

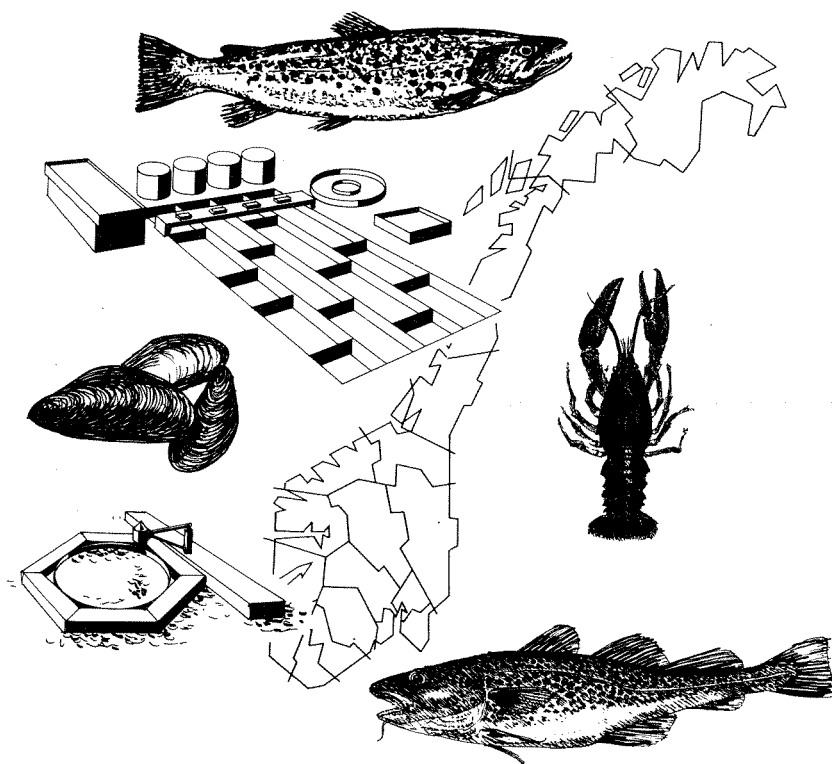
0-
84159
0-
84160

RAPPORT 9|85

0-84159

0-84160

Teknologi og miljø i oppdrettsnæringen



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.: 0-84159 - 84160
Undernummer:
Løpenummer: 1790
Begrenset distribusjon:

Hovedkontor: Postboks 333, 0314 Oslo 3, Telefon (02)23 52 80
Sørlandsavdelingen: Grooseveien 36, 4890 Grimstad, Telefon (041)43 033
Østlandsavdelingen: Rute 866, 2312 Ottestad, Telefon (065)76 752
Vestlandsavdelingen: Breiviken 2, 5035 Bergen - Sandviken, Telefon (05)25 53 20

Rapportens tittel: Teknologi og miljø i oppdrettsnæringen VA-rapport 9/85	Dato: 31. januar 1985
	Prosjektnummer: 0-84159 - 84160
Forfatter (e): Bjørn Braaten Torbjørn Damhaug Magne Grande Kjell Maroni	Faggruppe: Akvakultur
	Geografisk område:
	Antall sider (inkl. bilag): 63

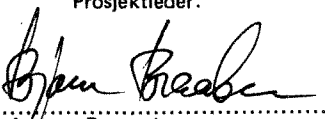
Oppdragsgiver: NTNF - Havbrukskomiteén	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: Rapporten er et bidrag til NTNFs perspektivanalyse om norsk havbruk, og omhandler utvikling av oppdrettsteknologi og en beskrivelse av vannmiljøet og krav til vannkvalitet i oppdrettsanlegg.


4 emneord, norske:
1. Oppdrettsteknologi
2. Havbruk
3. Vannkvalitet
4. Perspektivanalyse
Miljø
VA 9/85

4 emneord, engelske:
1. Aquaculture technology
2. Aquaculture
3. Water quality
4. Perspective analysis
Environment

Prosjektleder:


Bjørn Braaten

For administrasjonen:


Oddvar Lindholm


Kjell Maroni

ISBN 82-577-0988-3

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

OSLO

0 - 84159

0 - 84160

TEKNOLOGI OG MILJØ I OPPDRETTSNÆRINGEN

Bidrag til NTNf's perspektivanalyse for norsk havbruk

Oslo, januar 1985

Bjørn Braaten

Kjell Maroni

Torbjørn Damhaug

Magne Grande

	Side
2.5. Kjemiske faktorer	42
2.5.1. Oksygen	42
2.5.2. Løste gasser	43
2.5.3. Saltholdighet	43
2.5.4. Anaerobe forhold	43
2.5.5. pH	44
2.5.6. Løst organisk stoff (humus m.m.)	45
2.5.7. Suspenderte partikler	46
2.5.8. Salter	46
2.6. Biologiske faktorer	46
2.6.1. Bakterier, virus og parasitter	46
2.6.2. Planteplankton	47
2.6.3. Flora og fauna	47
2.6.4. En vurdering av en kontinuerlig gjødsling av våre fjordområder	48
2.7. Anleggs-spesifikke faktorer	50
2.7.1. Fôrtype og mengde	50
2.7.2. Anleggstype og driftsform	50
2.7.3. Antibiotika og giftstoffer	51
2.7.4. Miljøproblemer ved resirkulasjonssystemer	51
2.7.5. Effekt av vannkvalitet på skjelloppdrett	52
2.8. Generelle vannkvalitetskriterier	53
2.8.1. Letale og subletale vannkvalitetskriterier	53
2.8.2. Kriteriene - deres anvendelse og begrensninger	54
2.8.3. Fiskearter og -stammer, stadier i livssyklus	55
2.8.4. Eksempler på kriterier for noen parametre	56
2.9. Perspektiver - miljøets betydning i oppdrettsnæringen	58
3. SENTRALE REFERANSER	60
VEDLEGG 1	Beregning av energiforbruk til pumping av vann til landbaserte matfiskanlegg
	61
VEDLEGG 2	Anleggskostnader for mæranlegg, 200 t/år
	62
VEDLEGG 3	Anleggskostnader for landbaserte matfiskanlegg, 200 t/år
	63
VEDLEGG 4	Produksjonskostnader, 200 t/år
	64

1 UTVIKLING AV OPPDRETTSTEKNOLOGI

1.1. Oppdrett i ferskvann

1.1.1. Klekking og startføring av laksefisk

Klekkerier defineres her som oppdrettsanlegg eller deler av anlegg som driver klekking og startføring av yngel. Dagens situasjon er at de aller fleste settefiskprodusentene kjøper ubefruktet rogn eller rogn på øyerognstadiet, som de så klekker i eget anlegg. Noen få anlegg produserer også ferdig startføret yngel for salg. Disse anleggene klarer idag ikke å dekke etterspørselen etter startføret yngel, og flere vil derfor spesialisere driften i samme retning. Startføringen er den vanskeligste delen av produksjonssyklusen i et settefiskanlegg, og det vil derfor være riktig å oppmuntre til en slik spesialisering. Resultatet vil sannsynligvis bli at tilgangen på ferdig startføret kvalitetsyngel vil bli bedre, slik at produksjonsresultatet i settefiskanleggene bedres. En av årsakene til den dårlige utnyttelsen av settefiskkonsesjonene (ca. 60 %) er nettopp de store problemene mange anlegg har i startføringsfasen.

Bortsett fra en spesialisering i retning av egne startføringsanlegg ser det ikke ut til å komme store endringer i produksjonsteknologien for klekking av rogn fra laksefisk. Dagens system med klekkerenner med understrøms-system, eventuelt bruk av klekkesylindere frem til øyerognstadiet, fungerer tilfredsstillende. For startføringen av laksefisk er det imidlertid fremdeles behov for forskning for å finne fórtyper og fóringsteknologi som gir optimalt resultat. Idag er det en betydelig overføring i startføringsfasen, noe som er biologisk (økt sykdomsproblem), økonomisk og forurensningsmessig uheldig.

Stamfiskens naturlige kjønnsmodning en gang pr. år danner idag grunnlaget for settefiskproduksjonen. Ved hjelp av lys, temperatur og bioteknologi kan kjønnsmodning induseres hele året. Dette vil føre til at settefisk kan settes i sjøen hele året. Matfiskanleggene kan da slakte fisk av jevn størrelse året rundt, en betydelig fordel med tanke på markedsføring, samtidig som volumet i anlegget utnyttes bedre. Før dette kan realiseres er det behov for praktiske forsøk i egne anlegg, der døgnrytme, lysintensitet

og vanntemperatur kan reguleres helt uavhengig av naturen utenfor. I fremtiden vil dette kunne bety at det bygges egne stamfiskanlegg for leveranse av rogn året rundt.

1.1.2. Settefiskproduksjon

Tilgangen på settefisk er idag en av faktorene som bremser utviklingen av laksefiskoppdrett i Norge. Samtidig utgjør kjøp av settefisk ca. 20 % av kostnadene pr. kg fisk produsert i dagens matfiskanlegg (DU-undersøkelse fra 1981/82). Utviklingen av settefiskanleggene bør derfor ta hensyn til at:

- settefisktilgangen må økes til behovet er dekket
- sikkerheten i settefiskproduksjonen må økes
- produksjonsprisen pr. settefisk må være så lav som mulig, uten at kvaliteten forringes
- det bør kunne leveres settefisk til flere årstider og av en slik størrelse at man sikrer en jevn matfiskproduksjon over året.

De fleste settefiskanlegg i Norge er idag basert på én gangs bruk av vannet, og er derfor avhengige av relativt store vannmengder (1-15 m³/min) med tilfredsstillende kvalitet.

a) Landbaserte settefiskanlegg

For mange anlegg er situasjonen at de allerede utnytter alt tilgjengelig vann maksimalt, spesielt fordi størrelsen på settefisken har økt de siste årene slik at biomassen i anleggene er større enn før med samme antall fisk. Alternativene for økt produksjon vil da være tilførsel av oksygen slik at tettheten kan økes, gjenbruk av vannet eller resirkulering.

Utviklingen av landbaserte settefiskanlegg kan ta forskjellige retninger:

Anleggene forblir som nå, men med økt sikkerhet som følge av bedre teknologi

Dagens settefiskprodusenter sliter med en del problemer som kan løses ved relativt beskjeden FoU-innsats. Vannbehandling er tatt opp i avsnitt (1.1.4.), her skal nevnes en del andre forhold:

- Usikker vanntilførsel (tørke, isdannelse, vannkvalitetsendringer) bør avhjelpes ved konstruksjon av bedre vanninntak, lokalisering på steder med flere vannkilder og overvåking av inntaksvannets kvalitet med automatisk stenging, overgang til nødsystem og alarm hvis ugunstige forhold opptrer.

- Overvåkings- og alarmsystemene som selges idag må forbedres, spesielt er det problemer med kontinuerlig overvåking av en så sentral parameter som oksygen på grunn av begroing på elektroden og hyppig kalibreringsbehov.

- Intern transport av fisk på anlegget, sortering og telling er lite skånsomt for fisken, og samtidig arbeidskrevende. Anleggene bør bygges med tanke på at all transport og sortering bør foregå i vann (rør, renner m/sorteringsrister, fiskeheis hvis fisken må løftes osv.).

Fisketettheten i anleggene økes ved hjelp av oksygenering

I de fleste tilfeller vil en økning av kapasiteten i eksisterende anlegg ved hjelp av økt tetthet og oksygeneringen være mulig. Eksisterende settefiskanlegg er normalt dimensjonert for en maksimal fisketetthet på 20 kg/m³, mens erfaring har vist at man kan ha tettheter på minst 35-50 kg/m³. Effekten av høye tettheter på settefiskkvaliteten er imidlertid for dårlig utredet. Investeringsbehovet for et oksygenproduksjonsanlegg med nødsystem vil ligge i størrelsesorden kroner 1,50 pr ekstra produsert smolt for et anlegg som ved hjelp av oksygenering øker produksjonen fra 35.000 til 100.000 smolt, og kroner 0,75 pr. ny smolt ved økning fra 500.000 til 1 mill. smolt. Investeringsbehovet ved nyetablering av anlegg ligger i følge DU fra 10 til 12 kroner pr. smolt (1982). Ved utvidelse av anlegg som har tilstrekkelige vannressurser vil investeringsbehovet være i størrelsesorden 2-3 kroner/smolt om utvidelsen baseres på 7 m³ runde kar som plasseres i grus ute og tetthet inntil 35 kg/m³. Kostnadene ved utvidelse vil være svært avhengige av om den eksisterende vanntilførselen frem til anlegget kan gi tilstrekkelige vannmengder for økt produksjon, eller om nye tilførsler må legges.

Konklusjonen på denne vurderingen blir at utvidelse av settefiskproduksjonen i dagens anlegg ved hjelp av oksygenering sannsynligvis vil være rimeligst for næringen. På den annen side må det tas hensyn til at flere mindre anlegg gir bedre risikospredning enn få store. Svikt i ett stort settefiskanlegg gir alvorlige konsekvenser for mange matfiskprodusenter. Prinsipielt bør det også anbefales at settefiskproduksjon baseres på nok vann, og ikke kunstige inngrep.

