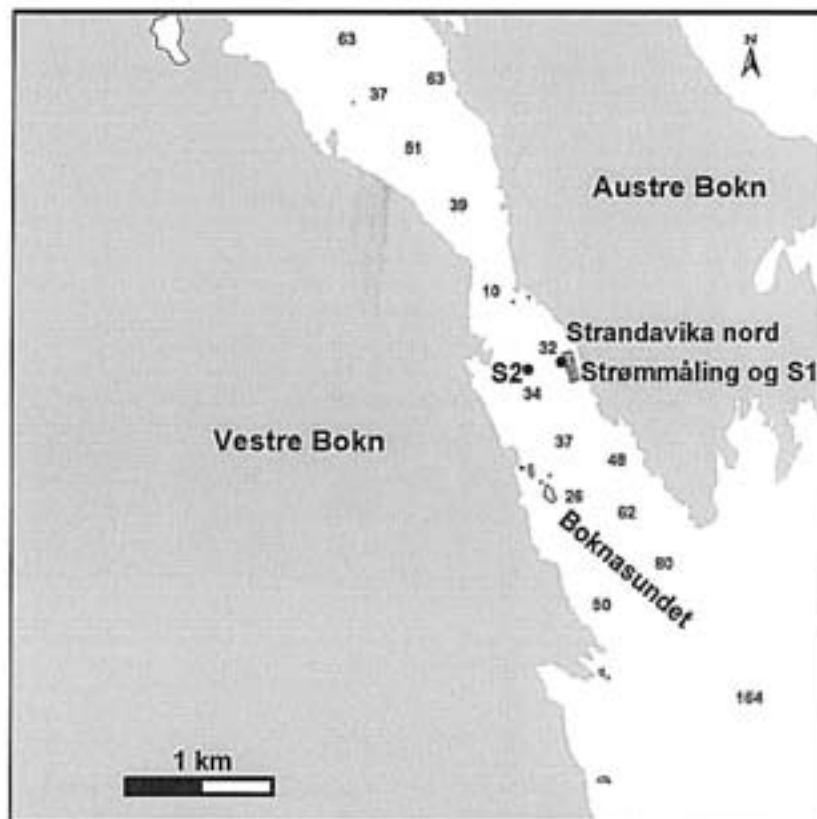


RAPPORT LNR 4086-99

# Resipientundersøkelse ved lokaliteten Strandaviken i Bokn kommune



**Hovedkontor**

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internet: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 37 29 50 55  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

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

**Vestlandsavdelingen**

Nordnesboder 5  
5008 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-NIVA A/S**

9015 Tromsø  
Telefon (47) 77 68 52 80  
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel <b>RESIPIENTUNDERSØKELSE VED LOKALITETEN STRANDAVIKEN I BOKN KOMMUNE</b>	Løpenr. (for bestilling) 4086-99	Dato 28.06.99
	Prosjektnr. Undernr. O-97206	Sider Pris 29
Forfatter(e) Torbjørn M. Johnsen Einar Nygaard Brage Rygg	Fagområde Akvakultur	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Rogaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Loden Laks a.s	Oppdragsreferanse Svein Ove Alvestad
------------------------------------	---

Sammendrag Ved oppdrettslokaliteten Strandaviken i Bokn kommune har det vært gjennomført miljøundersøkelser med analyser av vannsøylen og bunnforholdene. De kjemiske og biologiske undersøkelsene ved Strandaviken viste at lokaliteten er noe belastet. Modellberegninger viste at ved Strandaviken vil det ikke oppstå kritisk lave oksygenkonsentrasjoner i merdene. For å utnytte de gode strømforholdene i Boknasundet, anbefales det å legge anlegget på tvers av strømretningen, dvs. på tvers av Boknasundet.
---

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



**Torbjørn M. Johnsen**  
Prosjektleder



**Karl Nygaard**  
Forskningsleder



**Bjørn Braaten**  
Forskningssjef

**RESIPIENTUNDERSØKELSE VED  
LOKALITETEN STRANDAVIKEN**

**I**

**BOKN KOMMUNE**

Prosjektleder: Torbjørn M. Johnsen

Medarbeidere: Einar Nygaard  
Brage Rygg  
Lise Tveiten

## Forord

Denne undersøkelsen er gjennomført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) på oppdrag av Loden Laks a.s med Svein Ove Alvestad 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: Feltarbeidet er utført av Einar Nygaard som også har utført modellkjøringene. Identifisering, kvantifisering og rapportering av bunndyrfauna er utført av Brage Rygg. Torbjørn M. Johnsen har vært ansvarlig for den resterende del av rapporteringen.

Bergen, 25. juli 1999

*Torbjørn M. Johnsen*  
*Prosjektleder*

## Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>6</b>
<b>1. INNLEDNING</b>	<b>7</b>
<b>2. MATERIALE OG METODER</b>	<b>8</b>
2.1 Lokalitetsbeskrivelse og stasjoner	8
2.2 Metodikk	9
2.2.1 Hydrografi/Vannkjemi	9
2.2.2 Bunnprøver	9
2.2.3 Kapasitetsberegninger	9
<b>3. RESULTATER</b>	<b>10</b>
3.1 Hydrografi	10
3.1.1 Vannkjemi	12
3.1.2 Sedimentkjemi	13
3.1.3 Bunndyrsamfunn	14
<b>4. Kapasitetsberegninger</b>	<b>17</b>
4.1 Vurdering av egnethet for produksjon av 2.000 tonn fisk pr. år ved Strandaviken	17
4.1.1 Tilstanden på bunnen	17
4.1.2 Tilstanden i sjøen	17
4.1.3 Vannutskiftning, stagnasjonsperioder	17
4.2 Forventet framtidig belastning	18
4.3 Driftsfaktorer	19
4.3.1 Oksygen	19
<b>5. KONKLUSJONER</b>	<b>22</b>
<b>6. REFERANSER</b>	<b>23</b>
<b>Vedlegg A.</b>	<b>24</b>
<b>Vedlegg B.</b>	<b>27</b>

---

## Sammendrag

Undersøkelser av vannkvalitet, sediment og bunnfauna har i 1997 vært undersøkt ved oppdrettslokaliteten Strandaviken i Bokn kommune, Rogaland.

Næringssaltanalyser fra de frie vannmassene i Boknasundet ved Strandaviken viste generelt gode forhold for de målte parameterene. Unntaket var total nitrogen som ved begge innsamlingstidspunkt lå innenfor Tilstandsklasse III ("Mindre god") for prøver tatt på 3 meters dyp midt i sundet. Verdiene for total organisk karbon i vannmassene representerte normalverdier for kystnære områder.

Kjemiske analyser av sedimentet på begge stasjonene ved Strandaviken viste noe forhøyet innhold av karbon (Tilstandsklasse II ("Moderat forurenset")) og en viss opphopning av fosfor.

Bunndyranalysene fra stasjonene tyder på at sedimentet utsettes for organisk belastning (Tilstandsklasse II-III ("God"- "Mindre god")), men belastningen fører i liten grad til opphopning av organisk materiale i sedimentet.

Produksjon av 2.000 tonn fisk vil føre til tilførsler av 96-114 tonn nitrogen og 20-24 tonn fosfor pr. år ved førfaktor 1,10-1,23. Ved en maksimal fiskemengde på 1.500 tonn er de daglige utslippene beregnet til 590 kg nitrogen/døgn og 120 kg fosfor/døgn ved en førfaktor på 1,10.

Hvis anlegget legges på tvers av strømretningen, viser beregninger at oksygenforholdene i merdene ikke vil komme ned til kritiske konsentrasjoner og ammoniumkonsentrasjonen vil holde seg under kritisk nivå.

