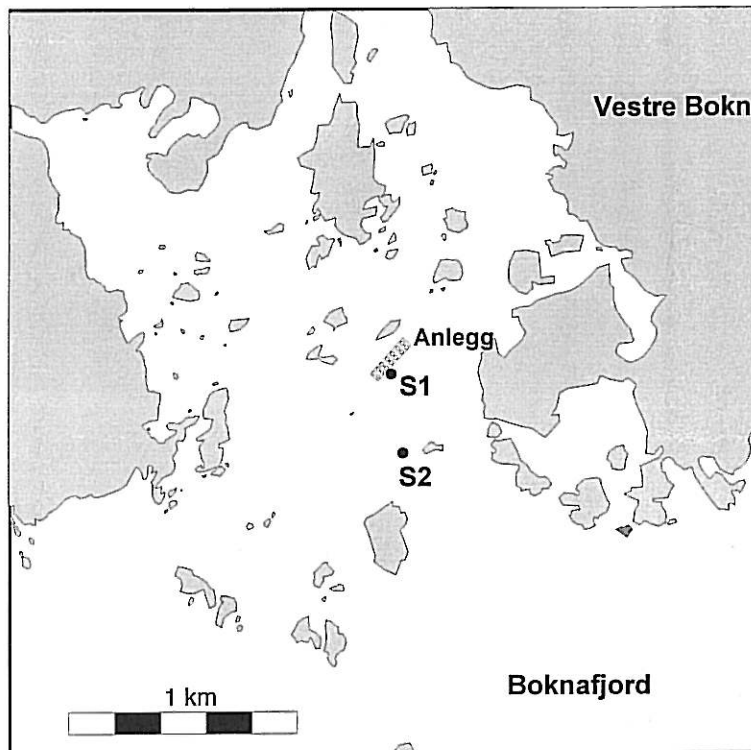


RAPPORT LNR 4087-99

**Resipientundersøkelse**  
ved lokaliteten  
Krabbaskjær N i Bokn  
kommune



<b>Hovedkontor</b> Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00 Internet: www.niva.no	<b>Sørlandsavdelingen</b> Televeien 3 4879 Grimstad Telefon (47) 37 29 50 55 Telefax (47) 37 04 45 13	<b>Østlandsavdelingen</b> Sandvikaveien 41 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	<b>Vestlandsavdelingen</b> Nordnesboder 5 5008 Bergen Telefon (47) 55 30 22 50 Telefax (47) 55 30 22 51	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b> 9015 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09
---	---	--	---	---

<b>Tittel</b> RESIPIENTUNDERSØKELSE VED LOKALITETEN KRABBASKJÆR N I BOKN KOMMUNE	<b>Løpenr. (for bestilling)</b> 4087-99	<b>Dato</b> 28.06.99
	<b>Prosjektnr. Undernr.</b> O-97206	<b>Sider Pris</b> 29
<b>Forfatter(e)</b> Torbjørn M. Johnsen Einar Nygaard Brage Rygg	<b>Fagområde</b> Akvakultur	<b>Distribusjon</b> Åpen
	<b>Geografisk område</b> Rogaland	<b>Trykket</b> NIVA

<b>Oppdragsgiver(e)</b> Loden Laks a.s	<b>Oppdragsreferanse</b> Svein Ove Alvestad
---	--

**Sammendrag**

Ved oppdrettslokaliten Krabbaskjær N i Bokn kommune har det vært gjennomført miljøundersøkelser med analyser av vannsøylen og bunnforholdene. Undersøkelsen viste at sedimentet ved oppdrettsanlegget tilføres tildels store mengder organisk material, mens det ikke ble målt unormalt høye næringsssaltkonsentrasjoner i vannmassene. Modellberegninger viste at ved liten strømfart, høy sjøtemperatur og stor fisketetthet kan det oppstå kritisk lave oksygenkonsentrasjoner i merdene ved Krabbaskjær N.

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

  
**Torbjørn M. Johnsen**  
 Prosjektleder

  
**Kari Nygaard**  
 Forskningsleder

  
**Bjørn Braaten**  
 Forskningssjef

**RESIPIENTUNDERSØKELSE VED  
LOKALITETEN KRABBASKJÆR N**

**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	8
2.2.1 Hydrografi/Vannkjemi	8
2.2.2 Bunnprøver	9
2.2.3 Kapasitetsberegninger	9
<b>3. RESULTATER</b>	<b>10</b>
3.1 Hydrografi	10
3.2 Vannkjemi	12
3.3 Sedimentkjemi	12
3.4 Bunndyrsamfunn	15
<b>4. Kapasitetsberegninger</b>	<b>17</b>
4.1 Vurdering av egnethet for produksjon av 1.000 og 1.700 tonn fisk pr. år ved Krabbaskjær N	17
4.1.1 Tilstand 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
4.3.2 Ammonium	20
<b>5. KONKLUSJONER</b>	<b>21</b>
<b>6. REFERANSER</b>	<b>22</b>
<b>Vedlegg A.</b>	<b>23</b>
<b>Vedlegg B.</b>	<b>24</b>

---

## Sammendrag

Undersøkelser av vannkvalitet, sediment og bunnfauna har i 1997 vært undersøkt ved oppdrettslokaliteten Krabbaskjær N.

Næringssaltanalyser fra de frie vannmassene viste gode forhold (Tilstandsklasse I ("Meget god")) for samtlige analyserte parametere.

