsakelig 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. I ferskvannspåvirkede marine områder er ofte fosfor en minimumsfaktor, som følge av at nitrogen generelt er i overskudd i ferskvann. Nitratmengden i ferskvann er 10 ganger høyere enn det som er vanlig i rent sjøvann og fosfatmengden omtrent den halve. I rent marine områder er det vanligvis nitrogen som blir den begrensende faktoren.

Forholdstallet mellom nitrat og fosfat viste generelt et nitratoverskudd i de øvre 5 metrene, noe som indikerer ferskvannspåvirkete vannmasser. På 10 og 15 m er forholdet som man kan forvente i marine vannmasser.

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.

Klorofyll *a*-verdiene for oktober ligger innenfor grensen for tilstandsklasse I ("Meget god").

Verdiene for totalt organisk karbon plasserte seg hovedsaklig innenfor det som betraktes som normalt (0,4 og 2 mg/l). (Parsons et al. 1977).

Tabell 2. Resultater av næringssaltanalyser, totalt organisk karbon og klorofyll *a* i vannmassene. Klorofyll *a* resultatene er verdier fra integrert vannprøve fra 0-10 m.

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. 8.1	11.10.97	1	9	3	175	37	12,3	1,7	19,4	1,40
		5	7	2	1290	27	13,5	1,8	184	
		15	7	4	430	29	7,3	1,4	61,4	
St. 8.2		1	7	2	175	38	19,0	1,8	25,0	1,40
		5	7	2	165	33	16,5	1,9	23,6	
		15	7	4	185	33	8,3	1,7	26,4	
St. 8.1	07.04.98	1	7	2	175	50	25,0	1,6	25,0	0,32
		5	9	4	-	50	12,5	1,6	-	
		10	18	6	155	42	7,0	1,9	8,6	
		15	15	7	195	40	5,7	1,8	13,0	

3.3 Sedimentkjemi

Tabell 3 og **Tabell 4** viser innhold av organisk materiale, metaller, prosentvis andel av finfraksjon i sedimentets øvre 2 centimeter og pH i sedimentets porevann på 1 cm sedimentdyp.

Tabell 3. Analyse av bunnsedimenter: kornstørrelser (% finfraksjon), tørrstoff, organisk materiale (%), konsentrasjon av kopper (Cu) og sink (Zn), pH og Eh. i.m.= ikke målt.

St.	Dato	Dyp (m)	<0,063 mm (%)	Tørrstoff (mg/g)	Gløderest (mg/g)	Org. mat. (%)	Cu (µm/g)	Zn (µg/g)	pH	Eh
8-1	11.okt.97	100	18,0		954	4,6	31,3	101	7,6	i. m.
8-2		120	22,5		946	5,4	35,8	110	7,4	i. m.
8-1	7. april 98	115	i.m.	887	978	2,2	30,0	80	7,7	33,0
8-2		125	i.m.	796	965	3,5	12,9	85		

Tabell 4. Analyse av organisk materiale i bunnsedimenter: totalt organisk karbon (TOC), totalt nitrogen (TN) og totalt fosfor (tot-P). Forholdstall mellom karbon, nitrogen og fosfor er også vist. Normert TOC viser TOC-verdiene omregnet til teoretisk 100% finstoff i sedimentet på basis av andelen av finstoff (<0.063mm). For prøvene fra april 1998 (*) er sedimentanalysene fra oktober 1997 lagt til grunn.

St.	Dato	Dyp (m)	TOC (mg/g)	TN (mg/g)	Tot-P (mg/g)	Normert TOC	SFT klasse	C/N	N/P	P/C
8-1	11.okt.97	100	12,6	1,9	0,24	27,4	III	6,6	7,9	0,02
8-2		120	22,4	1,2	0,27	36,4	IV	18,7	4,4	0,01
8-1	7. april 98	115	8,1	<1,0	0,05	*22,9	II	>8,1	<20	0,01
8-2		125	9,7	<1,0	0,05	*23,7	II	>9,7	<20	0,01

På begge stasjonene var det grovkornet sediment med forholdsvis lavt innhold (omkring 20%) av finmateriale. Innhold av organisk materiale var moderat til lavt, men det ble gjennomgående funnet høyere verdier i oktober enn i april. På stasjon 8.1 var organisk materiale målt som glødetap 2,2-4,6% (**Tabell 3**), mens innholdet av organisk karbon (TOC) var 8-12 mg/g (**Tabell 4**). I henhold til SFTs miljøkvalitetskriterier får stasjonen karakteristikken 'mindre god tilstand' (klasse III) i oktober, mens den får karakteristikken 'god tilstand' (klasse II) i april basert på normerte verdier for TOC. På stasjon 8.2 var det litt

høyere organisk innhold enn på stasjon 8.1. I oktober ble det målt en forholdsvis høy TOC-verdi som resulterte i at stasjonen får karakteristikken 'dårlig tilstand' (klasse IV), mens verdien i april var klart lavere og indikerte 'god tilstand' (klasse II). Det er mulig at noe av variasjonene har sammenheng med det grovkornede sedimentet, hvor organisk material ofte kan være ujevnt fordelt. Alle verdiene ligger imidlertid innenfor hva som ofte finnes i fjordområder.