## Summary

Title: Environmental investigation at the marine recipient Strandaviken in Bokn municipality  
Year: 1999  
Author: Torbjørn M. Johnsen, Einar Nygaard, Brage Rygg  
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3692-9.

In 1997 the water quality, the chemistry of the sediment and the bottom fauna has been investigated at the marine recipient Strandaviken in Bokn municipality in Rogaland.

Analyses of the nutrients in the water masses in Boknasundet nearby Strandaviken generally showed good conditions. The exception was the content of total nitrogen which at both times of collection was elevated at 3 meters depth. The content of organic carbon was normal for coastal areas.

Chemical analyses of the sediments at both stations at Strandaviken showed to a certain degree elevated content of carbon and phosphorous.

The analyses of the bottom fauna showed that the sediment is expose to organic load, but there is little accumulation of organic material in the sediment.

Production of 2000 tons of fish will give a pollution load of 96-114 tons of nitrogen and 20-24 tons of phosphorous per year at a feed conversion coefficient of 1.10-1.23. At maximum of 1500 tons of fish the daily pollution load is calculated to 590 kg of nitrogen and 120 kg of phosphorous at feed conversion coefficient of 1.10.

If the line of cages of the fishfarm is placed perpendicular to the main direction of the tidal current there will be no critical values of oxygen. Calculations show that the concentration of ammonia not will exceed critical level.

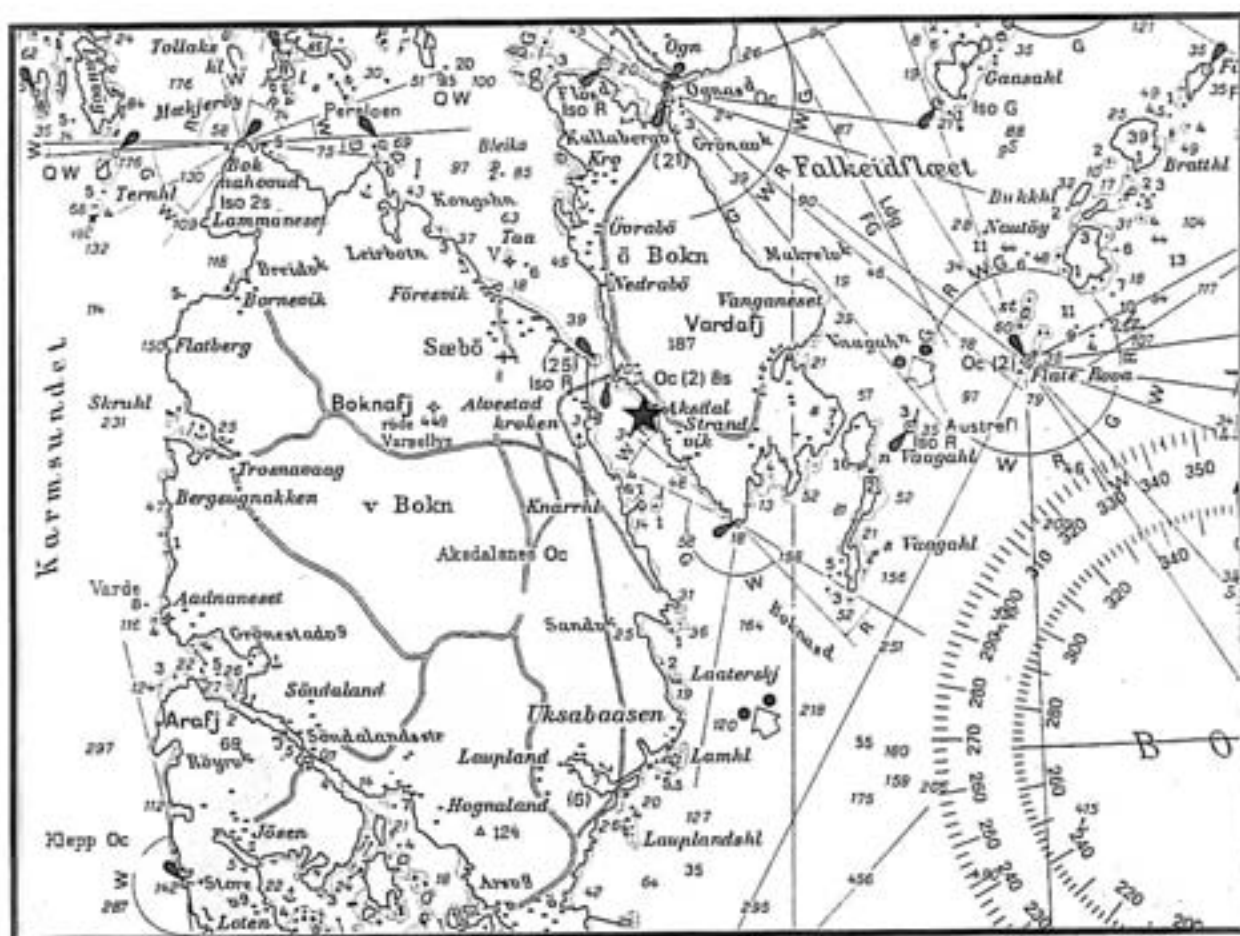
# 1. INNLEDNING

Loden Laks a.s ville ha undersøkt miljøtilstanden ved oppdrettslokaliteten Strandaviken (Figur 1) i Bokn kommune, Rogaland. I den forbindelse ble Norsk institutt for vannforskning (NIVA) engasjert av oppdrettsfirmaet for å gjennomføre resipientundersøkelsen.

Strandaviken ved Aksdalsjøen i Boknasundet er en ny lokalitet hvor det planlegges etablert et anlegg med produksjonsvolum på 24.000 m<sup>3</sup>.

Hensikten med denne undersøkelsen har vært:

1. Dokumentere miljøtilstanden på lokaliteten.
2. Vurdere lokalitetenes egnethet for drift av oppdrettsanlegg med produksjonsvolum på 24.000 m<sup>3</sup>.



Figur 1. Kart over sjøområdet rundt Vestre og Østre Bokn. Lokalitetene Strandaviken er markerte med \*.