Analyser av sediment tatt like ved anlegget viste meget høye verdier for organisk karbon, kobber og sink (alle Tilstandsklasse V). Også konsentrasjonene av total nitrogen og fosfor var meget høye. Analysen av bunndyrsamfunn ga Tilstandsklasse IV ("Dårlig").

Stasjon 500 meter sør for lokaliteten Krabbaskjær N viste litt varierende resultater, men generelt var forholdene betydelig bedre enn like ved anlegget. Høye konsentrasjoner av kobber og sink indikerte imidlertid påvirkning fra oppdrettsvirksomheten i området. Bunndyrsamfunnet ga klassifisering "Meget god" (Tilstandsklasse I), men få forurensningsømfintlige arter tyder på ugunstige forhold.

Produksjon av 1.000 tonn fisk på lokaliteten vil resultere i utslipp av 48-57 tonn nitrogen og 10-12 tonn fosfor pr. år ved fórfaktor 1,10-1,23. En maksimal fiskemengde på 750 tonn i anlegget er beregnet til å gi daglige utslipp på 295 kg nitrogen og 65 kg fosfor ved fórfaktor 1,10. En årsproduksjon på 1.700 tonn fisk vil gi en økning i nitrogen og fosforutslippene på 70%.

Modellberegninger basert på antatte strømforhold viser at ved en årsproduksjon på 1.700 tonn kan det i perioder med lav strømfart, høy sjøtemperatur og stor fisketetthet forekomme perioder med kritiske lave oksygenkonsentrasjoner og høye ammoniumkonsentrasjoner i merdene.

## Summary

Title: Environmental investigation at the marine recipient Krabbaskjær N in Bokn municipality

Year: 1999

Author: Torbjørn M. Johnsen, Einar Nygaard, Brage Rygg

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3693-7.

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

Analyses of the nutrients in the watermasses in the recipient showed good conditions.

Chemical analyses of the sediments nearby the fishfarm showed very high values for organic carbon, copper, and zinc. The concentrations of total nitrogen and phosphorous were also very high. The analyses of the bottomfauna showed sediment with high exposure of organic materials.

500 meters south of the fishfarm the results of the chemical analyses of the sediments were variable, but in general the conditions were better than close to the fishfarm. However, clear indications of influence from the fishfarm were found. The analyses of the bottomfauna resulted in good conditions, but few species sensitive to organic pollution was found. This indicates unfavourable conditions.

Production of 1000 tons of fish will give a pollution load of 48-57 tons of nitrogen and 10-12 tons of phosphorous per year at a feed conversion coefficient of 1.10-1.23. At maximum of 750 tons of fish the daily pollution load is calculated to 295 kg of nitrogen and 65 kg of phosphorous at feed conversion coefficient of 1.10. A yearly production of 1.700 tons of fish will increase the load of nitrogen and phosphorous with 70%.

Model calculation shows that a yearly production of 1700 tons of caged fish at Krabbaskjær N can lead to low concentrations of oxygen and high concentrations of ammonia at times of low tidal speed, high water temperature and high fish density.





## 2. MATERIALE OG METODER

### 2.1 Lokalitetsbeskrivelse og stasjoner

Lokaliteten Krabbavik N ligger i Bokn kommune i det øyrike området sør for øya Vestre Bokn (**Figur 2**). Bunntopografien her er svært ujevn. Ved anlegget varierer bunn dypt mellom 25 og 35 meter. Største dyp i lokalitetens nærområde er 35 meter.

Ved denne lokaliteten ble det foretatt innsamlinger på 2 stasjoner. En stasjon (st. 2.1) ble plassert like øst for anlegget, mens den andre (st. 2.2) ble plassert ca. 500 meter i dypområdet rett sør for anlegget.

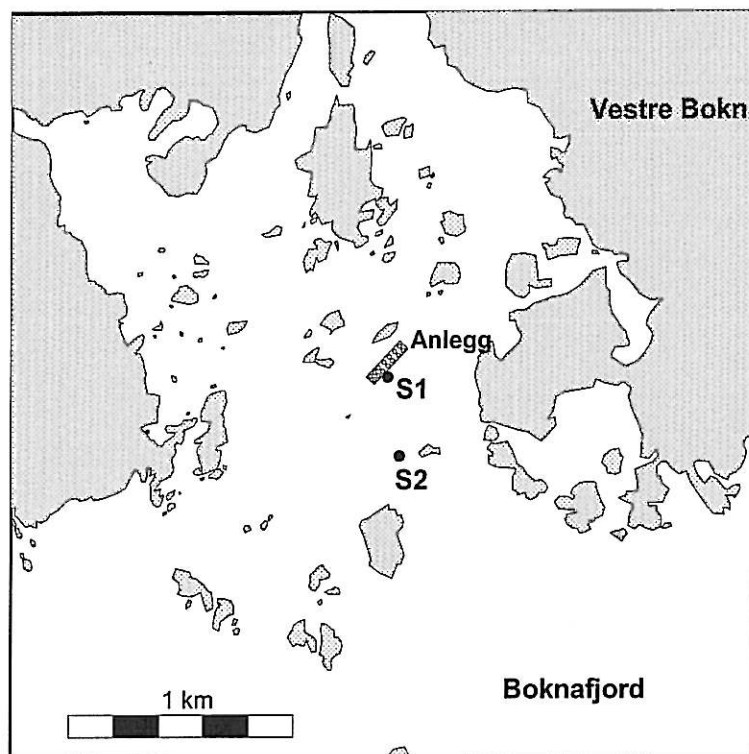
På lokaliteten har det ved to tidspunkt (13.11.97 og 30.12.97) vært gjennomført innsamling av hydrografiske data og vannprøver for kjemisk analyse. Bunnprøver for analyse av bunndyrsamfunn og sedimentkjemi ble prøvetatt kun ved første prøveinnsamling.