Økende bruk av gjenbruk og resirkulering

Gjenbruk av vann (vannet benyttes først i en del av anlegget, og deretter i en annen del med eller uten mellomliggende vannbehandling) er lite tilfredsstillende siden vannkvaliteten etter flere gangers bruk vanskelig bringes tilbake til det optimale, og faren for sykdomsspredning er stor.

Resirkulering (en del av vannet benyttes flere ganger i samme del av anlegget, med vannbehandling mellom hver gang) har de siste årene vært på vei ut av norsk settefiskoppdrett. Bakgrunnen for det har primært vært at oppdretternes krav om maksimal driftssikkerhet og optimal vannkvalitet for oppdrettsorganismenes trivsel hittil vanskelig har latt seg oppfylle. Nye anleggskonsepter med selvregenererende ionebyttere som et vannbehandlings-trinn ser ut til å kunne endre på dette, slik at resirkulering kan bli et reelt alternativ til konvensjonelle anlegg.

Et viktig forhold i forbindelse med resirkulering er også muligheten for å redusere utslippet av forurensninger til en brøkdel av utslippet fra gjennomstrømningsanlegg. Etter hvert som energiprisene og konkurransen om vannressursene øker og teknologien for kondisjonering av vann i oppdrettsanlegg og overvåkings- og alarmsystemene bedres vil sikkert en del oppdrettere satse på resirkulering, men det er tvilsomt om det i konkurranse med oksygenering noen gang vil få stor betydning i norsk settefiskproduksjon.

b) Oppdrett av settefisk i nøter i ferskvann

Oppdrett av settefisk i nøter i ferskvann er en driftsform som krever mindre oppstartingsinvesteringer og er mindre risikobetonnet enn konvensjonelt settefiskoppdrett på land. Investeringsbehovet ligger i størrelsesorden 2-3 kroner pr. smolt, men avskrivningstiden vil være langt kortere enn for et vanlig settefiskanlegg. Gevinsten ved oppdrett i nøter blir dermed langt mindre enn investeringsbehovet tilsier.

Enkelte har hevdet at produksjonskostnadene for smolt i nøter kan reduseres drastisk ved utnyttelse av naturlig fôr (zooplankton). Et eksempel vil vise at fôrkostnadene betyr lite for prisen på smolt. Hvis vi regner med en fôrfaktor på 3, noe som tilsier et betydelig fôrspill, går det med 150 g fôr for å produsere en smolt på 50 g. Prisen på tørrfôr ligger idag på ca. 8 kroner pr. kilo, slik at det går med fôr for 120 øre for å produsere den aktuelle smolten, eller under 10 % av smoltprisen. Innsparingsmuligheten ved utnyttelse av zooplankton som fôr er således liten. Oppdrett av settefisk i nøter bør ifølge dagens erfaringer baseres på at startfôringen og den første veksten foregår i kar på land, før fisken settes ut i nøter første høsten. Den minste fisken holdes så lengre i landanlegget for å aksellerere veksten.

Et problem som idag bremser etableringen av anlegg med nøter i ferskvann er forurensning og smittefare fra anleggene. For å løse forurensningsproblemene kan man gå tre hovedveier, enten benytte oppsamlingssystemer under anleggene, eller lukke anleggene helt, eller forurensningene kan utnyttes ved at økt primærproduksjon kan gi grunnlag for en naturlig fiskebestand utenfor oppdrettsanlegget (Styrt Biologisk Produksjon - Polykulturer).

Oppdrett i flytende, lukkede konstruksjoner i ferskvann

Anlegg som lukkes helt eller delvis kan gjøre oppdrett av settefisk i innsjøer mulig også i områder av Norge med lave vintertemperaturer og islegging. Dypvannet i de fleste innsjøer i Norge holder rundt 4°C om vinteren. Ved å pumpe dette vannet inn i lukkede, flytende anlegg unngås islegging i anlegget. Samtidig vil det være mulig å kontrollere og om nødvendig justere inngående vannkvalitet, og ta hånd om forurensninger i avløpsvannet. Hvorvidt slike anlegg vil kunne konkurrere med anlegg som pumper dypvannet fra innsjøen til kar på land er usikkert.

c) FoU-behov teknologi for settefiskproduksjon

- Energoptimalisering.
- Forurensningsreducerende tiltak.

- Utvikling av systemer for kontinuerlig overvåking av miljø og fisk i anleggene slik at sikkerheten økes. Slike overvåkingssystemer bør også utvikles for å danne grunnlag for datastyring av føringen.
- Optimalisering av føringsteknologi.
- Betydningen av økt fisketetthet for vekst, overlevelse og settefisk-kvalitet.
- Utvikling av produksjonssystemer for settefiskproduksjon i nøter og lukkede anlegg i elver og innsjøer, spesielt relatert til behovet for å ta hånd om forurensning fra anleggene.
- Utvikling av skånsomme og enkle systemer for transport, sortering og telling av settefisk.

1.1.3. Oppdrett av ferskvannskreps

Oppdrett av ferskvannskreps i Norge krever tilgang på varmt vann, men bare i meget små mengder. Frem til idag har få sett på oppdrett av kreps som økonomisk interessant.

Idag er et pilotanlegg for krepseoppdrett i drift i Norge, og muligheten for å produsere kreps med økonomisk overskudd ser ut til å være til stede. Anlegget er basert på utnyttelse av ellevann og grunnvann med høy grad av resirkulasjon, oksygentilførsel, egne rom for hver kreps (de er kannibaler) og streng temperaturkontroll for å styre og forsere skallskiftesyklusen. Foreløpig holdes store deler av produksjonsteknologien hemmelig. Tanken er at dette pilotanlegget skal danne utgangspunktet for "turn-key" krepseoppdrettsanlegg som eksporteres. Det er idag et stort marked for ferskvannskreps i Europa, og de naturlige bestandene av kreps er sterkt overbeskattet. Krepseoppdrett basert på norsk teknologi kan derfor komme inn som et alternativ, dersom vi er villige til å satse ytterligere på dette nå, og ikke venter til andre land, spesielt Sverige, har tatt igjen det forspranget vi ser ut til å ha opparbeidet de siste 2-3 årene.

1.1.4. Vannbehandlingsmetoder

Dagens situasjon

Vannbehandling kan i denne sammenheng defineres som tiltak for å endre vannets kvalitet på en slik måte at det blir bedre egnet til akvakulturformål eller kan slippes ut i en resipient. Bakgrunnen for å sette igang med vannbehandlingstiltak kan være:

- a) ugunstig råvannskvalitet
- b) ønske om gjenbruk eller resirkulering av vannet
- c) krav om rensing av utslippsvannet til resipient
- d) ønske om å øke produksjonspotensialet eller -syklus utover det råvannskvaliteten tilsier.

Tabell 1.1 gir en oversikt over aktuelle vannbehandlingsmetoder i landbaserte anlegg. Teknologien er ofte direkte overført fra andre områder, slik at den er dårlig tilpasset de krav som stilles i et oppdrettsanlegg. FoU-behovet er derfor stort. Spesielt viktige oppgaver er utvikling av teknologi for rensing av avløpsvannet og for uskadeliggjøring/fjerning av giftstoffer i råvannet (aluminium på grunn av surt vann, jern i grunnvann, kobber og andre tungmetaller fra industri, restaluminium og jern fra oppstrøms kjemiske fellingsanlegg, organiske mikroforurensninger osv.).

To oppdrettsformer som krever spesielt mye vannbehandling er gjenbruk av vann innen oppdrettsanlegget, og resirkulering (en del av vannet benyttes flere ganger i samme del av oppdrettsanlegget, med rensing mellom hver gangs bruk).

Gjenbruk av vann begynner å bli vanlig i norske settefiskanlegg, spesielt der en har tilgang på en begrenset mengde temperert vann. En del anlegg benytter vannet flere ganger uten mellomliggende behandling, en driftsform som er lite gunstig for oppdrettsorganismene som må leve i et miljø som ikke er optimalt. Behandlingen av vannet før gjenbruk bør i det minste omfatte fjerning av fôrrester og ekskrementer, lufting og helst også desinfisering for å unngå spredning av sykdom.

Tabell 1.1. Vannbehandling i landbaserte anlegg.

	Forbedre råvann	Gjenbruk resirk.	Øke prod. potensialet	Rensing av avløp
Oksygenering		x	x	?
Lufting	x	x		?
Grovsiler	x			
Sandfilter	x	(x)		
Mikrofilter	?			
Roterende siler		(x)		?
Desinfisering	x	x		?
Oppvarming		x	x	
pH-justering	x			
Sjøvannstils.	x			
Ionebytting	?	?		
Sedimentering		x		x
Kjemisk felling		?		?
Flotasjon o.l.		?		?
Biologisk rensing		(x)		?
Hvirvelseparator		x		x

- x Vanlig metode
- (x) Brukes et fåtall steder
- ? Kan bli aktuell

Resirkulering er benyttet lite i dagens norske oppdrettsanlegg. De få anleggene som er i drift fungerer bra teknisk sett, men det har vært vanskelig å oppnå optimale forhold for oppdrettsorganismene. I noen tilfeller ser dette ut til å skyldes kombinasjonseffekter mellom flere vannkvalitetsparametre, i andre anlegg oppstår det problemer med bakterier, sopp og parasitter som blomstrer opp i det spesielle miljøet som lages i et resirkuleringsanlegg. Nyere undersøkelser har også vist at det kan være store variasjoner i vannkvalitet gjennom døgnet i resirkuleringsanlegg, og dette kan også være en årsak til problemene med resirkulering.

Behovet for optimalisering og automatisk styring av renseprosessene på bakgrunn av miljødata i resirkulasjonsanlegg er derfor stort. Det bør utvikles modulløsninger for vannbehandlingsanlegg slik at resirkuleringsgraden kan økes etter hvert som oppdretteren blir kjent med prosessene.

Etter hvert som konkurransen om utnyttelse av våre begrensede ferskvannressurser blir større vil behovet for gjenbruk og resirkulering av vannet i settefiskanleggene øke. Dette krever økt innsats for å videreutvikle de ulike vannbehandlingsmetoder som er aktuelle.

Et område av vannbehandlingsteknologien for oppdrettsanlegg der det er et spesielt behov for forskning er viderutvikling av metoder for å unngå å få sykdom inn i anleggene. Mange sykdomsfremkallende organismer kommer inn med råvannet eller oppkonsentreres ved resirkulering/gjenbruk, og kan lett forårsake epidemier i oppdrettsanlegg med høy bestandstetthet. Hvis sykdom kunne "stenges ute" ved hjelp av effektiv desinfisering (UV-lys, ozon, varme, kjemikaler), filtrering, elektriske "gjerder" eller lignende, ville lønnsomheten i oppdrettsanleggene øke.

Sikkerhet er et stikkord som må gjelde for alle former for vannbehandling i oppdrettsanlegg. Oppdretteren arbeider med levende dyr, som har krav på et stabilt miljø og sikker vanntilførsel av god kvalitet.

Vannbehandlingsmetoder som skal benyttes i oppdrettsanlegg bør derfor gi 100 % sikkerhet for at vannet kommer frem dit det skal, og at det har tilfredsstillende kvalitet. Oppdretterne bør i langt større grad enn idag kreve "varefakta", norsk bruksanvisning og garanti for funksjonssikkerheten av vannbehandlingsutstyr som de kjøper. For utstyr som varmpumper, helt nødvendige pumper og annet komplisert utstyr bør det gjøres spesielle service-avtaler, slik at oppdretteren kan stole på at utstyret til enhver tid kan fungere som det skal.

En slik "varefakta"-ordning vil kreve at utstyrsleverandørene må dokumentere virkningen av behandlingsmetoder overfor en uavhengig instans som så vurderer og godkjenner, eller setter krav om ytterligere undersøkelser.

Nye prinsipper for vannbehandling

Ideelt sett bør fôrrester og ekskrementer i avløpsvannet fra et oppdrettsanlegg fjernes i samme øyeblikk som vannet forlater oppdrettstankene. Partiklene er da lettere å skille ut, og mindre av næringsstoffene har gått i oppløsning. Hvis hvert kar var 100 % selvrensende, og hadde sitt eget "minirensanlegg", kunne vannet i prinsippet gå direkte fra kar til kar uten å måtte pumpes til et felles rensanlegg. Et slikt opplegg vil med dagens tilgjengelige teknologi falle dyrt, og en kombinasjon av rensing ved hvert kar og et sentralt rensanlegg før resirkulering eller utslipp av vannet til resipient synes svært interessant.

En renseprosess som synes lovende i akvakultursammenheng er bruk av flotasjon og kjemisk felling for å fjerne finsuspendert materiale som vanskelig lar seg fjerne ved sedimentering eller i hvirveloverløp. Før kjemisk felling kan tas i bruk må det utføres toksisitetstester med fisk for de aktuelle fellingkjemikaliene. Bruk av kalk som fellingskjemikalie og nøytraliseringsmiddel kan være interessant i resirkulasjonsanlegg som ligger i områder med surt vann.