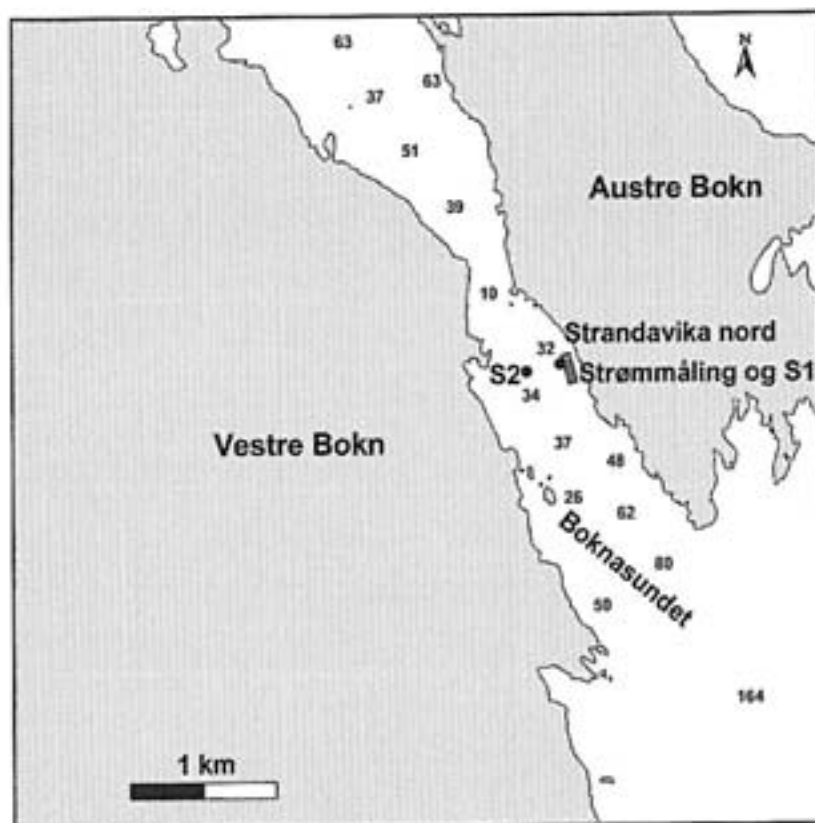
## 2. MATERIALE OG METODER

### 2.1 Lokalitetsbeskrivelse og stasjoner

Den nye lokaliteten Strandaviken ligger ved Akسدal på Østre Bokn, dvs. på østsiden av Boknasundet mellom Østre og Vestre Bokn (**Figur 2**). Bunn-dypet ved det planlagte anlegget varierer mellom 20 og 30 meter. Fra anlegget skråner bunnen i Boknasundet i sørøstlig retning ut mot Boknafjorden.

Ved Strandaviken ble det tatt prøver på 2 stasjoner. Den ene stasjonen (st. 1.1) ble etablert like nordvest for det planlagte anlegget, mens den andre ble tatt i Boknasundets dypområde rett sør for lokaliteten.

Innsamling av hydrografiske data og vannprøver for kjemisk analyse har vært gjennomført 13.11.97 og 30.12.97, mens sedimentprøver for analyse av bunndyrsamfunn og sedimentkjemi ble innsamlet kun ved første prøveinnsamling.



**Figur 2.** Lokaliteten Strandaviken med planlagte merder inntegnet. Innsamlingsstasjonene er markerte med  $\blacklozenge$  og bokstavene S1 (st. 1.1) og S2 (st. 1.2).

## 2.2 Metodikk

### 2.2.1 Hydrografi/Vannkjemi

Hydrografiske målinger (temperatur og salinitet) fra overflaten til bunnen ble gjennomført ved begge innsamlingstidspunkt ved bruk av selvregistrerende sonde av merke Seabird. I tillegg er det i området ved lokaliteten tatt prøver av dypvannet ved bruk av vannhenter for analyse av oksygen etter Winklers metode.

Vannprøver for analyse av næringssalter (total fosfor (Tot-P), fosfat ( $PO_4$ ), total nitrogen (Tot-N) og nitrat ( $NO_3$ )) og organisk karbon (TOC) ble ved begge innsamlingstidspunkt tatt på 2 dyp (3 og 20 meter). Siktedyb med fargeangivelse ble samtidig målt.

### 2.2.2 Bunnprøver

Ved bruk av van Veen-grabb ble det tatt 2 grabbhugg på hver stasjon. Målinger av redokspotensial (Eh) og pH ble forsøkt, men måtte gis opp på grunn av instrumentfeil.

Fra hvert grabbhugg på hver stasjon ble det tatt ut sedimentprøver til en blandprøve for analyse av kornfordeling (andel finmateriale  $<63 \mu m$ ), glødetap, total organisk karbon (TOC), nitrogen (Tot-N), fosfor (Tot-P), kobber (Cu) og sink (Zn).

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

### 2.2.3 Kapasitetsberegninger

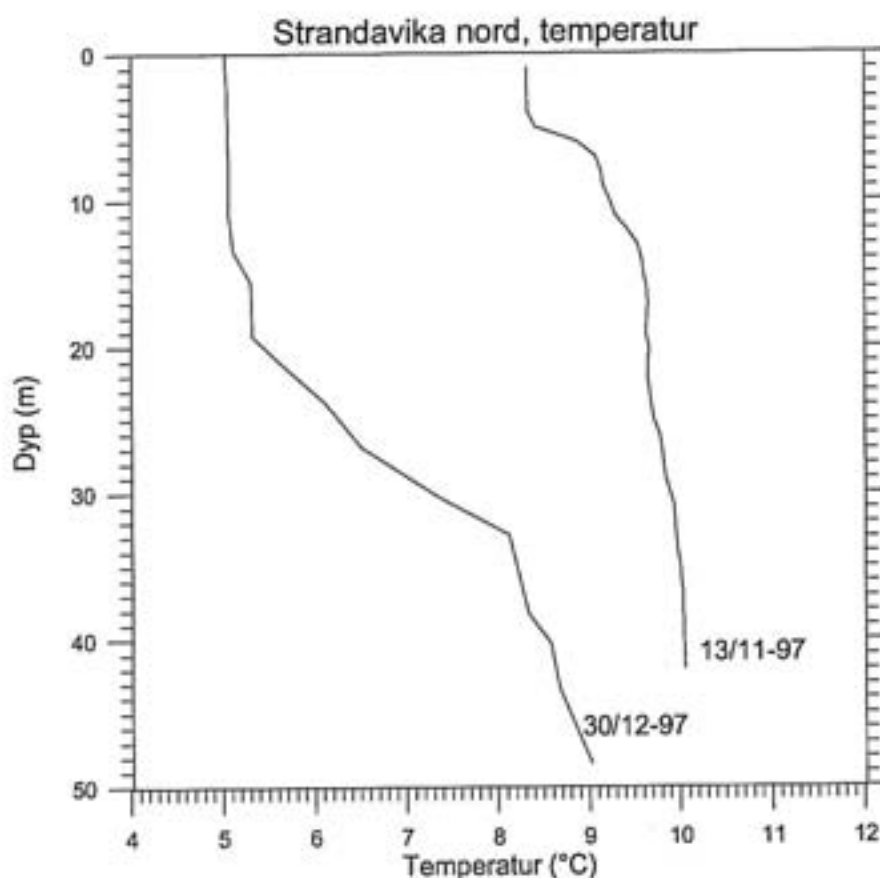
Beregninger av kapasiteten ved lokaliteten Strandaviken er gjennomført ved bruk av modellen Fiskmeny (Stigebrand 1986). I tillegg er det gjennomført tilleggsberegninger for å finne ut om oksygenkonsentrasjonen i anlegget til tider kan komme under den anbefalte minimumsgrensen på 5 mg  $O_2$ /liter.