### 2.2 Metodikk

#### 2.2.1 Hydrografi/Vannkjemi

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

Vannprøver for analyse av næringssalter (total fosfor (Tot-P), fosfat ( $\text{PO}_4$ ), total nitrogen (Tot-N) og nitrat ( $\text{NO}_3$ )) og organisk karbon (TOC) ble ved begge innsamlingstidspunkt tatt på 2 dyp (3 og 20 meter). Siktedyp med fargeangivelse ble samtidig målt.



**Figur 2.** Lokaliteten Krabbaskjær N med merder inntegnet. Innsamlingsstasjonene er markerte med ◆ og bokstavene S1 (st. 2.1) og S2 (st. 2.2).

### 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 <math>< 63 \mu\text{m}</math>), 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 fôrrester osv.

### 2.2.3 Kapasitetsberegninger

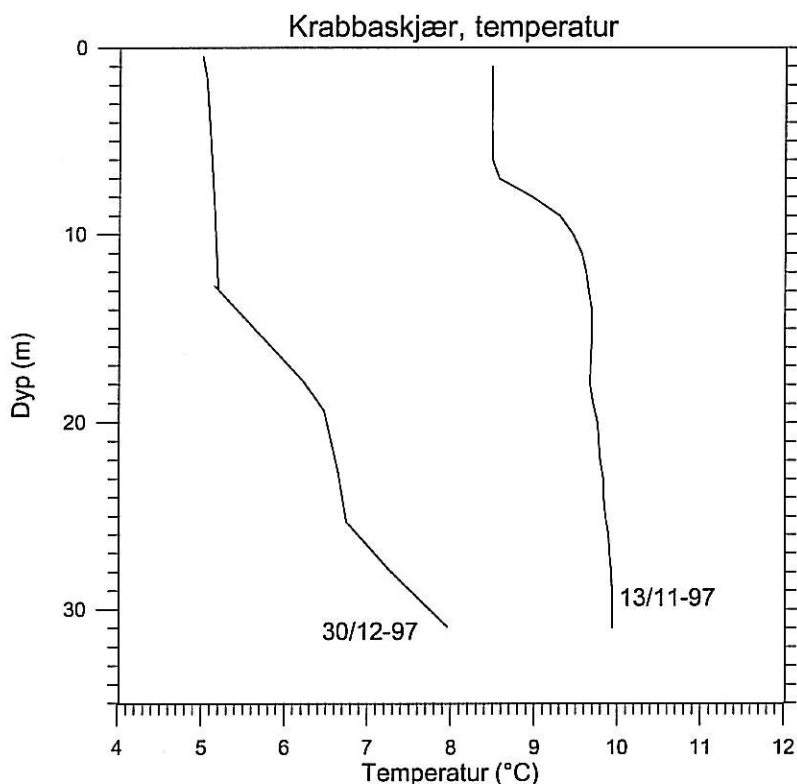
Beregninger av kapasiteten ved lokaliteten Kobbaskjær N er gjennomført ved bruk av modellen Fiskmeny (Stigebrandt 1986). I tillegg er det gjennomført diverse tilleggsberegninger for å finne ut om oksygenkonsentrasjonen i anlegget til tider kan komme under den anbefalte minimumsgrense på 5 mg O<sub>2</sub>/liter.

### 3. RESULTATER

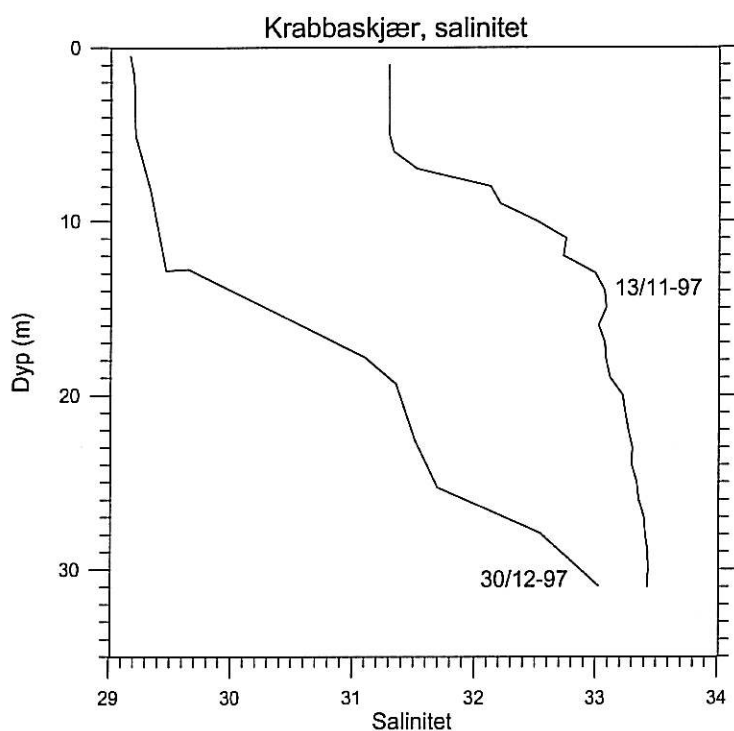
#### 3.1 Hydrografi

**Figur 3** og **Figur 4** viser temperatur- og saltholdighetsprofiler på lokaliteten Krabbaskjær N ved de to innsamlingstidspunktene. Profilene viser at 13. november var vannmassene i de øvre 5-6 meter homogene med en temperatur på 8,5°C og en saltholdighet på 31,4. Fra 15-16 meter økte saltholdighet og temperatur jevnt ned mot bunnen. Imellom disse to vannmassene var det et ca. 10 meter tykt vannlag med relativt store forskjeller, spesielt i saltholdighet.

