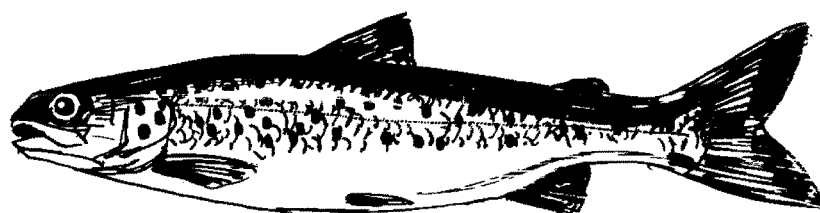


RAPPORT LNR 3616-97

**V**urdering av vannkvalitet  
for etablering av  
settefiskanlegg i sone  
Romerike vest



**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

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

**Østlandsavdelingen**

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

**Vestlandsavdelingen**

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

**Akvaplan-NIVA A/S**

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

Tittel Vurdering av vannkvalitet for etablering av settefiskanlegg i sone Romerike vest	Løpenr. (for bestilling)	Dato
	3616-97	1997.02.07
Forfatter(e) Bjørn Olav Rosseland	Prosjektnr. Undernr.	Sider Pris
	O-96280	15
Fagområde Akvakultur	Geografisk område Romerike, Akershus	Distribusjon
		Åpen
		Trykket
		NIVA

Oppdragsgiver(e) Romerike settefisk BA	Oppdragsreferanse
---	-------------------

**Sammendrag**

Vannkvaliteten ved to lokaliteter, Risebro og Flæman, er vurdert i forhold til produksjon av settefisk (ørret). En fullstendig vurdering av vannkvaliteten utfra de foreliggende vannkjemiske målinger er umulig for begge lokaliteter. Det er flere forhold som antyder at vannkildene i perioder av året vil kunne gi opphav til problem ved et mulig fremtidig settefiskanlegg. Ved Risebro er det mulige høye næringsalkonsentrasjoner usikkerheten knyttes til. Ved Flæman er det episodiske vannkvalitetsendringer i flomsituasjoner, kontinuiteten og effektiviteten av kalkingen og de målte lave oksygenkonsentrasjoner som er usikkerheten. Ved valg av Flæman, bør vanninntaket legges i innsjøen.

For begge lokaliteter, må en vannkjemisk overvåking med hyppige prøvetakinger foretas gjennom minimum ett år før en eventuelt igangsetter bygging av et settefiskanlegg.

Dersom vannkvaliteten ikke skulle vise seg å bli begrensende for en eventuell settefisk produksjon, vil allikevel det svært ionerike vannet ved Risebro kunne gi uønskede negative effekter for utsetting av fisk i lokaliteter med ionefattig og/eller svak sur vannkvalitet. Der det er mulig bør fiskestammens stedegnethet vurderes.

Fire norske emneord 1. Vannkvalitet 2. Settefiskanlegg 3. Ørret 4. Egnethet	Fire engelske emneord 1. Water quality 2. Fish farm 3. Brown trout 4. Water quality criteria
---	--

  
Bjørn Olav Rosseland

ISBN 82-577-3172-2

  
Merete Johannessen

# **Vurdering av vannkvalitet for etablering av settefiskanlegg i sone Romerike vest**

## Forord

Norsk institutt for vannforskning, NIVA, ved undertegnede, ble i brev fra Frank Hafsund, Utmarktjenester a.s. datert 28/11-1996, bedt om å vurdere egnetheten av vannet ved Risebro i Ullensaker kommune for oppdrettsformål. Dessuten hvordan en settefisk produsert i en slik vannkvalitet ville være egnet for utsetting i ulike vanntyper i regionen.

Underlagsmaterialet for uttalelsen er rapporten fra Utmarktjenester a.s, datert 4/12 1995: *Kultiveringsplan for Akershus og Oslo. Settefiskproduksjon i sone - Romerike vest. Vurdering av lokaliteter for settefiskproduksjon*. I tillegg til rapporten, har NIVA fått kopier av diverse skriv og uttalelser fra fagfolk og foreninger vedrørende alternative lokalitetsvalg.

Etter at vurderingen av Risebro var ferdig, ble NIVA i brev av 11/12-1996 fra Børn Reidar Hansen, OFA, bedt om å utvide vurderingen til også og dekke en lokaliet ved Årnes, med bruk av Flæman som vannkilde. Som vedlegg til henvendelsen lå et notat fra Bjørn R. Hansen, datert 12/8-1996, og et notat fra Frank Hafsund, Utmark-tjenester a.s., datert 4/11-1996; *Vurdering av Flæman som oppdrettslokalitet for Romerike Vest*.