Forholdstallene mellom karbon (C), nitrogen (N) og fosfor (P) kan indikere noe om det organiske materialets opprinnelse. I materiale som hovedsakelig har marin opprinnelse og stammer fra planteplanktonproduksjon vil forholdstallene være omkring 6 for C/N, omkring 7 for N/P og omkring 0.025 for P/C. Organisk materiale som tilføres fra land og som i stor grad består av planterester og trevirke (f.eks. treflis og bark), har et forholdsmessig høyere innhold av karbon (C) og derved høyere C/N-forhold og lavere P/C-forhold. Dersom det tilføres fosfor-rikt materiale, som f.eks. fiskefôr, fører dette til økt P/C-forhold og nedsatt N/P-forhold. Resultatene viser at de fleste prøvene hadde forhøyd C/N-forhold og lavt P/C-forhold. Dette viser at materialet var rikt på karbon og indikerer at det for en stor del bestod av planterester fra land. Særlig kommer dette tydelig til uttrykk i prøven fra stasjon 8.2 i oktober hvor det høye TOC-innhold var koplet med et høyt C/N-forhold.

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 bakgrunnsverdiene 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 ("Meget god") etter SFTs klassifiseringssystem.

3.4 Bunnnyrsamfunn

Fullstendige artslistene for bunnfaunaprøvene er gitt i **Vedlegg A**

På stasjon 8.1 bestod bunnen av grov skjellsand med store stein (**Tabell 5**). I oktober lyktes det bare å få en tilfredsstillende prøve, mens det i april ble tatt to prøver etter en rekke forsøk. På stasjon 8.2 var det mer sand og leire og mindre stein, og følgelig lettere prøvetaking.

På stasjon 8.1 ble det funnet omkring 50 arter ved hver innsamling, noe som må karakteriseres som en normalt artsrik fauna (**Tabell 6**). Individtallene var normale i oktober, mens de var litt lave i april. Det var endel forskjell mellom de to parallelle prøvene fra april. Variasjoner mellom parallelle prøver er imidlertid ikke uvanlige i grove sedimenter hvor det kan være vanskelig å få gode prøver. Artsmangfoldet i prøvene var generelt høyt. Basert på arts mangfoldet får stasjonen karakteristikken 'meget god tilstand' (klasse I) etter SFTs miljøkvalitetskriterier. Også artsindeksen (AI) tok forholdsvis høye verdier, som viser at det var et betydelig innslag av forurensningsømfintlige arter i faunaen. Artssammensetning var

varierte uten noen spesielle dominante arter (**Tabell 7**). Det var også innslag av arter som fortrinnsvis forekommer på hardbunn (f.eks. *Polyplacophora*). Resultatene viser at lokaliteten er strømrik og har gode forhold.

På stasjon 8.2 var det høye artstall og normale til høye individtettheter i prøvene. Artsmangfoldet var høyt, og stasjonen får karakteristikken 'meget god tilstand' etter SFTs miljøkvalitetskriterier. Artsindeksen (AI) indikerer at det også på denne stasjonen var et betydelig innslag av forurensningsømfintlige arter i faunaen. Artssammensetningen var preget av arter som er typiske for dypere fjordområder på Vestlandet, f.eks. flerbørstemarkene *Spiophanes* og *Paramphinome* og den lille muslingen *Thyasira ferruginea*. Lokaliteten synes å være strømrik og har gode forhold.

På begge stasjonene var det noe forhøyd organisk innhold i sedimentet. Stasjonene får derfor ulike karakteristikk for sedimenter og fauna i henhold til SFTs kriteriesystem. Det kan i denne sammenheng anmerkes at kvalitetskriteriene for TOC hovedsakelig uttrykker mengden av organiske komponenter i sedimentene, og i mindre grad betydningen av disse. Til sammenligning representerer bunnfaunaen et mål for tilstand og effekter av påvirkninger. Det er ikke uvanlig å få ulike karakteristikk for sedimenter og bunnfauna i kystområder, hvor sedimentene kan inneholde organiske komponenter av liten betydning for faunaen.

Tabell 5. Prøvetaking av bunnfauna ved Ringja 11. oktober 1997 og 7. april 1998. Alle prøvene ble tatt med 0.1 m² van Veen bunngrabb.

Stasjon	Dyp	Antall prøver	Fyll.-grad	Observasjoner	Sikterest (materiale >1 mm)
<i>11. okt. 1997</i>					
St. 8.1	110	1	1/3	Grov skjellsand med store steiner. Mange bomskudd under prøvetakingen.	4 liter: sand, grus og småstein
St. 8.2	120	2	2/3	Grå sandholdig leire. Noen skjell.	10 liter: skjellsand, grus og småstein
<i>7. april 1998</i>					
St. 8.1	115	2	1/4	Grovt sediment, mye stein. Noe skjell. Flere bomskudd under prøvetakingen (stein i grabbkjeften).	3 liter: grov sand, grus og stein
St. 8.2	125	2	1/4	Grå leire med småstein, noe skjell.	5 liter: sand, grus og småstein

Tabell 6. Antall arter, individtall, individtettheter og artsmangfold i prøvene av bunnfauna fra Rinja 11. oktober 1997 og 7 april 1998. 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'	$ES_{(100)}$	AI	SFT Klasse
<i>11. oktober 97</i>								
8.1 ¹⁾	0.1	54	150	1500	5.15	43.7	7.4	I 'meget god'
8.2 ¹⁾	Grabb 1	0.1	67	335				
	Grabb 2	0.1	77	447				
	Sum	0.2	105	782	3910	4.81	37.5	7.6
<i>7. april 98</i>								
8.1 ¹⁾	Grabb 1	0.1	46	63				
	Grabb 2	0.1	17	23				
	Sum	0.2	55	86	430	5.48	-	7.2
8.2 ¹⁾	Grabb 1	0.1	56	239				
	Grabb 2	0.1	48	136				
	Sum	0.2	74	375	1875	5.17	38.6	6.9

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

Tabell 7. De viktigste artene i prøvene av bunnfauna fra Ringja 11. oktober 1997 og 7. april 1998. De ti mest individrike artene på hver stasjon ved hver innsamling er vist. Individtallene representerer en grabbprøve (0.1 m²) for St. 8.1 i oktober, mens det er sum av to grabbprøver (0.2 m²) for St. 8.1 i april og for St. 8.2 ved begge innsamlingene.