I slutten av desember var det et relativt homogent øvre lag på ca. 13 meter med temperatur 5,0-5,2°C og saltholdighet 29,2-29,5. Både temperaturen og saltholdigheten hadde sunket i hele vannsøylen. Også i dypvannet hadde temperaturen og saltholdigheten avtatt noe. Det synes dermed som en del av dypvannet var blitt skiftet ut med litt kaldere og mindre salt vann.



**Figur 3.** Temperaturprofiler på lokaliteten Krabbaskjær N 11. november og 30. desember 1997.



**Figur 4.** Salinitetsprofiler på lokaliteten Krabbaskjær N 11. november og 30. desember 1997.

Resultatene fra oksygenprøver analysert etter Winklers metode er vist i **Tabell 1**. Målingene fra november viser at konsentrasjonen av oksygen i dypvannet klart er tilstrekkelig til å gi Tilstandsklasse I ("Meget god") etter SFTs klassifisering av miljøtilstand (Molvær m.fl. 1997).

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

**Tabell 1.** Resultater av oksygenanalyser etter Winklers metode på stasjon 2.1 og 2.2.

Dato	St. 2.1			St. 2.2		
	Dyp (m)	mg O <sub>2</sub> /l	Siktedyp (m)	Dyp (m)	mg O <sub>2</sub> /l	Siktedyp (m)
13.11.97	31	7,62	8,5	34	8,52	8,5
30.12.97	28	7,83	13,0	33	6,94	13,0

### 3.2 Vannkjemi

Resultatene av de vannkemiske analysene er vist i **Tabell 2**. Verdiene for total fosfor (Tot-P), fosfat (PO<sub>4</sub>), total nitrogen (Tot-N) og nitrat (NO<sub>3</sub>) i de øvre 20 meterene av vannsøylen faller alle inn under tilstandsklasse I ("Meget god") etter SFTs klassifiseringssystem for overflatelag (Molvær m.fl. 1997).

13. november var forholdet mellom nitrat og fosfat lik 8,0 på 3 meter dyp på stasjon 2.1, dvs. at fosfor var i underskudd i forhold til nitrogen sett ut fra algenes næringskrav (jfr. pkt. 3.1.2). På 20 meters dyp samme dato og på begge innsamlingsdyp i desember var det nitrogen som var i underskudd.

Forholdet mellom total nitrogen og total fosfor var som normalt høyere enn Redfieldforholdet (jfr. pkt. 3.1.2).

Konsentrasjonene av total organisk karbon i vannmassene representerer normalverdier.

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

Stasjon	Dato	Dyp (m)	Tot-P (µg/l)	PO <sub>4</sub> (µg/l)	Tot-N (µg/l)	NO <sub>3</sub> (µg/l)	NO <sub>3</sub> /PO <sub>4</sub>	TOC (mg/l)	Tot. N/P
St. 2.1 (ved anlegget)	13.11.97	3	9	3	155	24	8,0	1,9	17,2
		20	12	10	141	33	3,3	1,5	11,8
St. 2.1 (ved anlegget)	30.12.97	3	15	11	205	64	5,8	2,4	10,3
		20	16	12	180	68	5,7	2,4	12,0

### 3.3 Sedimentkjemi

**Tabell 3** viser innhold av organisk materiale og prosentvis andel av finfraksjon i sedimentets øvre 2 centimeter. Innholdet av organisk materiale var høyt på stasjonen ved oppdrettsanlegget (st.2.1), mens sedimentet i dypområdet sør for anlegget (st.2.2) hadde et noe lavere organisk innhold. Etter klassifiseringssystemet utarbeidet av Bjerknes m. fl.(1988) (**Tabell 4**) vil stasjon 2.1 gi klassifisering "Svært høy" organisk belastning, mens det organiske innholdet på stasjon 2.2 gir grunnlag for klassifisering "Middels" belastning.

De kjemiske analysene av sediment fra stasjonen ved anlegget (st. 2.1) viser uvanlig høye verdier for flere av de analyserte parameterene (**Tabell 5**). Sedimentet er relativt finkornet med et høyt innhold av organiske materiale (17,6%) som indikerer høy belastning på sedimentet. Mengden organisk karbon korrigert for sedimentets innhold av finstoff er meget høy (104,35 mg TOC/g, dvs. Tilstandsklasse V "Meget dårlig"). Mengden total nitrogen og

**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. 2.1	31	824	17,6	28,6
St. 2.2	35	961	3,9	10,5

**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. 2.1	31	12,1	49,20	91,5	104,35	7,5	0,25	0,538	6.346	480,0
St. 2.2	34	<1,0	0,34	6,1	22,21	>6,1	<2,94	0,056	10	17,8

total fosfor ble funnet å være 12,1 mg N/g og 49,2 mg P/g som begge er meget høye verdier. C/N-forholdet viser at tilførselene av organisk materiale er av marin opprinnelse. Svært lavt N/P-forhold og høyt P/C-forhold viser at det er stor overkonsentrasjon av fosfor i sedimentet, dvs. at sedimentet tilføres mye organisk materiale som følge av oppdrettsvirksomheten. 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. Både Cu- og Zn-konsentrasjonene er ekstremt høye på denne stasjonen med henholdsvis 6.346 og 480 µg/g sediment - noe som bekrefter bildet av et sediment sterkt påvirket av fiskeoppdrett.