I tillegg til vurderingen av de to lokaliteter, er det innarbeidet et forslag til måleprogram.

Espen Lydersen, NIVA, takkes for å ha gitt verdifulle kommentarer til rapporten.

Oslo, 18. februar, 1997

*Bjørn Olav Rosseland*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Vurdering av vannkvalitet for produksjon av settefisk</b>	<b>6</b>
1.1 Viktige momenter for vurdering av egnethet	6
1.2 Vannkvaliteten gjennom året	6
1.3 Sikre en god overlevelse	6
1.4 Krav til vannkjemisk dokumentasjon	7
<b>2. Vannkvalitet ved Risebro</b>	<b>7</b>
2.1 Foreliggende vannanalyser	7
2.2 Vurdering	8
<b>3. Vannkvaliteten ved Flæman</b>	<b>8</b>
3.1 Foreliggende vannanalyser	8
3.2 Vurdering	10
3.2.1 Vannkjemisk	10
3.2.2 Oksygenforhold	11
<b>4. Kvalitet på settefisken</b>	<b>11</b>
4.1 Sikre en god kvalitet på settefisken - stedegnet	11
4.2 Genetikk	11
4.3 Helsestatus	12
4.4 Vannkvaliteten i settefiskanlegget i forhold til utsettingslokalitet	12
4.5 Konklusjon	13
4.5.1 Risebro	13
4.5.2 Flæman	13
<b>5. Samlet vurdering</b>	<b>13</b>
<b>6. Forslag til prøvetakingsprogram</b>	<b>14</b>
6.1 Program for vurdering av lokalitet	14
6.2 Program ved drift på anlegget	14
<b>7. Litteratur</b>	<b>15</b>

---

## Sammendrag

Vannkvaliteten ved to lokaliteter, Risebro og Flæman, er vurdert i forhold til produksjon av settefisk (ørret). En fullstendig vurdering av vannkvaliteten utfra de foreliggende vannkjemiske målinger er umulig for begge lokaliteter. Det er flere forhold som antyder at vannkildene i perioder av året vil kunne gi opphav til problem ved et mulig fremtidig settefiskanlegg. Usikkerheten ved Risebro er knyttet til mulige høye næringsaltkonsentrasjoner, mens det ved Flæman er knyttet til episodiske vannkvalitetsendringer i flomsituasjoner, kontinuiteten og effektiviteten av kalkingen og de målte lave oksygenkonsentrasjoner.

For begge lokaliteter, må en vannkjemisk overvåking med hyppige prøvetakinger foretas gjennom minimum ett år før en eventuelt igangsetter bygging av et settefiskanlegg.

Dersom vannkvaliteten ikke skulle vise seg å bli begrensende for en eventuell settefisk produksjon, vil allikevel det svært ionerike vannet ved Risebro kunne gi uønskede negative effekter for utsetting av fisk i lokaliteter med ionefattig og/eller svak sur vannkvalitet.

# 1. Vurdering av vannkvalitet for produksjon av settefisk

## 1.1 Viktige momenter for vurdering av egnethet

For å kunne vurdere egnetheten til en vannkilde for oppdrettsformål må følgende minimums informasjon foreligge:

1. Årsvariasjon i tilgjengelig vannmengde
2. Årsvariasjon i vannkvalitet (vannkjemi)
3. Årsvariasjon i vanntemperatur
4. Fysiske forhold ved anlegget (luftekapasitet, vannvarmings kapasitet etc. i forholdet til variasjoner i gassmetning og vanntemperatur)
5. Smittepress fra fiskesamfunn oppstrøms vanninntaket

Denne vurderingen forutsetter at punktene 1, 3, 4 og 5 er ivaretatt i tidligere vurderinger.