Stasjon 1

Art	Gruppe	11. okt 97	7. april 98
<i>Apseudes spinosus</i>	Krepsdyr	18	1
<i>Nematoda ind</i>	Rundmark	12	2
<i>Nereimyra punctata</i>	Flerbørstemark	12	1
<i>Prionospio cirrifera</i>	Flerbørstemark	8	6
<i>Aphelochaeta sp.</i>	Flerbørstemark	8	1
<i>Pholoe sp</i>	Flerbørstemark	7	1
<i>Philomedes globosus</i>	Krepsdyr	7	1
<i>Polyplacophora ind</i>	Skall-lus (bløtdyr)	6	5
<i>Amphilepis norvegica</i>	Slangestjerne	6	-
<i>Ophiura sp.</i>	Slangestjerne	5	-
<i>Ampharetidae ind</i>	Flerbørstemark	1	5
<i>Glycera lapidum</i>	Flerbørstemark	4	4
<i>Paradoneis lyra</i>	Flerbørstemark	2	4
<i>Euclymeninae ind.</i>	Flerbørstemark	-	3
<i>Placostegus tridentatus</i>	Flerbørstemark	1	3
<i>Chlamys sp.</i>	Kamskjell	-	3
<i>Exogone verugera</i>	Flerbørstemark	-	2

Stasjon 2

Art	Gruppe	11. okt 97	7. april 98
<i>Ampharetidae ind.</i>	Flerbørstemark	201	24
<i>Spiophanes urceolata</i>	Flerbørstemark	115	41
<i>Nematoda ind</i>	Rundmark	82	5
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	Flerbørstemark	44	1
<i>Pogonophora ind</i>	Skjeggbærer (mark)	24	-
<i>Thyasira ferruginea</i>	Musling	23	5
<i>Paradoneis lyra</i>	Flerbørstemark	21	34
<i>Prionospio cirrifera</i>	Flerbørstemark	20	10
<i>Aricidea albatrossae</i>	Flerbørstemark	16	18
<i>Notomastus latericeus</i>	Flerbørstemark	15	17
<i>Polyplacophora ind</i>	Skall-lus (bløtdyr)	8	20
<i>Amphicteis gunneri</i>	Flerbørstemark	7	20
<i>Aphelochaeta sp.</i>	Flerbørstemark	10	17
<i>Chone sp.</i>	Flerbørstemark	12	12
<i>Chaetozone setosa</i>	Flerbørstemark	8	11

4. Kapasitetsberegninger

4.1 Vurdering av egnethet for framtidig produksjon av 2.500 tonn fisk pr. år

4.1.1 Tilstand på bunnen

På stasjonen ved det planlagte oppdrettsanlegget besto bunnen av stein og grovt sediment, mens det 200 meter lenger fra land var grå leire med en del småstein. Resultatene av de kjemiske analysene av sedimentet på stedet hvor oppdrettsanlegg skal etableres, viste relativt høye konsentrasjoner av organisk karbon som hovedsaklig besto av planterester fra land. Bunndyranalysene viste et samfunn med høyt artsmangfold og normale arts- og individtall til tross for at prøvene fra begge stasjonene viste et sediment med noe forhøyd organisk innhold.

I følge NIVAs strømmålinger (Nygaard 1997a) var strømmen på lokaliteten god med strøm hovedsaklig i sørlig retning (ut fjorden) slik at det i liten grad vil være resirkulasjon av vann på lokaliteten. Middelstrømmen i 3 meters dyp var 17,6 cm/s, mens tilsvarende tall på 15 meters dyp var 5,3 cm/s. Det innebærer at tilførsler av organisk materiale vil transporteres ut fjorden. Lokaliteten må sies å ha gunstige strømforhold med hensyn på fiskeoppdrett.

4.1.2 Tilstanden i sjøen

Næringssaltverdiene fra vannprøvene bar preg av å være påvirket av ferskvannstilførsel. I det øvre vannlaget var det overskudd av nitrogen i forhold til fosfor slik som det normalt er i ferskvannspåvirkede fjordområder. Vanligvis er det et naturlig minimum av næringssalter i sjøens overflatelag 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 imidlertid målinger kun fra april og oktober slik at vurderinger av variasjonene i totalt nitrogen og totalt fosfor gjennom året ikke kan bedømmes.

Næringssaltmålingene fra april viste at vannmassene var sterkt ferskvannspåvirket, mens i oktober var vannmassene under brakkvannslaget relativt homogene.

4.1.3 Vannutskiftning, stagnasjonsperioder

Strømmålingene gjennomført av NIVA i oktober-november 1997 viste en middelvei for strømfart på hele 17,6 cm/s på 3 meters dyp, mens tilsvarende verdi på 15 meters dyp var 5,3 cm/s.

Middelstrømverdien på 15 meters dyp var lavere enn det en typisk finner på en kystlokalitet eller på lokaliteter lenger nord der tidevannsutskiftningen er større. Verdien avviker imidlertid ikke særlig fra det som ble målt av NIVA for Hydro Seafood Rogaland a.s på andre lokaliteter i Rogaland vinteren 1997 (Nygaard 1997a, b).

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

Varighet av perioder med svak strøm kan likevel være en begrensende faktor for produksjon/egnethet 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 januar-februar 1997 viste at lengste periode med "strømstille" var 4,7 timer på 3 meters dyp og 3,3 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 et lite bidrag til innholdet av næringsalter i vannmassene (Aure & Stigebrandt 1990). I den nylig avsluttede 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 fôring og fiskeproduksjon. Fôrfaktoren 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 middelveiden 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):

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

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

For verdier for fôrforbruk ("Fôr") har vi tatt utgangspunkt i produsert fiskemengde multiplisert med fôrfaktoren.

