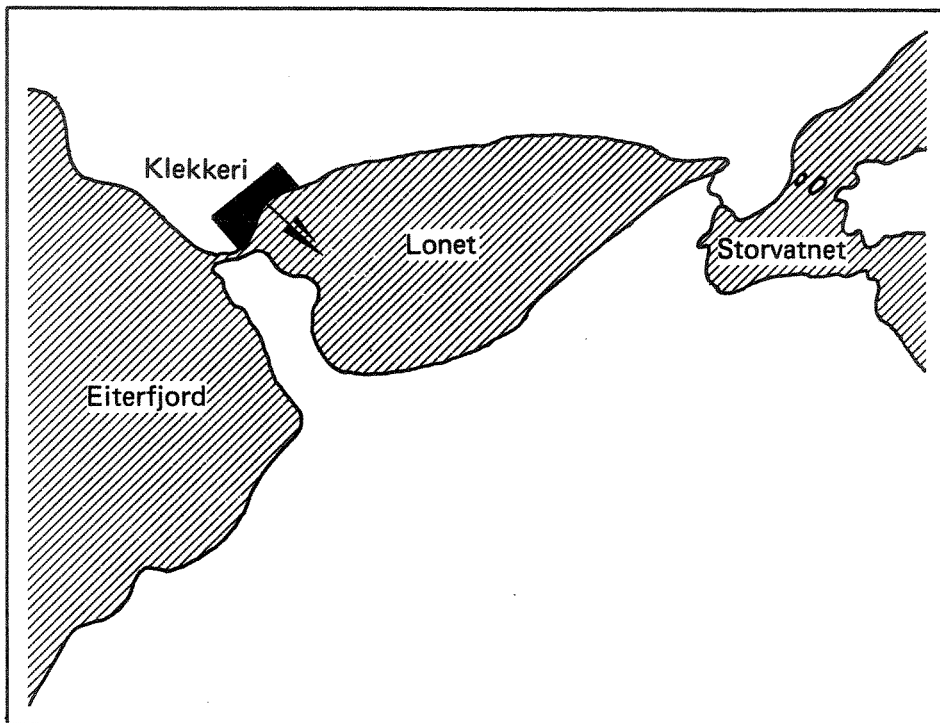


O-80027

Førspillutslipp

i Lonet

1982 - 1983



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer:	0-80027
Undernummer:	I
Løpenummer:	1659
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel: Fôrspillutslipp i Lonet. Hydrokjemiske og biologiske undersøkelser i Lonet 1982 og 1983.	Dato: 26.06.1984
	Prosjektnummer: 0-80027
Forfatter(e): Are Pedersen	Faggruppe: Hydroøkologi
	Geografisk område: Nord-Trøndelag
	Antall sider (inkl. bilag): 27

Oppdragsgiver: Sea Farm A/S	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
------------------------------------	----------------------------------

Ekstrakt: Virkningen av fôrspillutslipp ved Lonet i Nærøy kommune har vært overvåket fra 1980 til 1984. Fôrforbruket har økt fra 25000kg i 1982 til 70000 kg i 1983. Konsentrasjonene av næringsstoffer har økt siden 1982. Oksygenforholdene i Lonets dypvann er blitt dårligere i samme periode. Dette kan sees i sammenheng med 1) at dypvannutskiftningen fra 1982 til 1983 var dårlig, og 2) belastningen fra settefiskanlegget på land har økt i denne perioden. Det må taes visse forbehold pga. lav toktfrekvens.

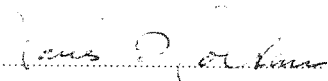
4 emneord, norske:
1. Akvakultur
2. Forurensning
3. Overvåkning
4. Lonet 1982 og 1983
Hydrokjemiske undersøkelser
Biologiske undersøkelser

4 emneord, engelske:
1. Aquaculture
2. Pollution
3. Monitoring
4. Lonet

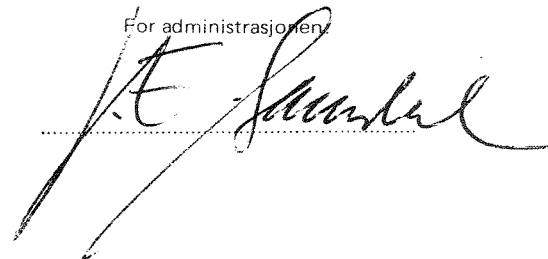
Prosjektleder:



Divisjonssjef:



For administrasjonen



ISBN 82-577-0831-3

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
OSLO

O-82007

FORSPILLUTSLIPP I LONET

Hydrokjemiske og biologiske undersøkelser i Lonet

1982 og 1983

Oslo, 26 juni, 1984

Prosjektleder: Are Pedersen
Medarbeider: Jarle Molvær

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side:
FORORD	
1 SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	1
2 INNLEDNING	2
3 GJENNOMFØRING AV UNDERSØKELSER I 1982 OG 1983	2
4 RESULTATER	4
4.1 Forforbruk	4
4.2 Total organisk karbon(TOC)	4
4.3 Nedbør og vinddata	6
4.4 Oksygen, saltholdighet og temperatur	10
4.5 Næringsalter	15
4.6 Biologisk befaring	18
4.7 Oksygenbudsjett for Lonet	21
4.7.1 Oksygentilførsel via tidevannstrømmen	21
4.7.2 Oksygenbelastning påført via fôrrester og ekskrementer	23
4.7.3 Oksygenbelastning pga. økt primærproduksjon	24
4.7.4 Total belastning fra settefiskanlegget	25
REFERANSELISTE	27

TABELLER

Tab. 1	Daglige nedbørshøyder i millimeter, Engan -Rørvik. Det norske meteorologiske institutt.* Nedbør som snø.	8
Tab. 2	Tilførsler fra settefiskanlegget	24

FIGURER

Fig. 1	Prøvetakningsstasjoner	3
Fig. 2	Foringsintensitet gjennom året 1983. Kurven er retningsgivende for relativ intensitet ved forskjellige årstider (Basert på veerdier oppgitt av Sea Farm A/S).	5
Fig. 3	Variasjon i total organisk karbon fra 0.5m på stasjonene L1(...), L2 (---) og L3 (—) i hele undersøkelsesperioden fra 1980 til 1984.	5

Fig. 4	Variasjon i total organisk karbon fra 15m på stasjonene L1(...) og L2 (----) i perioden september 1982 til desember 1983.	6
Fig. 5.	Dominerende vindretninger i månedene april og august fra 1961 til 1975 og 1980, 1981, 1982 og 1983 ved Leka (Rørvik).	9
Fig. 6.	Temperatur, saltholdighet og oksygen for 0,5m dyp for stasjonene L1, L2 og L3 gjennom hele undersøkelsesperioden fra 1980 til 1984.	12
Fig. 7.	Temperatur, saltholdighet og oksygen på 15m dyp på stasjon L1 og L2 inne i Lonet gjennom hele undersøkelsesperioden.	13
Fig.8.	Oksygenprofiler for høstsituasjoner fra 1980 til og med 1983 på stasjon L1.	14
Fig.9.	Variasjon i Tot. fosfor (----) og ortofosfat (-----) på 0.5m dyp på stasjonene L2,L1,L4 og L5 gjennom hele prøveperioden fra 1980 til 1984.	16
Fig. 10.	Variasjon i Tot. fosfor (----) og ortofosfat (-----) på 0.5m dyp på stasjonen L3 i Eiterfjorden gjennom hele prøveperioden fra 1980 til 1984.	17
Fig. 11.	Variasjon i Tot. fosfor (----) og ortofosfat (-----) på 15m dyp på stasjonene L1 og L2 inne i Lonet fra 1980 til 1984.	17
Fig.12.	Variasjon i Tot. nitrogen (....), nitrat + nitritt (----) og ammonium (-----) fra 0.5m på stasjonene L2,L1,L4 og L5 under perioden fra 1980 til 1984.	19
Fig.13.	Variasjon i Tot. nitrogen (....), nitrat + nitritt (----) og ammonium (-----) fra 0.5m på stasjon L3 i Eiterfjorden i perioden fra 1980 til 1984.	20
Fig.14.	Variasjon i Tot. nitrogen (....), nitrat + nitritt (----) og ammonium (-----) fra 15m på stasjonene L1 og L2 inne i Lonet i perioden september 1982 til desember 1983.	20
Fig.15.	Vannutskiftning i Lonet. a) God vannutskiftning. b) Dårlig vannutskiftning.	21

FORORD

De hydrokjemiske og biologiske undersøkelser i Lonet, Nærøy kommune i Nord-Trøndelag, utføres av NIVA etter oppdrag fra Sea Farm A/S. Formålet med undersøkelsene er å registrere eventuelle forurensninger av utslipp fra firmaets klekkeri og settefiskanlegg ved Lonet, der virksomheten begynte våren 1980. I 1983 nådde anlegget full produksjon med levering av 500 000 smolt.

Undersøkelsen har foregått side 1980 og skal fortsette ut 1984. Dette for å gi en bedre mulighet for å skille mellom naturlige variasjoner i vannkvalitet og eventuelle påvirkninger fra anlegget.

Sea Farm A/S har hatt ansvaret for alle prøve-innsamlingene, unntatt august-innsamlingene som ble utført av prosjektleder ved NIVA.

Rapporten inneholder en vurdering av Lonet som resipient, samt de forandringer som har skjedd fra 1980 til 1984.

Oslo 26/6 1984.