## 1.2 Vannkvaliteten gjennom året

Vannkvaliteten i et settefiskanlegg er spesielt viktig for de følgende forhold:

1. Sikre en god overlevelse og gi mulighet for optimal tilvekst under riktige temperatur/fôrings regimer
2. Sikre en god kvalitet på settefisken, tilpasset den vannkvaliteten som settefisken er tiltenkt på utsettingsstedet, d.v.s. produsere en stedegnet fisk

## 1.3 Sikre en god overlevelse

For å sikre en god overlevelse er det viktig at de vannkjemiske forholdene er optimale i forhold til vannkvalitetskravene til den fiskearten som anlegget skal produsere. Optimal vannkvalitet er i dette tilfellet ment å sikre at:

- ingen ekstreme vannkjemiske forhold som gir akutt dødelighet oppstår gjennom året
- ingen suboptimale forhold forekommer som gir sekundærlidelser (som eks. gjellebetennelser) eller generelt nedsatt immunforsvar med lav kronisk dødelighet som resultat.

Hvilke krav som stilles til en god vannkvalitet for settefiskproduksjon står bl.a. i boken om Fiskehelse, kapitel *Miljørelaterte tilstander*, Rosseland *et al.* 1990.

## 1.4 Krav til vannkjemisk dokumentasjon

For å kunne foreta en god helhetsvurdering av vannkvaliteten trenger man prøver tatt gjennom de mest ekstreme perioder i året (under vårflo, høy-temperatur perioden på sommeren og høstflo) og minimum 10 - 15 analyseparametre. I en standard pakke bør analyse av følgende parametre foreligge:

pH, konduktivitet, Ca, Mg, Na, K, Cl, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, TOC, Alkalitet, Al (RAI/ILAI), Fe og Turbiditet, eventuelt analyse av CO<sub>2</sub> eller N<sub>2</sub> dersom gassovermetning er sansynlig.

I sure (bløte) vanntyper er analyse av samtlige parametre viktig som grunnlag for beregning av syrenøytraliserende evne (ANC) og tilstandsformer av aluminium (Al).

I nøytrale eller mer basiske (harde) vanntyper, har Al mindre betydning med unntak der Al stammer fra sure oppstrømsliggende kilder (sure sidegrener eller sure myrer). Ved høy pH (pH > 7), er nitrogeninnholdet målt som ammonium svært viktig som bidrag til økt ammoniakproduksjon i fiskeanlegget. Dersom slike vannkilder har stort bidrag av næringsalter fra eks. landbruk, vil sterk begroing kunne gi opphav til et nytt problem, med mulig store døgnvariasjoner i O<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub>. Høye CO<sub>2</sub> konsentrasjoner (spesielt om natten) kan i ekstreme tilfeller gi opphav til "sleeping disease" og nefrocalcinose. Høyt partikkelinnhold i vann kan være en viktig årsak til gjellebetennelse, og dersom vannet har høy pH og høyt kalkinnhold, vil kalk kunne foreligge i overmetning og gi opphav til ytterligere partikkelproblemer p.g.a. kalkutfelling (eks. pH 8.3, vil Ca > 32 mg/l kunne gi utfellinger forutsatt CO<sub>2</sub>-likevekt). Anlegg med varierende gasskonsentrasjoner og potensiale for partikkelproblem kan kompensere dette ved gode luftere og oppholdstids kamre (sedimentasjonsbasseng) etter lufting.

## 2. Vannkvalitet ved Risebro

### 2.1 Foreliggende vannanalyser

De vannprøver som ligger til grunn for vurderingen av Risebro, er hentet fra rapporten fra Utmark tjenester a.s, tabell 1. Da det ikke er benyttet et akkreditert vannanalyse laboratorium, tar NIVA forbehold om analysenøyaktighet, men vurderer resultatene som om de er korrekte. Som bakgrunn for å kunne uttale seg om egnethet er imidlertid antall prøver svært få, og mangler svært viktige analyser for vurderingen. Det går ikke frem av rapporten på hvilket tidspunkt prøven ble tatt, men det antas at prøven er tatt i august/september. Prøver fra andre tidspunkt foreligger ikke.

Basert på de foreliggende tall, så er vannet svært ionerikt og kalkholdig (hardt), på/over grensen til overmetning av kalsium. Ledningsevnen er høy, som følge av den høye Ca verdien og alkalitet, og sansynligvis tilsvarende høye konsentrasjon av en rekke andre ioner som ikke er målt. Bidragene av generelle næringsalter er ikke målt, men dersom tilstrømning fra dyrket mark eller andre kilder gir høye tilførsler av ammonium, vil det ved den målte pH være betenkelig. Jerninnholdet er lavt og uproblematisk. Selv om det ikke er analysert, vil vi anta at



konsentrasjonen av metaller utenom basekationene er lave. Slike metaller vil generelt ha liten giftighet ved en slik høy ionestyrke og kalsium konsentrasjon som en finner ved Risebro.