Framtidige årsproduksjoner på henholdsvis 1.300 og 2.500 tonn laks vil tilsvare følgende nitrogen- og fosfortilførsler ved en fôrfaktor på 1,06 (N. Viga, pers. medd. 1998):

Tilførsler pr. år	Årsproduksjon 1.300 tonn	Årsproduksjon 2.500 tonn
Totalt nitrogen (avrundet)	59 tonn	113 tonn
Totalt fosfor (avrundet)	13 tonn	24 tonn

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 1.875 tonn ved produksjon av henholdsvis 1.300 og 2.500 tonn fisk. Fôring 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, forspill) og synker til bunns. Hvis en antar at de daglige tilførslene under maksimal føring er 3 ganger høyere enn ellers i året og at förfaktoren 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: 2.500 tonn		
Totalt nitrogen (avrundet)	695 kg/døgn	590 kg/døgn
Totalt fosfor (avrundet)	150 kg/døgn	85 kg/døgn

En reduksjon av förfaktoren 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. På 3 meter dybde er laveste målte strømfart 2,55 cm/s. Gjennomsnittlig strømfart på 15 meters dybde ved målt stagnasjon (pga. friksjon i rotor på strømmåler) er beregnet til 0,8 cm/s i en periode på ca. 2,5 timer. Dette er benyttet for å finne oksygenkonsentrasjonen inne i 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 20 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 190 tonn fisk i hver merd, noe som vil tilsvare omtrent 2.500 tonn fisk for hele anlegget. Merd2 er nedstrøms Merd1, og 75% av vannet som strømmer inn i Merd2 er antatt å komme fra Merd1.

Beregninger viser at oksygenkonsentrasjonen i Merd1 ikke vil synke vesentlig på 3 meters dybde, mens på 15 meter vil oksygenet reduseres til 5,1 mg O₂/l (Figur 4). For Merd2 (merden som ligger i strømskyggen) er faren for kritiske oksygenkonsentrasjoner mye større.

På 3 meters dybde vil oksygenkonsentrasjonen reduseres ubetydelig, mens konsentrasjonen på 15 meters dybde kan komme under til ca. 3,0 mg O₂/l i "strømstille" perioder.

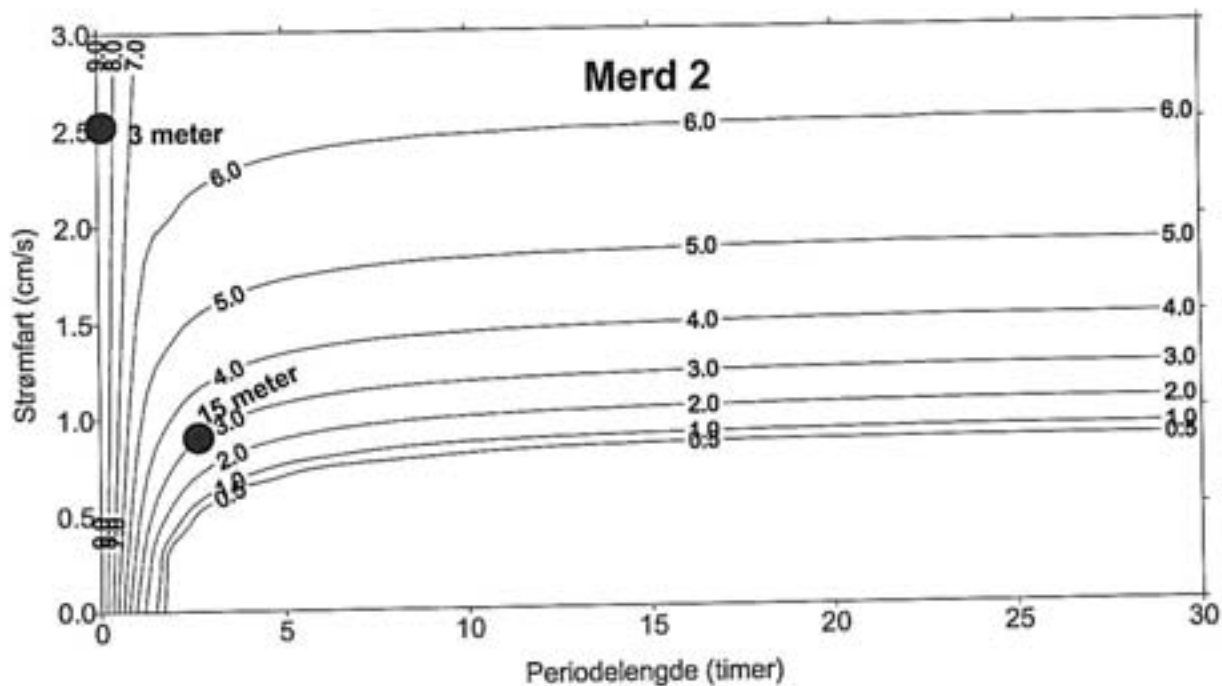
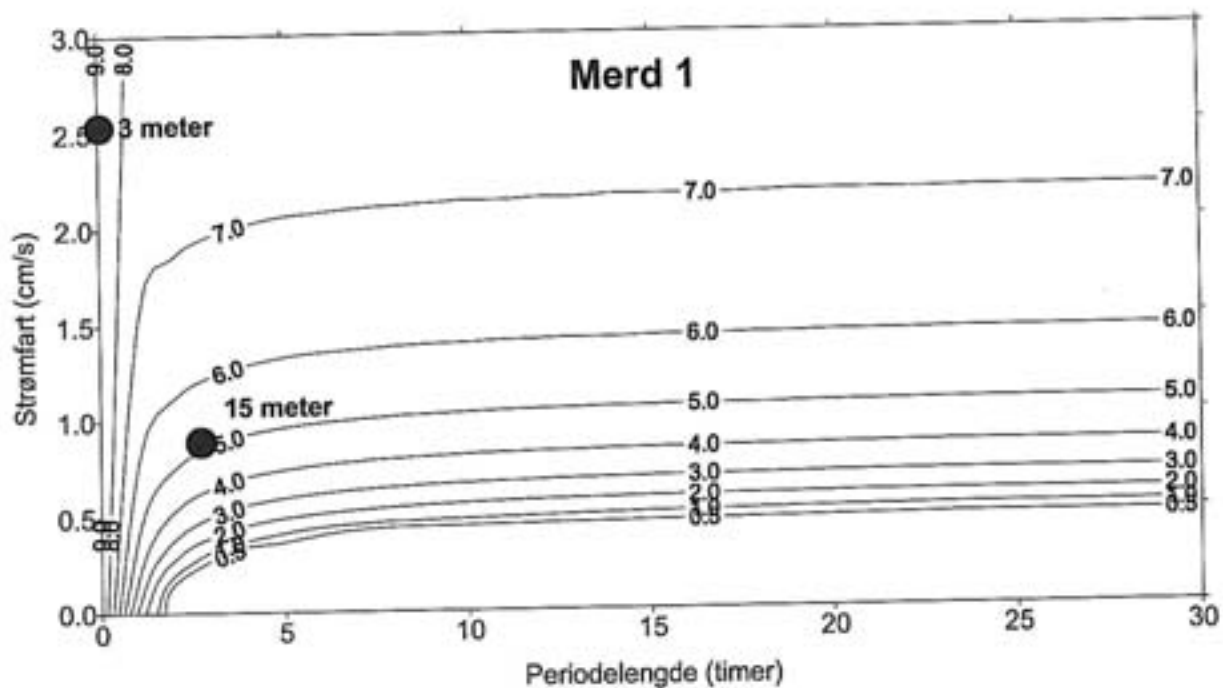
Modellen Fiskmeny (Stigebrandt 1986) er benyttet for å beregne miljøbelastningen ved produksjon av 1.300 og 2.500 tonn fisk på lokaliteten Ringja. Resultatene av modellkjøringene (**Vedlegg B**) viser at oksygenkonsentrasjonene i merdene ikke vil bli lavere enn den anbefalt nedre grensen på 5 mg O₂/l. Her bør en imidlertid være oppmerksom på at modellen kun gjør beregninger ut fra gjennomsnittlige verdier for strømfart og tar ikke hensyn til forholdene som oppstår under perioder med strømstille/liten strømfart.