Are Pedersen

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

- Formålet med undersøkelsen har vært å registrere eventuelle forurensningseffekter som følge av utslipp av fôrrester og ekskrementer fra settefiskanlegget på land og skille eventuelle effekter fra de naturlige variasjoner som finner sted inne i Lonet.
- Konsentrasjonene av næringsstoffer inne i Lonet, har økt siden høsten 1982. Dette gjelder for både fosfor og nitrogenforbindelser. Denne økningen er mest tydelig for fosfor og ammonium's vedkommende på 15m på stasjon L1 og L2 (fig.11 & 14), men kan også spores i de øvre vannlag for fosfor og nitrogenforbindelser (fig. 9-14).
- De hydrografiske forholdene i overflatelaget vil variere mye, mens i de dype vannlag vil forholdene være forholdsvis stabile. Temperatur og saltholdighet i Lonet's dypvann er forholdsvis stabile, men det ser ut til at det har skjedd en forverring av oksygenforholdene i de dypere vannlag. Den største forandringen har skjedd i løpet av 1983. På 15m dyp er det nå mye som tyder på at vannet er så og si oksygenfritt (fig. 8). Dette kan trolig sees på som en funksjon av to faktorer:
 - 1) - En nesten 3-dobling av fôrforbruk i oppdrettsanlegget fra 1982 til 1983 (fig.2) har direkte og indirekte via nedbrytning av en økende primærproduksjon, bidratt til et økt oksygenforbruk i vannmassene, spesielt i de dypere vannlag.
 - 2) - Vindretningen og vindstyrken sammen med de hydrografiske forhold, har sannsynligvis ikke vært gunstig for dypvannutskiftningen vinteren 1982/1983. Sammen har sannsynligvis disse to faktorene- økt fôrutslipp og dårligere vannutskiftning - bidratt til at oksygenforholdene i Lonet's dypvann er dårligere i 1983 enn tidligere år i undersøkelsesperioden.
- På grunn av den sterkt reduserte toktfrekvensen i 1983, må det her taes visse forbehold. Undersøkelsene i 1984 er derfor av stor betydning for den videre vurderingen av Lonet's tilstand.

2. INNLEDNING

Undersøkelsen i Lonet har pågått siden våren 1980. I rapporten for 1981 var det ikke påvist direkte effekter fra settefiskanleggets utslipp av avløpsvann til Lonet. Undersøkelsene fortsetter og arbeidsprogrammet for de undersøkelser som ble utført av Sea Farm A/S og NIVA i 1982 og 1983 er delvis beskrevet i programforslag av henholdsvis 16. mars 1982 og 4. januar 1983:

- I overflatelaget utføres målinger av temperatur (T), saltholdighet (S), total fosfor (Tot-P), ortofosfat (PO_4 -P), total nitrogen (Tot-N), nitrat + nitritt ($NO_2 + NO_3$), ammonium (NH_4) og total organisk karbon (TOC) på tre stasjoner (se fig.1).
- I Lonet's dypvann overvåkes oksygenforholdene (O_2) med 15 måleserier i 1982 og 1983.
- Innsamling av sedimenter og befaring i fjæresonen foretaes en gang pr. år.

3. GJENNOMFØRING AV UNDERSØKELSER I 1982 OG 1983

I 1982 ble alle 7 planlagte tokt gjennomført, mens det bare ble gjennomført 4 av i alt 8 planlagte tokt i 1983. Ved alle prøveinnsamlinger ble det målt temperatur og saltholdighet i vannmassene med salinoterm fra overflaten og til bunnen, eller til maksimum 40 m dyp. Oksygensonden benyttes til 15 m.

Personalet ved Sea Farm A/S' anlegg har vært ansvarlig for prøveinnsamlingene. I august begge år, utførte prosjektleder ved NIVA en biologisk befaring av fjæresonen samt enkle undersøkelser av sedimenter i Lonet. Samme lokaliteter ble undersøkt de to årene. I motsetning til de foregående år, ble det i 1982 & 1983 foretatt en

fridykkerundersøkelse av nærområdet rundt utslippet, i utløpet fra Lonet og i fjorden like utenfor. Prøver til artsbestemmelser ble tatt på alle lokaliteter.

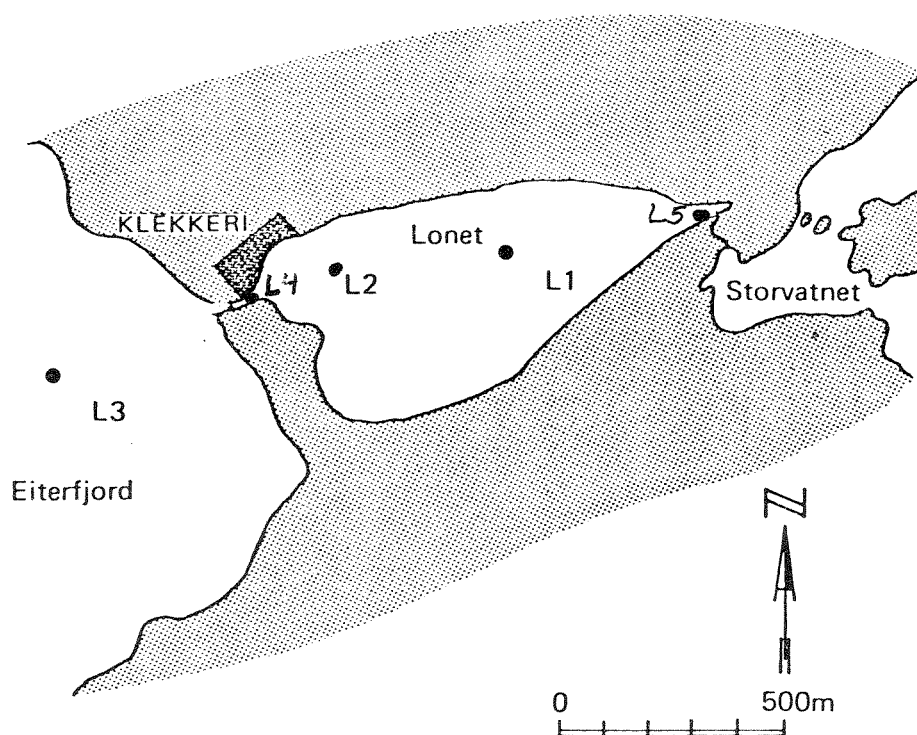


Fig. 1. Prøvetakningsstasjoner.

4. RESULTATER

4.1 Førforbruk.

Førforbruket er beregnet ut fra antatt årsforbruket, som i 1981, 1982 og i 1983 var på henholdsvis ca. 19.000, 25.000 og 70.000 kg fôr og en foringsintensitet i de forskjellige månedene som vist på fig.2 (oppgitt av Sea Farm A/S). Dette innebærer en økning i førforbruk på 3,7 ganger fra 1981 til 1983. I månedene mai til september brukes dobbelt så mye fôr som resten av året pr. kg. fisk. I mai og juni selges mye av smolten og førforbruket vil i denne tiden reduseres til 1/2 av førforbruket før salg av smolt. Det vil deretter øke gradvis til ut i september/oktober. Hele vinteren igjennom og tidlig vår, vil førforbruket være forholdsvis lavt, men dette er svært varierende med temperaturen i vannet. En økning av temperaturen i vannet om vinter/våren, medfører et betydelig økning i førforbruk.

Utslipet fra settefiskanlegget ligger bare på 3-4 m dyp og ikke på 20m som beskrevet i rapport av 28 april 1982. Belastningsberegninger fra settefiskanlegget til Lonet, er svært avhengig av på hvilket dyp utslippet ligger. Dette innebærer også at de fleste beregninger fra den rapporten ikke gir et fullstendig bilde av belastningen og tildels vurderingene av forurensingsforholdene i Lonet.

4.2 Total organisk karbon (TOC).

Settefiskanlegget tilfører Lonet mye organisk avfall i form av fôrspill og ekskrementer. Vanligvis kan det regnes med et fôrspill på 10 til 20 %. En eventuell forurensing fra anlegget vil derfor kunne spores som en økning i konsentrasjonen av total organisk karbon (TOC) i vannmassene. Selv om en tar forbehold om den høye verdien på stasjon L1 den 22.4 1981, viser kurvene på fig. 3, at det har skjedd en økning i TOC på stasjon L1 og L2 i løpet av prøvetakningsperioden fra 1980 til 1984. Referansestasjonen L3 viser også en økning i denne perioden. Denne referansestasjonen ligger så nært utløpet fra Lonet, at vannet på denne stasjonen blir tildels influert av det ferske vannet som kommer ut av Lonet.

Total organisk karbon i dypvannet på 15m (fig. 4), tyder på at det fra høsten 1982 til høsten 1983 også har skjedd en økning i TOC i de dypere vannlag.

FORINGSINTENSITET I 1981
TONN / MND.

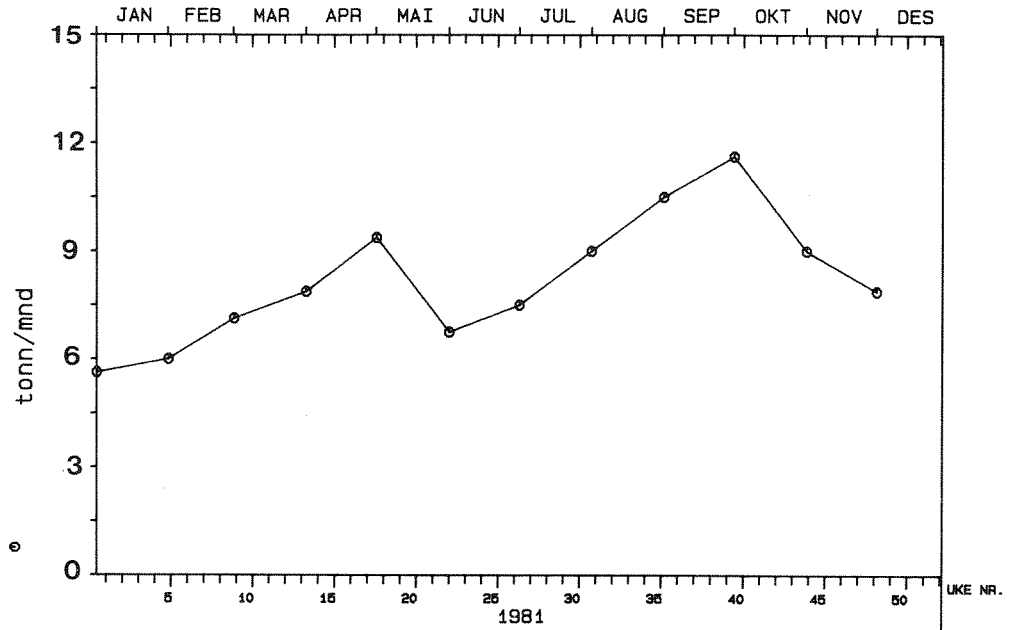


Fig.2. Foringsintensitet gjennom året 1983. Kurven er retningsgivende for relativ intensitet ved forskjellige årstider (Basert på verdier oppgitt av Sea Farm A/S).