Tabell 1. Vannkvalitet ved Risebro. Data hentet fra Rapport fra Utmarks- tjenester a.s, s. 8, tabell 6.

Parameter	Verdi
pH	8.2
konduktivitet $\mu\text{S}/\text{cm}$	205
Kalsium mg Ca/l	37
Fargetall	7
Alkalitet $\mu\text{mol}/\text{l}$	1790
Jern $\mu\text{g Fe}/\text{l}$	30

## 2.2 Vurdering

Det foreligger alt for få analysedata til å kunne gi en god vurdering av egnethet for settefiskproduksjon. Vannkvaliteten ved Risebro må, dersom et fiskeanlegg skal bruke dette som kilde, følges nøye gjennom årstiden. Totalanalyse av vannet må foretas bl.a. for vurdering av næringssalttilførselene og potensialet for ammoniakkproduksjon ved høye tettheter i produksjonssystemene. Vannprøver bør tas helst ukentlig, minimum hver 14 dag, men med daglige prøver i flomperioder. Skal inntaksledning senkes ned i Hersjøen, bør prøvetaking også foretas jevnlig fra det sted og dyp i innsjøen som velges. Oppholdstidskamre for reduksjoner av partikkelutfellinger etter lufting bør vurderes grunnet høyt kalkinnhold.

Basert på svært få målte parametre vurderes vannkvaliteten foreløpig som fra mindre egnet til egnet. Det bør imidlertid under enhver omstendighet ikke foretas bygging av anlegg før vannkvaliteten er fulgt minimum ett år.

## 3. Vannkvaliteten ved Flæman

### 3.1 Foreliggende vannanalyser

I motsetning til ved Risebro, foreligger det et relativt tett prøvetakingsprogram fra Flæman, tabell 2. Imidlertid er det bare en vannanalyse tatt i oktober 1988 som er godt beskrivende med tilsammen 17 analyseparametre. Ved senere prøvetakinger foreligger kun et meget begrenset analyseprogram. Heller ikke disse analysene er foretatt av et akkreditert analyselaboratorium, og de samme forbehold som for Risebro må tas mht. kvaliteten av dataene. Analysene er i hovedsak foretatt av Avløpssambandet Nordre Øyeren (ANØ).

Tabell 2. Vannanalyser fra Flæman. Analysen fra 9/8-1996 er utført av OFA, mens de resterende er utført av ANØ.

Dato	Lokalitet	pH	Alk µekv./l	Kond. µS/cm	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Cl mg/l	NO <sub>3</sub> -N µg/l	Si mg/l	Ala µg/l	Alo µg/l	Ali µg/l	Fe mg/l	Farge mg Pt/l
01.10.89	Utløp	5,80	30,00	23,80	2,10	0,6	1,1	0,3	5,0	1,7	10,0	1,0	157,00	147,00	10,00	0,20	68,00
16.07.89	utløp	6,15	37,00	25,90	2,33												
30.07.90		7,08	120,00	33,30	3,86												
22.07.91		6,68	95,00														
29.06.92	2m dyp	6,46	90,00														
03.05.93	2m dyp	6,18	130,00														
25.07.94		6,52															
29.08.94		7,04															
15.05.95	2m dyp	6,13	70,00														
09.08.96	2m dyp	6,20															

I notatet til Utmarks-tjenester a.s. av 4/11-1996, går det fram at Flæman er kalket. Tidspunktet for første kalking og hyppigheten av rekalking kommer ikke fram i notatet, men ifølge et notat fra Bjørn Reidar Hansen, OFA, er innsjøen kalket regelmessig siden 1988. Forutsettes kalkingen å fortsette med samme kalkingshyppighet og bruk av samme kalkingsstrategi, antas den generelle vannkvaliteten å forbli relativt lik i de årstider som er representert i tabellen.

Det foreligger også enkeltmålinger fra 1996 av temperatur og oksygen fra ulike dyp og lokaliteter i Flæman, tabell 3.

Tabell 3. Målinger fra Flæman utført av Bjørn Reidar Hansen, OFA, den 9/8-1996.