### 3. RESULTATER

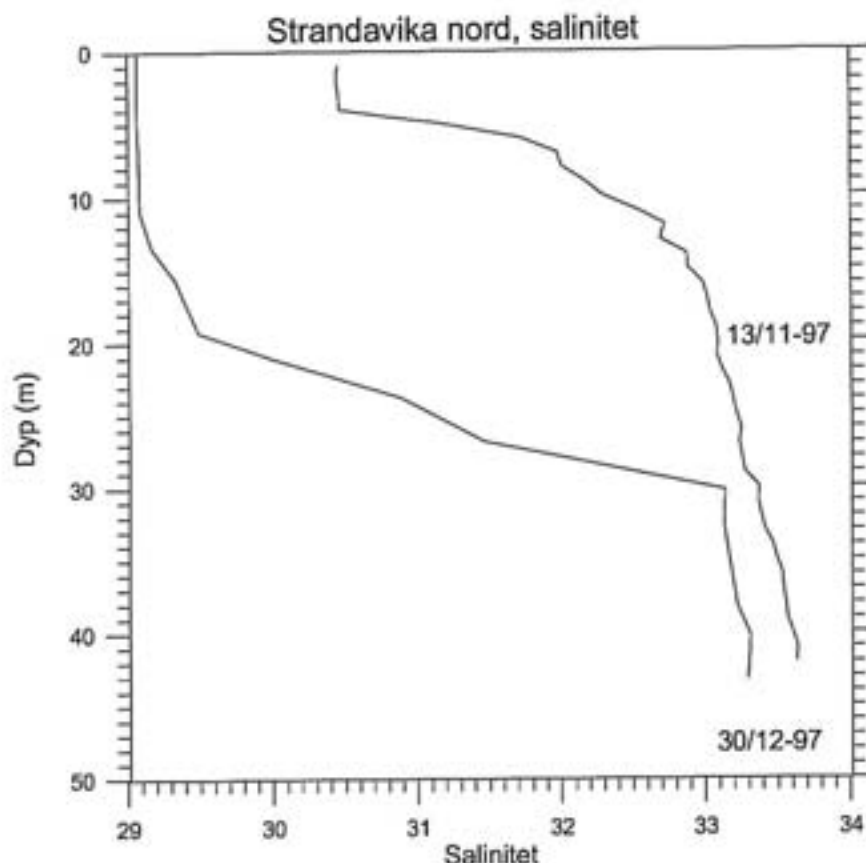
#### 3.1 Hydrografi

Temperatur- og salinitetsprofiler på lokaliteten Strandaviken er vist ved de to innsamlingstidspunktene i **Figur 3** og **Figur 4**. Profilene viser at 13. november var vannmassene i de øvre 5-6 meter homogene med en temperatur på 8,3°C og en salinitet på 30,5. Under dette homogene overflatelaget økte både temperaturen og saliniteten ned mot bunnen.

I slutten av desember besto de øvre 11 meterne av et homogent vannlag med temperatur 5,1-5,2°C og salinitet 29,1. Under dette øvre vannlaget økte både temperaturen og saliniteten relativt hurtig ned mot 31-32 meter. Herfra og ned mot bunnen var temperatur- og salinitetsøkningen moderat.



**Figur 3.** Temperaturprofiler på lokaliteten Strandaviken 13. november og 30. desember 1997.



**Figur 4.** Salinitetsprofiler på lokaliteten Strandaviken 13. november og 30. desember 1997.

**Tabell 1** viser resultatene fra oksygenprøver analysert etter Winklers metode. Konsentrasjonene av oksygen nær bunnen på de to stasjonene var ved begge måletidspunktene tilstrekkelig til å gi Tilstandsklasse I ("Meget god") etter SFTs klassifisering av miljøtilstand (Molvær m.fl. 1997).

Siktedypet var 8,5 og 13,0 m henholdsvis midt i november og ved slutten av desember.

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

Dato	St. 1.1			St. 1.2		
	Dyp (m)	mg O <sub>2</sub> /l	Siktedyp (m)	Dyp (m)	mg O <sub>2</sub> /l	Siktedyp (m)
13.11.97	29	8,44	8,5	45	8,35	8,5
30.12.97	29	9,46	13,0	45	9,19	13,0

### 3.1.1 Vannkjemi

Resultatene av de vannkjemiske analysene er vist i **Tabell 2**. Verdiene for total fosfor (Tot-P), fosfat ( $\text{PO}_4$ ), total nitrogen (Tot-N) og nitrat ( $\text{NO}_3$ ) i de øvre 20 meterne av vannsøylen faller nesten alle inn under Tilstandsklasse I ("Meget god") etter SFTs klassifiseringssystem for overflatelag under vintersituasjon (Molvær et al. 1997). Unntaket er stasjon 1.2 som på 3 meters dyp ved begge innsamlingstidspunktene hadde konsentrasjoner av total nitrogen som ligger innen intervallet for Tilstandsklasse III ("Mindre god").

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 viser at på 20 meter dyp er nitrogen vekstbegrensende faktor på begge stasjonene. På 3 meter dyp er fosfor vekstbegrensende i november, mens nitrogen er vekstbegrensende i desember. I november og desember vil det imidlertid på våre breddegrader være lyset som er den vekstbegrensende faktor for planteplanktonet.

Total 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 total nitrogen og fosfor ligger høyere enn Redfieldforholdet (Olsen & Jensen 1989). Dette viste seg klart å være tilfelle også i denne undersøkelsen.

Konsentrasjonene av total organisk karbon i vannmassene representerer normalverdier.

**Tabell 2.** Resultater av næringssaltanalyser og total organisk karbon i vannmassene ved Strandaviken.

Stasjon	Dato	Dyp (m)	Tot-P ( $\mu\text{g/l}$ )	$\text{PO}_4$ ( $\mu\text{g/l}$ )	Tot-N ( $\mu\text{g/l}$ )	$\text{NO}_3$ ( $\mu\text{g/l}$ )	$\text{NO}_3 / \text{PO}_4$	TOC (mg/l)	Tot. N/P
St. 1.1 (ved anl.)	13.11.97	3	9	3	175	23	7,7	1,5	19,4
		20	12	8	220	35	4,4	1,4	18,3
St. 1.2 (vest av anl.)		3	7	3	395	24	8,0	1,5	56,4
		20	11	6	155	35	5,8	2,6	14,1
St. 1.1 (ved anl.)	30.12.97	3	16	12	215	72	6,0	2,7	13,4
		20	14	10	190	69	6,9	2,2	13,6
St. 1.2 (vest av anl.)		3	20	15	440	68	4,5	2,6	22,0
		20	15	11	220	68	6,2	2,3	14,7

### 3.1.2 Sedimentkjemi

**Tabell 3** viser innhold av organisk materiale og prosentvis andel av finfraksjon i sedimentets øvre 2 centimeter. Innholdet av organisk materiale var lavt på begge stasjonene og med relativt liten andel av finfraksjon. Etter klassifiseringssystemet utarbeidet av Bjerknes m.fl. (1988) (**Tabell 4**) vil begge stasjonene få klassifiseringen "Svært lav" organisk belastning.

I fiskefôr er fosforinnholdet normalt 1,0-1,4%, mens fisk inneholder ca. 0,4% fosfor (Ervik & Aure 1990). Det vil si at fisk ikke er istand til å nyttiggjøre seg alt fosforet i fôret. Hele 85% av overskuddsfosforet blir tilført miljøet i form av spillfôr og fekalier som faller til bunns og påvirker bunnsedimentet. Nitrogenutslippene skjer derimot hovedsaklig i oppløst form. Forholdet mellom fosfor og nitrogen i sedimentet vil dermed kunne gi gode indikasjoner på om et sediment påvirkes av oppdrettsvirksomhet.

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

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

Stasjon	Dyp (m)	Total gløderest (g/kg)	% organisk materiale	<63 µm (%)
St. 1.1	31	984	1,6	3,6
St. 1.2	53	975	2,5	8,2

**Tabell 4.** Klassifiseringsskala for organisk belastning av bunnsediment (Bjerknes m. fl. 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	Dyp (m)	TN (mg/g)	Tot-P (mg/g)	TOC (mg/g)	Norm TOC (mg/g)	C/N	N/P	P/C	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)
St. 1.1	31	<1,0	0,62	3,6	20,95	>3,6	<1,61	0,172	13,3	56,1
St. 1.2	53	<1,0	0,60	7,0	23,52	>7,0	<1,67	0,086	5,1	30,8

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.