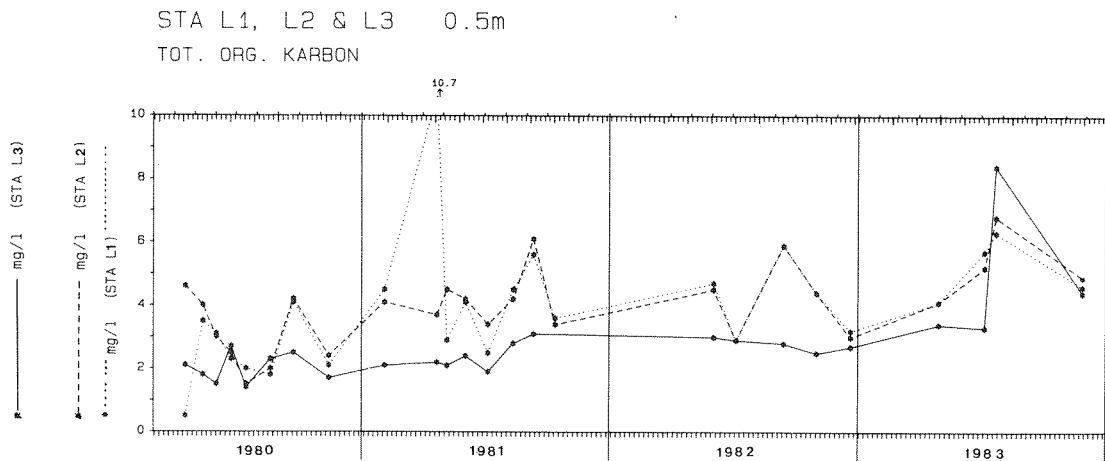


Fig.3. Variasjon i total organisk karbon fra 0.5m på stasjonene L1 (...), L2 (---) og L3 (—) i hele undersøkelsesperioden fra 1980 til 1984.

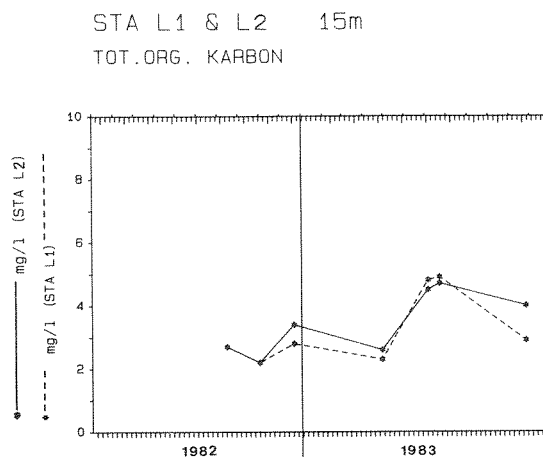


Fig.4. Variasjon i total organisk karbon fra 15m på stasjonene L1 (---) og L2 (—) i perioden september 1982 til desember 1983.

4.3 Nedbør og vinddata.

Nedbør, fysiske blandingsprosesser og oppholdstid av overflatelaget er av stor betydning for tilstanden i Lonet. Vind spiller her også en viktig rolle. Det er derfor foretatt observasjoner av klimatiske forhold på innsamlingsdatoene gjennom hele undersøkelsesperioden. Disse er sammen med data fra Det norske meteorologiske institutt (Engan og Leka) vurdert sammen med de hydrografiske forhold i Lonet og i Eiterfjorden. Tabell 1 viser daglige nedbørshøyder i mm ved Engan-Rørvik. Det er også utregnet samlet nedbør i de siste 31 døgn for innsamlingene.

Vinddataene som er samlet fra Leka, er sammenlignet med egne observasjoner og er framstilt som vindrosor (fig. 5). Disse vindrosene viser dominerende vindretning og gjennomsnittlig vindstyrke i denne retningen. Gjennomsnittlig vindretning fra 1961 til 1975 er også

framstilt for april og august måned.

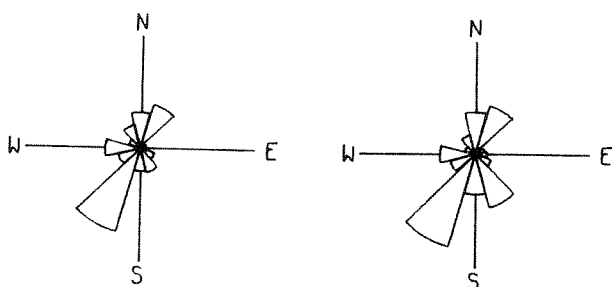
Normalt er det sydvest vind som dominerer ved Leka og Naustbukta gjennom hele året. Fra april til august blåser det vanligvis mindre enn i de andre månedene i året. Bortsett fra april 1981, skiller ikke vindretningene i april og august måned seg nevneverdi ut fra det som er normalt (fig.5). Derimot var vindstyrkene noe over det normale for april 1982 og spesielt august 1983. Ettersom det er vind fra nordlig/østlig retning som har en positiv innvirkning på utskiftningen av overflatevannet i Lonet, kan de sørlige vindforholdene i disse månedene til en viss grad ha hindret utskifning av overflatevannet og dermed bidratt til en opphopning av næringsalter inne i Lonet.

Tabell nr. 1. Daglige nedbørshøyder i millimeter, Engan - Rørvik.

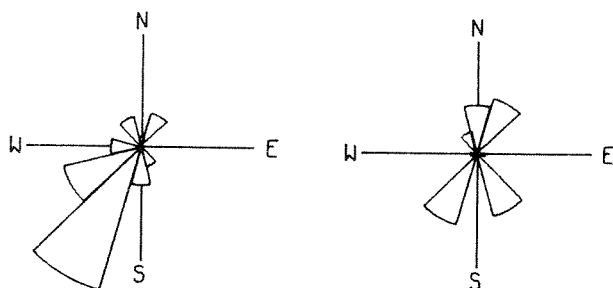
Det norske meteorologiske institutt. * Nedbør som snø.

DATO	1980				1981				1982				1983			
	MARS	APRIL	JULI	AUGUST	MARS	APRIL	JULI	AUGUST	MARS	APRIL	JULI	AUGUST	MARS	APRIL	JULI	AUGUST
1	14,2	1,5*	-	-	0,0*	-	0,7	-	1,0	3,3	-	0,2	-	3,8*	5,7	1,3
2	9,0*	-	-	-	0,4*	0,9	3,8	-	5,1	10,5	-	-	-	2,5*	2,2	34,0
3	4,4*	0,1	-	5,5	1,5*	8,2	2,0	4,6	4,5*	1,4	0,6	-	-	-	5,8	8,0
4	1,5*	5,0	-	0,1	4,5*	-	2,5	24,3	-	4,5-	4,6	-	1,4	-	0,6	4,5
5	15,0	24,0	-	0,4	-	1,5	1,5	2,0	2,5*	0,7*	4,5	0,1+	1,5*	3,4-	2,6	0,7
6	8,8	14,5	-	0,9	-	1,5	1,3	6,6	0,1*	0,6	12,0	-	2,9*	1,0	0,1	1,6
7	0,3	2,5	-	-	-	3,5	-	8,9	4,5	2,5	1,5	0,1	1,9*	-	1,9	0,7
8	-	1,8	-	-	-	0,5	1,4	0,1	0,5	0,8*	1,8	1,5	2,5*	1,5	-	3,5
9	-	1,0	-	-	5,5*	-	2,4	-	-	8,8-	1,6	6,0	0,1*	0,1	-	3,5
10	0,1*	4,0	-	-	2,5*	27,0	-	1,5	-	0,2*	0,2	0,7	-	-	-	22,0
11	-	7,6*	-	-	1,5*	5,7	7,4	1,5	-	7,1*	0,6	3,0	3,8*	0,0	0,2	41,5
12	-	2,5	4,5	-	0,1*	-	1,4	1,3	-	-	4,0	18,2	4,5*	6,4	0,8	2,9
13	-	6,1	0,1	-	0,2*	5,1	0,2	3,4	-	5,3*	0,5	25,2	9,2	-	2,6	2,5
14	-	0,1	-	-	-	3,7	2,5	2,5	-	0,2*	-	5,5	19,2	-	0,1	4,5
15	-	3,0	-	-	-	5,0	7,7	9,8	0,2*	5,0-	-	2,6	8,5	0,8	12,5	33,5
16	-	0,3	2,4	-	0,7*	2,9*	3,6	17,5	1,0	24,5	-	0,4	0,1	5,7	5,0	14,5
17	-	0,7	1,6	-	0,9*	-	1,7	9,0	0,8	9,5	-	-	0,1	0,2	-	5,4
18	-	1,5	0,1	-	0,4*	3,3	0,0	2,0	-	0,5	2,0	2,5	5,2	1,3	2,0	1,0
19	-	12,0	-	0,3	-	1,5	0,1	2,6	-	7,5	9,1	1,6	6,1-	0,3	3,9	3,5
20	2,5*	1,7	-	2,9	0,7*	0,5	-	0,1	-	3,3	22,1	0,1	0,1*	0,1	15,5	2,4
21	1,6*	5,0	0,1	10,7	0,1*	2,5*	-	-	-	1,0	4,0	1,0	0,0	5,3	3,0	0,1
22	-	1,5	11,0	0,6	-	2,5*	-	-	-	3,5	7,5	5,0	-	0,9	10,0	-
23	-	0,1	0,1	0,2	8,8*	0,2*	0,3	-	2,4	5,5	9,4	0,6	-	21,0	7,0	12,0
24	-	7,7	-	3,6	15,1	1,5*	2,0	-	18,8	0,3	2,0	0,3	-	0,2	0,2	2,0
25	-	1,7*	0,4	6,4	0,6*	2,9*	1,0	1,5	18,0	2,4	2,5	0,1	-	-	0,1	0,4
26	-	-	-	0,3	1,3*	1,5*	2,2	11,5	22,3	8,5-	3,4	4,0	-	-	0,1+	11,2
27	-	-	-	2,2	0,4*	3,6*	17,0	9,6	2,9	1,5	0,9	0,3	0,0*	-	0,3	4,5
28	-	-	-	5,5	-	2,1*	6,4	3,0	5,0*	9,2	2,0	0,1+	-	-	5,7	21,3
29	-	-	-	5,2	-	3,0*	0,2	0,2	2,0*	2,4	0,5	3,9	-	-	2,5	10,4
30	-	0,5	-	0,1	0,7	1,9	7,5	0,1	2,5*	6,6	0,2	0,3	-	-	2,7	11,2
31	7,0*	-	-	0,1	0,6	-	0,1	5,5	5,4	-	0,3	1,5	-	-	3,0	4,2
SUM	54,4	106,4	20,3	45,0	46,5	91,0	76,9	128,1	99,7	137,2	97,8	94,8	67,1	54,5	96,1	268,8
Sum siste 31 døgn	$\Sigma^* = 85,3$		$\Sigma^* = 32,3$		$\Sigma^* = 101,8$		$\Sigma^* = 103,3$		5,4	4,6	3,2	3,0	2,2	1,8	3,2	8,7