Desinfisering og filtrering i samme rensetrinn, ved at selve filtermassen virker desinfiserende, har tidligere hatt en viss utbredelse innen drikkevannsrensning. Hvis en slik prosess kunne legges til rette for bruk i resirkulasjonsanlegg ville potensialet for resirkulasjon øke betraktelig. Med desinfisering og filtrering i kombinasjon kunne vannet gå direkte fra grovavskilling av partikler, inn på filteret og videre til lufting og tilbake til fisken. Prosessen ville bli betydelig enklere og sikrere enn i dagens resirkulasjonsanlegg, der et av hovedproblemene er å finne filtertyper som ikke gror igjen på grunn av oppblomstring av bakterier og sopp i filtermassen.

Ozonering har lenge vært benyttet innen vannrenseteknikk. Ozon er et av de kraftigste oksydasjonsmidler man kjenner, og har et betydelig potensiale både som desinfeksjonsmiddel og for fjerning av organisk materiale. Ozon er giftig for fisk og mennesker, og bruken har derfor vært begrenset frem til idag. Utenlandske forsøk har vist at potensialet for bruk av ozon innen akvakultur er så stort at ozoneringsprosessen bør utvikles slik at den kan utnyttes fullt ut. Forsøk som er utført med flere desinfeksjonsmetoder i kombinasjon virker også svært lovende.

1.1.5. Energianlegg - en vurdering

Et energianlegg er en kombinasjon av utstyr for oppvarming av vann (varmepumpe, elektrokjel, oljefyringsanlegg, flisfyringsanlegg e.l.) og utstyr for varmegjenvinning fra vannet (varmeveksler). Det er tre tenkelige energianlegg som det vil være naturlig å velge mellom i dag, nemlig varmepumpe, elektrokjel eller en kombinasjon av elektrokjel og oljefyringsanlegg, alle i kombinasjon med varmeveksler i avløpsvannet.

Dimensjoneringskriterier - et eksempel

I det følgende skal vi ta for oss energianlegg som skal dekke oppvarmingsbehovet for klekking og startføring av 500.000 lakseyngel. Dimensjonerende effektbehov 600 kW (1000 l/min + 8,5⁰C), av dette forutsettes 50 % dekket ved varmeveksling med avløpsvannet.

En hel rekke faktorer vil komme i betraktning når valg av energianlegg skal foretas:

- energipris
- bruksperiode
- investeringsomfang
- kapital- og driftskostnader
- betjeningsbehov
- driftssikkerhet.

Energipris

For å kunne sammenligne de tre nevnte anleggstyper må man bl.a. omregne oljeprisen til ekvivalent kWh pris. Med dagens oljepris (jan. 85) blir kWh-prisen kr 0,29 med et godt oljefyringsanlegg eller 10 % dyrere enn gjeldende strømtariff som ligger på kr 0,26 pr. kWh.

Ved installasjon av et oljefyringsanlegg vil man kunne kombinere dette med en elektrokjel og da oppnås vanligvis elektrisk kraft levert som spillkraft til en kWh-pris å kr 0,13. Slik spillkraft har i de senere år vært levert gjennom hele vintersesongen.

Bruksperiode

Variasjon i effektbehovet, som det alltid vil være i et klekkeri, er spesielt ugunstig for varmpumper. Også for et oljefyringsanlegg er det ugunstig med store svingninger i belastningen av hensyn til virkningsgraden. Elektrisk oppvarming gir derfor gunstigst effekt. Jo kortere bruksperiode jo større blir også kapitalkostnadene pr. driftsdøgn for alle tre anleggstyper.

Investeringsomfang

Rent investeringsmessig representerer varmpumpen den største uttellingen. Deretter følger oljefyringsanlegget kombinert med elektrokjel og rimeligst er rent elektrisk oppvarmingsutstyr. Plassbehovet er omtrent likt for de to første alternativene mens elektrokjel eller varmekolber tar vesentlig mindre plass.

Jo mindre anleggene er, jo dyrere bli de pr. kW ytelse installert kapasitet. Man må heller ikke overse at tekniske tariffer for elektrisk kraft kan føre til høye effektavgifter p.g.a. kortvarige spissbelastninger. Disse kommer i tillegg til kWh-forbruket.

Kapitalkostnader og driftskostnader

Med dagens høye rentenivå, som man må regne med vil vare i årene fremover, er kapitalkostnadene etterhvert blitt meget høye. Avskrivninger bør settes til 15 % av innkjøpspris pr. år, renter på investert kapital til minimum 12 %. Ser vi så på de tre alternative anleggstyper får vi følgende oppstilling for et anlegg for 1000 l/min:

Type	Kostpris	Avskr.	Renter	Kap.utg.tot.
Varmepumpe	600.000	90.000	72.000	162.000
Olje-/elektrokjel	225.000	33.750	27.000	60.750
Ren elektrokjel	125.000	18.875	15.000	33.750

Totalt energibehov pr. år er beregnet til 1,5 GWh med maksimal belastning 300 kW. Herav gjenvinnes 50 % fra avløpsvannet, slik at samlet energiforbruk blir 750.000 kWh ved elektrisk drift.

Driftsutgiftene blir da for de enkelte alternativer:

Elektrisk oppvarming:

750.000 kWh x 0,26 kr/kWh kr 195.000,-

Elektrisk kombinert med oljefyring:

750.000 kWh x 0,13 kr/kWh kr 97.500,-

Varmepumpe med effektfaktor 6:

750.000 kWh:6 x 0,26 kr/kWh kr 32.500,-

Gjennomsnittlige årlige kostnader, inklusive driftskostnader, blir da:

Varmepumpe	kr 158.500	(194.500 - 133.300)
Olje/elektro	kr 144.750	(158.250 - 135.300)
Elektrisk	kr 221.250	(228.750 - 216.000)

Tallene i parentes viser henholdsvis utgiftene i år 1 og år 7. I tillegg må man ta hensyn til likviditetsbelastningen.

Betjeningsbehov

Vedlikehold og betjeningsbehovet vil være minst for et rent elektrisk anlegg. Sammenbygging av elektro- og oljekjel øker ikke behovet for vedlikehold og betjening i særlig grad. Slikt arbeid vil enkelt kunne gjøres uten teknisk ekspertise.

Varmepumpen krever servicekontrakt med leverandøren. Det må regnes med noe høyere vedlikeholdsomkostninger. Renhold av varmeveksler blir det samme for alle tre alternativer.

Driftssikkerhet

Rent driftsmessig synes kombinasjonen av olje og elektro å gi størst sikkerhet fordi man har to alternative energiformer. Med et minimalt nødstrømsaggregat kan oljefyringsanlegget holdes igang ved strøbrudd. Likeledes vil det oljefyrte anlegget hurtig ta opp igjen temperaturen etter et driftsavbrudd.

Konklusjon: Av ovenstående synes det å fremgå at enten man velger varmpumpe eller kombinasjonen olje/elektro blir driftsutgiftene tilnærmet like store på årsbasis.

Varmepumpen krever en vesentlig større investering i utgangspunktet. Oljefyringsanlegg representerer en økt sikkerhet, men krever mulighet for å få levert olje pr. bil eller båt. Opphør av levering av spillkraft vil endre bildet i vesentlig grad i favør av varmpumpen.

1.2. Marine oppdrettsystemer for eksisterende og nye arter

Forhold som vil påvirke utviklingen av marine oppdrettsystemer er:

- økonomi
- sikkerhet (krav kan pålegges av myndighetene/forsikringselskapene)
- arbeidsmiljø (krav kan pålegges av myndighetene)
- miljø
- hvilke arter som blir aktuelle for oppdrett
- forurensning (krav til rensing kan bli påbudt)
- konsesjonspolitikk
- vannbruksinteresser

Økonomiske forhold vil alltid ha størst betydning, siden lønnsomheten kan endres gjennom de krav og påbud som kommer fra myndighetene eller andre. Uansett hvordan andre forhold legges til rette vil det være produksjonspris pr. kilo i forhold til markedsprisen som vil være avgjørende for kommersielt havbruk. Økt effektivitet og økt sikkerhet mot havari vil i det lange løp medvirke til reduksjon av produksjonskostnadene, mens krav om bedre arbeidsmiljø og mindre utslipp av forurensning stort sett virker motsatt. Bedre arbeidsforhold for oppdretteren kan også føre til bedre stell av fisk og anlegg, slik at fisken trives og vokser raskere. Førspill og andre forurensninger kan kanskje utnyttes til produksjon av bi-produkter.

Sjøbasert oppdrett kan grovt deles inn i intensive former der forholdene ved innsats av teknologi optimaliseres for å oppnå best mulig utbytte, og ekstensive former der mer overlates til naturgitte forhold.

1.2.1. Utvikling av dagens anleggskonsepter

Den dominerende intensive driftsformen i sjøen i Norge idag er oppdrett av laksefisk i forskjellige anleggstyper med nøter. Den enkleste typen er flyteringer av plast eller tre, uten arbeidsplattform rundt. Disse blir operert fra båt, eller ligger inntil en flytebrygge. Flytebryggemærere er halvstive, leddete flytebrygger, ofte med "utriggere", som nøtene ligger langs. Oppdrettsplattformer er stive konstruksjoner som nøtene festes direkte til.

I tilknytning til selve oppdrettsanlegget må det være et serviceanlegg med førkjøkken, lagerplass, kjøle-/fryserom, slakterom, kontor osv. Serviceanlegget er gjerne landbasert, men flere oppdrettere har gode erfaringer med å flytte alt ut på sjøen. Anlegget som helhet blir da mer mobilt, noe som er en stor fordel hvis man av en eller annen grunn må skifte lokalitet. Også serviceanlegg på land bør bygges med tanke på mobilitet.

Norske fiskeoppdrettere møter stadig større problemer på grunn av forurensning og konkurrerende brukerinteresser i kystsonen. Anleggene kan derfor være nødt til å flytte til mer eksponerte lokaliteter. Her blir på den annen side belastningene på anleggene større og havarifaren øker. I løpet av de siste 6 årene har forsikringsselskapene registrert 106 havariskader på oppdrettsanlegg i sjøen, et meget høyt antall i forhold til næringens størrelse. Faren for havarier må altså i høy grad vurderes ved valg av lokalitet og konstruksjon.

Mange av dagens konstruksjoner, spesielt hengslete flytebyggeanlegg, er helt uegnet på eksponerte lokaliteter. På slike steder vil flyteringanlegg, lagt ut som selvstendig forankrede enheter slik pionerene gjorde, være best egnet av dagens anleggstyper. Belastningen på hver enhet blir da mindre, samtidig som risikoen for store tap reduseres. Bruk av oljeplattformteknologi, stive konstruksjoner der flyteelementene er utformet for å ta opp bølgekraftene slik at selve plattformdekket ligger i ro, er en annen mulighet.

Det må også arbeides med utvikling av effektive bølgedempere og bruk av betong, plast- eller andre materialtyper. Komponenter som er vitale for sikring av anlegget, der prisen bør ha liten betydning, kan lages av "uslitelige" kunststoffer f.eks. basert på romfartsteknologi. Hvis avskrivningstiden for anleggene kan økes gjennom bruk av mer solide materialer, som samtidig øker sikkerheten mot havari, vil lønnsomheten øke. Samtidig vil også forsikringspremien, som idag er en betydelig utgiftspost for mange anlegg, kunne reduseres.

Idag, og spesielt etter hvert som flere anlegg blir nødt til å trekke ut fra de best beskyttede lokalitetene, vil behovet for profesjonell veiledning om forankring av hvert enkelt anlegg øke. Det er også et meget stort behov for belastningstester og godkjenning av de enkelte anleggstypene for

bruk under spesifiserte forhold. Disse testene må, i samarbeid med fagfolk, utføres over lang tid (minst ett år) og i full skala med nøter og helst også fisk, og på lokaliteter som kan gi forhold som tilsvarer de verste forholdene som kan oppstå der anleggene tenkes benyttet. Forsøk i modell-tanker er kostbare og mer eller mindre verdiløse fordi man aldri kan gjen-skape de belastninger et stort anlegg utsettes for i naturen.

Krav til anleggene i forhold til valg av lokalitet kan skisseres slik:

Anlegg i skjermede farvann: De fleste konstruksjoner kan benyttes fordi vær og vind har liten betydning. Hovedproblemene er dårlige strømforhold, og dårlig vannutskiftning, noe som kan kompenseres med strømsettere.

Anlegg i mer eksponerte farvann, men likevel skjermet: Dette ser ut til å bli 1990-årenes anlegg, i stor grad basert på dagens teknologi, men med økte krav til konstruksjon, materialvalg og forankringssystemer.

Anlegg i åpent hav, helt eksponert: Kravene til sikkerhet og arbeidsmiljø gjør at slike anlegg blir vanskelige å konstruere, meget kostbare, og derfor neppe realiserbare i de nærmeste årene.

Uansett anleggstype må det stilles krav til rasjonell drift ved hjelp av:

- automatisk/halvautomatisk fōring
- kontinuerlig miljøkontroll med alarmsystem
- minimalt manuelt arbeide, bæring, løfting flytting osv.
- mekanisk utstyr for opptak av fisk
- rasjonelt utstyr for opptak av nøter
- sklisiske gangbaner
- helst rasjonelt utstyr for telling og sortering av fisk
- muligheter for enkel og hyppig kontroll av oppdrettsproduktet
- gode lagermuligheter
- krav til enkle, og praktiske foranstaltninger som gjør arbeidsmiljøet sikkert på anlegget
- trivelige oppholdsrom, spiserom, vaskerom etc.
- enkel adkomst til anlegget, også i uvær.