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 600 kg NH₃/døgn i en periode med sterk tilvekst. En stor del av ammoniakken oksyderes raskt til ammonium, men noe vil bestå som ammoniakk.

I modellen Fiskmeny benyttes en ammoniumkonsentrasjon på 0,5 mg/l som grenseverdi for dårlig vannkvalitet i merdene. Modellkjøring av gjennomsnittssituasjoner ga som resultat at ammonium i merdene sannsynligvis ikke vil være et problem for anlegget med den størrelse og fiskeproduksjon som er planlagt.

Ringja (190 tonn fisk pr merd)



Figur 4. Beregnet oksygenkonsentrasjon a) i merd som ligger rett mot strømmen (Merd 1) og b) i merd som ligger i strømskyggen fra foranliggende merd (Merd 2) ved 190 tonn fisk pr.merd.

5. Konklusjoner

Oksygenforholdene ved bunnen var meget gode på begge stasjonene ved Ringja.

Tatt i betraktning årstidene næringssaltprøvene i de frie vannmasser ble tatt på og påvirkningen fra Sandsfjordsystemet, er det ingen ting som tyder på at næringssaltverdiene representerer noe annet enn normalverdier.

Algebiomasse målt som klorofyll a i integrerte vannprøver fra 0 til 10 meter, lå innenfor tilstandsklasse I ("Meget god"). Verdiene for totalt organisk karbon representerte også normalverdier.

Analyse av bunndyrfaunaen viste normale arts- og individtall og høyt artsmangfold på begge stasjonene. Basert på artsmangfoldet får de begge karakteristikkene "Meget god tilstand" etter SFTs miljøkvalitetskriterier.

Ut fra de kjemiske analysene basert på organisk karbon (TOC) varierer tilstanden på sedimentet på stasjon 8.1 mellom klasse II-"God tilstand" og klasse III-"Mindre god tilstand" etter SFTs miljøkvalitetskriterier. På stasjon 8.2 varierte tilstanden mellom klasse II-"God tilstand" og klasse IV-"Dårlig tilstand". Verdiene er imidlertid ikke unormale i forhold til det man ofte finner i fjordområder. Tilstanden var dårligst om høsten og de kjemiske analysene indikerer at det organiske materialet i hovedsak besto av planterester fra land.

Tilstandsvurderingen av de to stasjonene i henhold til SFTs kriteriesystem blir således svært forskjellig om sedimentkjemi eller faunaanalyser legges til grunn. Det kan i denne sammenheng anmerkes at kvalitetskriteriene for TOC hovedsakelig uttrykker mengden av organiske komponenter i sedimentene, og i mindre grad betydningen av disse. Til sammenligning representerer bunnfaunaen et mål for tilstand og effekter av påvirkninger. Det er ikke uvanlig å få ulike karakteristikk for sedimenter og bunnfauna i kystområder, hvor sedimentene kan inneholde organiske komponenter av liten betydning for faunaen.