De kjemiske analysene av sediment fra begge stasjonene viser at innholdet av organisk karbon korrigert for sedimentets innhold av finstoff er 20,95 og 23,52 mg/g (Tilstandsklasse II ("Moderat forurenset")) for henholdsvis stasjon 1.1 og 1.2 (Tabell 5). N/P-forholdene er lave og P/C-forholdene er noe høye og begge disse forholdene tyder på opphoping av fosfor i sedimentet på begge stasjonene.

Innholdet av både kobber (Cu) og sink (Zn) er relativt lavt på begge stasjonene (Tilstandsklasse I ("Ubetydelig-Lite forurenset")).

### 3.1.3 Bunnnyrsamfunn

Fullstendige artslistene fra bunnfaunaprøvene er gitt i Vedlegg 1.

#### Stasjon 1.1 Strandaviken (31 meter)

Stasjonen hadde betydelig høyere individtall enn normalt. Antall arter var normalt, men det høye individtallet av en enkelt art (børstemarken *Capitella capitata*, Tabell 8) medførte nokså lav verdi for artsmangfoldet, særlig H-indeksen (Tabell 7). Dominansen av *Capitella* tyder på at lokaliteten er utsatt for organisk belastning, selv om dette i liten grad viste seg i de kjemiske analysene av sedimentet (Tabell 5). Organisk materiale oppkonsentreres ikke på bunnen.

#### Stasjon 1.2 Strandaviken (53 meter)

Stasjonen hadde svært høyt individtall. Antall arter var normalt, men det høye individtallet av en enkelt art (børstemarken *Myriochele oculata*, Tabell 8) medførte nokså lav verdi for artsmangfoldet (Tabell 7). Dominansen av *Myriochele* kan tyde på at lokaliteten er utsatt for organisk belastning, selv om dette ikke viste seg i sikterestene (Tabell 6) og i liten grad i de kjemiske analysene av sedimentet (Tabell 5). Organisk materiale oppkonsentreres ikke på bunnen.

**Tabell 6.** Beskrivelser av sikterest (partikler > 1mm) fra grabbprøvene ved Strandaviken.

Stasjon	Grabb nr.	Beskrivelse
1.1	1	<u>Sikterest:</u> Ca. 2,3 l. <u>Bestanddeler:</u> Stein, grus og skjellsand. Noe organiske partikler (trolig mest marint).
	2	<u>Sikterest:</u> Ca. 1,8 l. <u>Bestanddeler:</u> Stein, grus og fin skjellsand.
1.2	1	<u>Sikterest:</u> Ca. 0,2 l. <u>Bestanddeler:</u> Mest fin skjellsand.
	2	<u>Sikterest:</u> Ca. 0,6 l. <u>Bestanddeler:</u> Stein, grus, sand og fin skjellsand.

**Tabell 7.** Antall arter, individtall, individtettheter og artsmangfold i prøvene av bunnfauna fra Strandaviken. Artsmangfoldet er gitt ved Shannon-Wiener indeksen (H) og indeksen ES<sub>100</sub> som gir beregnet antall arter ved en prøve på 100 individer. Artsindeksen (AI) gir et mål for forekomst av forurensningsømfintlige arter i prøven (arter som krever gode forhold); verdier høyere enn 6-6.5 indikerer normale forhold. Tilstandsklasse i henhold til SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet basert på artsmangfold er også vist (Molvær m.fl. 1997).

Stasjon		Areal	Artstall	Ind.	Ind/m <sup>2</sup>	H	ES <sub>100</sub>	AI	Tilstandsklasse
1.1	grabb 1	0,1	51	492		2,84	22,53	6,46	II-III "God" til "Mindre god"
	grabb 2	0,1	48	491		2,40	20,34	6,47	
	Sum	0,2	70	983	4.915	2,75	22,47	6,35	
1.2	grabb 1	0,1	41	1.205		2,21	14,64	5,74	III "Mindre god"
	grabb 2	0,1	62	605		2,76	22,08	5,75	
	Sum	0,2	73	1.810	9.050	2,49	17,85	5,99	

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 stasjonene ved Strandaviken.

Art	Gruppe	Stasjon 1.1 Ind/0,2 m <sup>2</sup>	Stasjon 1.2 Ind/0,2 m <sup>2</sup>
<i>Scoloplos armiger</i>	POLYCHAETA	30	71
<i>Prionospio cirrifera</i>	POLYCHAETA	32	68
<i>Prionospio fallax</i>	POLYCHAETA		23
<i>Spiophanes bombyx</i>	POLYCHAETA		134
<i>Chaetozone setosa</i>	POLYCHAETA	6	20
<i>Capitella capitata</i>	POLYCHAETA	637	3
<i>Myriochele oculata</i>	POLYCHAETA		1.185
<i>Philine scabra</i>	OPISTOBRANCHIA	7	38
<i>Philine</i> sp	OPISTOBRANCHIA	13	
<i>Lepidopleurus asellus</i>	POLYPLACOPHORA	43	
<i>Thyasira</i> sp	BIVALVIA	9	31
<i>Nebalia</i> sp	NEBALIACEA	17	
<i>Ophiura</i> sp	OPHIUROIDEA	6	34
<i>Echinocardium</i> sp	ECHINOIDEA		24

## 4. Kapasitetsberegninger

### 4.1 Vurdering av egnethet for produksjon av 2.000 tonn fisk pr. år ved Strandaviken

#### 4.1.1 Tilstanden på bunnen

Resultatene av de kjemiske analysene av sedimentet rett ved oppdrettslokaliteten (stasjon 1.1) og midt i Boknasundet (stasjon 1.2) viste begge en svak opphopning av fosfor i sedimentet (Tabell 5). I og med at lokaliteten Strandaviken ikke har vært benyttet til fiskeoppdrett tidligere, må fosfortilførslene stamme fra andre kilder.

Bunndyranalysene fra begge stasjonene tyder på at bunnen utsettes for organisk belastning. Belastningen på undersøkelsestidspunktet var imidlertid ikke så stor at organisk materiale ble oppkonsentrert på bunnen.

#### 4.1.2 Tilstanden i sjøen

##### Næringsalter

Næringssaltkonsentrasjonene fra vannprøvene (Tabell 2) tatt rett ved oppdrettslokaliteten (stasjon 1.1) viste gode forhold sett i relasjon til SFTs vannkvalitetskriterier. Midt i Boknasundet (stasjon 1.2) ble det imidlertid på 3 meters dyp målt forhøyede konsentrasjoner av total nitrogen (Tilstandsklasse III). Vanligvis har en naturlig et minimum av næringsalter i sjøens overflatelag om sommeren - gjerne med de laveste verdiene i juli-september (Aure & Johannessen 1997). For total nitrogen og total fosfor kan variasjonene mellom sommer og vinter dreie seg om henholdsvis 50 og 100%. I denne undersøkelsen foreligger det imidlertid kun vintermålinger (midt i november og desember). Variasjonene i total nitrogen og fosfor fra sommer til vinter i vannmassene ved Strandaviken kan dermed ikke vurderes.

#### 4.1.3 Vannutskiftning, stagnasjonsperioder

Strømmålingene gjennomført av NIVA i (tidsrom) i 1997 viste en middelvei for strømfart på 6,2 og 4,5 cm/s på henholdsvis 3 og 10 meters dyp (Nygaard 1998). Strømforholdene i Boknasundet er dermed relativt gunstige med regelmessig tidevannstrøm i sundets lengderetning. Strømmålingene viste også stor variasjon i temperatur og salinitet på lokaliteten i både 3 og 10 meters dyp. Dette tyder på god utskifting av vannet.