Sedimentet i dypområdet sør for anlegget (st.2.2) er ikke så finkornet som like ved anlegget. Mengden organisk karbon etter korreksjon for innhold av finstoff gir 22,21 mg TOC/g sediment som gir Tilstandsklasse II ("God"). Konsentrasjonen av total fosfor og total nitrogen var henholdsvis 0,34 og <1,0 mg/g. Et C/N-forhold høyere enn 6,1 viser at den organiske delen av sedimentet er av marin opprinnelse. Et N/P-forhold mindre enn 2,94 og et P/C-forhold på 0,056 viser at det også her er en liten overkonsentrasjon av fosfor. Cu- og Zn-

konsentrasjonen er imidlertid relativt høye med henholdsvis 10,0 og 17,8 µg/g sediment som for kobber gir Tilstandsklasse V "Meget sterkt forurenset" og Tilstandsklasse VI ("Sterkt forurenset") for sink. Det vil si at sedimentet på denne stasjonen er klart påvirket av oppdrettsvirksomheten i området, men forurensningen er adskillig mindre her enn like ved anlegget.

### 3.4 Bunndyrsamfunn

Fullstendige artslister fra bunnfaunaprøvene er gitt i Vedlegg 2.

#### Stasjon 2.1 Krabbaskjær (31 meter)

Stasjonen hadde betydelig høyere individtall enn normalt. Antall arter var svært lavt. Dette medførte lavt artsmangfold (Tabell 7). Det var særlig høye individtall av rundmark (Nematoda) og av børstemarken *Capitella capitata*. Disse, samt børstemarkene *Ophiodromus flexuosus* og *Malacoceros fuliginosus* og krepsdyret *Nebalia* (Tabell 8), er arter som er kjent for å kunne øke kraftig i antall på lokaliteter med sterk organisk forurensning. Mye organisk materiale på bunnen viste seg også i siktrestene (Tabell 6) og de kjemiske analysene av sedimentet (Tabell 5).

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

Stasjon	Grabb nr.	Beskrivelse
2.1	1	<u>Sikterest:</u> Ca. 2,3 l. <u>Bestanddeler:</u> Skall (mest av blåskjell) og fin skjellsand. Store og små biter av marine alger (i alt ca. 0,3 l organiske partikler). En del små tjæreaktige klumper.
	2	<u>Sikterest:</u> Ca. 1,0 l. <u>Bestanddeler:</u> Mest biter av blå muslingskall og skjellsand. En god del organiske partikler, trolig av marine alger. Små tjæreaktige klumper.
2.2	1	<u>Sikterest:</u> Ca. 1,0 l. <u>Bestanddeler:</u> Mest fin skjellsand og noe grove skall. Litt organiske fragmenter (marine alger).
	2	<u>Sikterest:</u> Ca. 1,2 l. <u>Bestanddeler:</u> Mest fin skjellsand og noe grove skall. Litt organiske fragmenter.



**Tabell 7.** Antall arter, individtall, individtettheter og artsmangfold i prøvene av bunnfauna fra Krabbaskjær N. Artsmangfoldet er gitt ved Shannon-Wiener indeksen (H) og indeksen  $ES_{100}$  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	$ES_{100}$	AI	Tilstandsklasse
2.1	grabb 1	0,1	9	966		1,04	5,68	4,65	IV "dårlig"
	grabb 2	0,1	5	97		1,30		3,47	
	Sum	0,2	10	1.063	5.315	1,24	5,77	4,65	
2.2	grabb 1	0,1	20	65		3,64		4,75	I "meget god"
	grabb 2	0,1	26	116		4,03	24,68	5,25	
	Sum	0,2	34	181	905	4,30	27,56	5,27	

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 Krabbaskjær N.

Art	Gruppe	Stasjon 2.1 Ind/0,2 m <sup>2</sup>	Stasjon 2.2 Ind/0,2 m <sup>2</sup>
<i>Nematoda</i> indet	NEMATODA	594	8
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	POLYCHAETA	83	8
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	POLYCHAETA	50	1
<i>Capitella capitata</i>	POLYCHAETA	826	2
<i>Myriochele oculata</i>	POLYCHAETA	19	2
<i>Owenia fusiformis</i>	POLYCHAETA	1	13
<i>Oligochaeta</i> indet	OLIGOCHAETA		32
<i>Thyasira flexuosa</i>	BIVALVIA	8	1
<i>Nebalia</i> sp	NEBALIACEA	73	
<i>Diastylis rostrata</i>	CUMACEA		15
<i>Echinocardium</i> sp	ECHINOIDEA		20

## 4. Kapasitetsberegninger

### 4.1 Vurdering av egnethet for produksjon av 1.000 og 1.700 tonn fisk pr. år ved Krabbaskjær N

#### 4.1.1 Tilstand på bunnen

Sedimentanalysene fra prøvene tatt like ved oppdrettsanlegget (stasjon 2.1) viste tildels meget sterk påvirkning av oppdrettsvirksomheten. 500 meter lenger sør var påvirkningen betydelig mindre, men også her var det klare indikasjoner på tilførsler fra oppdrettsanlegget.