Verdiene for kobber og sink i sedimentet lå innenfor et normalt bakgrunnsnivå.

En produksjon av 2.500 tonn fisk pr. år ved Ringja vil resultere i tilførsler på 113 tonn nitrogen og 24 tonn fosfor ved forfaktor på 1,06. Tilførslene vil imidlertid variere over året og er beregnet å kunne komme opp i 695 kg nitrogen/døgn og 150 kg fosfor pr. døgn hvorav 80-90% av nitrogenet og 50-60% av fosforet vil være vannløst.

Beregninger av oksygenforholdene i merdene viser at på 3 meters dyp vil oksygenkonsentrasjonen holde seg høy på grunn av gode strømforhold selv under perioder med høy fisketetthet. På 15 meters dybde kan det under perioder med lav strømfart og høy fisketetthet forekomme perioder med oksygenkonsentrasjoner lavere enn den anbefalte minimumskonsentrasjonen på 5 mg O₂/l i merden som ligger i strømskyggen.

Ut fra beregninger ved bruk av gjennomsnittlig strømfart synes ikke ammonium å komme opp mot kritiske konsentrasjoner i merdene.

6. Referanser

- Aure, J., & T. Johannessen. 1997. Næringssalter og klorofyll-a fra Skagerak til Vestlandet. *Fisken og Havet*, rapp.nr.2/97. Havforskningsinstituttet, Bergen. 45 s.
- Aure, J., & A. Stigebrandt. 1990. Quantitative estimates of the eutrophication effects of fish farming on fjords. *Aquaculture*, 90:135-156.
- Fiskeridirektoratet. 1997. Lønnsomhetsundersøkelse for matfiskanlegg 1996. Rapp. nr. 2/97. Fiskeridirektoratet. 118 s.
- Johnsen, T.M., L.G. Golmen, E. Nygaard & E. Oug 1998 a. Resipientundersøkelse ved lokaliteten Fåsså i Hjelmeland kommune. NIVA-rapport 3789. 34 pp.
- Johnsen, T.M., E. Nygaard & E. Oug 1998 b. Resipientundersøkelse ved lokaliteten Djupevik i Finnøy kommune. NIVA-rapport 3795. 33 pp.
- Lømsland E.R., T. M. Johnsen, E. Nygaard & E. Oug 1998 a. Resipientundersøkelse ved lokaliteten Langavika i Hjelmeland kommune. NIVA-rapport 3794. 37 pp.
- Lømsland E.R., T. M. Johnsen, E. Nygaard, E. Oug & B. Rygg 1998 b. Resipientundersøkelse ved lokaliteten Lindvik i Vindafjord kommune. NIVA-rapport 3796. 37 pp.
- Lømsland E.R., T. M. Johnsen, E. Nygaard & E. Oug 1998 c. Resipientundersøkelse ved lokaliteten Kleppholmen i Hjelmeland kommune. NIVA-rapport 3797. 32 pp.
- Lømsland E.R., T. M. Johnsen, E. Oug & B. Rygg 1999 a. Resipientundersøkelse ved lokaliteten Kobbavika i Finnøy kommune. NIVA-rapport 3841. pp.
- Lømsland E.R., T. M. Johnsen & E. Oug & B. Rygg 1999 b. Resipientundersøkelse ved lokaliteten Øygardsvik i Tysvær kommune. NIVA-rapport 3842. pp.
- Molvær, J. (Red.). 1997. Kyststrekningen Jomfruland-Stad. Vurdering av eutrofitilstand. Rapp. nr. 2, SFTs ekspertgruppe for vurdering av eutroforhold i fjorder og kystfarvann. SFT/NIVA. 129 s.
- 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 Lindvik, Fossaa, Kleppholmen og Djupvik i Ryfylke. NIVA-rapport 3671.
- Nygaard, E. 1997b. Strømmålinger ved Herøy, Kobbavik, Langavik og Vindsvik i Ryfylke. NIVA-rapport 3684. 40 pp.

- Nygaard, E., & L.G. Golmen. 1997. Strømforhold på oppdrettslokaliteter i relasjon til topografi og miljø. NIVA-rapport 3709. 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. 39 pp.

Vedlegg A.