1.2.2. Fremtidens anleggskonseppter

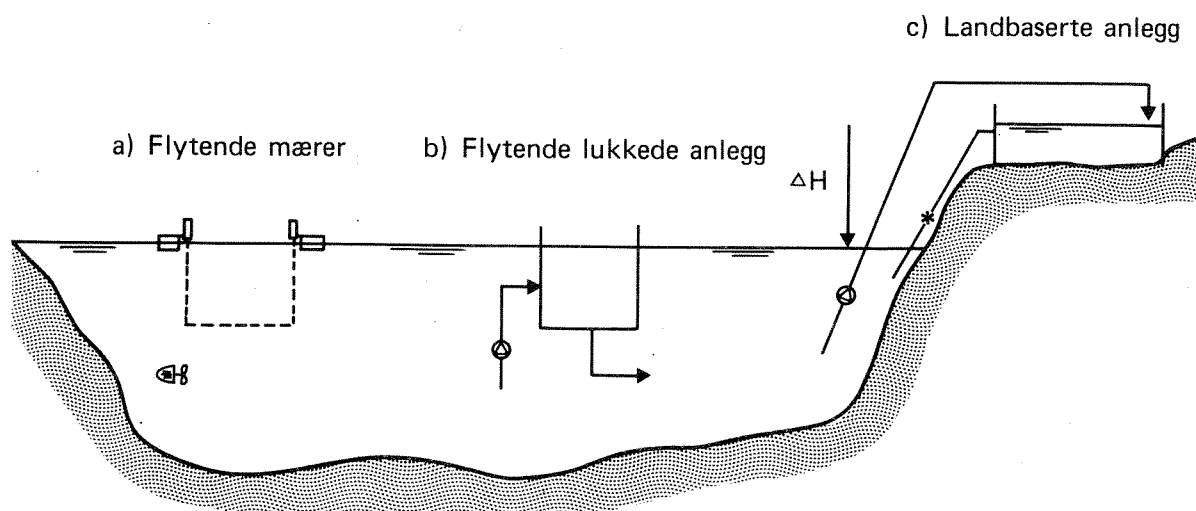
Dagens åpne anleggstyper er på mange måter lite tilfredsstillende for å dekke fremtidens behov. Med utgangspunkt i det en vet om eksisterende oppdrettsmetoder for matfisk kan en tenke seg følgende mål for utvikling av ny teknologi:

- mer optimale anlegg med hensyn til tilvekst og fisketetthet
- bedre kontroll av vanngjennomstrømning, vannkvalitet og temperatur i anleggene
- bedre utnyttelse av fôr
- bedre kontroll med vannforurensning fra anleggene (behandling, utslippssted etc.)
- bedre adkomstmuligheter og arbeidsmiljø
- bedre sikkerhet mot havarier.

a) Lukkede anlegg

I deler av Norge er sjøtemperaturen i overflaten for lav eller for høy gjennom deler av året til at oppdrett av laksefisk med vanlig mærteknologi er mulig. Et annet problem er faren for oppblomstring av toxinproduserende alger som kan drepe fisken i åpne anlegg. Ved å lukke anleggene helt eller delvis eller flytte dem på land kan disse områdene åpnes for akvakultur, noe som vil være av stor betydning for kystbefolkningen.

Figur 1.1 illustrerer noen alternative metoder for matfiskoppdrett.



Figur 1.1. Alternativ teknologi for matfiskoppdrett.

Felles for alternative metoder vist i fig. b) og c) er at fisken oppholder seg i lukkede tanker/bassenger hvor vanngjennomstrømningen er kontrollert ved pumping. De prosessmessige muligheter er stort sett like for disse to variantene, og hvorvidt et anlegg bør bygges flytende eller landbasert er spørsmål om økonomi, lokaliseringmuligheter etc.

Et hovedpoeng ved å drive oppdrett i tanker eller bassenger er at disse gir større mulighet for optimal utnyttelse av disponible volumer, ved at fisketettheten kan holdes konstant i hele vekstperioden. Rent praktisk kan dette gjøres ved å ekspandere volumet i takt med tilveksten ved hjelp av fleksible skilleveggsystemer, noe som ville være mer komplisert i mæresystemer.

Følgende krav, i tillegg til de økonomiske, må stilles til lukkede anlegg:

- sikkerhet for tilstrekkelig tilførsel og utskifting av vann til å opprettholde et optimalt miljø
- utvendig og innvendig rengjøring må være mulig under drift
- det må finnes systemer for å ta opp fisken på en rasjonell måte
- sikkerhet mot havari
- god kontroll med fiskens adferd, fóropptak etc.

Flytende lukkede anlegg (figur b) må utføres som sjødyktige konstruksjoner som også kan inneholde kontorer, lagerplass, maskinell utrustning etc. slik at det utgjør et komplett oppdrettsanlegg. Denne type anlegg kan f.eks. innstalleres i ombygde båter eller som spesialkonstruerte lektere. Disse løsningene gir en mobilitet som kan være nødvendig i ekstreme vær-situasjoner eller ved varierende råvannkvalitet.

Flere slike anlegg er under utvikling idag, basert på opphenting av dypvann med gunstig kvalitet og temperatur.

Landbaserte anlegg (figur c) vil være plassert en viss høyde ΔH over havets overflate.

Landbaserte anlegg gir bedre adkomstmuligheter for personell og maskinelt utstyr, og er arbeidsmiljømessig bedre enn flytende mærer. Anlegg på land er også mindre utsatt for havari enn anlegg i sjøen, men på den annen side er landbaserte anlegg avhengig av en driftssikker pumpefunksjon som må suppleres med reservesystemer.

Hovedproblemet med utvikling av alle typer lukkede anlegg er å minimalisere investeringene og effektivisere driften slik at anleggene kan konkurrere med konvensjonelle anleggstyper. Investeringsbehovet for et konvensjonelt sjøanlegg på 5.000 m³ ligger på 2-3 millioner. Et slikt anlegg produserer 80-100 tonn pr. år. I nye anleggstyper kan det ved hjelp av variable volum, sorterings- og oksygeneringsmuligheter og utsetting av settefisk 2-3 ganger pr. år være mulig å produsere minst 50 kg regnbueørret/m³ år. Slike systemer kan altså forsvare høyere investeringer gjennom produksjon av minst 3 ganger så mye fisk pr. volumenhet som i konvensjonelle anlegg.

For å få lavest mulig energiforbruk til pumping av vann er det ønskelig å redusere ΔH mest mulig, og det er ønskelig å plassere anlegget i havnivå hvis det kan sikres mot oversvømmelse ved springflo. Ved å lede returstrømmen gjennom en turbingenerator er det videre mulig å gjenvinne ca. 50 % av pumpeenergien.

Energivurderinger

Energiforbruket vil være en sentral faktor når en skal vurdere matfiskoppdrett med kontrollert vanngjennomstrømning ved hjelp av pumping. I følgende beregningseksempel er det tatt utgangspunkt i anlegg for 200 t/året av laks og regnbueørret.

Det er lagt vekt på å fremskaffe mest mulig realistiske inngangsdata, men disse må selvsagt være gjenstand for kritisk etterprøving og forbedring etter hvert som ny erkjennelse foreligger. Datagrunnlag og beregninger er vist i detalj i Vedlegg 1, og det understrekes at disse er av overslagsmessig karakter. Det er forutsatt at nødvendig vannføring gjennom oppdrettsbassengene er bestemt av fiskens oksygenbehov og det er klart at det vil være store sesongvariasjoner på grunn av råvannets temperatur som påvirker både oksygeninnhold og fiskens aktivitetsnivå.

Regnestykket i Vedlegg 1 viser midlere energiforbruk pr. år ved å anta en gjennomsnittstemperatur på 9°C, 90 % oksygenmetning og en "typisk" fiskestørrelse på 2 kg. På sommertid vil nødvendig pumpekapasitet være i størrelsesordenen den dobbelte av årsmiddelverdien.

Ved å anta en hydraulisk løftehøyde på 5 m vannsøyle vil det medgå 3,2 og 2,9 kWh pr. kg fisk produsert for henholdsvis laks og regnbueørret. Basert på en energipris på kr 0,26 pr. kWh blir energikostnadene pr. kg fisk produsert henholdsvis kr 0,83 og 0,75.

Energikostnadene vil være tilnærmet linjært avhengig av pumpenes løftehøyde. Energikostnadene kan reduseres ved å sette inn oksygenering (luftinnblåsning eller tilsetning av rent O_2) i bassengene slik at vannmengden kan reduseres. Energigjenvinning fra returvannet ved hjelp av turbingeneratorer er et annet virkemiddel for å redusere energikostnadene. Det finnes standard utstyr for dette på markedet og det er mulig å gjenvinne ca. 50 % av energien. Gjenvunnet energi bør fortrinnsvis brukes til andre funksjoner på oppdrettsanlegget (f.eks. varmeproduksjon), da salg til energiforsyningsnettene gir lave enhetspriser (~ 12 øre/kWh).

En konklusjon på denne vurderingen er at energikostnader for pumping av vann gjennom intensive oppdrettsanlegg er av en slik størrelsesorden at oppdrettsanlegg i lektene eller på land på energibasis må ansees som et realistisk alternativ til flytende merer.

Kostnadsvurderinger

Hensikten med denne delen er å peke på de viktigste kostnadsfaktorene for mæranlegg og landbaserte matfiskanlegg, og foreta en forenklet økonomisk sammenligning av disse to alternativene.

Beregningene bygger på en rekke biologiske, tekniske og økonomiske forutsetninger, og spesielt for landbaserte anlegg gjenstår det å dokumentere disse. Videre vil lokale forhold og anleggenes størrelse virke inn på resultatet. Det bør understrekes at kalkylene ikke bygger på detaljerte planer og derfor må betraktes som foreløpige anslag.

Basis for investeringskostnadene er et landbasert anlegg for laks som vist i Vedlegg 1 og et mæranlegg på 8000 m^3 som også er beregnet å produsere 200 t/år. Det er valgt å utføre det landbaserte anlegget i betong selv om andre konstruksjonsmaterialer kanskje ville gi lavere anleggskostnader.

Bassengene vil ha en grunnflate på $18 \times 45 \text{ m}$ og en vanddybde på 4 m. Anlegget er delt inn i tre parallelle bassenger à 15 m i lengderetningen.

Det er videre forutsatt å redusere vanngjennomstrømningen til 0,4 m³/s samtidig som det installeres blåsemaskiner til lufting og strømsettere som skal gi vannsirkulasjon i anlegget. Det er også regnet med nødstrømsaggregat for å dekke livsviktige funksjoner i tilfelle strømstans.

Vanninntaksledning og avløpsledning er tilsammen antatt å ha en lengde på 400 m. Enhetskostnader samt beregning av investeringskostnader er vist i Vedlegg 2 for mæranlegget og Vedlegg 3 for det landbaserte anlegget. Oppstillingen inkluderer ikke prosjektering og byggeledelse, avgifter og fremføring av vann, vei og andre grunninvesteringer.

Produksjonskostnadene, Vedlegg 4, er relatert til full produksjon ved anleggene. Yngelkostnadene tar utgangspunkt i kjøp av yngel fra leverandører. Viktige antagelser m.h.t. landbaserte anlegg er at førkostnadene kan reduseres med 20 % på grunn av mer kontrollerte forhold i basseng enn i mærer. Videre er det antatt at bemanningsbehovet i landbaserte anlegg er 25 % lavere på grunn av forbedrede arbeidsrutiner og flere automatiske funksjoner.

Kapitalkostnadene er for enkelthets skyld beregnet med en lånerente lik 10 %, og ingen egenkapital. Avskrivninger er satt til 12 %. Under disse forutsetninger blir produksjonsprisen pr. kg fisk ca. 25-26 kr for begge alternativer.

En vesentlig forskjell på de to alternativene er høyere anleggskostnader for landbaserte anlegg som på sikt skal gi presumptive fordeler i form av reduserte produksjonskostnader.

Dette betyr at et landbasert anlegg vil være mer kapitalkrevende enn mæranlegget. For å kunne foreta en mer grundig finansiell vurdering ville det vært nødvendig med en pengestrømsanalyse, men det er ikke hensiktsmessig å gjøre dette på dette stadiet. I tilknytning til en slik analyse må det også utføres sensitivitetsberegninger hvor en ser på utslaget av forandringer i forutsetningene.

Perspektiver - flytende og landbaserte intensivanlegg

Flytende og landbaserte intensivanlegg med kontrollert vanngjennomstrømning er konsepter som bearbeides av flere norske bedrifter og forskningsmiljøer. Hittil har oppmerksomheten vært rettet mot store industrielle oppdrettsanlegg beregnet for det utenlandske markedet, og for oppdrett av "nye" arter i Norge. Teknologien er en videreutvikling av den raceway-teknologien som bl.a. finnes i Italia. Flere anlegg er under prosjektering, bl.a. et 5000 - t/år anlegg på Island, men til nå er ingen anlegg bygget og derfor er lønnsomheten foreløpig ikke dokumentert.