Lokalitet	Dybde m	Temp °C	O <sub>2</sub> mg/l (% metning)	pH	Anmerkning
50 m fra utløp,	0	18,5	8,5 (88 %)		
maks dybde 4m	2	18,5	ikke målt		
	4	14,0	2,8 (28%)		ikke H <sub>2</sub> S lukt
300 m fra utløp, maks	0	19,0	8,5 (90 %)		
dybde ca. 15m. Mulig	2	18,5	8,5 (88%)	6,2	
inntakssted	4	11,5	6,5 (58 %)		
	5	9,0	7,5 (64%)		
	6	7,5		6,3	
	8	6,0			
	10	6,0		6,2	
	14,5	5,5			ikke H <sub>2</sub> S lukt

## 3.2 Vurdering

### 3.2.1 Vannkjemi

Et normalt mål for vannkvalitet etter en kalking, er at pH bør ligge over 6.2-6.5, kalsium bør ligge over 2 - 2.5 mg/l, aluminium må foreligge på stabil form med så lav andel uorganisk monomert Al (Ali) som mulig (<15-20 µg/l), og det bør være en alkalitet over 50 µekv/l. Tallene viser at det vannkjemiske målet stort sett er nådd, men at verdiene for 1989, særlig oktobertallene, ikke er gode nok. Jerninnholdet er akseptabelt (< 0.5 mg/l), og aluminium foreligger i hovedsak som Al<sub>0</sub> (antatt ikke giftig Al-form). Et fargetall målt til 68 mg Pt/l, som normalt tilsvarer en TOC (Total organisk carbon) på ca. 6 mg/l, viser at Flæman er relativt humøs.

Holdes vannbehandlingen på samme nivå, synes periodene som er dekket i analysene å være sikre mht vannkvalitetskrav for settefisk. Hva som skjer i perioder med snøsmelting og isgang i oppstrømsliggende innsjøer, eller store flomperioder på andre årstider, er imidlertid ikke dekket av disse analysene. Problemer med utløpselver fra kalkede sjøer, er at man på våren, i forbindelse med tilførsler av kaldt surt smeltevann fra oppstrømsliggende nedbørfelt, får en overflateavrenning med kaldt surt vann som kan gi en betydelig dårligere vannkvalitet i utløpselven. Dypere i innsjøen (under ca. 2-3 m) vil vannkvaliteten forbli relativt uendret i

samme periode. Inntaksvann tatt fra utløpselven vil dermed kunne ha en meget ugunstig vannkvalitet mht. oppdrett, mens et inntak i innsjøen på ca 3-4 m dyp vil kunne gi en bedre vannkvalitet i samme periode.

Skal det etableres et settefiskanlegg ved utløpet av Flæman, må man kjenne til årsvariasjonen i vannkvalitet. I likhet med lokaliteten ved Risebro, betyr det minimum ett års prøvetaking. Vannprøver bør tas helst ukentlig, minimum hver 14 dag, men med daglige prøver i flomperioder. Et eventuelt settefiskanlegg bør ha en inntaksledning senket ned i Flæman, med mulighet for å ta vann inn fra varierende dyp. Overflateinntak om sommeren (1-3 m?) sikrer gode vekstforhold og høy oksygenmetning, mens dypere inntak vinterstid (3-5 m?) sikrer høyere vanntemperatur og redusert fare for surt smeltevann i flomperioder om våren. Velges et innsjøuttak (anbefales), må prøvetaking også foretas jevnlig fra det sted og de dyp i innsjøen som er aktuell.

### **3.2.2 Oksygenforhold**

Som tabell 3 viser, er oksygenforholdene i Flæman sterkt varierende med dypet. Prøver tatt i august viser en klar termoklin mellom 2 og 4 meter, og at det på stasjonen 50 m fra utløpet var en betydelig oksygenfall på 4 m dyp (28 % metning). Dette er ikke gunstig dersom et tenkt inntak vil bli influert av vann med så lavt oksygeninnhold. Inntaksvannet må derfor luftes meget effektivt og gis tilstrekkelig oppholdstid etter lufting ved en eventuell bygging av settefiskanlegg ved Flæman.

## **4. Kvalitet på settefisken**

### **4.1 Sikre en god kvalitet på settefisken - stedegnethet**

For å sikre et godt resultat av settefiskutsettinger, er det en del forutsetninger som må foreligge. Noen av de viktigste forutsetninger er:

1. Genetikken til fiskestammen
2. Helsestatus på utsettingsfisken
3. Vannkvaliteten i settefiskanlegget
4. Vannkvaliteten i utsettingstedet

I tillegg kommer viktigheten av utsettingsstrategien, bl.a. det å velge riktig utsettingsområde i selve lokaliteten.