Anlegget ved Strandaviken er orientert med kortsiden mot hovedstrømmen, dvs. at anlegget har en ugunstig orientering. For å utnytte de gode strømforholdene på lokaliteten og for å unngå kritiske oksygenkonsentrasjoner i de merdene som ligger i le av hverandre, bør anlegget orienteres med breidsiden mot strømmen, dvs. på tvers av Boknasundet.

Lokaliteten har tilfredsstillende middelstrøm, og ingen lange stagnasjonsperioder (maksimalt 40 minutter) ble registrert i måleperioden.

## 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 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 føring og fiskeproduksjon. Førfaktoren 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 førforbruk ("Fór) har vi tatt utgangspunkt i produsert fiskemengde multiplisert med førfaktoren.

En framtidig årsproduksjon på 2.000 tonn laks på lokaliteten Strandaviken vil tilsvare følgende nitrogen- og fosfortilførsler ved en førfaktor på 1,23 (middel for regionen i 1997) og 1,10 (antatt førfaktor for godt drevet anlegg):

Tilførsler pr. år	Førfaktor 1,23	Førfaktor 1,10
Strandaviken		
Total nitrogen (avrundet)	114 tonn	96 tonn
Total fosfor (avrundet)	24 tonn	20 tonn

I følge disse beregningene medfører en reduksjon i førfaktor fra 1,23 til 1,10 til en reduksjon i nitrogentilførsel på 15,9%, mens fosforreduksjonen vil være 14,5%. En ytterligere 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 hvis en antar at det er mest fisk i anlegget på denne tiden av året. De daglige tilførslene kan da være 3-4 ganger høyere enn ellers i året. I perioden med mest fisk i anlegget kan det antas at fiskemengden vil være 1.500 tonn ved Strandaviken. 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% av fosforet og inntil 80-90% av nitrogenet løses i sjøen, mens resten er partikulært bundet (fekalier, førspill) og synker til bunns. Ut fra disse anslagene kan de framtidige utslippene pr. døgn i en periode med høy produksjon beregnes til (førfaktor 1,1):

Estimerte tilførsler pr. døgn ved maksimal føring	Totalt	Vannløst
<b>Strandaviken</b>		
Årsproduksjon: 2.000 tonn		
Total nitrogen (avrundet)	590 kg/døgn	500 kg/døgn
Total fosfor (avrundet)	120 kg/døgn	70 kg/døgn

## 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 er 1,5 og 1,1 cm/s på henholdsvis 3 og 10 meter dyp. Lengste periode med disse strømfartene ble målt til 0,7 timer (ca. 40 minutter). 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 25 meter. Oksygenforbruket er satt til 10 kg O<sub>2</sub> 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. Merd2 er nedstrøms merd1, og 75% av vannet som strømmer inn i merd2 er antatt å komme fra merd1.

Beregninger av oksygenforholdene i merder hvor anlegget ligger på tvers av strømretningen, gir tilfredsstillende resultater både for merden som ligger fremst mot strømmen og merden som ligger bak i strømskyggen (**Figur 5**). Merk at disse beregningene baserer seg på et anlegg som ligger gunstig i forhold til strømmen.

For å unngå/ redusere det potensielle problemet med lav oksygenkonsentrasjon i merdene som ligger i strømskyggen, er en løsning å orientere merdene på tvers av hovedstrømretning slik at bare halvparten av merdene blir liggende i strømskygge.

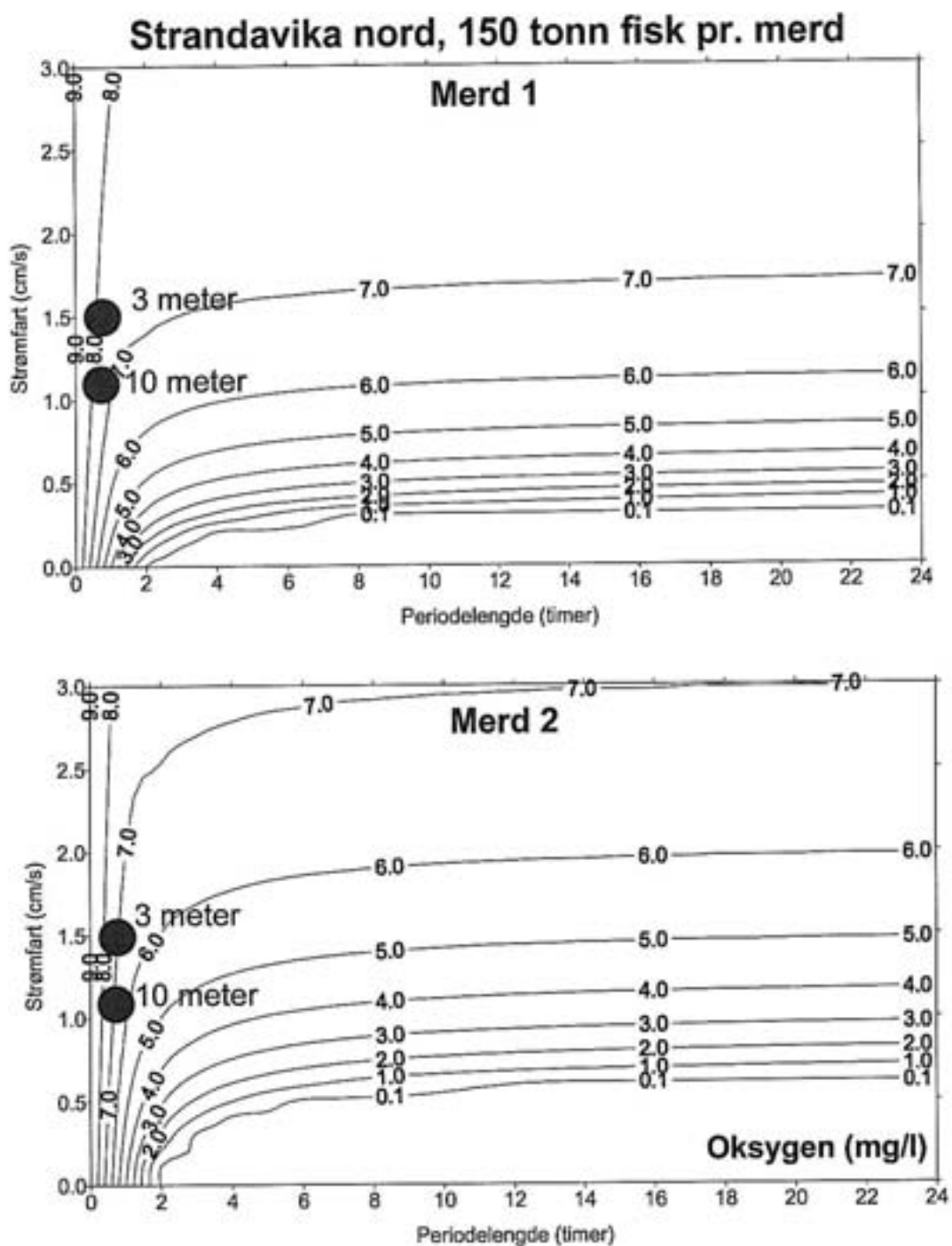
I tillegg er modellen Fiskmeny (Stigebrandt 1986) benyttet for å beregne miljøbelastningen som matfiskanlegget ved Strandaviken vil forårsake. Resultatene av modellkjøringen viser at oksygenkonsentrasjonen i merdene ikke kommer lavere enn den anbefalte nedre grense på 5 mg O<sub>2</sub>/l (Vedlegg B). Beregningene i denne modellen utføres for gjennomsnittlig strøm 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 470 NH<sub>3</sub>/døgn i en periode med sterk tilvekst ved Strandaviken. 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. På bakgrunn av modellkjøringene representerer ikke ammonium i merdene noe problem ved Strandaviken ved den størrelse og fiskeproduksjon som er benyttet i beregningene. Det gjøres imidlertid oppmerksom på at disse beregningene er utført for gjennomsnittlig strøm og for et anlegg hvor merder ikke ligger i strømskygge.