Hvis ny oppdrettsteknologi anvendt i store industrielle anlegg viser seg å presse ned produksjonsomkostningene samtidig med at det totale produksjonsvolum nærmer seg markedsmetning kan dette få meget uheldige konsekvenser for den tradisjonelle norske oppdrettsnæringen. Noen momenter som norske myndigheter bør se nærmere på vil være:

- Konsekvensene av å beholde dagens konsesjonspolitik (vente og se)
- Etablere forskning og utvikling i retning av teknologi for nåværende konsesjonsbegrensninger
- Gi næringen finansielle muligheter til modernisering/ombygging av anlegg før eventuelle problemer oppstår.
- Vurdere konsekvensene av å slippe til norsk næringsliv i norsk fiskeoppdrett.

Norske oppdrettere kan risikere å møte konkurranse fra norsk næringsliv som etablerer store anlegg i utlandet med støtte av norsk oppdrettskompetanse.

Det bør være et felles ansvar at norsk oppdrettsnæring ikke blir en subsidiert næring i fremtiden, og parallelt med FoU-arbeid relatert til ny oppdrettsteknologi må det finne sted en avklaring av politiske og forvaltningsmessige aspekter.

Selv om fremtidig oppdrettsteknologi skulle vise seg å redusere produksjonskostnadene i forhold til dagens anlegg vil de kreve større investeringer. Dette vil reise spørsmålet om finansiering og eierstruktur.

b) Mobile anlegg

En del oppdrettsanlegg driver idag en form for vekselbruk der hele anlegget med jevne mellomrom (2-3 år) flyttes mellom forskjellige lokaliteter. Bakgrunnen for dette er at opphopningen av slam under anlegget er så stor at det etter en tid oppstår fare for gassdannelse og fiskedød eller i hvertfall vekstreduksjon. Ved å flytte rundt på anlegget reduseres belastningen og miljøet gis mulighet til å komme i balanse.

Som en videre utvikling av denne driftsformen kan man tenke seg helt mobile anlegg med alle fasiliteter ombord som forflytter seg rundt ettersom hvor miljøet er optimalt. Slike anlegg vil ha mulighet for utnyttelse av naturlige forforekomster, og kan også oppsøke steder hvor fisken kan omsettes levende direkte fra anlegget. I sin mest ekstreme form kan man tenke seg store, havgående konstruksjoner som opererer i internasjonalt farvann. Med slike konstruksjoner vil myndighetene møte helt nye problemstillinger i forbindelse med konsesjonslovgivning og bruk av sjøområdene.

Norge har idag en stor del av sin tankflåte og andre skip liggende i opplag, og det er tvilsomt om hele flåten noen gang vil komme i drift igjen. Her kan det ligge et utgangspunkt for å lage anlegg som skissert over, selv om dette idag ser ut til å være lite lønnsomt. Båtene kan også utnyttes som stasjonære lukkede anlegg, eller som serviceanlegg for konvensjonelle mæranlegg slik noen allerede gjør.

c) Nedsenkbare anlegg

Et annet konsept som kan gjøre det mulig å unngå for kaldt eller for varmt overflatevann, oppblomstring av giftige alger, storm eller andre problemer i overflaten er anlegg som i perioder kan senkes ned. Før slike anlegg kan bli en realitet kreves svar på en rekke spørsmål:

- Hvordan kan overvåking av fisk og føropptak skje under vann?
- Laksefisk må ha tilgang på luft til svømmeblæren. Gjelder dette også for andre arter, og hvordan skal det gjøres i praksis?
- Hvordan skal anleggene rengjøres?
- Hvordan skal slike anlegg forankres?
- Hvordan skal død fisk fjernes?

d) Ekstensive driftsformer

En semi-intensiv driftsform som ser interessant ut er bruk av store bassenger i tidevannssonen. Ved hjelp av kunstig oppstrømning fylles bassengene med næringsrikt dypvann ved flo sjø, mens næringsfattig vann slippes ut ved lavvann. Bassengene kan brukes til produksjon av organismer som direkte (skjell) eller indirekte gjennom næringskjeden (marine fisk) nytter alger som føde, eventuelt i kombinasjon med kunstig føring.

Rensing av forurenset vann gjennom utnyttelse av næringsstoffer i vannet for produksjon av alger og zooplankton (styrt biologisk produksjon) er allerede under utprøving i Norge. Videreutvikling av disse metodene med tanke på rimelig og enkel produksjon av laksefisk eller andre arter for utsetting og havbeiting kan bli interessant i fremtiden.

e) Oppdrettsteknologi for nye kaldtvannsarter

Bortsett fra laksefisk er torsk, kveite og rødspette (og muligens piggvar) de eneste fiskeartene som i de neste årene ser ut til å bli aktuelle i norsk oppdrett basert på naturlig vanntemperaturer. I tillegg er oppdrett av blåskjell, østers og forskjellig kamskjell-arter interessant (se avsnitt 1.2.5.).

Utviklingen av oppdrett av marine fiskearter i Norge har på grunn av beskjedne forskningsmidler gått svært langsomt. Likevel klarte man i 1983 å få et gjennombrudd for masseproduksjon av torskeyngel i marine pollsystemer der naturlige fiender på forhånd var utryddet. I 1984 ble også et stort antall rødspetteyngel produsert i pollanlegg. Denne produksjonen krever kunnskap om hvordan man skal behandle pollen før utsetting av larvene, og om når og hvordan larvene skal settes ut. Oppdretteren må også vite hvordan stamfisken skal behandles for å bli kjønnsmoden på ønsket tidspunkt, og hvordan gyting, befruktning og klekking skal skje. For marine fiskearter vil den beste metoden antagelig være å holde stamfisken i lukkede oppdrettsposer, bassenger eller kar, der den kan gyte naturlig. De befruktete eggene samles inn og klekkes innendørs i egne klekkerier før utsetting i en behandlet poll. Denne teknikken benyttes med torsk og lar seg antagelig greit overføre til andre arter.

Produksjon av torskeyngel og andre fiskearter i slike poller, eller i vann nær havflaten der man skifter ut ferskvann med sjøvann, har et betydelig potensiale med tanke på utsetting og kulturbetinget fiske. I de pilotforsøkene som er gjort med torsk hittil har en produsert omlag 1,3 yngel/m³. Har dette gyldighet også ved bruk av større systemer, vil man på 10-20 lokaliteter kunne produsere et antall torsk som kan gjøre torskeoppdrett til en like stor næring, i volum, som dagens lakseoppdrett. To hovedproblemer må imidlertid løses før dette kan bli en realitet, dødelighet på grunn av sykdommen vibriose og kannibalisme. For andre arter er flaskehalsen i øyeblikket tilgangen på larver, og det er behov for en betydelig forskningsinnsats før kunnskap om de biologiske forholdene omkring kjønnsmodning, gyting, befruktning, klekking og overlevelse den første tiden kan danne grunnlag for utvikling av teknologi for masseoppdrett av nye marine kaldtvannsarter. Det samme gjelder også for arter som piggvar, ål, tunge, hummer og kreps, der produksjon i Norge helt eller delvis baseres på utnyttelse av spillvarme.

f) Teknologiske aspekter ved oppdrett av marine fiskelarver og yngel

En videre ekspansjon av akvakulturnæringen er betinget av at en behersker teknikken med kultivering av marine fiskelarver. I de senere år har både norske og utenlandske forskere satset betydelige ressurser på å utvikle metoder for en kontrollert gyting, befruktning, startfôring, overgangsfôring ("weaning") og oppdrett av yngel. Det arbeides etter tre hovedprinsipper for å løse startfôringen:

1. Dyrking av alger, hjuldyr, saltkreps og andre næringsorganismer under kontrollerte betingelser innendørs. Bruk av kunstig fôr. Systemet krever innendørs landanlegg, kontroll av vanntilførsel og miljø. Det er kapital og arbeidskrevende.
2. Innsamling av naturlig plankton som fôr til fiskelarver med bruk av motordrevne planktonsamlere og oppdrett i polyetylensylindere i sjøen.
3. Oppdrett i naturlige poller, ferskvann nær stranden som er byttet ut med saltvann eller andre naturlige eller kunstige bassenger. Alle naturlige fiender drepes og fjernes før utsetting av yngel. Naturlig produksjon av næringsdyr, ekstra tilførsel av dypvann ved hjelp av pumper o.l. Pollene kan også gjødsles for å øke planktonproduksjonen.

Idag syntes metode 3, pollmetoden, å være den mest effektive og den minst kapital og arbeidskrevende. Teknikken befinner seg fremdeles på forsøksstadiet og resultatene vil sannsynlig ennå i stor grad variere med skiftende naturlige og biologiske betingelser. Det antas at en storskalaproduksjon med millioner av levedyktige larver vil kreve mange års forskningsinnsats.

Den norske innsatsen har hittil vært dominert av biologer. En fremtidig satsing bør spenne over alle tre metoder, der spesialister på ulike fagområder trekkes med i større grad enn tidligere. En utvidet bruk av spillvarme kan gjøre metode 1, dyrking i landanlegg, mer aktuell. For å oppnå en jevn produksjon av larver og yngel til intensivoppdrett er det nødvendig med mer kontrollerte betingelser enn dagens pollteknikk.

1.2.3. Forurensningsreducerende tiltak

Systemer for oppsamling av forspill og ekskrementer under anlegg i sjøen vil antagelig ikke få stor utbredelse i Norge, men kan bli påbudt i visse belastede områder og der andre brukerinteresser lett kan bli negativt påvirket av forurensning fra et oppdrettsanlegg.

Begrensning av forurensning fra anleggene bør primært baseres på minimalisering av forspillet gjennom utvikling av nye fôrtyper og bedre fôrings-teknologi (f.eks. flotasjon av fôret med oksygen, videreutvikling av dagens datastyrtede fôringsystemer eller annet). Nye anlegg bør lokaliseres slik at forurensning fra anlegget spres i miljøet med minst mulige skadevirkninger. Oppdrettsanleggene bør ikke lokaliseres tett eller bli så store at sjøens naturlige selvrensingspotensiale, som bare meget vanskelig lar seg beregne, overbelastes.

1.2.4. Fôringsteknologi

Automatiske, datastyrtede fôringsanlegg har kommet for å bli. Ved riktig utnyttelse kan de bety mye for optimalisering av fôringsøkonomien, men oppdretteren må ikke stole blindt på data-anlegget og dermed redusere tilsynet med fisken. Optimal fôring betyr minimalt forspill ved at fisken får nøyaktig den fôrmengde den skal ha i forhold til art, størrelse, temperatur, døgnlengde, helsetilstand, aktivitetsnivå og sikkert også en rekke andre ytre faktorer.

Aktivitetsnivå og helsetilstand er faktorer som røkteren bare kan vurdere ved direkte observasjon av fisken. TV-overvåking har vist seg vanskelig å gjennomføre på grunn av begroing på kameralinsen. Sonar eller andre akustiske hjelpemidler kan uten tvil utvikles slik at fiskens aktivitetsnivå og fordeling i anlegget kan bedømmes, men oppdretteren må fremdeles gjøre sine daglige inspeksjonsrunder på anlegget for å vurdere situasjonen direkte.

Tilgangen på oksygen har avgjørende betydning for hvor lett fisken kan omsette føret. Overvåking av oksygenmetningen i vannet vil derfor gi nyttig informasjon til et datastyringsanlegg. Bruk av oksygenovermettet vann for utføringen av føret er en meget interessant mulighet, som både vil sikre nok oksygen i trengselssonen rundt utføringsstedet, og føre til en viss flotasjon av føret slik at synkehastigheten reduseres.

En mulighet med datastyrt føring som ennå ikke er tatt i bruk, er at et oppdrettsanlegg bør kunne ringe inn sine data til en database hos en føringseksperter. Eksperten kan så foreta en vurdering av opplysningene og eventuelt gi korrigeringer.

Et annet aspekt ved føringsteknologien er spredning av føret. Undersøkelser i anlegg har vist at utføringen ofte skjer for konsentrert, slik at det oppstår trengsel, lavt oksygeninnhold i vannet og stress. Alle disse faktorene medvirker til dårlig førutnyttelse. Det er derfor svært viktig at utføringen spres, f.eks. ved å ha flere utføringssteder i hver oppdrettsenhet, eller spesielle spredere.

En optimalisering av føringsteknologien må baseres på en lang rekke ulike problemstillinger:

Førtyper:

- Hva slags før er optimalt ved forskjellige betingelser, tørt før, våtfør eller ulike kombinasjoner (mykpellets)?
- Hva er best, flytefør eller synkefør?

Føringsmetoder:

- Bør det føres fra overflaten, eller nedenfra slik at føret flyter opp før det eventuelt synker ned igjen?
- Bør det føres over store flater eller på flere steder i anlegget?
- Bør det føres kontinuerlig eller diskontinuerlig?
- Bør det føres i forbindelse med ytre stimuli?
- Hvordan kan selvføring utnyttes?
- Hvilke signaler bør danne grunnlag for datastyrt føring?
- Kan det utvikles metoder slik at fisken kan gi direkte beskjed til føringssystemet når den er sulten (f.eks. ved å operere inn elektroniske signalgivere i en del fisk)?