### **4.2 Genetikk**

Forsøk har vist at for en del vanntyper, har det over mange generasjoner utviklet seg stammer av norsk ørret som genetisk er blitt bedre tilpasset til å leve i f.eks. surt vann (se Rosseland 1994, Dalziel *et al.* 1995). Disse forsøkene har vist at egenskapene er lite avhengig av

hvilken vannkvalitet settefiskanleggende har hatt før utsetting, idet de fem testede ørretstammene gikk i samme vannkvalitet før utsettingsforsøkene fant sted. Skal en sette ut fisk i sure vann, bør en derfor velge en ørretstamme som er godt tilpasset slike forhold (eks. ørretstammen fra Byglandsfjord og ikke stammen fra Tunhovd). Selv om surt vann nesten alltid er svært ionefattig, er det ikke gjort tilsvarende forsøk mht. svært ionefattige ikke-sure vannkvaliteter. Men vurdert rent fysiologisk finnes det sansynligvis slike tilpasninger også for denne miljøtypen. Det vil bety at "høyfjellstammer" vil være best egnet for høyfjellsituasjoner osv.

### **4.3 Helsestatus**

En fisk med dårlig helsestatus vil alltid ha større tilpasningsproblem til nye vannkvaliteter og være mer utsatt for dødelighet ved transport, enn fisk med god helsestatus, se eks. Staurnes (1995). Transport stress øker bl.a. nivået av stresshormon i blodet, som igjen kan redusere immuniteten hos fisk med påfølgende økt mulighet for sykdom.

### **4.4 Vannkvaliteten i settefiskanlegget i forhold til utsettingslokalitet**

Dersom vannkvaliteten er lik i settefiskanlegget og fremtidige utsettingssted, eller bedre på utsettingsstedet enn i anlegget, vil helsestatus og transportstress være hovedproblemene for utsettingsresultatet. Dette vil tross alt være det beste grunnlaget for enhver settefiskproduksjon. Dersom de vannkjemiske forholdene er bedre i anlegget enn i utsettingslokaliteten, kan utsettingsresultatet bli dårligere enn forventet.

I Norge er det særlig to arbeider som viser at fisk som er produsert i anlegg med vann med høy ionestyrke kan få problem med saltbalansen i perioder etter utsetting dersom vannet i utsettingslokaliteten er ionesvak. Staurnes (1995) viser i et forsøk at ørret som ble drettet opp i mer ionerik vannkvalitet enn utsettingslokaliteten opplevde et markert ionetap i flere dager etter utsetting, selv om begge vannkvaliteter hadde høy pH, men der Ca innholdet viste en forskjell på ca. 10 mg Ca/l og ledningsevnen ca. 60  $\mu$ S/cm. I en av utsettingene med fisk med dårlig helsestatus, var det en ikke ubetydelig dødelighet i dagene etter utsetting. Selv om forsøksfisken er fulgt i en relativ kort periode, er det trolig at den kompensasjonen i saltbalansen som skjer i tiden etter utsetting også kan medføre redusert motstandskraft og effekter på viktige adferdsmessige forhold som eks. næringsopptak o.l. Er det stor fiskespisende fisk i innsjøen, vil fisk i ubalanse lettere bli tatt som fôrorganisme i en "kompensasjonsperiode". Resultatene viser at det ikke er optimalt å utsette settefisk for vannkvalitetsendringer selv med så små forskjeller som i dette tilfellet. De negative effektene på saltreguleringen ville ha blitt langt større dersom vannkvaliteten i utsettingslokaliteten hadde vært sur.

Et annet forsøk som er interessant i denne sammenhengen ble utført i forbindelse med "BP-Salar-prosjektet". Forsøk med laks som fra plommeseekkyngel ble drettet opp i ferskvann tilsatt ca 3% sjøvann (1 ‰, pH 6.5, konduktivitet ca. 2000  $\mu$ S/cm), utviklet ikke maksimal kapasitet for ioneopptak (særlig Na) slik at fisken fikk store problem med å holde ionebalansen ved senere overføring til ionesvakt vann (McWilliams 1990). Den reduserte

evnen til ioneopptak i ionefattig vann, syntes å være irreversibel. Dersom det ionesvake vannet i tillegg skulle være surt, vil dette ytterligere forsterke den negative virkningen på fiskens evne til ioneregulering, se f.eks. Rosseland og Staurnes (1994).