Kjøringen av modellen Fiskmeny viser at ammonium ikke vil komme over den kritiske konsentrasjonen på 0,5 mg/l.



**Figur 5.** 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 150 tonn fisk pr. merd.

## 5. KONKLUSJONER

De vannkjemiske analysene fra de øvre 20 meterne av vannsøylen tatt i november og desember ved lokaliteten Strandaviken viste vannmasser med konsentrasjoner for total fosfor, fosfat, total nitrogen og nitrat som alle lå innenfor Tilstandsklasse I ("Meget god"). Midt i Boknasundet var det også tilfredsstillende vannkvalitet med unntak av total nitrogen hvor det ved begge innsamlingstidspunkt ble målt forhøyede konsentrasjoner av total nitrogen (Tilstandsklasse III ("Mindre god")).

De kjemiske analysene av sediment viste at det på begge stasjonene var noe høyere innhold av organisk karbon (Tilstandsklasse II ("Moderat forurenset")) enn på helt upåvirkede lokaliteter. Et lavt forhold mellom nitrogen og fosfor og et litt forhøyet forhold mellom fosfor og karbon tyder på en opphopning av fosfor i sedimentet. Kobber- og sinkkonsentrasjonene i sedimentet var normale på begge stasjonene.

Bunndyranalysene viste at det på oppdrettslokaliteten var et normalt antall arter, men individtallet var høyt. Høyt individtall av børstemarken *Capitella capitata* indikerer organisk belastning, men belastningen er ikke så stor at det fører til noen tydelig oppkonsentrering av organisk materiale på bunnen. Også analysen av bunndyrfaunaen fra stasjonen midt i Boknasundet indikerte organisk belastning på grunn av dominans av børstemarken *Myriochele oculata*, men heller ikke her oppkonsentreres organisk materiale i sedimentet.

Totalt sett indikerer resultatene fra undersøkelsen på stasjonene i Boknasundet at både vannmasser og bunnsediment til en viss grad påvirkes av tilførsler før oppdrettslokaliteten Strandaviken er tatt i bruk. Påvirkningene er beskjedne, men tydelige.

En produksjon av 2.000 tonn fisk ved Strandaviken vil resultere i tilførsler på 96-114 tonn nitrogen og 20-24 tonn fosfor pr. år ved förfaktor på 1,10-1,23. Tilførslene vil imidlertid variere over året og er beregnet ved en fiskemengde på 1.500 tonn og förfaktor 1,1 til å kunne komme opp i 590 kg nitrogen/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 og høy fisketetthet vil det ved en årsproduksjon på 2.000 tonn ikke forekomme perioder med kritiske oksygenkonsentrasjoner i merden som ligger i strømskyggen. Beregningene er basert på at anlegget ligger på tvers av strømetningen. Ammonium vil heller ikke komme opp mot kritiske konsentrasjoner.

## 6. REFERANSER

- Aure, J., & T. Johannessen. 1997. Næringsalter og klorofyll-a fra Skagerrak 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.
- Bjerknes, V., L.G. Golmen, A. Pedersen & K. Sørgaard. 1988. Kapasitet for fiskeoppdrett i Skogsvågen og i fjordområdet kring Toftarøy på Sotra. NIVA-rapport l.nr. 2072. Oslo.
- Ervik, A., & J.Aure. 1990. Pp. 32-39 i T.T. Poppe (Red.). *Fiskehelse. Sykdommer, behandling, forebygging*. John Grieg Forlag AS. ISBN 82-533-0254-1. 422 pp.
- Fiskeridirektoratet. 1997. Lønnsomhetsundersøkelse for matfiskanlegg 1996. Rapp. nr. 2/97 Fiskeridirektoratet. 118 s.
- 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. 1998. Strømmålinger ved oppdrettslokaliteten Strandavika nord i Boknasundet i november og desember 1997. NIVA-notat 98/03. 15 s.
- 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.
- Stigebrandt, A. 1986. Modellberäkningar av en fiskodlings miljöbelastning. NIVA-rapport l.nr. 1823. 28 s.
- Tjomsland, T., & B. Braaten. 1996. Tilførsler av næringsstoffer til kysten mellom svenskegrensen og Stad. NIVA-rapport l.nr. 3548-96. 39 s.



## Vedlegg A.

Fullstendige resultater for bunnfaunaprøver fra Strandavik 13.11.1997 (antall individer pr. art).

	Strandavik	Stasjon 1.1		Stasjon 1.2	
		Grabb 1	Grabb 2	Grabb 1	Grabb 2
ANTHOZOA	Anthozoa indet		1		1
	Edwardsiidae indet	1	6		1
PLATYHELMINTHES	Platyhelminthes indet		1		
NEMERTINEA	Nemertinea indet	1	6	2	2
NEMATODA	Nematoda indet		8	5	
POLYCHAETA	Harmothoe sp	1	1	1	4
	Pholoe minuta (Fabricius 1780)	4	5	13	3
	Eteone sp	6	5	3	3
	Phyllodoce groenlandica (Oersted 1842)			5	1
	Phyllodoce mucosa (Oersted 1843)			2	1
	Phyllodoce sp			2	
	Phyllodocidae indet				1
	Kefersteinia cirrata (Keferstein 1862)	1			
	Nereimyra punctata (O.F.Mueller 1788)			2	1
	Exogone sp	3	2		
	Typosyllis cornuta (Rathke 1843)				1
	Platynereis dumerilii (Audouin&Milne-Edwards)	2			
	Nephtys hombergii Savigny 1818			2	1
	Nephtys pente Rainer 1984	2	2		
	Glycera alba (O.F.Mueller 1776)			2	1
	Glycera lapidum (Eliason 1920)	4	2		
	Goniada maculata Oersted 1843	1			3
	Ophryotrocha sp	3	2		
	Scoloplos armiger (O.F.Mueller 1776)	3	27	53	18
	Aricidea cerrutii Laubier 1966				1
	Aricidea minuta Southward 1956			1	1
	Aricidea sp	2			
	Paradoneis lyra (Southern 1914)	11	6	1	2
	Aonides paucibranchiata Southern 1914				1
	Malacoceros fuliginosus (Claparede 1868)		1		
	Polydora sp				1
	Prionospio cirrifera Wiren 1883	19	13	40	28
	Prionospio fallax Soederstroem 1920			19	4
	Pseudopolydora sp			10	1
	Scolecopsis foliosa (Audouin & Milne-Edwards)				1
	Spio cf. filicornis (O.F.Mueller 1766)	3			
	Spiophanes bombyx (Claparede 1870)			118	16
	Caulleriella sp	2		4	2
	Chaetozone setosa Malmgren 1867	5	1	13	7
	Cirratulidae indet				1
	Cirratulus cirratus (O.F.Mueller 1776)	1			1

(forts. ...)