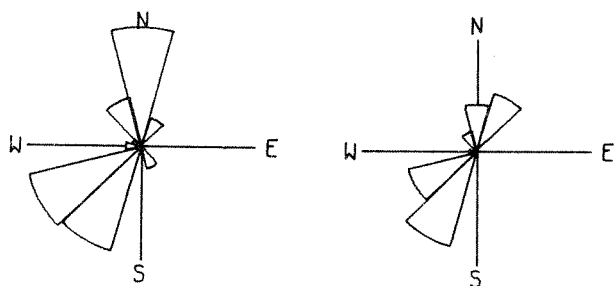
1961 - 1975



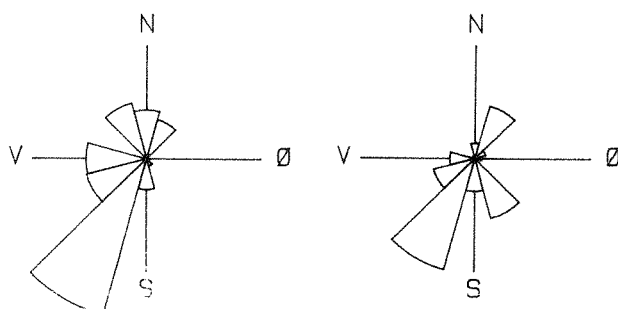
1980



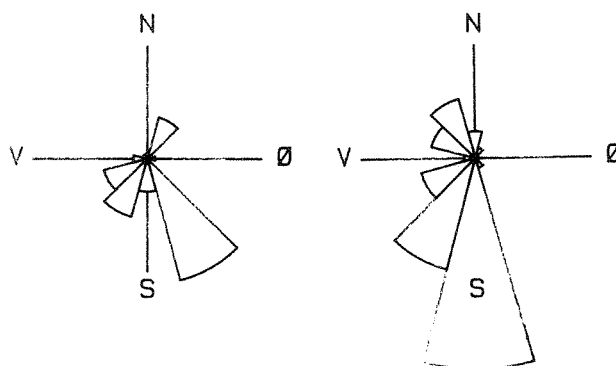
1981



1982



1983



M/S
0 50 100 150 200 250

Fig. 5. Dominerende vindretninger i månedene april og august fra 1961 til 1975 og 1980, 1981, 1982 og 1983 ved Leka (Rørvik).

4.4 Oksygen, saltholdighet og temperatur.

Lonet's spesielle topografi med det trange og grunne utløpet til Eiterfjorden gjenspeiler seg i de hydrografiske forhold. Pollen har sterk lagdeling med et brakt overflatevann og et mer marint bunnvann. Vannutskiftningen under terskeldypet er liten, noe som bidrar til dårlige oksygenforhold i Lonet's dypvann. Dette er også blitt verifisert gjennom våre undersøkelser fra 1980 til 1984.

Fig. 6 og 7 viser oksygen-, temperatur- og saltholdighet på henholdsvis 0.5 og 15m dyp på stasjonene STA L1, STA L2 og STA L3. Her bør en spesielt merke seg de lave oksygenverdiene høsten 1983 i forhold til tidligere år, selv om datagrunnlaget er spinkelt. En bør også være oppmerksom på at, å dra direkte linjer mellom siste måling høsten 1982 og første måling høsten 1983, kan være meget misvisende. Ingen opplysninger foreligger om hvordan oksygenkonsentrasjonene har variert i Lonet's dypvann mellom disse målingene. Dette er et generelt trekk for grafiske framstillinger hvor det forekommer lengre perioder uten noen data.

Temperatur, saltholdighet og oksygenforholdene i Lonet's overflatelag gjennom hele prøveperioden fra 1980 til 1983 viser en meget god samvariasjon på stasjonene L1 og L2 (fig.6). (Den siste oksygenmålingen på stasjon L2 i 1982 er trolig for høy). På stasjon L3 kan en spore tildels de samme variasjoner som en finner inne i Lonet's overflatelag, men uten de store amplituder.

Fig.8 viser oksygenprofiler for høstsituasjoner ved stasjon L1. I de øvre 5-6m har forholdene vært stabile gjennom 1980 til 1983 med en oksygenverdi på noe i underkant av 6 ml/l. På 10m faller oksygenkonsentrasjonen til ca. 3-4 ml/l. I 1983 har det derimot skjedd en reduksjon av oksygeninnholdet i de dypere vannlag og en økning av oksygenverdiene i de øvre metre. Dette kan tyde på at det har skjedd en økt belastning på Lonets bunnvann via en økning av førutslippet med ca. 3.7 ganger i forhold til 1981, samtidig med at det har skjedd en økt tilvekst av planktonalger - "eutrofiering". Beregninger er gjort i kapitel 4.7.

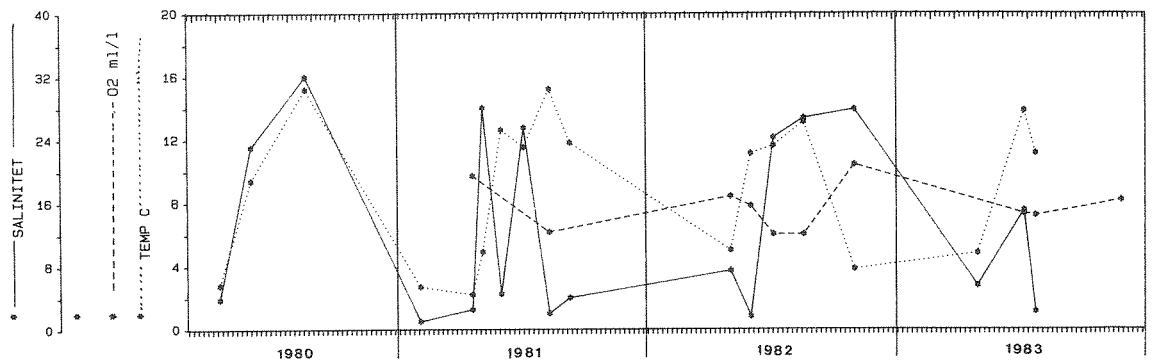
Saltholdighet- og temperaturdataene viser stabile forhold i dypvannet og større fluktasjoner i overflatelaget pga. varierende ferskvannstilsig (Pedersen, 1982).

Tabellen under viser middelverdier for saltholdighet, temperatur og oksygen på 0.5m og 15m på STA L1, STA L2 og STA L3 for hele perioden 1981 til og med 1983.

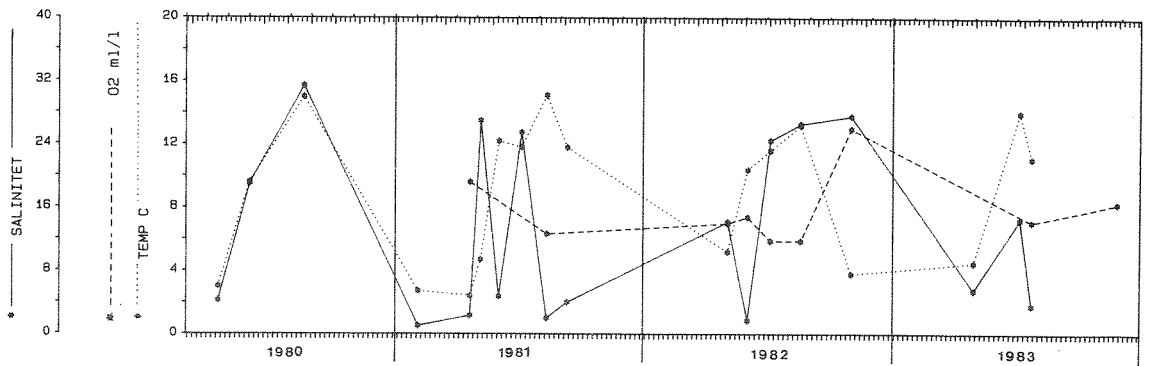
STASJONER - DYP	MIDDELVERDIER fra 1981 til 1984		MIDDELVERDIER		
	Temperatur oC	Salinitet o/oo	1981 ml/l	1982 ml/l	1983 ml/l
STA L1 0.5m	9.0	13.2	7.9	7.7	7.5
STA L1 15m	4.7	31.7	3.6	3.4	0.3
STA L2 0.5m	9.0	13.0	7.9	6.6	7.7
STA L2 15m	4.6	32.2	2.8	2.8	0.9
STA L3 0.5m	8.9	30.5		7.4	7.0

Middelverdiene er basert på alle observasjoner innen hvert av årene i perioden 1981 til 1984. Fra 1981 til 1982 har oksygenforholdene ikke forandret seg i særlig grad hverken i overflatevannet eller i de dypere vannlag. Fra 1982 til 1983 er det derimot skjedd en tydelig nedgang i oksygenkonsentrasjonene i Lonet's dypvann på stasjonene L1 og L2 (fig.7). Dette tyder på at oksygenforholdene på 15 m inne i Lonet i 1983, er verre enn hva de har vært ved tidligere år og at dette kan sees i sammenheng med 3-doblingen av forforbruket fra 1982 til 1983. Det må her presiseres at den sterkt reduserte toktfrekvensen gir et begrenset vurderingsgrunnlag for det siste året, spesielt for oksygenforholdene i dypvannet.