Bunndyrsamfunnet i sedimentet ved anlegget viste lavt artsantall og høyt individtall som er normalt på lokaliteter med sterk organisk forurensning. Stasjonen lenger sør hadde et noe mer normalt artsmangfold, men mangel på tilstedeværelse av forurensningsømfintlige arter kan tyde på ugunstige forhold.

Totalt sett viser tilstanden på bunnen en lokalitet som er tydelig påvirket av oppdrettsvirksomheten i området og ved anlegget tilføres bunnen mer organisk materiale enn den kan omsette.

#### 4.1.2 Tilstanden i sjøen

Alle analyser av næringssalter viste konsentrasjoner som en finner i lite forurensningspåvirkede områder. Prøvene er tatt om vinteren. Som tidligere nevnt finnes vanligvis et minimum av næringssalter i sjøens overflatelag 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%. På grunn at det kun foreligger målinger av total nitrogen og fosfor kan ikke forholdet mellom sommer og vinterkonsentrasjoner vurderes.

#### 4.1.3 Vannutskiftning, stagnasjonsperioder

Strømmålinger er ikke foretatt ved lokaliteten Krabbaskjær N. Derfor kan ikke strømhastigheter og strømretninger angis. Vurderinger av oksygenforholdene i merdene på grunnlag av målinger av stagnasjonsperioder kan heller ikke utføres. Ansamlingen av organisk materiale, sink- og kobberkonsentrasjonene i sedimentet ved anlegget viser imidlertid at det iallfall tidvis er liten strøm slik at fôrrester, fekalier og rester fra notimpregnering akkumuleres nær anlegget.

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

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

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

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

En framtidig årsproduksjon på 1.000 tonn og 1.700 tonn laks på lokaliteten Krabbaskjær N vil tilsvare følgende nitrogen- og fosfortilførsler ved en fórfaktor på 1,23 (middel for regionen i 1997) og 1,10 (antatt fórfaktor for godt drevet anlegg):

Tilførsler pr. år	Fórfaktor 1,23	Fórfaktor 1,10
Krabbaskjær N Årsproduksjon: 1.000 tonn		
Total nitrogen (avrundet)	57 tonn	48 tonn
Total fosfor (avrundet)	12 tonn	10 tonn
Årsproduksjon: 1.700 tonn		
Total nitrogen (avrundet)	97 tonn	82 tonn
Total fosfor (avrundet)	20 tonn	17 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 henholdsvis 750 og 1.300 tonn ved Krabbaskjær N ved årsproduksjoner på 1.000 og 1.700 tonn. Fóring og ekskresjon fra fisken vil i måneden med størst utfóring 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, fórspill) 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 fóring	Totalt	Vannløst
Krabbaskjær N		
Årsproduksjon: 1.000 tonn		
Total nitrogen (avrundet)	295 kg/døgn	250 kg/døgn
Total fosfor (avrundet)	65 kg/døgn	35 kg/døgn
Årsproduksjon: 1.700 tonn		
Total nitrogen (avrundet)	510 kg/døgn	435 kg/døgn
Total fosfor (avrundet)	110 kg/døgn	60 kg/døgn

## 4.3 Driftsfaktorer

### 4.3.1 Oksygen

Ved Krabbaskjær N er det ikke utført strømmålinger slik at perioder med strømsstille og lengden av disse er ukjent. Det er derfor ikke mulig å bedømme eventuelle effekter av strømskygge.

Modellen Fiskmeny er imidlertid benyttet for å beregne belastningen fra matfiskanlegget ved lokaliteten Krabbaskjær N ved årsproduksjoner på 1.000 og 1.700 tonn. Modellen krever data for middelstrøm, men fordi slike data ikke foreligger, er det gjort visse antagelser basert på kunnskap fra andre lokaliteter i regionen. Middelstrøm om sommeren og tidevannets middelstrøm er satt til henholdsvis 3 og 1 cm/s. Terskeldypet utenfor anlegget er antatt å

være 25 meter, mens gjennomsnittsdybden innenfor terskelen er satt til 20 meter i et område på 3,5 km<sup>2</sup>. Hvis disse antagelsene er tilnærmet riktige, viser modellberegningene at det ved høy temperatur, lav strømhastighet og høy fisketetthet er grunn til å anta at oksygenkonsentrasjonene i merdene kan komme under den anbefalte grensen på 5 mg O<sub>2</sub>/l.

På bakgrunn av disse beregningene anbefales det at det gjennomføres sommermålinger av oksygen i merdene for å finne ut om fisken utesettes for stress på grunn av for lite oksygen i vannet inne i merdene. Hvis så er tilfelle, anbefales det å vurdere anleggets størrelse og driftsform.