(... forts.)	Strandavik	Stasjon 1.1		Stasjon 1.2	
		Grabb 1	Grabb 2	Grabb 1	Grabb 2
	<i>Cossura longocirrata</i> Webster & Benedict 1887		1		
	<i>Diplocirrus glaucus</i> (Malmgren 1867)			4	2
	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke 1843	1			2
	<i>Ophelina acuminata</i> Oersted 1843		1		
	<i>Travisia forbesi</i> Johnston 1840				1
	<i>Capitella capitata</i> (Fabricius 1780)	299	338	2	1
	<i>Mediomastus</i> sp	1	4	1	1
	<i>Myriochele oculata</i> Zaks 1922			800	385
	<i>Owenia fusiformis</i> Delle Chiaje 1841			4	12
	<i>Pectinaria auricoma</i> (O.F.Mueller 1776)			1	
	<i>Pectinaria koreni</i> Malmgren 1865			4	3
	<i>Ampharete</i> sp				1
	<i>Eupolyornia nesidensis</i> (Delle Chiaje 1828)	2			
	<i>Polycirrus</i> sp				1
	Sabellidae indet				5
MOLLUSCA	Mollusca indet				1
PROSOBRANCHIA	Gastropoda indet	1			
	<i>Lunatia alderi</i> (Forbes)	3	1		
OPISTHOBANCHIA	Nudibranchia indet	7	2		
	<i>Philine scabra</i> (O.F.Mueller 1776)		7	30	8
	<i>Philine</i> sp	6	7		
	<i>Cylichna cylindracea</i> (Pennant 1777)				2
POLYPLACOPHORA	<i>Lepidopleurus asellus</i> (Spengler)	36	7		
BIVALVIA	Bivalvia indet	2		1	
	<i>Nucula tumidula</i> (Malm)	1			
	<i>Modiolus modiolus</i> (L.)	1	1	1	
	<i>Modiolus</i> sp	1			
	<i>Mytilus edulis</i> Linne 1758		2		
	<i>Lucinoma borealis</i> (Linne 1767)	2			
	<i>Thyasira</i> sp	3	6	18	13
	<i>Montacuta substriata</i> (Montagu)				1
	<i>Mysella bidentata</i> (Montagu 1803)	1	1		
	<i>Astarte elliptica</i> Brown 1827	8			
	<i>Astarte montagui</i> Dillwyn 1817		1		
	<i>Parvicardium ovale</i> (Sowerby)			1	
	<i>Macoma calcarea</i> (Gmelin 1790)			1	
	<i>Abra longicallus</i> (Scacchi 1836)		1	3	
	<i>Venus ovata</i> Pennant	5	3		
	<i>Hiatella arctica</i> (Linne 1767)			3	
	<i>Thracia</i> sp		1		
	<i>Thracia villosiuscula</i> (Macgillivray)		2		
PYCNOGONIDA	Pycnogonida indet			1	1
NEBALIACEA	<i>Nebalia</i> sp	15	2		
CUMACEA	<i>Diastylis rugosa</i> G.O.Sars	2			
ISOPODA	Isopoda indet		1		
AMPHIPODA	<i>Tryphosites longipes</i> (Bate & Westwood 1861)		1	2	

(forts. ...)

(... forts.)	Strandavik	Stasjon 1.1		Stasjon 1.2	
		Grabb 1	Grabb 2	Grabb 1	Grabb 2
	<i>Ampelisca aequicornis</i> Bruzelius		1		
	<i>Ampelisca gibba</i> Sars				1
	<i>Ampelisca macrocephala</i> Liljeborg				1
	<i>Ampelisca tenuicornis</i> Liljeborg	1			2
	<i>Ampelisca typica</i> (Bate)	1	1		
	<i>Cheirocratus</i> sp		1		2
	<i>Synchelidium haplocheles</i> (Grube)	2			1
	<i>Westwoodilla caecula</i> (Sp.Bate)	6	3	3	5
	<i>Atylus vedlomensis</i> (Bate & Westwood)	1	5		1
	<i>Microdeutopus</i> sp				1
	Isaeidae indet	2			
	<i>Corophium</i> sp		1		
	Caprellidae indet		2		
	<i>Phtisica marina</i> Slabber		1		
DECAPODA	Decapoda indet	1			
	<i>Processa canaliculata</i> Leach				1
SIPUNCULIDA	<i>Golfingia</i> sp				3
	<i>Phascolion strombi</i> (Montagu 1804)			2	2
	Sipunculida indet				1
ASTEROIDEA	Asteroidea indet	2		2	
OPHIUROIDEA	<i>Ophiura</i> sp	3	3	19	15
ECHINOIDEA	<i>Echinocardium</i> sp			9	15
HOLOTHUROIDEA	<i>Labidoplax buski</i> (McIntosh)				4
	<i>Leptosynapta</i> sp	1	2		
VARIA	Vermiformis indet				1

## Vedlegg B.

Resultater fra kjøring av modellen Fiskmeny.

NIVA

Postboks 333 - Blindern

0314 OSLO 3

FISKMENY (ver.2.0): Strandaviken, årsproduksjon 2.000 tonn

TABELL 1 FYSISKE DATA FOR LOKALITETEN.

Middelstrøm - langtids sommer	0.05	m/sek
Middelstrøm - tidevann	0.05	m/sek
Typisk salinitet (juli-sept)	31.0	o/oo
Typisk vindhastighet (sommer)	3.0	m/sek
Terskeldyp (utenfor anlegget)	100.0	meter
Areal innenfor evt. terskel	6.00	kvadratkilometer
Middeldyp innenfor evt. terskel	50.0	meter
Middeldyp ved anlegget	30.0	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)	85000	kubikkmeter
Lengde (vinkelrett på strømretning)	150	meter
Mærenes dyp	20	meter
Fisktetthet (høyeste verdi juli-sept.)	18	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 MØRENE PÅ GRUNN AV FISKENS RESPIRASJON RESPEKTIVE EKSKRESJON. FISKENS VEKT= 2100 GRAM, TEMPERATUR= 14.7 GRADER C TONNAGEN I MØRENE ER 1530000 KG.

Basert på	Oksygen inn (mg/l)	Oksygen ut (mg/l)	Ammonium inn (mg/l)	Ammonium ut (mg/l)
Middelstrøm*)	7.95	7.03	0	0.02
Fjordoverflate*)	3.65	2.72	0.01	0.03

\*) OBS! Tabellen gir middelverdier. 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 vertssystemet tatt med. Ved en eventuell omdimensjonering: Forsøk å gjøre anleggets lengde større (anlegget bør vende med så stor flate som mulig mot strømmen).

TABELL 6 UTSLIPP AV OPPLØST NITROGEN OG FOSFOR FRA MØRENE VED HØYE, MIDLERE OG LAVE TEMPERATURER. TONNAGEN I MØRENE ER 1530000 KG. \*)

Temperatur ( C)	Nitrogen (kg/døgn)	Fosfor (kg/døgn)
14.7	216.7	33.9
9.5	143.0	22.4
4.3	94.3	14.8

\*) 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 1530000 KG (FISKENS VEKT 2.10 KG).

Overforing (prosent)	Temp (°C)	Fra for og ekskrementer				
		kg O2/d	kg T/d	kg A/d	kg P/d	kg N/d
0	14.7	1778	926	774.1	2.60	16.64
25	14.7	6849	3030	967.6	24.30	155.32
50	14.7	11920	5135	1161.1	46.00	294.00
0	9.5	1173	611	510.6	1.72	10.98
25	9.5	4518	1999	638.3	16.03	102.46
50	9.5	7863	3387	765.9	30.34	193.94
0	4.3	774	403	336.9	1.13	7.24
25	4.3	2980	1319	421.1	10.58	67.59
50	4.3	5187	2235	505.3	20.02	127.94

KOMMENTARER TIL TABELL 7.

Sedimentoverflate = 22250 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 = 0.001 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