Uten at forsøk har vist det, er det imidlertid rimelig å anta at effektene av vannkvalitetsforskjeller mellom oppdrettsanlegg og utsettingslokalitet, vil kunne modifiseres ved riktig valg av arvelige egenskaper hos settefisken i forhold til vannkvalitet på utsettingsstedet.

## **4.5 Konklusjon**

For å oppnå best mulig resultat av en fiskeutsetting, bør en ta hensyn til 1) fiskens genetiske evne til å leve i en fremtidig vannkvalitet (stedegnethet), og 2) minimalisere vannkvalitetsforskjeller mellom settefiskanlegg og de utsettingslokaliteter anlegget skal betjene.

### **4.5.1 Risebro**

Med de vannkjemiske forholdene som synes å foreligge ved Risebro, vil fremtidig settefisk fra dette anlegget være mindre egnet for utsetting i ionesvake og svakt sure innsjøer enn fisk levert fra anlegg med "bløtere" vann.

### **4.5.2 Flæman**

Forutsatt at kalkingen fortsetter med godt resultat, vil en god vannkemi fra Flæman ikke være til hinder for en utsetting i ulike vanntyper i regionen.

## **5. Samlet vurdering**

En fullstendig vurdering av vannkvaliteten utfra de foreliggende vannkjemiske målinger er umulig for begge lokaliteter. Til tross for dette, er det flere forhold som antyder at vannkildene i perioder av året vil kunne gi opphav til problem ved et mulig fremtidig settefiskanlegg. Usikkerheten ved Risebro er knyttet til mulige høye næringsalt-konsentrasjoner, mens det ved Flæman er knyttet til episodiske vannkvalitetsendringer i flomsituasjoner, kontinuiteten og effektiviteten av kalkingen og de målte lave oksygenkonsentrasjoner.

For begge lokaliteter, må en vannkjemisk overvåking med hyppige prøvetakinger bli foretatt gjennom minimum ett år. Dette er av avgjørende betydning før en igangsetter bygging av et nytt settefiskanlegg. Selv med ideel vannkvalitet vil en erfaringsvis bruke 2-5 år etter ferdigstillelse før en har sikker erfaring for årsvariasjoner i driftsforhold og etablert gode rutiner i alle ledd av produksjonen.

Dersom vannkvaliteten ikke skulle vise seg å bli begrensende for en eventuell settefisk produksjon, vil allikevel det svært ionesvake vannet ved Risebro kunne gi uønskede negative eller ikke optimale effekter for utsetting av fisk i lokaliteter med ionefattig og/eller svak sur

vannkvalitet. Riktig valg av utsettingsstamme (genetiske egenskaper) for de aktuelle utsettingslokaliteter (stedegnethet) er uansett svært viktig.

## 6. Forslag til prøvetakingsprogram

Prøvetakingsprogram for bestemmelse av vannkvalitet, bør skreddersys til den enkelte lokalitet. Rent generelt bør en foreta en rutinemessig prøvetaking minimum hver 14. dag for å vurdere egnethet for settefiskproduksjon, med daglige prøver på sentrale prøvetakingspunkter i flomperioder. På lokaliteter der oksygenforholdene forventes å variere, må hyppigere målinger, inkludert døgnvariasjoner, foretas i perioder med høy vanntemperatur og sterk begroing oppstrøms vanninntaket. Dette gjelder også målinger av oksygen.

Undersøkelsen fra Syrtveit Fiskeanlegg er et eksempel på en slik prøvetaking i et kultiveringsanlegg (Rosseland *et al.* 1996).

### 6.1 Program for vurdering av lokalitet

I et standard prøvetakingsprogram bør det minimum analyseres hver 14. dag på et minimum antall parametre, totalt 26 prøver i året. Er vannkilden stabil, kan det veksles mellom en full månedsprøve (alle parametre) og en redusert prøve (14. dag), se tabell 4. Under flomperioder, bør man samle minimum 3 vannprøver, fra første, midtre og siste del av perioden. Ønskes bedre oppløsning på en stor flomperiode, kan vannflasker fylles lokalt hver dag, og settes kaldt til oppbevaring for senere prøveuttak. Der det planlegges vanninntak i innsjø, må det rutinemessig foretas oksygenmålinger på de dyp som vil bli benyttet. Dette er særlig viktig i sommerperioden. Det bør opprettes kontrakt med lokale prøvetakere.