Fullstendige resultater for bunnfauna - Ringja
0,1 m² van Veen bunngrabb

	Dato	11.oktober.1997			7.april.1998			
		Stasjon - prøve (Ringja)	8.1	8.2-1	8.2-2	8.1-1	8.1-2	8.2-1
	Areal, m ²	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
PORIFERA	Porifera indet	1		1	1			
ANTHOZOA	Edwardsia longicornis Carlgren							1
NEMERTINEA	Nemertinea indet	1	3	4	1		2	1
NEMATODA	Nematoda indet	12	18	64	2			5
POLYCHAETA	Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)		31	13			1	
	Eucranta villosa Malmgren, 1865						1	
	Eunoe nodosa (M.Sars 1860)	1		1				
	Harmothoe sp	3						
	Pholoe cf. baltica					1		3
	Pholoe pallida Chambers 1985			1				
	Pholoe sp	7	4	1	1		3	
	Eteone cf. longa (Fabricius 1780)						2	1
	Eteone longa (Fabricius 1780)	2	2					
	Eulalia bilineata (Johnston 1840)	1						
	Eulalia mustela Pleijel	1						
	Eumida sanguinea (Oersted 1843)				1			
	Phyllodoce groenlandica (Oersted 1842)			1				
	Sige fusigera (Malmgren 1865)		1					
	Kefersteinia cirrata (Keferstein 1862)					1	1	
	Nereimyra punctata (O.F.Mueller 1788)	12	1	3	1		1	
	Exogone verugera (Claparede 1868)		5	7	2		4	4
	Sphaerosyllis hystrix Claparede 1863		1					
	Syllidae indet						1	
	Typosyllis sp							1
	Glycera lapidum (Eliason 1920)	4	4	6	2	2	6	4
	Nothria conchylega (M.Sars 1835)		6		1			
	Paradiopatra fiordica (Fauchald 1974)		1					
	Paradiopatra quadricuspis (M. Sars, 1872)			1				
	Eunice pennata (O.F.Mueller 1776)	1		1	1			
	Augenaria tentaculata Monro 1930			3				
	Lumbrineris anlara Fauchald 1974			1				
	Lumbrineris gracilis (Ehlers 1868)	2	2	9	1		1	2
	Lumbrineris sp		1					
	Drilonereis filum (Claparede 1868)	1		3				
	Ophryotrocha hartmanni Huth 1933			1				
	Phylo kupfferi (Ehlers, 1875)	1						
	Aricidea albatrossae Pettibone 1957		11	5	1		11	7
	Aricidea catherinae Laubier 1967	2						
	Aricidea simonae Laubier & Ramos 1974		1					
	Aricidea sp	3						
	Aricidea suecica Eliason 1920		1	2				
	Aricidea wassi Pettibone 1965						1	
	Cirrophorus furcatus			1				
	Levinsenia gracilis (Tauber 1879)		2	11	1			
	Paradoneis lyra (Southern 1914)	2	13	8	4		17	17
	Aonides paucibranchiata Southern 1914	1						1
	Laonice sarsi Söderström, 1920						2	
	Prionospio cirrifera Wiren 1883	8	4	16	2	4	7	3

Prionospio multibranchiata Berkeley 1927				1			
Spiophanes kroeyeri Grube 1860					1		
Spiophanes urceolata Imaijima, 1991		46	69			38	3
Chaetopterus variopedatus (Renier 1804)	1						
Aphelochaeta sp	8	6	4	1		10	7
Chaetozone setosa Malmgren 1867	3	3	5			8	3
Cirratulidae indet			1				
Cirratulus caudatus			3				
Cirratulus cirratus (O.F.Mueller 1776)	1	1				1	
Diplocirrus glaucus (Malmgren 1867)							1
Polyphysia crassa (Oersted 1843)			2				
Lipobranchnus jeffreysii		1					
Scalibregma inflatum Rathke 1843			1	1		1	1
Ophelina cylindricaudata (Hansen 1878)		1					
Ophelina modesta Stoep-Bowitz 1958		1	2				1
Heteromastus filiformis (Claparede 1864)							1
Mediomastus fragilis Rasmussen 1973	3	2	1	1			3
Notomastus latericeus Sars 1851	2	5	10		1	13	4
Chirimia biceps (M.Sars 1861)			1				
Euclymene robusta			2				
Euclymeninae indet				2	1	3	3
Lumbriclymene minor			2				
Nicomache sp	1						
Praxillura longissima Arwidsson 1906		1	1				
Praxillura sp			5				
Myriochele oculata Zaks 1922	1	2	1	1	1		
Pectinaria auricoma (O.F.Mueller 1776)					1		
Pectinaria koreni Malmgren 1865				1			
Amage auricula Malmgren 1865		2					
Ampharetidae indet	1	79	122	5		7	17
Amphictels gunneri (M.Sars 1835)	1	2	5			15	5
Echysippe vanelli (Fauvel 1936)		1					
Lysippe labiata Malmgren 1866		2					
Lysippides fragilis (Wollebaek 1912)						1	1
Melinna cristata (M.Sars 1851)			3				
Mugga wahrbergi Eliason 1955		1					
Samytha sexcirrata M.Sars 1856		1				1	1
Sosanopsis wireni Hessle 1917		1				5	1
Zatsepinia rittichae Jirkov, 1986		2					
Amaeana trilobata (M.Sars 1863)							1
Amphitrite cirrata O.F.Mueller 1771	2						
Hauchiella tribulata (McIntosh 1869)		1					
Polycirrus medusa Grube 1850	2	2					
Polycirrus norvegicus (Wollebaek 1912)	2						
Polycirrus sp						7	1
Proclea graffii (Langerhans 1884)						1	
Streblosoma intestinalis M.Sars 1872		1					
Terebellides stroemi M.Sars 1835		2				4	1
Trichobranchnus glacialis Malmgren 1865	2	1	3			1	
Trichobranchnus roseus (Malm 1874)			2				1
Chone sp		10	2			9	3
Euchone southerni			2				
Euchone sp		7	4				
Jasmineira candela (Grube 1863)		1	5				
Jasmineira caudata Langerhans 1880						3	1
Jasmineira sp					1		
Hydroides norvegica Gunnerus 1768		1					
Piacostegus tridentatus (Fabricius 1779)	1			3			2