1.2.5. Skjell dyrking

a) Blåskjell

I Norge har skjell dyrkingen såvidt kommet igang etter innledende forsøk i 1960-årene. Havforskningsinstituttet innførte en teknikk med fylling av spesialkonstruerte blåskjellstrømper som ble hengt ut på flåter eller korte bøystrekk. Den neste fase startet i slutten av 1970-årene, der en gikk over til en svensk dyrkingsteknikk med bruk av bånd festet til lange bøystrekk. Det har vært prøvet ut mange metoder med bruk av ulike bånd, tau, nøter o.l. Mange har også eksperimentert med flyteenheter som plastblåser, isoporblokker og store plastrør. Praktiske erfaringer har vist at det må legges stor vekt på valg av riktige materialer og dimensjonering av bæretau og forankring. Det må planlegges slik at det er lett å høste med båt eller flåte. På grunn av lave priser bør anlegget være av 100-300 tonns størrelse.

En av de viktigste forutsetninger for en videre vekst i skjellnæringen er at det etableres mottakeranlegg som kan behandle skjellene maskinelt på rask og effektiv måte. Men før mottak må skjellene høstes. Det er konstruert spesielle innhøstingsflåter som har selvtrekkende valser og roterende børster til opptak av skjell fra bøystrekk. Det finnes også andre alternativer, slik som bruk av spesialkonstruerte høstebåter med sortering og bussysfjernemaskiner ombord. En slik båt er utprøvet i Sverige. Når dyrkingslokalitetene er fordelt utover store områder bør en kanskje overveie å bygge flytende, mobile mottakeranlegg.

Fra høsteflåten går skjellene i egnet forpakning til mottakeranlegget for vasking og sortering. Spesialmaskiner fjerner byssustråden før skjellene eventuelt autoklaveres, dampkokes og skylles. I siste fase legges skjellene i lake, pakkes og emballeres.

Foredlingsteknikken er idag en kombinasjon av norske og utenlandske metoder tilpasset hurtig voksende, tynnskallede, dyrkede skjell.

Konklusjon og perspektiver - blåskjell dyrking

Blåskjell dyrking er i sin spede begynnelse både i Norge og mange andre land. Næringen har vært relativt arbeidskrevende og mangel på en gjennomprøvet rasjonell teknikk for dyrking, innhøsting og videre bearbeiding har gjort skjell dyrking lite attraktivt. Det svenske ("long-line") bøyestrek prinsippet er sannsynligvis det beste for norske farvann og kan lett mekaniseres. En lønnsom drift krever lave arbeidsomkostninger og kan eventuelt kombineres med andre yrker. I tillegg er prisene lave og markedet usikkert. Kjøperne er på vakt mot faren for forgiftning av skjellene ved toxinproduserende alger. En kan unngå omsetning av giftige skjell ved en strengere overvåking av kystfarvannene og pålegge krav om rensing av alle skjell i spesielle renseanlegg.

Blåskjelloppdrett er en meget effektiv måte å produsere protein på og det er en vare som de fleste liker å spise. For å utvikle dette til en levedyktig næringsvei, er det særlig viktig med offentlig støtte til storstilte dyrkingsforsøk og utvikling av teknikker til rasjonell høsting og bearbeiding, samt markedsføring og salg.

b) Østers

Oppdrett av østers har lange tradisjoner i Norge, med særlig vekt på yngelproduksjon i spesielt anlagte yngelpoller. Idag finnes det 8 slike poller i drift. Ved dagens driftsmetode gir disse pollene for lav og variabel produksjon (2-3 mill. yngel pr. år).

Det er mulig å endre driftsformen av pollene til en mer effektiv og stabil produksjon bl.a. ved en kontrollert gjødsling, sikring av oksygentilførselen i bunnen av pollen og bruk av tidevannspumper.

Et annet alternativ er bygging av østersklekkerier for produksjon frem til utsetting i sjøen eller startoppdrett ("nursery") for yngel fra 3-4 mm til 10-20 mm.

Matøsters kan produseres på 3-4 år. Det har vært vanlig å benytte østerskurver eller "brødkasser" i plast for dyrking i sjøen. Kurvene henges ut fra flåter eller bøyestrek.

Det eksisterer store mengder informasjon om østersdyrking, men det er viktig å finne frem til praktiske og lite arbeidskrevende metoder som er tilpasset norske forhold. En lønnsom drift må i likhet med blåskjellanlegg baseres på store anlegg som kan levere 2-300 tonn. Dette kan gi opphav til foredlingsanlegg som er en nødvendighet for utvikling av næringen.

1.2.6. FoU-behov for utvikling av marine oppdrettssystemer

På bakgrunn av det som er sagt tidligere kan det settes opp en liste over hovedfelter der det må satses på forskning og utvikling. Signaler fra andre land viser at hvis ikke Norge nå satser kraftig på utvikling av effektiv og sikker teknologi for oppdrett av eksisterende og nye arter, vil vi bli passert og utkonkurrert om kort tid. Vi må ikke tro at våre naturlige fortrinn er så store at ikke andre land kan utvikle teknologi for produksjon av fisk og andre organismer av topp kvalitet og med lavere pris enn vi klarer idag. Det må derfor ropes ut et klart varsko om behovet for økt forskningsinnsats på teknologisiden:

- Hvordan kan produksjonen effektiviseres for å oppnå lavere pris på produktene?
- Hva er optimal utforming av de enkelte oppdrettsenheter, både for oppdrettsorganismenes trivsel og vekst og for oppdretteren som skal håndtere utstyret?
- Hva tåler utstyret, hvilke nye materialtyper og konstruksjoner kan benyttes for å øke sikkerheten? Utvikling av anleggstyper tilpasset ulike lokaliteter.
- Hvordan kan forurensning fra oppdrettsanlegg reduseres og eventuelt utnyttet?

- Hvordan kan problemene med begroing på flytende oppdrettsanlegg løses?
- Hvilke betingelser må oppfylles for at det skal lønne seg å flytte marine oppdrettssystemer på land, og hvilke krav må stilles til slike anlegg?
- Parallelt med biologenes arbeid med nye arter for oppdrett i Norge må det utvikles teknologi for kommersielt oppdrett av disse artene. Problemene er ikke løst om forskerne får gjennombrudd for produksjon i pilotanlegg!
- For å avhjelpe problemene med hyppige havarier må det utvikles effektive bølgebrytere.

1.3. Perspektiver - teknologisk utvikling

Havbruk er en ung næring i Norge. I næringens barndom ble de fleste anleggene bygget etter prøve- og feile-metoden, mens vi idag ser at stadig flere investerer i grundige forstudier og engasjerer fagfolk til planlegging av nye, avanserte anlegg. Dette er nyttig fordi anleggene oftest lokaliseres fornuftig, og mange feiltrinn i oppbyggingsfasen unngås. På den annen side har mange konsulenter stor teknisk innsikt og liten eller ingen erfaring innen akvakultur. Det kan føre til at det bygges anlegg som er for avanserte i forhold til brukernes kompetanse. Feilbruk, teknisk svikt og dårlig utnyttelse av de tekniske mulighetene kan bli resultatet. Avanserte anlegg krever aktiv opplæring, oppfølging og service fra leverandørens side. Enkle og oversiktlige anlegg vil normalt være de mest driftssikre.

Havbruk er en "industri" som arbeider med levende organismer og vi må huske at disse organismene krever skånsom behandling og optimale miljø- og ernæringsforhold.

Automatisering og effektivisering av havbruksnæringen må ikke komme i konflikt med disse kravene.

Behovet for innsats av teknologi i havbruksnæringen er stort. Foreløpig klarer vi bare delvis å optimalisere miljø- og ernæringsforholdene opp mot kravene som stilles fra de forskjellige artene vi arbeider med. I vårt

kalde klima kan det også oppstå en konflikt mellom miljø- og energioptimalisering, spesielt i landbaserte anlegg. Oppdretterens mål vil være å produsere mest og best mulig med minst mulig innsats av arbeid og kapital.

Teknologien bør være en støtte for å nå dette målet, gjennom innsats for utvikling av driftssikre, effektive og ikke for kostbare anlegg som tilfredsstiller brukernes ønsker. Samtidig må det arbeides for å løse de forvaltningsmessige problemene som kan oppstå med forurensning fra havbruksnæringen og konkurrerende brukerinteresser knyttet til vannressursene.

Med dagens konsesjonslovgivning tildeles hvert fiskeoppdrettsanlegg et bestemt volum, uavhengig av hvor mye som kan produseres pr. volumenhet. I nye anleggstyper som er under utvikling idag kan det produseres langt større mengder pr. volumenhet, et forhold som må vurderes i lys av faren for overproduksjon.

Dagens oppdrettsteknologi er stort sett bare tilpasset oppdrett av laksefisk. Nye arter vil kreve ny teknologi, og det må gis mulighet for utvikling av denne teknologien, tilpasset norske forhold.

Som en konklusjon kan vi si at behovet for avansert teknologi i havbruksnæringen er stort, men teknologien må komme inn som svar på havbruksnæringens ønsker, og ikke primært for å skape nye markeder for teknologisk innsats.

Vi må også være oppmerksom på at de naturlige fortrinn vi ser ut til å ha idag kan forsvinne på litt sikt, slik at teknologisk innsats og effektivisering av næringen må til for å møte konkurranse fra utlandet.

2 MILJØ I OPPDRETTSANLEGG

2.1. Innledning

Dagens teknikk for oppdrett av fisk i fersk- og saltvann er i stor grad basert på en best mulig utnyttelse av gode naturlige miljøbetingelser. Bare i enkelte tilfelle benyttes det tekniske, fysiske eller kjemiske hjelpemidler for å endre eller forbedre miljøet. Fremtidens oppdrett vil etter all sannsynlighet bli mer variert både med hensyn til artsvalg, oppdrettsteknikk og miljøkrav. Det vil bli et økt press på en mer effektiv utnyttelse av gode lokaliteter og en må anta at det blir satt strengere krav både til rensing av avløpsvann fra landbaserte oppdrettsanlegg og til drift og vedlikehold av sjøanlegg.

Et riktig miljø skapes i stor grad ved valg av en egnet lokalitet. For å velge riktig kreves kunnskap om alle de miljøfaktorer som har betydning. Ikke bare enkeltvis, men hvordan de ulike faktorene påvirker hverandre.

I tabell 2.1 er gitt en oversikt over de kjente fysiske, kjemiske og biologiske miljøfaktorer som har betydning i oppdrett av fisk, samt en kolonne for mer anleggspesifikke faktorer. Det er også forsøkt å angi viktigheten av faktorene. En slik vurdering er subjektiv og basert på vår nåværende erfaring om hvilke faktorer som har størst betydning for vekst, overlevelse og skade på anlegg.

For flere av faktorene er det en viss overlapping, og enkelte begreper summerer opp flere enkeltfaktorer. Dette er kommentert mer utfyllende i teksten.

2.2. Naturlige variasjoner

I alle oppdrettsanlegg vil de fleste av de nevnte miljøfaktorer vise større og mindre endringer gjennom daglige, ukentlige og sesongmessige variasjoner. For enkelte av faktorene har en relativt god kunnskap om fiskens reaksjoner på variasjon (temperatur, oksygen, pH, førmengde, fôrtype), for andre er kunnskapen begrenset eller mangler helt. Selv om vi tilsynelatende har god informasjon om en enkeltfaktor kan situasjonen bli uklar og vanskelig å tolke når mange faktorer varierer på en gang.

Samvirke (joint action) mellom stoffer kan skje ved at de motvirker hverandre (antagonisme), eller at virkningene adderes eller forsterkes (synergisme). Særlig for tungmetaller har en vært oppmerksom på slike effekter, men resultatene av undersøkelsene er ofte motstridende. EIFAC som har foretatt en omfattende sammenstilling av undersøkelses-resultater, påpeker at typen av samvirke avhenger av hvilke stoffer det dreier seg om, konsentrasjonen av de ulike stoffer, vannkvaliteten, varighet av påvirkning osv. Det er derfor foreløpig vanskelig å trekke generelle slutninger.

Dette gjør at miljøstudier er kompliserte og krever omfattende eksperimentelle undersøkelser i tillegg til feltundersøkelser før en har fått forståelse for de biologiske prosesser.

I denne oversikten vil vi bare kort kommentere de viktigste kriterier for å antyde hvilken rolle de spiller i dagens næring, og hvilke forskningsoppgaver det er behov for å utføre. En omfattende diskusjon av toleranse-grenser og preferanseverdier ligger utenfor rammen av perspektivskissen.

2.3. Lokalisering av oppdrettssted - en overordnet faktor

En av de viktigste forutsetningene for å oppnå et godt miljø er valg av riktig lokalitet. Med riktig lokalitet menes det sted som gir optimale betingelser for trivsel og vekst for den art en ønsker å kultivere. Kravene vil ikke være like for alle arter hverken med hensyn til strøm og vannutskiftning, dyp, bunntype, temperatur, lys osv. Valg av en god lokalitet setter derfor store krav til kunnskap om artens krav og miljøvariasjoner på stedet. Valg av anleggstyper og driftsform vil også påvirke lokaliseringen.

Konklusjon: Det har generelt vært lagt for liten vekt på å definere kravene til en lokalitet. Før det bygges opp kostbare anlegg bør det utføres grundige miljøstudier som dekker kritiske perioder av året (vårflom, temperaturmaksimum, høststormer, kalde vinterperioder osv.), og gi opplysninger om de viktigste faktorene i tabell 2.1.