Tabell 4. Program for vannprøvetaking for vurdering av en lokalitetes egnethet for produksjon av settefisk. Oksygenmålinger kommer i tillegg.

Param	pH	Kon	Alk	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	TOC	Alr	Alo	Fe	Turb
Mnd	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
14.dag	x	x		x						x	x		x	x		
Flom	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	(x)	x

### 6.2 Program ved drift på anlegget

Etter igangsetting av drift i et settefiskanlegg, bør vannkvaliteten følges nøye i minimum ett år, og deretter følge et noe mer redusert program dersom vannkilden holder seg stabil. Første året bør en følge parametervalget og frekvensen i tabell 4. I tillegg må det innarbeides klare rutiner med daglig prøvetaking av råvannet og lagring av vannprøven i kjøleskap i en syklus på 14 dager. Skulle en lidelse oppstå i anlegget, vil man dermed kunne analysere på minimum en 14 dagers vannserie for om mulig koble vannkjemi og effekter på fisken.

Dersom inntaksvannet er tidvis surt, og det foreligger mistanke til perioder med vann i aluminiumsulikevekt, såkalt "blandsons-kjemi", (se Rosseland *et al.* 1992, Lydersen *et al.* 1994), bør det vurderes å investere i ionebyttere som plasseres på anlegget for å skille de ulike Al-fraksjonene, se prøvetakingsopplegget i Rosseland *et al.* (1996).

## 7. Litteratur

- Dalziel, T.R.K., Kroglund, F., Lien, L. and Rosseland, B.O. 1995. The REFISH (Restoring endangered fish in stressed habitats) project, 1988-1994. *Water, Air, and Soil Pollution* 85: 321 - 326.
- Lydersen, E., Polø, A.B.S., Nandrup Pettersen, M., Riise, G., Salbu, B., Kroglund, F. and Rosseland, B.O. 1994. The importance of "in situ" measurements to relate toxicity and chemistry in dynamic aluminium freshwater systems. *J. Ecological Chemistry* 3, 357 - 365.
- McWilliams, P. (1990). Water quality and smolt production. Aspects of the physiology of Atlantic salmon (*Salmo salar*) eggs and fry with particular reference to water treatment on commercial smolt farms. Final Report of Water Treatment Project II, SALAR-BP Norway/University of Bergen, 1986 - 1989, 165 pp.
- Rosseland, B.O. (1994). Finnes det tilpasninger til surt vann hos ørret (*Salmo trutta* L.) og laks (*Salmo salar* L.)? *Fauna* 47 (1): 42 - 47.
- Rosseland, B.O., Jacobsen, P. & Grande, M. (1990). Miljørelaterte tilstander. I: Poppe, T. (red.) *Fiskehelse*, kapittel 8, pp. 100-105, Griegs Forlag, Bergen.
- Rosseland, B.O. & Staurnes, M. (1994). Physiological mechanisms for toxic effects and resistance to acidic water: An ecophysiological and ecotoxicological approach. In: Steinberg, C.E.W. and Wright, R.W. (eds.): *Acidification of Freshwater Ecosystems: Implications for the Future*, pp 227 - 246, John Wiley & Sons, Ltd.
- Rosseland, B.O., Blakar, I., Bulger, A., Kroglund, F., Kvellestad, A., Lydersen, E., Oughton, D.H., Salbu, B., Staurnes, M & Vogt, R. (1992). The mixing zone between limed and acidic river waters: complex aluminium chemistry and extreme toxicity for Salmonids. *Environmental Pollution*, 78 : 3-8.
- Rosseland, B.O., Lydersen, E. og Kroglund, F. 1996. Overvåking av vannkvaliteten ved Syrtveit Fiskeanlegg og forsøk med dosering av lut og kisel. NIVA-Rapport nr. 3446-96, 17 s + vedlegg.
- Staurnes, M. (1995). Fysiologisk stress ved utsetting i ionefattig vann. I: BorgstrømR., Jonsson, B. og L'Abèe-Lund, J.H. (red.), *Ferskvannsfisk. Økologi, kultivering og utnytting*. Sluttrapport fra forskningsprosjektet "Fiskeforsterkningstiltak i norske vassdrag (FFT)", NFR, s. 162-166.



## **Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00  
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,  
oppgi løpenummer 3616-97

ISBN 82-577-3172-2