STA L1 0.5m
HYDROGRAFI



STA L2 0.5m
HYDROGRAFI



STA L3 0.5m
HYDROGRAFI

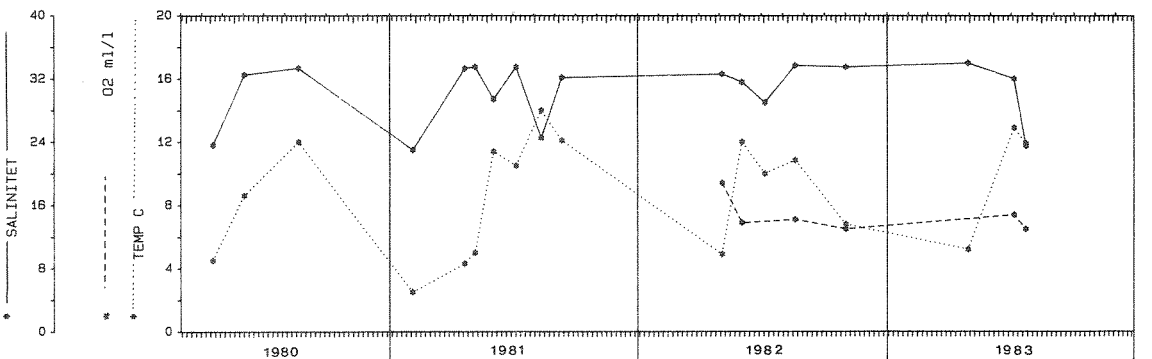
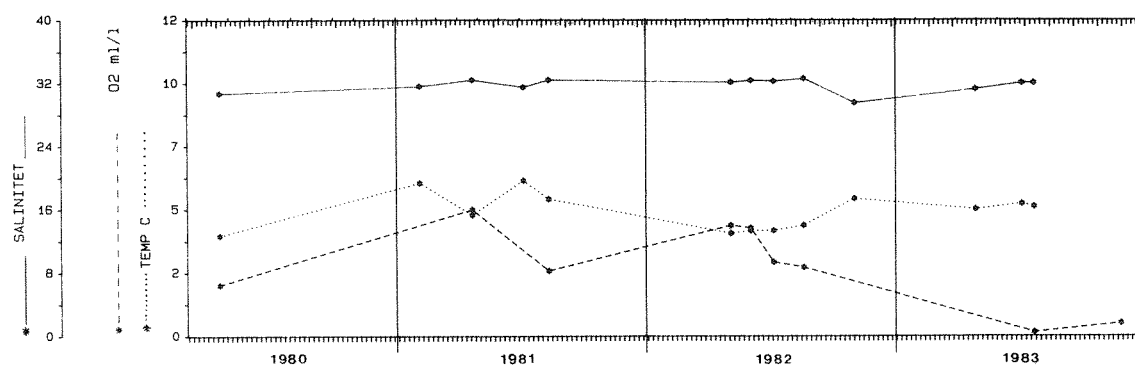


Fig. 6. Temperatur, saltholdighet og oksygen for 0,5m dyp for stasjonene L1, L2 og L3 gjennom hele undersøkelsesperioden fra 1980 til 1984.

STA L1 15m
HYDROGRAFI



STA L2 15m
HYDROGRAFI

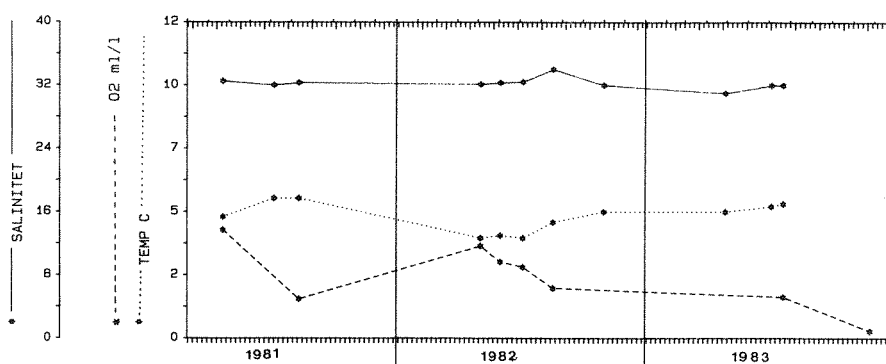


Fig. 7. Temperatur, saltholdighet og oksygen på 15m dyp på stasjon L1 og L2 inne i Lonet gjennom hele undersøkelsesperioden.

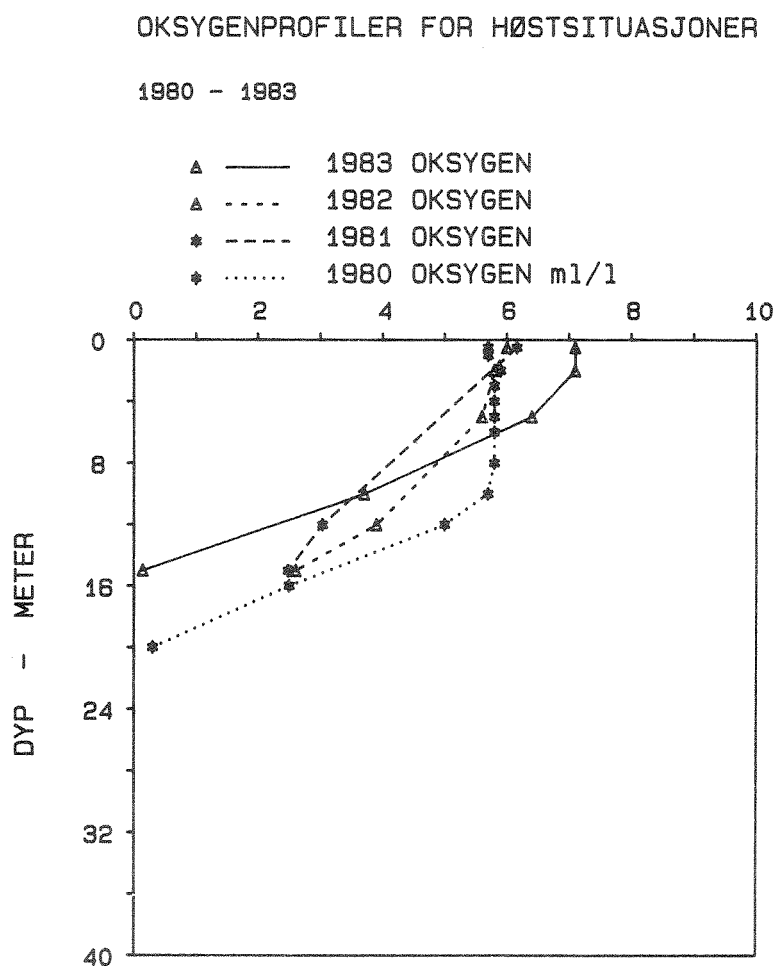


Fig.8. Oksygenprofiler for høstsituasjoner fra 1980 til og med 1983 på stasjon L1.

4.5 Næringsalter

Prøvene er innsamlet i 0.5 m dyp ved utgående strøm fra Lonet. Vannkvaliteten i dette laget er sterkt influert av nedbør, avrenning fra land og blandingsprosesser med dypere vannlag, foruten avrenning fra settefiskanlegget. Mangelfulle opplysninger angående plasseringen av utslippsdyp kan trolig også forklare de tildels store variasjoner av næringsalter i overflatelaget som det var vanskelig å finne logiske forklaringer på i rapport av 28.april 1982.

Fosfor.

Fig.9 viser variasjoner i total fosfor og ortofosfat på stasjon L1, L2,L4 og L5 på 0.5m dyp gjennom hele undersøkelsesperioden. Av figuren sees en klar samvariasjon mellom alle stasjonene. Ferskvann inneholder vanligvis lite fosfor, men under perioder med mye regn, vil en via nedbørsfeltet få tilført store mengder fosfor.

En forhøyning av fosfor-konsentrasjoner ved stasjonene L1 og L4 som samtidig ikke kan spores ved stasjon L2 og spesielt L5, stammer da mest sannsynlig fra fosfor i fôrrester og ekskrementer fra settefiskanlegget. Siden 1980 har den totale fosforkonsentrasjonen vært signifikant høyere ($p < 0.05$)* på stasjon L2 i forhold til L1.

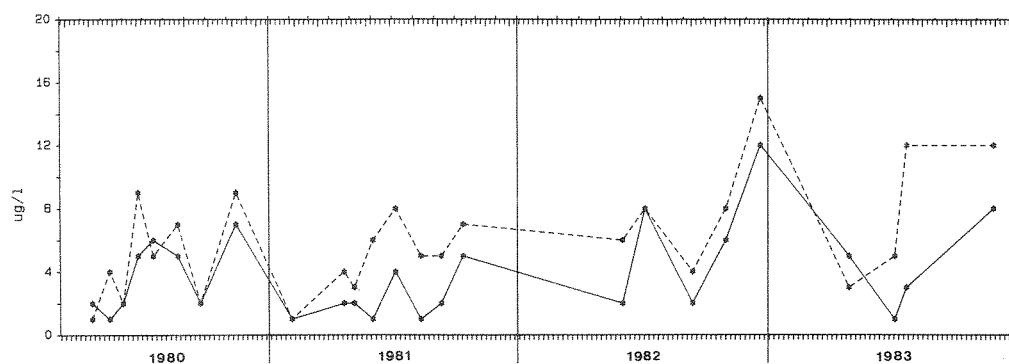
På stasjon L3 er fosforkonsentrasjonene forholdsvis høye, noe som trolig kan forklares med at den høye saltholdigheten medfører liten stabilitet og derfor større vertikal omrøring enn den som forekommer inne i Lonet (fig.10).

Figur 11 viser tydelig en forhøyning av fosforkonsentrasjonene på 15m inne i Lonet for høstsituasjonen fra 1982 til 1983 dog er ikke forskjellen mellom L1 og L2 signifikant*, sannsynligvis fordi man har for få verdier.

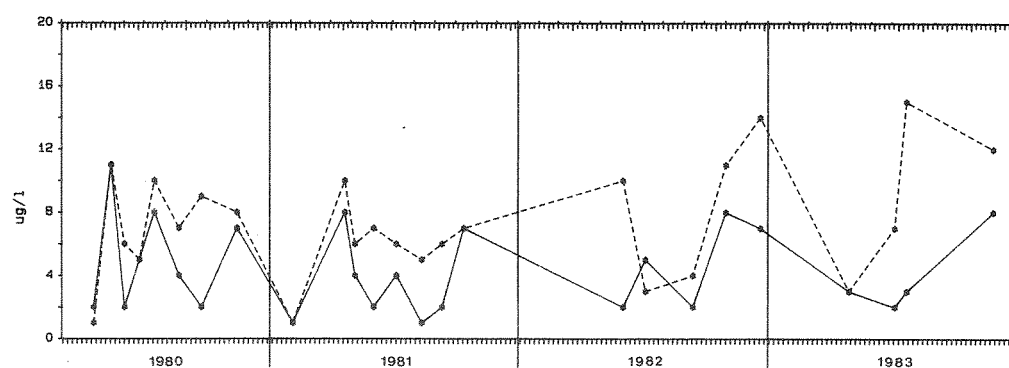
Beregninger antyder at fosfortilførselen via volumtransporten av sjøvann inn i Lonet ved tidevannsstrøm pr. døgn trolig vil variere mellom 500 og 1500 p.e.