PROSOBRANCHIA	Gastropoda indet					1		
	Scissurella crispata (Fleming)			1				
	Lepeta caeca (Mueller)	1	1					
	Lepeta fulva (Mueller)					1		1
	Capulus hungaricus (Linne)					1		
	Lunatia montagui (Forbes)			1				1
OPISTHOBANCHIA	Eulima stenostoma Jeffreys							1
	Philine sp							1
POLYPLACOPHORA	Polyplacophora indet	6	4	4	3	2	14	6
	Caudofoveata indet			2			2	
CAUDOFOVEATA	Chaetoderma nitidulum Loven 1845		3					
	Bivalvia indet				1	1	1	
BIVALVIA	Nucula cf. turgida Leckenby & Marshall	4						1
	Nucula sulcata (Bronn 1831)							1
	Nucula turgida Leckenby & Marshall			1				
	Yoldiella tomlini Winckworth 1932		1	3				
	Modiolus modiolus (L.)	1	1					
	Mytilidae indet				1			
	Arca pectunculoides Scacchi						5	
	Bathyarca pectunculoides (Scacchi 1836)		7					
	Limatula gwyni (Sykes)	1						
	Chlamys cf. striatum (Mueller)	1						
	Chlamys sp				1	2		
	Delectopecten vitreus (Gmelin 1789)							1
	Pectinidae indet				1			
	Thyasira croulinensis (Jeffreys)							1
	Thyasira equalis (Verrill & Bush)				1			
	Thyasira ferruginea (Forbes)		12	11	1		1	4
	Thyasira obsoleta (Verrill & Bush)		2	3				
	Thyasira pygmaea (Verrill & Bush)						1	1
	Astarte elliptica Brown 1827	2	3	3	1		2	1
	Venus ovata Pennant		1					
SCAPHOPODA	Scaphopoda indet		1					
OSTRACODA	Philomedes globosus Lilljeborg	7			1		1	
	Macrocypris minna (Baird)				1			
CUMACEA	Diastylis cornuta Boeck			1				
	Diastylodes biplicata G.O.Sars				1			
TANAIDACEA	Tanaidacea indet			1	1			5
	Apeudes spinosus (M.Sars)	18				1		
ISOPODA	Gnathia sp				1		1	
	Desmosomatidae indet		1	1				
AMPHIPODA	Munnopsidae indet				2			
	Hoplonyx sp						1	
	Normania quadrimanus (Bate & Westwood)		3	1				
	Tryphosites longipes (Bate & Westwood 1861)	1						
	Cheirocratus sp	1						
	Eriopisa elongata Bruzelius			1	1			
	Monoculodes sp	1						
	Oedicerotidae indet					1		
	Westwoodilla caecula (Sp.Bate)	1	1	4	2			
	Harpinia sp			1				
	Paraphoxus oculatus Sars 1891	1	3	1				1
	Liljeborgia pallida (Bate)			1				
	Liljeborgia macronyx G.O.Sars						1	
	Parajassa pelagica (Leach 1814)				1	1		
DECAPODA	Munida tenuimana G.O.Sars			1				
SIPUNCULIDA	Golfingia cf. minuta (Kieferstein)						6	2
	Golfingia sp		1	2				
	Onchnesoma steenstrupi Koren & Danielssen			13				
	Sipunculida indet			1				
BRACHIOPODA	Brachiopoda indet				1			

	Waldheimia cranium (Mueller)	1						
	Terebratulina caputserpentis					1		
ASTEROIDEA	Astropecten irregularis (Pennant)						1	
OPHIUROIDEA	Ophiuroidea indet					1		1
	Amphipholis squamata (Delle Chiaje)						2	
	Amphilepis norvegica Ljungman	6	3	4				
	Ophiacantha bidentata (Retzius)			1				
	Ophiura sp	5						
ECHINOIDEA	Echinoidea indet						1	1
	Irregularia indet	3		1				
	Regularia indet	1						
	Echinocardium flavescens (O.F.Mueller)			6				
	Echinocardium sp							1
HOLOTHUROIDEA	Labidoplax buski (McIntosh)	3					1	
POGONOPHORA	Pogonophora indet			24				
ASCIDIACEA	Ascidiacea indet					1	4	4
HEMICHORDATA	Hemichordata indet						1	
PISCES	Pisces indet						1	

Vedlegg B.

Resultater fra kjøring av modellen Fiskmeny.

NIVA
Postboks 173 - Kjelsås
0411 OSLO

FISKMENY (ver.2.0): RINGJA, 2500 tonn årlig produksjon, for Nostra

TABELL 1 FYSISKE DATA FOR LOKALITETEN.

Middelstrøm - langtids sommer	0.11	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	60.00	kvadratkilometer
Middeldyp innenfor evt. terskel	400.0	meter
Middeldyp ved anlegget	110.0	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 merdene (totalt)	100000	kubikkmeter
Lengde (vinkelrett på strømretning)	450	meter
Merdenes dyp	20	meter
Fisktetthet (høyeste verdi juli-sept.)	25	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 (TILLEGGSOPPLYSNINGER).

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 MERDENE PÅ GRUNN AV FISKENS RESPIRASJON RESPEKTIVE EKSKRESJON. FISKENS VEKT= 2100 GRAM, TEMPERATUR= 14.7 GRADER C TONNAGEN I MERDENE ER 2500000 KG.

Basert på	Oksygen inn (mg/l)	Oksygen ut (mg/l)	Ammonium inn (mg/l)	Ammonium ut (mg/l)
Middelstrøm*)	7.95	7.72	0	0.01
Fjordoverflate*)	7.25	7.02	0.00	0.01

*) OBS! Tabellen gir middelveier. 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 MERDENE VED HØYE, MIDLERE OG LAVE TEMPERATURER. TONNAGEN I MERDENE ER 2500000 KG. *)

Temperatur (°C)	Nitrogen (kg/døgn)	Fosfor (kg/døgn)
14.7	354.1	55.4
9.5	233.6	36.6
4.3	154.1	24.1

*) 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 MERDENE ER 2500000 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	2905	1513	1264.8	4.25	27.19
25	14.7	11191	4952	1581.0	39.71	253.79
50	14.7	19477	8390	1897.2	75.16	480.39
0	9.5	1916	998	834.4	2.81	17.94
25	9.5	7382	3267	1043.0	26.19	167.42
50	9.5	12849	5535	1251.5	49.58	316.90
0	4.3	1264	658	550.4	1.85	11.83
25	4.3	4870	2155	688.0	17.28	110.44
50	4.3	8476	3651	825.6	32.71	209.05

KOMMENTARER TIL TABELL 7.

Sedimentoverflate= 44600 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 merdene.

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