#### **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 ved årsproduksjoner på 1.000 og 1.700 tonn henholdsvis 235 og 400 kg NH<sub>3</sub>/døgn i perioder med sterk tilvekst ved Krabbaskjær N. 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 kan en årsproduksjon på 1.700 tonn fisk føre til for høye ammoniumkonsentrasjoner i merdene, mens ved en årsproduksjon på 1.000 tonn representerer ikke ammonium noe problem ved Krabbaskjær N. Det gjøres imidlertid oppmerksom på at disse beregningene er utført for gjennomsnittlig strøm og for et anlegg hvor merder ikke ligger i strømskygge.

## 5. KONKLUSJONER

Analysene av næringssalter (total nitrogen, nitrat, total fosfor og fosfat) i de øvre 20 meterene av vannsøylen ved anlegget på lokaliteten Krabbaskjær N lå alle innenfor Tilstandsklasse I ("Meget god"). Oksygenforholdene ved bunnen var tilfredsstillende.

De kjemiske analysene av sedimentprøver tatt like ved anlegget viste meget høye verdier for mengden organisk karbon korrigert for sedimentets innhold av finstoff (Tilstandsklasse V ("Meget dårlig")), kobber og sink (begge Tilstandsklasse V ("Meget sterkt forurenset")). Også konsentrasjonene av total nitrogen og total fosfor var meget høye.

Analysen av bunndyrsamfunn resulterte i et lavt artsantall og et høyt individtall. Stor forekomst av arter som indikerer sterk organisk belastning slik som f.eks. børstemarken *Capitella capitata*, medførte klassifiseringen "Dårlig" (Tilstandsklasse IV).

Stasjonen ca. 500 meter sør for anlegget viste noe varierende resultater. Innholdet av organisk karbon ga Tilstandsklasse II ("God") og det ble målt en svak overkonsentrasjon av fosfor i sedimentet. Kobber- og sinkinnholdet i sedimentet var imidlertid relativt høyt (henholdsvis Tilstandsklasse V ("Meget sterkt forurenset") og IV ("Sterkt forurenset")), og tilførslene av disse stoffene må antas å ha sammenheng med oppdrettsvirksomheten i området.

Bunndyrsamfunnet på stasjonen hadde et normalt artstall og artsmangfold, men med et lavt individtall. Det ble imidlertid registrert få forurensningsømfintlige arter på lokaliteten som tyder på ugunstige forhold. Det høye artsmangfoldet gir likevel klassifiseringen "Meget god" tilstand.

En produksjon av 1.000 tonn fisk ved Krabbaskjær N vil resultere i tilførsler på 48-57 tonn nitrogen og 10-12 tonn fosfor pr. år ved förfaktor på 1,10-1,23. Tilførslene vil imidlertid variere over året og er beregnet ved en fiskemengde på 750 tonn og förfaktor 1,1 til å kunne komme opp i 295 kg nitrogen/døgn og 65 kg fosfor pr. døgn hvorav 80-90% av nitrogenet og 50-60% av fosforet vil være vannløst. Økes årsproduksjonen til 1.700 tonn vil utslippene av nitrogen og fosfor øke med 70%.

På grunnlag av modellberegninger basert på antatte strømforhold ved lokaliteten Krabbaskjær N er det grunn til å anta at det ved en årsproduksjon på 1.700 tonn vil kunne forekomme perioder med kritisk lave oksygenkonsentrasjoner og høye ammoniumkonsentrasjoner i merdene når strømfarten er lav og temperaturen og fisketettheten er høy.

## 6. REFERANSER

- Aure, J., & T. Johannessen. 1997. Nærings-salter 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.
- 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.
- 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 eutrofi-forhold 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.
- 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 Krabbaskjær N 13.11.1997 (antall individer pr. art).

Krabbaskjær N		Stasjon 2.1		Stasjon 2.2	
		Grabb 1	Grabb 2	Grabb 1	Grabb 2
NEMERTINEA	Nemertinea indet			1	2
NEMATODA	Nematoda indet	590	4	3	5
POLYCHAETA	Phyllodoce groenlandica (Oersted 1842)			4	1
	Ophiodromus flexuosus (Delle Chiaje 1822)	22	61	5	3
	Sphaerosyllis hystrix Claparede 1863				1
	Glycera alba (O.F.Mueller 1776)				1
	Paradoneis lyra (Southern 1914)			1	6
	Malacoceros fuliginosus (Claparede 1868)	45	5	1	
	Prionospio cirrifera Wiren 1883			1	
	Prionospio fallax Soederstroem 1920				6
	Spionidae indet				1
	Chaetozone setosa Malmgren 1867	1			
	Scalibregma inflatum Rathke 1843				1
	Capitella capitata (Fabricius 1780)	797	29	1	1
	Myriochele oculata Zaks 1922	19			2
	Owenia fusiformis Delle Chiaje 1841	1			13
	Pectinaria auricoma (O.F.Mueller 1776)				7
	Pectinaria belgica (Pallas 1766)				3
Pectinaria koreni Malmgren 1865			10		
OLIGOCHAETA	Oligochaeta indet			15	17
OPISTHOBANCHIA	Philine scabra (O.F.Mueller 1776)			7	6
BIVALVIA	Modiolus sp			1	
	Thyasira flexuosa (Montagu 1803)	8			1
	Parvicardium ovale (Sowerby)			1	1
	Cultellus pellucidus (Pennant)				1
	Abra longicallus (Scacchi 1836)			1	2
NEBALIACEA	Nebalia sp	72	1		
CUMACEA	Diastylis rostrata Sars			2	13
AMPHIPODA	Tryphosites longipes (Bate & Westwood 1861)				3
	Ampelisca tenuicornis Lilljeborg			2	
	Westwoodilla caecula (Sp.Bate)			1	
	Isaeidae indet			1	
DECAPODA	Zoealarve		1		
ASTEROIDEA	Asteroidea indet	1		1	3
OPHIUROIDEA	Ophiuroidea indet			5	
	Ophiura sp				3
ECHINOIDEA	Irregularia indet				2
	Echinocardium sp			4	16



## Vedlegg B.

Resultater fra kjøring av modellen Fiskmeny.