* = parvis t-test, 95 % konfidensnivå.

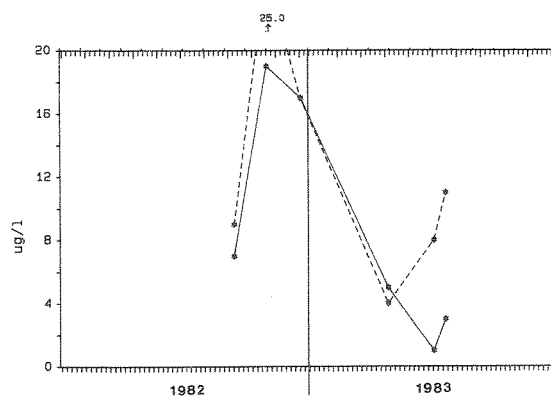
STA L2 0.5m
FOSFOR



STA L1 0.5 m
FOSFOR



STA L4 0.5m
FOSFOR



STA L5 0.5m
FOSFOR

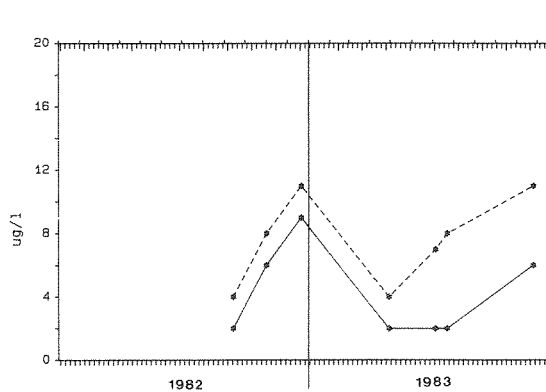


Fig.9. Variasjon i Tot. fosfor (---) og ortofosfat (—) på 0.5m dyp på stasjonene L2,L1,L4 og L5 gjennom hele prøveperioden fra 1980 til 1984.

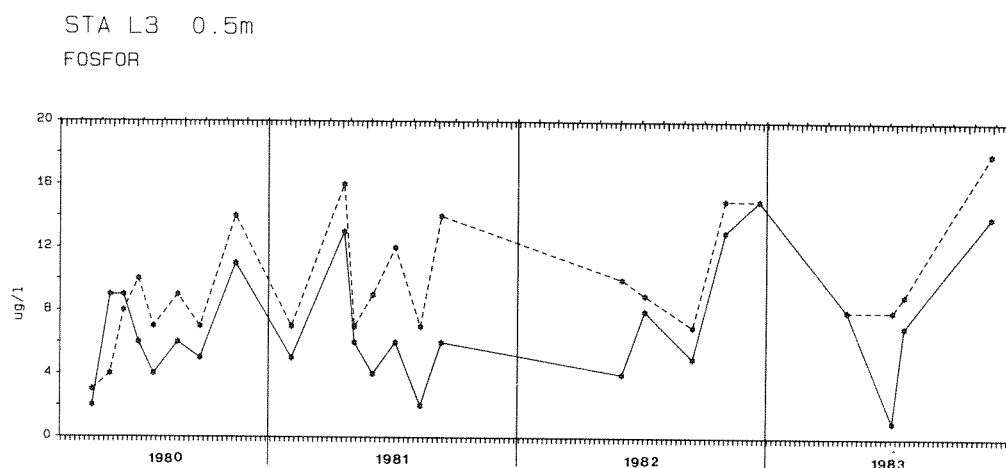


Fig. 10. Variasjon i Tot. fosfor (----) og ortofosfat (—) på 0.5m dyp på stasjonen L3 i Eiterfjorden gjennom hele prøveperioden fra 1980 til 1984.

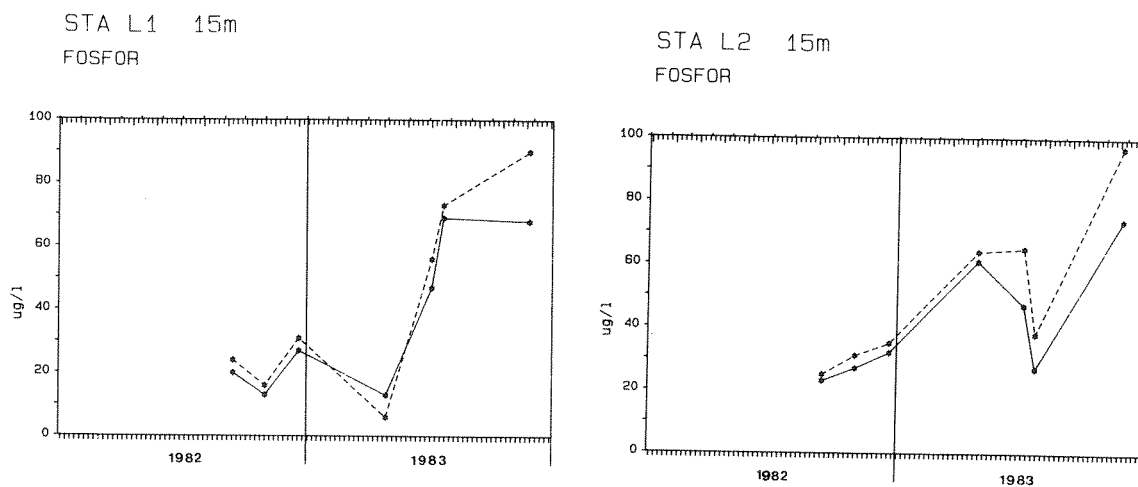


Fig. 11. Variasjon i Tot. fosfor (----) og ortofosfat (—) på 15m dyp på stasjonene L1 og L2 inne i Lonet fra 1980 til 1984.

Nitrogen.

Fig. 12 viser variasjonen av total nitrogen, nitrat og nitritt og ammonium i 0.5m dyp på stasjon L1 og L2 for 1980-83 og for L4 og L5 fra 1982 til 1983. I overflatelaget er forholdet mellom totalt nitrogen, nitrat + nitritt og ammonium (fig.12 & 13) som normalt dvs. at det følger de variasjoner som er vanlige i våre kystfarvann - en raskere omsetning og økt ammoniumkonsentrasjon om sommeren og oppbygning av nitrat om vinteren. For de siste to årene viser kurvene en økning i konsentrasjonene med tildels store svingninger noe som foruten den vanlige årssyklusen i nitrogenforbindelser, trolig skyldes varierende utslipp av organiske forbindelser.

Stasjon L3 viser ingen signifikante forandringer i nitrogenforbindelser fra det ene året til det andre, bortsett fra en forhøyning i tot.nitrogen vinteren 1982 til 1983 (fig.13).

For dypvannet dvs. 15m på stasjonene L1 og L2 kan det også spores en økning i nitrogenforbindelser utover i førings-sesongen. Dette gjelder spesielt ammonium og dermed total nitrogen (fig.14).

4.6. Biologisk befaring.

De biologiske undersøkelser i 1982 og 1983 viser ingen forandring i forhold til de observasjoner som ble gjort i 1981 (Pedersen 1982). I et begrenset område på ca 3-4m rundt selve utslippsledningen som ligger på 3m dyp og ca 20m fra utløpet til Eiterfjorden, er den svarte hydrogensulfid-luktende bunnen begrodd med hvit sopp.

Fordelingen av planter fra fjøra i sundet mellom Lonet og Eiterfjorden og ved stasjon L1 og L3, viser at utløpet til Eiterfjorden er overgjødslet. Grønnalger dominerer sammen med blågrønnalgen - Spirulina subsalsa. Overflatevannets gulbrune farge kommer trolig fra humus-stoffer og stammer ikke fra utslippet fra settefiskanlegget, men fra ferskvannsrenningen fra Storvatnet.