Tabell 2.1. En oversikt over miljøfaktorer i fiskeoppdrett/havbruk. Usikker betydning

* Mindre viktig
** Viktig
*** Særdeles viktig

FYSISKE FAKTORER	KJEMISKE FAKTORER	BIOLOGISKE FAKTORER	ANLEGG-SPESIFIKKE FAKTORER
Vind	** Saltholdighet	* Klorofyll	* Fôrtype
Bølger	** Tetthetsskiktning	<input type="checkbox"/> Fytoplankton, mengde	** Fôrmengde
Strøm	** Oksygeninnhold	*** og sammensetning	* Anleggstype
Vannutskifting	*** pH - alkalinitet	*** Zooplankton, mengde	<input type="checkbox"/> Driftsform
Isdannelse	* Konduktivitet - hovedkomponenter	* og sammensetning	Begroing - mengde
Drivis	** (sulfat, klorid, kalsium, magnesium, natrium, kalium)*	<input type="checkbox"/> Omgivende fauna	** og sammensetning
Ferskvannstilførsel	<input type="checkbox"/> Ammonium	<input type="checkbox"/> Omgivende flora	Adaptasjonstid/forhold <input type="checkbox"/>
Turbiditet - siktedyp - farge <input type="checkbox"/>	* Karbondioksyd	Innhold av bakterier **	Bruk av antibiotika *
Dyp	* Nitrogen	Virus og parasitter **	Bruk av giftstoffer **
Bunnprofil/topografi	* Hydrogensulfid - Metan		Fisketetthet **
Bunntype - sediment	<input type="checkbox"/> Næringssalter		
Temperatur	*** (nitrat, nitritt, fosfor)		
Lys - daglengde	<input type="checkbox"/> Aluminium		
Trafikk	<input type="checkbox"/> Tungmetaller		
Nærhet til industri	<input type="checkbox"/> (Fe, Cd, Cu, Mn, Hg, Zn)**		
Avstand til annet oppdrettsanlegg	* Organisk materiale <input type="checkbox"/>		
Eksponeringsgrad	** Total forurensning *		
Tidevannsforskjell	*		

2.4. Fysiske faktorer

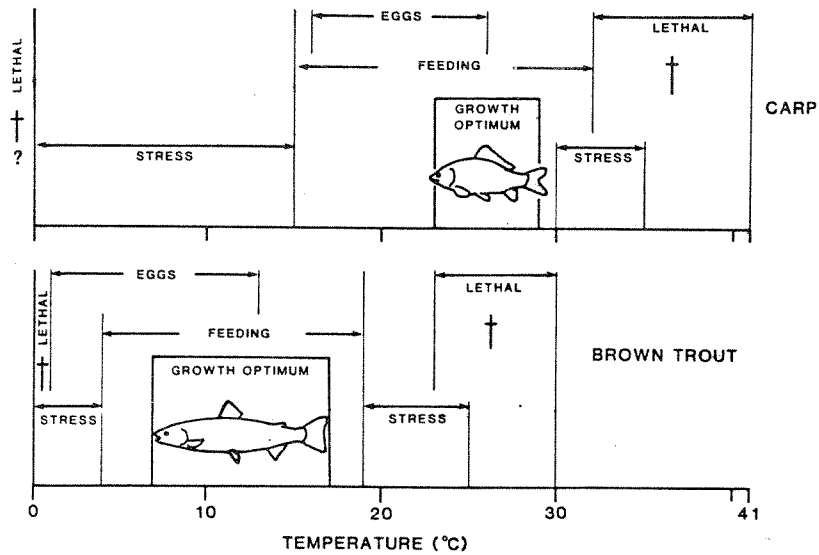
2.4.1. Temperatur

Temperatur er en av de hyppigst undersøkte miljøfaktorer og samtidig en av de viktigste. Men den er også en av de mest kompliserte faktorer å studere fordi den påvirker nesten alle livsprosesser direkte eller indirekte. Av de mest betydningsfulle kan nevnes utvikling, vekst, motstandskraft mot sykdommer og stress.

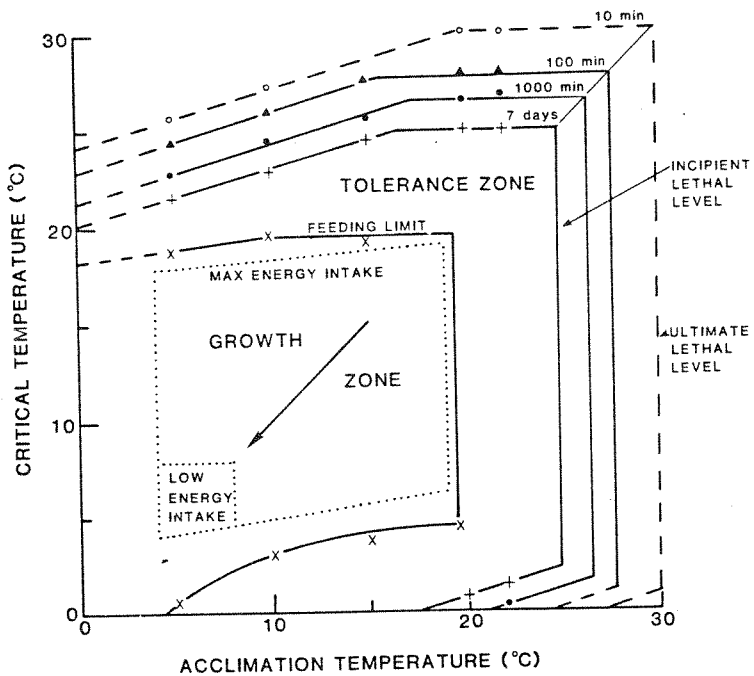
En grundig undersøkelse av temperaturens virkning på en art må omfatte alle deler av livssyklus fordi ulike stadier har ulike krav (figur 2.1). Kravene kan defineres på forskjellige måter: Øvre og nedre toleransegrense for overlevelse, grensen for føropptak eller enda snevrere den optimale sone der føropptak og tilvekst er tilfredstillende uten tegn på unormal adferd eller stress (figur 2.2). Dersom temperaturen kan reguleres kan det være ønskelig å finne den optimale temperatur som gir størst økonomisk utbytte med hensyn til produksjonstid, energi- og forforbruk og tilvekst/kvalitet. For ytterligere å komplisere bildet vil akklimatisering og adaptasjon til miljøet påvirke fiskenes toleranse. Ulike arter har forskjellige krav og det vil være nødvendig å utføre separate studier for hver ny art i oppdrettet.

Temperaturtoleranseområdet for våre arter i ferskvann og saltvann kan grovt angis fra 0 til 25°C, og optimalområdet på 8-20°C for voksen fisk. Rogn av laks og ørret tåler ikke temperaturer over 12-15°C, mens voksen laks kan tåle opp mot 28°C før den dør.

Laksefiskene vil være særlig følsomme overfor giftstoffer og andre stressfaktorer nær disse toleransegrensene. Det er kjent at f.eks. visse tungmetaller gjerne virker giftigere ved lave temperaturer enn ved høye. Det samme gjelder for fritt klor, mens det motsatte er tilfelle for ammoniakk. For klor og ammoniakk skyldes dette en fysisk/kjemisk effekt, idet likevektene i løsningene forskyves mer mot den giftige form ved henholdsvis lave og høye temperaturer. Ved en gitt konsentrasjon av den giftige form (HOCl og NH₃) tyder imidlertid enkelte forsøk på at forholdet kan være omvendt, dvs. at klor er giftigere ved høy temperatur og ammoniakk ved lav. Dette



Figur 2.1. En sammenligning av temperaturbehovet til karpe og ørret.



Figur 2.2. Temperaturtoleransediagram for ørret som viser toleransesoner fôrings- og vekstsoner som avtar med synkende energiinntak.

siste skyldes da eventuelt en fysiologisk effekt. Det samme gjelder sannsynligvis for tungmetallene. Forholdene er her temmelig kompliserte, og det er ikke foretatt mange systematiske undersøkelser på dette feltet.

Selv om det er utført mange temperaturstudier på fisk er det et stort behov for en bedre presisering av optimalområdet, betydningen av akklimatisering av fiskens reaksjon på store variasjoner, og mer systematiske studier av effekt av vanlig forekommende giftstoffer.

2.4.2. Meteorologiske forhold

En viktig skadeårsak er havari forårsaket av sterk vind, bølger, strøm og is. Anlegget bør ligge beskyttet men samtidig ikke så skjermet at vannutskifting blir hindret eller strømmen for svak. Generelt er kunnskapen alt for dårlig om effekten av overnevnte faktorer på dagens anleggstyper.

Isproblemer har hittil vært lite påaktet og en antar at det primært vil ha en effekt på anleggskonstruksjonene. Det finnes tekniske løsninger for fjerning av fast is, mens drivis vurderes som et betydelig problem. Som miljøproblem er temperatureffekten viktigst, samt de praktiske vanskelighetene som oppstår ved føring, notskifting, kontroll osv.

2.4.3. Vannutskifting - strøm

Temperaturer har blitt nevnt som en sentral miljøfaktor i oppdrett. Den andre viktige faktoren er vannutskifting, som er en direkte følge av bølger, vind, strøm, tidevannsforskjell, topografi, ferskvannstilførsel og eksponeringsgrad.

Det er viktig at det er en viss strøm igjennom anlegget (10-50 cm/sek) for å sikre oksygentilførsel og fjerne avfallstoffer. Er strømmen for sterk vil det medføre problemer med føringen og belastning på fisken og utstyr.

Strøm gjennom anlegget har også vist seg å være en viktig trivselfaktor, spesielt for laks. Det mangler data for optimale verdier og det er usikkert hvorvidt andre arter oppfatter strøm som positivt eller negativt, bortsett fra strømmens rolle for vannutskifting og fornyelse av oksygeninnholdet.

Det er et omfattende arbeide å vurdere utskiftningsprosessene på en lokalitet. Et slikt arbeide krever tidsserier av målinger på en rekke punkter, helst under variable forhold.

Slike undersøkelser kan bare gjøres av fagfolk, setter spesielle krav til instrumentering og etterfølgende databehandling, og er særlig godt egnet for vurdering i større dataprogrammer og modeller der f.eks. spesifikke problemstillinger søkes løst. Utstyr og kompetanse finnes ved oppdragsinstitutter, universiteter og høyskoler.

2.4.4. Dyp og bunntopografi

Dypet har en viss betydning for fiskens trivsel, da laks f.eks. synes å reagere på farge og beskaffenhet av bunnen. Bruken av flytende åpne anlegg setter krav til dybden på grunn av forurensningseffekter, og i enkelte årstider kan det være nødvendig med ekstra dype nøter på grunn av store temperaturvariasjoner. I store gruntvannsområder kan det være fare for nedkjøling om vinteren. Kjennskap til bunntopografien er nødvendig bl.a. for å vurdere muligheten for akkumulering av ekskrementer og fôrrester under mørene og derved oksygenproblemer - eller oksygenproblemer i nærliggende fjordbassenger.

2.4.5. Andre faktorer

Av andre fysiske faktorer kan nevnes at lysets og daglengdens effekt på artenes trivsel og vekst er lite kjent, men sannsynligvis viktige trivselsfaktorer for valg av riktig art nord og sør i landet.

Faktorer som nærhet til industri, trafikk og avstand til nærmeste oppdrettsanlegg kan ha betydning med hensyn til forurensning, stress ved støy, uro og smittefare. Generelt er kunnskapen mangelfull for de nevnte faktorer.

2.5. Kjemiske faktorer

2.5.1. Oksygen

I saltvann vil faktorene saltholdighet, oksygeninnhold og forekomster av forurensende stoffer ha størst betydning. Oksygen er i likhet med temperatur en nøkkelfaktor der en generelt fastsetter 5 mg O₂/l som nedre

anbefalte grense. Under denne verdi kan det oppstå problemer med appetitt og tilvekst, men informasjonen vedrørende effektene av lave oksygenverdier er til dels motstridende og vanskelig å tolke. Letaleffekten inntreffer først når oksygeninnholdet synker under 3 mg O₂/l.

For en rekke giftstoffer øker giftigheten med minsket oksygenkonsentrasjon. Bl.a. gjelder dette ammoniakk, fenol, klor samt flere tungmetaller. Vannets evne til å løse oksygen avtar også med stigende temperatur, og derfor vil økende temperatur og avtagende oksygen samtidig påvirke giftigheten av giftstoffene. Det er imidlertid først når oksygenkonsentrasjonene blir lave og nær de kritiske nivåer at effektene blir særlig markert.

2.5.2. Løste gasser

Totalinnholdet av løste gasser har betydning for fiskens trivsel både direkte og indirekte. Det er vist at overmetning av gass, som bl.a. kan opptre ved hurtige trykk- og temperaturforandringer, kan føre til dødelighet hos fisk. EPA har således fastsatt at overmetningen av løste gasser ikke må overstige 110 prosent av metningsverdien for gassene ved det aktuelle atmosfæriske og hydrostatisk trykk for å unngå skader på vannorganismer. I enkelte fjorder har det forekommer stor dødelighet på laksefisk på grunn av gassovermetning ved utslipp fra kraftverk.