NIVA  
Postboks 333 - Blindern  
0314 OSLO 3

FISKMENY (ver.2.0): Krabbaskjær nord, årsproduksjon 1.000 tonn

TABELL 1 FYSISKE DATA FOR LOKALITETEN.

Middelstrøm - langtids sommer	0.03	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)	25.0	meter
Areal innenfor evt. terskel	3.50	kvadratkilometer
Middeldyp innenfor evt. terskel	20.0	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)	70000	kubikkmeter
Lengde (vinkelrett på strømretning)	120	meter
Mærenes dyp	20	meter
Fisktetthet (høyeste verdi juli-sept.)	11	kilo/kubikkmeter
Reduksjonsfaktor for gjennomstrømming	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 MÆRENE PÅ GRUNN AV FISKENS RESPIRASJON RESPEKTIVE EKSKRESJON. FISKENS VEKT= 2100 GRAM, TEMPERATUR= 14.7 GRADER C TONNAGEN I MÆRENE ER 770000 KG.

Basert på	Oksygen inn (mg/l)	Oksygen ut (mg/l)	Ammonium inn (mg/l)	Ammonium ut (mg/l)
Middelstrøm*)	7.95	6.98	0	0.03
Fjordoverflate*)	4.24	3.27	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 MÆRENE VED HØYE, MIDLERE OG LAVE TEMPERATURER. TONNAGEN I MÆRENE ER 770000 KG. \*)

Temperatur (°C)	Nitrogen (kg/døgn)	Fosfor (kg/døgn)
14.7	109.1	17.1
9.5	72.0	11.3
4.3	47.5	7.4

\*) 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 770000 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	895	466	389.6	1.31	8.38
0	9.5	590	307	257.0	0.86	5.52
25	9.5	2274	1006	321.2	8.07	51.57
50	9.5	3957	1705	385.5	15.27	97.61
0	4.3	389	203	169.5	0.57	3.64
25	4.3	1500	664	211.9	5.32	34.02
50	4.3	2611	1125	254.3	10.07	64.39

KOMMENTARER TIL TABELL 7.

Sedimentoverflate = 6380 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 = 0.003 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

NIVA  
 Postboks 333 - Blindern  
 0314 OSLO 3

FISKMENY (ver.2.0): Krabbaskjær nord, årsproduksjon 1.700 tonn

TABELL 1 FYSISKE DATA FOR LOKALITETEN.

Middelstrøm - langtids sommer	0.03	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)	25.0	meter
Areal innenfor evt. terskel	3.50	kvadratkilometer
Middeldyp innenfor evt. terskel	20.0	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)	70000	kubikkmeter
Lengde (vinkelrett på strømretning)	120	meter
Mærenes dyp	20	meter
Fisktetthet (høyeste verdi juli-sept.)	19	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 (TILLEGGSPPLYSNINGER).

Proteinet inneholder:

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

TABELL 4 FISKENS SAMMENSETNING.

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

OBS!

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

TABELL 5 FORANDRING AV OKSYGEN- OG AMMONIUMKONSENTRASJONER I MÆRENE PÅ GRUNN AV FISKENS RESPIRASJON RESPEKTIVE EKSKRESJON. FISKENS VEKT= 2100 GRAM, TEMPERATUR= 14.7 GRADER C TONNAGEN I MÆRENE ER 1330000 KG.

Basert på	Oksygen inn (mg/l)	Oksygen ut (mg/l)	Ammonium inn (mg/l)	Ammonium ut (mg/l)
Middelstrøm*)	7.95	6.27	0	0.04
Fjordoverflate*)	1.54	-0.14	0.01	0.05

\*) OBS! Tabellen gir middelerverdier. Lavere (høyere for ammonium) verdier kan forekomme. På den annen siden er ikke forhøyning av oksygeninnholdet (reduksjon av ammoniumkonsentrasjon) p.g.a. eventuell primærproduksjon i 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 MÆRENE VED HØYE, MIDLERE OG LAVE TEMPERATURER. TONNAGEN I MÆRENE ER 1330000 KG. \*)

Temperatur (°C)	Nitrogen (kg/døgn)	Fosfor (kg/døgn)
14.7	188.4	29.5
9.5	124.3	19.4
4.3	82.0	12.8

\*) 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 1330000 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	1545	805	672.9	2.26	14.47
25	14.7	5954	2634	841.1	21.12	135.02
50	14.7	10362	4464	1009.3	39.99	255.57
0	9.5	1019	531	443.9	1.49	9.54
25	9.5	3927	1738	554.9	13.94	89.07
50	9.5	6835	2945	665.8	26.38	168.59
0	4.3	673	350	292.8	0.98	6.30
25	4.3	2591	1146	366.0	9.19	58.76
50	4.3	4509	1943	439.2	17.40	111.22

KOMMENTARER TIL TABELL 7.

Sedimentoverflate = 6380 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 = 0.003 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