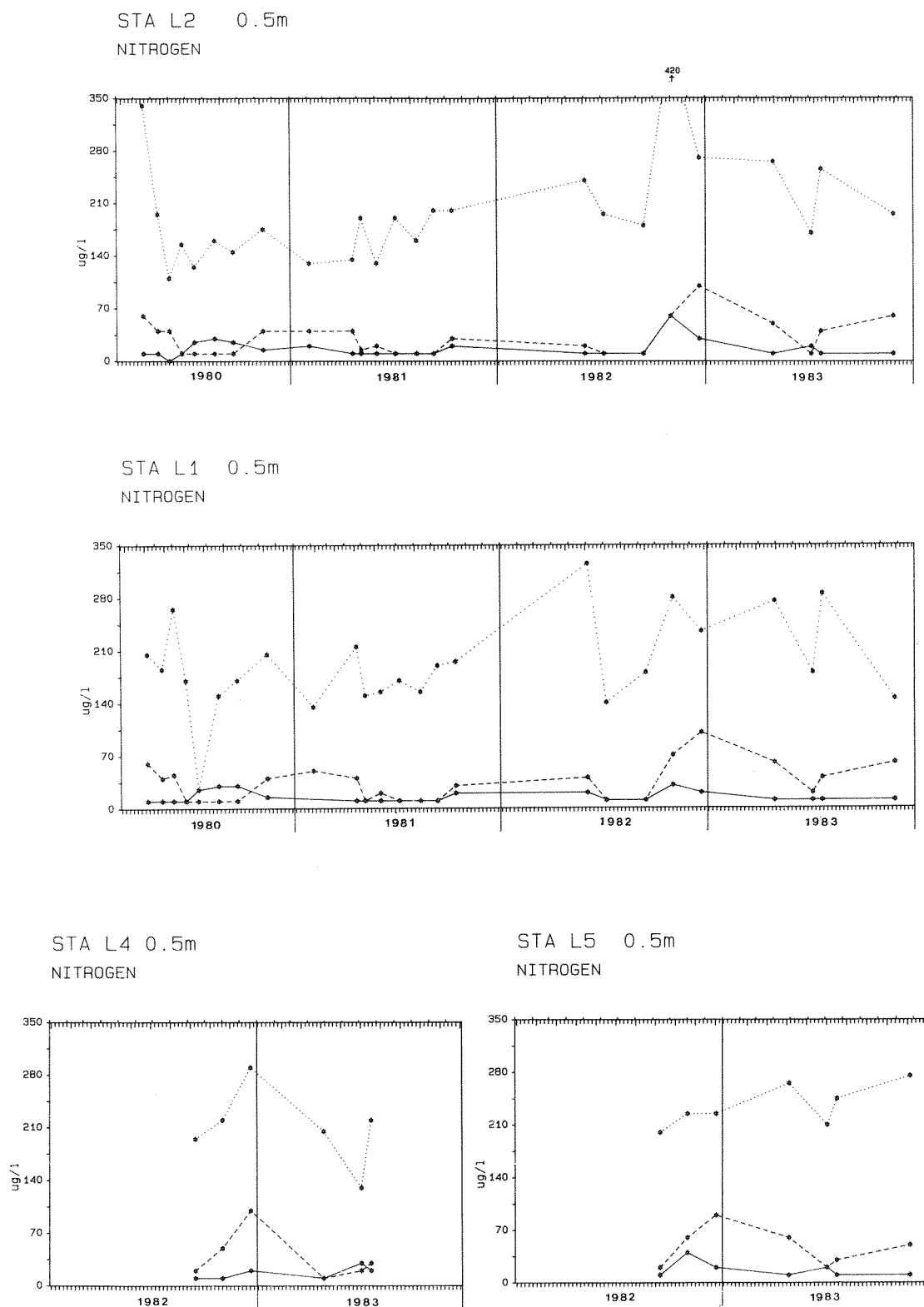


Fig.12. Variasjon i Tot. nitrogen (....), nitrat + nitritt (----) og ammonium (—) fra 0.5m på stasjonene L2,L1,L4 og L5 under perioden fra 1980 til 1984.

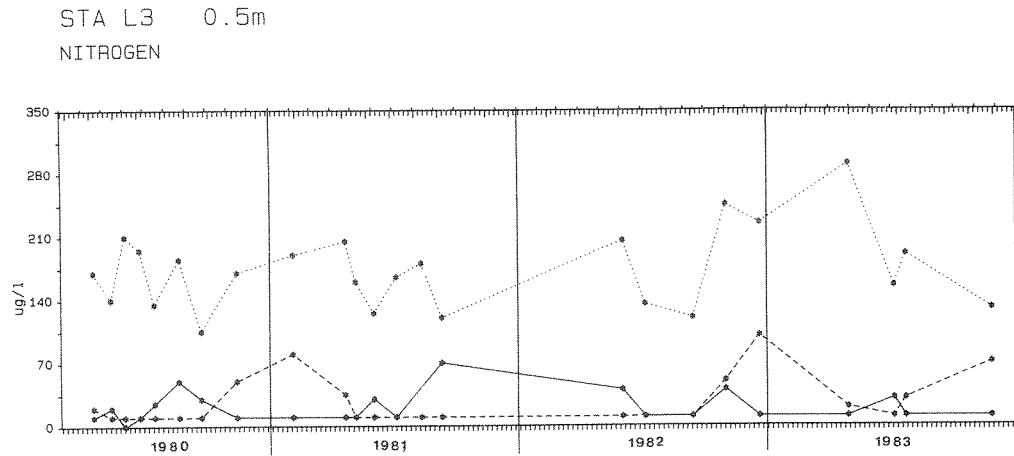


Fig.13. Variasjon i Tot. nitrogen (....), nitrat + nitritt (----) og ammonium (—) fra 0.5m på stasjon L3 i Eiterfjorden i perioden fra 1980 til 1984.

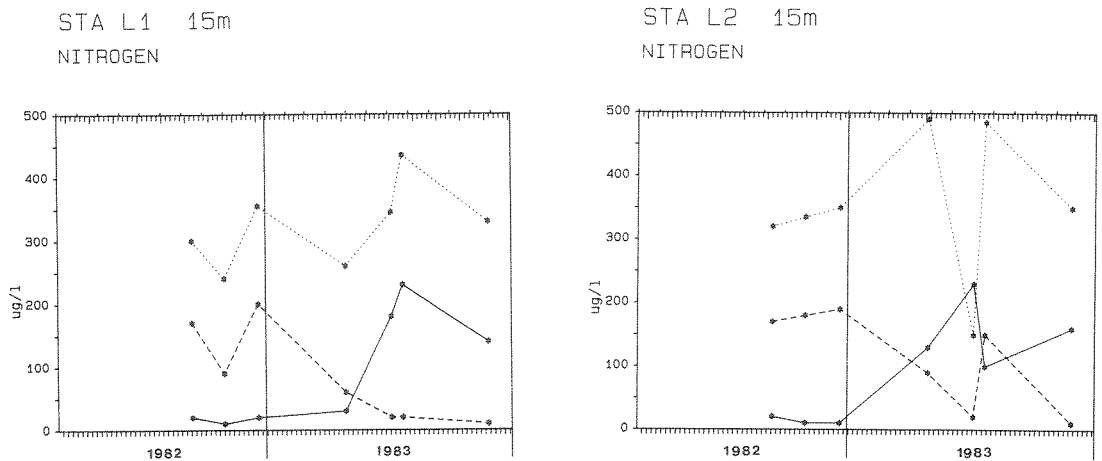


Fig.14. Variasjon i Tot. nitrogen (....), nitrat + nitritt (----) og ammonium (—) fra 15m på stasjonene L1 og L2 inne i Lonet i perioden september 1982 til desember 1983.

4.7 Oksygenbudsjett for Lonet.

4.7.1 Oksygen-utskiftning via tidevannstrømmen

Det er betydelige mengder vann som transporteres ut og inn av Lonet ved tidevann, brakkvannsstrøm osv, og denne mengden kan variere sterkt etter de hydrografiske forhold i og utenfor Lonet. På fig. 15 er framstilt to eksempler på vannutskiftningsforløp i Lonet, en god og en dårlig vannutskiftning.

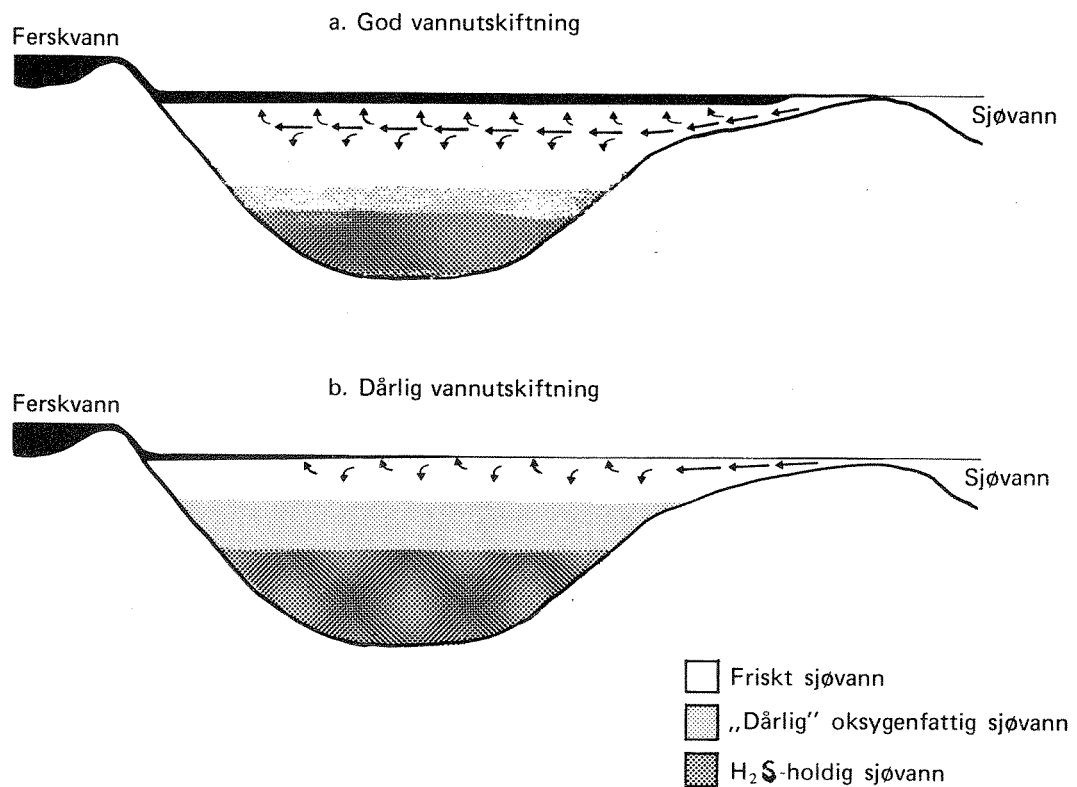


Fig. 15. Vannutskiftning i Lonet. a) God vannutskiftning. b) Dårlig vannutskiftning.

Perioder med dårlig dypvannutskiftning vil vanligvis oppstå når det er lite nedbør, liten vind eller sør- og vestlige vinder foruten ved tider med forholdsvis lav tetthet i Eiterfjorden's overflatelag (f.eks. 0 - 5m). En slik situasjon forkommer oftest sen vår eller om sommeren, mens utover høsten og vinteren/tidlig vår, vil alle eller de fleste kriterier for god dypvannutskiftning være oppfylt. Vinder fra øst eller nordøst vil forsterke en dypvannutskiftning. Perioder med mye nedbør i denne tiden kan også til tider motvirke en dypvannutskiftning. Vannutskiftningen i Lonet er derfor bestemt av mange faktorer som kan motvirke eller forsterke hverandre.

Høsten 1982 pågikk endel utvidelser av anleggene på land. I denne forbindelse ble endel jord og sandmasser fylt ut i Lonet. Sand og leirpartikler satte dermed farge på vannet og en kunne derfor tydelig følge med horisontalflytningen av Lonet's overflatelag. Det ble da konstatert at en forholdsvis stor del av det slamfargete vannet stuet seg opp inn mot landet ved settefiskanlegget på innstrømmende vann. Saltvannet som da strømmet inn i Lonet dukket under det ferske overflatelaget ca. 5m inne i Lonet. Det slamfargete ferskvannet som hadde "stanget" mot den inngående strømmen av saltvann, ble nærmest spylt ut av Lonet under utgående tidevann. Dette fører også til at ferskvannet's oppholdstid kan variere etter hvor i Lonet det befinner seg. Midlere oppholdstid for overflatelaget i Lonet kan for tilfeller med stor ferskvannstilførsel (antatt $10 \text{ m}^3/\text{s}$) beregnes til 10-12 timer. Er vannføringen bare $1 \text{ m}^3/\text{s}$, noe som ikke er usannsynlig i nedbørfattige perioder, vil midlere oppholdstid for overflatelaget være vesentlig lengre, trolig 3-5 døgn. Det vil også alltid forekomme en vertikal blandeprosess av ferskvann som vanskeliggjør tolkningen av forholdene noe, men generelt sett vil en slik sirkulasjon som ble observert inne i Lonet bidra til at forrester og ekskrementer fra settefiskanlegget i stor grad blir transportert direkte ut til Eiterfjorden.

Ved beregning av oksygentransport inn og ut av Lonet via tidevann, er det derfor forsøkt å basere seg på den gjennomsnittlige vannutskiftning i sommerperioder. Under disse perioder forekommer den høyeste oksygenbelastning fra settefiskanlegget og vanligvis den dårligste vannutskiftning av dypere vannlag. En slik situasjon må danne et utgangspunkt for vurdering av den belastning som settefiskanlegget påfører Lonet.

Arealet av Lonet er tilnærmet lik 0.65 km^2 og antas en gjennomsnittlig tidevannsamplitude på normalt 30 cm (max. 100 cm og min. 10 cm), vil vannvolumet som transporteres inn i Lonet i middel være $390.000 \text{ m}^3/\text{døgn(d)}$. Av dette vil vi anta at ca 1/3 er en netto utskiftning,

dvs ca. 130.000 m³/d eller ca. 1.5 m³/s som middel. Lonet's lengde er ca. 1 km. Satt i sammenheng med de generelle prosesser som gjelder for estuarin sirkulasjon og vindgenerert strøm, vil en vannutskiftning på ca. 4-10 m³/s være et realistisk estimat. Dette skulle tilsvare en netto vanntransport på ca 200.000-500.000 m³/d. Oksygeninnholdet i Eiterfjorden's overflatelag er tilnærmet konstant lik 10 mg/l. Det skulle medføre at netto transport inn i Lonet pr. døgn i størrelsesorden 2.000 kg O₂/d - 5.000 kg O₂/d. Det må understrekes at disse beregninger er grove overslagsberegninger.

4.7.2 Oksygenbelastning påført Lonet via førrester og ekskrementer.

Beregninger for den oksygenbelastning som påføres Lonet via settefiskanlegget, baseres på produksjonsforhold for 1983 altså full produksjon, med et førforbruk på 70.000 kg før/år. Vanngjennomstrømmningen varierer mellom 9.000 og 12.000 l/min og det forutsettes at fiskesammensetningen i anlegget er 50 % påbegynt ett-åringer og 50 % salgsklare smolt (toåringer). For et omtrent tilsvarende anlegg har Bergheim et. al.(1984) utledet tre likninger til kvantifisering av belastninger fra smoltanlegg.

$$\text{KOF} = 27.8 \cdot V^{-0.20} \quad (\text{kg O}_2/\text{d})$$

$$\text{Tot. N} = 2.33 \cdot V^{-0.37} \quad (\text{kg/d})$$

$$\text{Tot. P} = 0.52 \cdot V^{-0.50} \quad (\text{kg/d})$$

hvor V er gjennomsnittsvekt pr. fisk. Beregninger av kjemisk oksygenforbruk-KOF, tot.N og tot.P er angitt i tabell 2. nedenfor. Fiskens vekt er oppgitt av Sea Farm A/S.

Tabell 2. Estimert belastning som KOF (kjemisk oksygenforbruk), total nitrogen (N) og total fosfor (P) i et enkelt gjennomstrømningsanlegg. * = usikre verdier, se tekst under. () = teoretisk beregnet fra sommertemperatur.

TID	TOTAL BIOMASSE kg fisk	KOF		TOTAL NITROGEN (N)		TOTAL FOSFOR (P)		GJ.SNITT VEKT PR. FISK I gr.	
		kgO/d	pe.	kg/d	pe.	kg/d	pe.	1.år	2.år
JAN	13000	(175) <100*	667	(8) <5*	<400	(1.1) <1*	<400	<1	≈35
JUNI	24500	340	2267	16.6	1383	2.5	1000	≈4	≈45-50
JULI	5000	97	647	6.0	500	1.1	440	≈6	
SEPT/ OKT.	8000	119	793	5.9	492	0.8	320	≈20-25	

I tabellen er det bl.a. forsøkt å gi et estimat av belastninger om vinteren, men denne beregningen er meget usikker da likningene for belastningene er basert på vanntemperatur fra 12 til 16 °C fra april til august og høsttemperaturer fra 16 ned mot 7 °C fra august til november. Tallene i parantes er beregnet ut fra fiskens vekt i januar, men er basert på høyere temperaturer enn de reelle temperaturer for en vinterperiode. Tallene merket med stjerner er mer realistiske verdier for belastninger under vinterperioder. Tabellen viser at før salg av smolt i juni er belastningen på Lonet adskillig høyere enn resten av året.

4.7.3 Oksygenbelastning pga. økt primærproduksjon.

Økt tilførsel av næringsalter vil medføre en økt primærproduksjon som i de øvre vannlag vil føre til en økt oksygenutvikling. Når planteplanktonet derimot synker ned under kritisk dyp (det dyp hvor produksjon og respirasjon er lik), vil det brytes ned og til dette

kreves oksygen. En teoretisk kvantifisering av økt primærproduksjon som følge av utslippet av næringsstoffer, er basert på gjennomsnittlig vektforhold mellom elementene karbon, nitrogen og fosfor i planteplankton - C:N:P = 47:7:1 (beregnet etter Redfield's gjennomsnittlig (cellulære)sammensetning i planteplanktonet - C:N:P = 106:16:1 (atombasis), Redfield 1934).

Basert på disse forholdstall mellom elementene, vil fosfor- og nitrogentilførsler teoretisk sett gi følgende biomassetilvekst målt i kg karbon(C)/d:

Tilførsel av 2.5 kg P/d	gir en tilvekst på	102.5 kg C/d
Tilførsel av 16.6 kg N/d	gir en tilvekst på	97 kg C/d

Dette gir en biomassetilvekst i høysesong på maksimalt ca. 100 kg C/d. Denne verdien er altfor høy da det i naturlige miljø ikke er mulig å oppnå en slik utnyttelsesgrad av næringsalter. Ettersom oppholdstiden for overflatevannet i Lonet er forholdsvis kort, er en utnyttelsesgrad av næringsstoffer på 25 % mer realistisk selv om denne prosentatsen muligens også er for høy. Dette skulle tilsi at Lonet på grunn av utslipp av næringsstoffer vil få en økt primærproduksjon på 25 kg C/d. Dette er en maksimalbelastning i høysesong.

Ved nedbrytning av planteplanktonproduksjonen, regnet som organisk karbon, kan en omregningsfaktor fra TOC til BOF_7 på 2.67 benyttes (Magnusson 1974). Ved omregning av BOF_7 til KOF kan benyttes følgende likning (Bergheim & Sivertsen, 1981):

$$KOF = 2.27 + 1.88 BOF_7$$

Dette skulle tilsi at en primærproduksjon på 25 kg C/d skulle forårsake et oksygenforbruk målt som KOF tilsvarende 127.6 kg O/d i Lonets dypvann.

4.7.4 Total belastning fra settefiskanlegget

I tillegg til den belastning som forårsakes av primærproduksjonen via nedbrytning dvs. 127.6 kg O/d, kommer belastning som følge av utslipp av fôrrester og ekskrementer som i KOF = 340 kg O/d (tabell 2.).

Den totale maksimale belastning på Lonet som følge av utslipp fra settefiskanlegget skulle derfor komme opp i ca 470 kg O/d.

Det er viktig i videre vurderinger av de stipulerte belastninger at man er klar over at bare en mindre andel av det oksygen som transporteres inn i Lonet ved tidevannsutskiftningene når dypvannet. Tilskuddet av nytt oksygen vil også variere med tiden, men sannsynligvis vil tilskuddet til dypvannet være minst når tettheten i Eiterfjordens overflatevann er lavest dvs. i sommerhalvåret. Den mest effektive vannutskiftningen vil trolig skje i de øvre 0-5m. Tilførselen av oksygenrikt vann vil deretter avta med dypet. 0-5m vil kanskje få tilført en andel på 75 %, mens dypet fra 10 til 15m bare vil få tilført i størrelsesorden 5-10 % av den totale oksygenmengde som tilføres Lonet ved hver tidevannsutskiftning dvs. 100 til 500 kgO/d. Med andre ord vil dette si at de dypere vannlag er adskillig mer ømtålig for oksygenbelastninger enn de øvre vannlag.

Det må understrekes at dette er grove overslagsberegninger, men det ser ut til at i perioder vil oksygenbelastning som tilføres Lonet fra settefiskanlegget, langt overstige det oksygen som blir tilført dypvannet gjennom vannutskiftningen. En nesten 3-dobling av formengden fra 1982 til 1983, har sannsynligvis ført til at Lonets dypvann i 1983 har fått tilført så mye forrester og ekskrementer fra settefiskanlegget at de dypere vannlag er mer oksygenfattig enn de tidligere har vært.

5 REFERANSELISTE

- Bergheim, A., Hustveit, H., Kittelsen, A. and A.R. Selmer-Olsen, 1984. Estimated pollution loadings from Norwegian fish farms. II. Investigation 1980-1981. Aquaculture 36:157-168.
- Bergheim, A. and A. Sivertsen, 1981. Oxygen consuming properties of effluents from fish farms. Aquaculture. 22:185-187.
- Magnusson, J., 1974. Resipientundersøkelse i Korsviksfjorden, Kristiansand. NIVA-rapport. pp 77.
- Pedersen, A., 1982. Førspillutslipp i Lonet. NIVA-rapport. pp 18.
- Redfield, A.C., 1934. On the proportions of the organic derivatives in sea water and their relation to the composition of plankton. James Johnstone Memorial Volume (Liverpool) pp. 176.