2.5.3. Saltholdighet

Saltholdighet er en miljøfaktor som er særlig viktig for enkelte stadier i fiskens liv, som smoltifisering, kjønnsmodning og gyting. For mange arter vil kravet til saltholdighet forandre seg med alder og utvikling. Store og raske endringer i saltholdigheten kan også være uheldig og påfører fisken et kraftig stress. Dette forekommer særlig i fjordområdene på våren og høsten. Det finnes relativt få undersøkelser over saltholdighetens betydning som miljøfaktor.

2.5.4. Anaerobe forhold

I terskelfjorder og poller med dårlig vannutskiftning kan det forekomme anaerobe sedimenter og oksygenfattige vannmasser som kan skade alt liv. Tilsvarende forhold kan også oppstå ved bunnen under et oppdrettsanlegg i mer åpne farvann når utskiftningen av dypvann er utilstrekkelig.

Problemene kommer fra anlegget selv ved akkumulering av fôrrester og ekskrementer. På slike mindre gunstige lokaliteter kan bruk av våte fôrmidler raskt skape store miljømessige problemer med økonomisk følger. Generelt vil våtfôr gi større fôrspill og ha en mer forurensende effekt enn tørrfôr.

Avløpsvann fra settefiskanlegg kan skape oksygenproblemer ved utslipp til terskelfjorder eller poller. Dette økte oksygenforbruket kan kompenseres ved økt vannutskiftning.

En betydelig del av landets anlegg har eller vil få problemer med råtnende bunnfall som produserer gassbobler som inneholder metan eventuelt rester av H_2S og av ammoniakk.

Det er en mangelfull kartlegging av problemets omfang og mange anlegg bør aktivt fjerne avfallet eller i perioder finne alternative lokaliteter. Mulige tekniske løsninger diskuteres i teknologidelen.

2.5.5. pH

I ferskvann vil mange av miljøparametrene være de samme som i sjøvann. I tillegg kommer den viktige faktor pH- og vannets alkalinitet. Vannets innhold av hydrogen ioner, uttrykt ved pH, er av avgjørende betydning for fiskens trivsel og aktivitet. pH-verdien er viktig for vannets korrosivitet, kalkutfelling og i forbindelse med vannbehandling. De fleste organismer har sitt toleranseområde i pH-området fra 5,5 - 9 og mange fisk og næringsdyr dør når pH kommer lavere enn 5,5. Alkaliniteten defineres som vannets evne til å nøytralisere en sterk syre ved en bestemt pH-verdi og er en viktig egenskap i vannet i områder med sur nedbør.

En av de viktigste oppgavene i norsk fiskeoppdrett er en grundig kartlegging av ferskvannsförekomstene for å få en oversikt over hvilke vannkilder som kan nyttes til settefiskeoppdrett. For vannkilder som har pH-problem må det utarbeides praktiske metoder til forbedring av vannkvalitet i vannkilden eller inntaksvannet.

Også innenfor det aksepterte intervallet fra pH 5,5 - 9 kan imidlertid giftigheten av visse stoffer variere. Mens giftigheten av ammoniakk øker med tiltagene pH, er det motsatte tilfelle for klor og blåsyre. Dette

skyldes at varierende pH påvirker likevekts-reaksjonene og forårsaker dannelse av skiftende mengder av de giftige formene. Dette kan illustreres av de tre følgende ligninger:

1. $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
2. $\text{H}^+ + \text{OCl}^- \rightleftharpoons \text{HOCl}$
3. $\text{H}^+ + \text{CN}^- \rightleftharpoons \text{HCN}$

De giftige formene er her understreket. Imidlertid er det også her slik at ved gitte konsentrasjoner av de giftige formene er det ikke sikkert at giftvirkningen er pH-avhengig.

De nyere undersøkelsene i forbindelse med sur nedbør har avdekket hvordan aluminium-ionets giftvirkninger er avhengig av pH. Aluminium synes således å ha sin største giftighet i pH-området ca. 4,8-5,5, hvor metallet foreligger for en stor del som hydroksyder, fluorider og ioner. For øvrig må en regne med at det for mange stoffer er sammenhenger som ikke er kjent.

En total vurdering av vannets kjemi inklusive pH, alkalitet, konduktivitet og hovedkomponenter (jfr. tabell 2.1) er nødvendig for å karakterisere vannkvaliteten.

2.5.6. Løst organisk stoff (humus m.m.)

I en vurdering av vannkvaliteten i ferskvann er det også nødvendig å beregne innholdet av suspenderte partikler (turbiditet) og innholdet av organisk materiale. Det er særlig i vurderingen av vannkilder til settefiskanlegg at dette er nødvendig, men også i vann med mæroppdrett. Betydningen av disse stoffer for vannkvaliteten til fiskeoppdrett er lite kjent og det foreligger få undersøkelser. Generelt er laksefisk meget sårbare ovenfor suspenderte partikler på gyteplassen.

Det er vel kjent at løste organiske stoffer, som f.eks. humus, reduserer giftigheten av mange metaller. Dette skyldes en kompleksbinding som er mer eller mindre utpreget hos forskjellige metaller. Spesielt er virkningen vel dokumentert for kobber. Det er også sannsynlig at mange andre stoffgrupper påvirkes, bl.a. visse klorerte organiske forbindelser.

2.5.7. Suspenderte partikler

Suspenderte organiske og uorganiske partikler kan inaktivere giftstoffer på forskjellig vis. Bl.a. er det vist at tungmetaller fra gruvevirksomhet inaktiveres i betydelig grad av finknust gråberg fra oppredningsverk (gruve-slam).

2.5.8. Salter

Saltinnholdet er av avgjørende betydning for giftvirkninger av mange stoffer. Spesielt kjenner en effekten av kalsium som har en meget gunstig virkning overfor tungmetaller og aluminium. I bløte (lite innhold av kalsium) vanntyper er således giftigheten av disse metaller vesentlig større enn i hardere vann. Ved utarbeidelsen av kriterier for kobber, sink og kadmium er det sogar fastsatt verdier ved forskjellige hardheter: 10, 50, 100 og 300 (500) mg CaCO₃/l.

Oppdrett i ferskvann blir nøye vurdert av miljømyndighetene på grunn av faren for forurensning og overgjødning av vann og vassdrag. Selv om forholdene på anlegget kan fungere tilfredsstillende kan innsjøen på sikt få uheldige belastninger. Det er derfor viktig å foreta grundige studier av innsjøen der en i tillegg til nevnte miljøfaktorer også undersøker innholdet av næringsalter, primærproduksjonen og sedimentene. En overgang fra en oligotrof til eutrof innsjø kan få store følger for bruksinteressen og på sikt for anlegget selv.

2.6. Biologiske faktorer

Det biologiske liv i og rundt et oppdrettsanlegg vil både påvirkes og selv ha en effekt på anlegget. I åpne systemer er det lite som kan gjøres for å endre forholdene bortsett fra å sette strenge krav til renhold og hygiene og iverksette tiltak mot sykdommer og parasitter.

2.6.1. Bakterier, virus og parasitter

Ved store ansamlinger av fisk i tette bestander som føres kontinuerlig vil det lett kunne oppstå situasjoner som stresser fisken og nedsetter motstandskraften. Det antas at dette kan være en av årsakene til de stadig

utbrudd av sykdommer og sårskader som næringen sliter med. Liknende tilstander er kjent fra husdyrnæringen, og næringen må regne med tilsvarende problemer i årene som kommer. Som eksempel på problemer av ukjent opphav kan nevnes "Hemorrhagisk syndrom" (Hitra-syke) og vintersår i sjøvann, der en har mistanke til stressende miljøfaktorer, feilaktig førsammensetning, bakterieinfeksjoner, en kombinasjon av disse eller andre ukjente faktorer.

Parasitter er et stadig tilbakevendende problem som forårsaker skader og dødelighet. Lakselus er det mest alvorlige, men det ble funnet et botemiddel med organofosfatet Neguvon. Erfaringene tyder imidlertid på at problemet fortsatt er meget stort og voksende. Lusangrep forekommer nå hele året og det økende antall anlegg sørger for en stor spredning av parasitten. Behandlingen synes også å indikere en økende resistens til Neguvon. Av andre parasitter kan nevnes Costia (Ichtyobodo) som er et problem i ferskvann og som i senere år er blitt overført til sjøvann. Gyrodactylus har skapt store problemer i enkelte vassdrag og er svært ødeleggende for laksen.

I hvilken grad de økte mengder av næringssalter og organisk avfall påvirker flora og fauna rundt anleggene er uvisst, men det er ikke urimelig å anta det er nære sammenhenger.

2.6.2. Planteplankton

I de senere år har utbrudd av giftige planktonalger forårsaket fiskedød i enkelte anlegg og gjort blåkjell forbudt som salgsvare i lange perioder. Fenomenet er kjent fra tidligere, men det økende antall anlegg langs hele kysten gjør næringen mer sårbar for problemet. Fiskeoppdretteren kan gjøre noe for å unngå problemet, men det setter krav til forskningsinnsats for å kartlegge årsak og sammenheng til oppblomstringen. For myndighetene er det viktig å etablere et varslingsystem for slike utbrudd.

I hvilken grad gjødslingseffekten fra anleggene kan skape grobunn for store utbrudd er usikkert, men bør utredes nærmere.

2.6.3. Flora og fauna

Ved alle anlegg vil de store förmengdene som går ut daglig tilføre miljøet store mengder organisk materiale i form av spillfôr, ekskrementer, rømt fisk, og på enkelte lokaliteter død fisk. Dette vil trekke til seg store

mengder villfisk, fugl, mink osv. som ønsker å utnytte det økte fôrtilbudet. Det kan skape problemer av ulike typer. Villfisk kan bringe med seg smitte og parasitter, og små fisk kommer gjennom nota og blander seg med oppdrettsfisken der de konkurrerer om føret. Både fugl og mink kan påføre oppdretteren stor skade ved å såre og drepe fisken.

Selv om oppblomstring av plankton er et usikkert fenomen er begroingen på nøter og anlegg et høyst reelt problem. Begroingsproblemer varierer betydelig på ulike deler av kysten og svinger i takt med årstidene. Uten behandling vil rur, skjell og sekkedyr være et meget stort problem. Bruk av antigromidler vil effektivt fjerne begroingsdyrene, men algene har ingen vanskeligheter med å sette seg fast på notveggen. Idag kjenner en ikke til effektive midler som hindrer oppvekst av fastsittende alger på nøter. Problemet er imidlertid sesongbetont og har sin største utbredelse i vår- og sommerperioden.

Konklusjon: Den økte utbredelsen av sykdom og parasitter volder stor bekymring blandt oppdretterne, og er sannsynligvis den faktor som gir størst økonomisk skade. Det er derfor særlig viktig å klarlegge årsaksforholdet til problemene. Mange er av den oppfatning at miljøet ikke er godt nok slik at fisken stresses og mister motstandskraft, noe som fører til et sykdomsutbrudd eller oppblomstring av parasitter.

Forekomst av giftige alger må varsles av myndighetene. Den eneste måte å unngå problemet på er ved bruk av lukkede, senkbare eller landbaserte systemer. Begroingen av dyr kan unngås ved impregnering, som ikke er effektivt mot alger. Derimot vil problemet reduseres betydelig ved overdekning av nøtene med tak.

Det bør gjøres en betydelig forskningsinnsats på alle de nevnte områder som påfører næringen store tap og praktiske problemer.

2.6.4. En vurdering av en kontinuerlig gjødsling av våre fjordområder

En jevn økning av oppdrettsnæringen langs Norskekysten vil på sikt tilføre store mengder organisk materiale som kan ha både positive og negative effekter. Dagens næring som tilsvare ca. 30 000 tonn laksefisk bruker minst

100 000 tonn fôr pr. år. I dette regnestykket antar vi at halvparten av produksjonen foregår med tørrfôr (fôrfaktor 2) og resten med våte eller halv våte fôrmidler (fôrfaktor 4-5).

Av dette går 30-40 % til spille (30-40 000 t), og av det som konsumeres skilles 30 % ut som avfall (20 000 t), totalt tilføres sjøen 40-60 000 tonn/år.

Innen år 2000 forventes en 10-dobling av produksjonen. Dette vil medføre at vi kan få en total forurensning av fôrspill og ekskrementer på 4-500 000 tonn/år på tross av økt effektivitet. I tillegg vil det tilføres visse mengder antibiotika og giftstoffer, som også i fremtiden vil være nødvendige deler av utslippet.

Økt gjødsling kan gi

- bedre miljø for oppblomstring av phytoplankton
- bedre produksjonsvilkår for skjellprodukter
- bedre levevilkår for fiskelarver etc. i akvakultur og for villfisk generelt.

Økt gjødsling kan også gi opphav til uheldige effekter som

- oppblomstring av toksiske alger i store mengder
- økt grobunn for bakterier og parasitter
- uheldige eutrofieringseffekter, forstyrning av den naturlige økologiske balanse.

Det vil bli et økt behov for en kontinuerlig overvåking av våre fjorder og kystfarvann. Vi vet ikke hvor raskt vi kan få uheldige økologiske endringer. Forandringene kan bli positive, men også negative. Slike vurderinger er basert på hva vi ønsker å bruke kystområdene våre til. Myndighetene bør sikre seg mot fremtidige uønskede endringer ved at de etter behov kan pålegge krav om rensing, fjerning eller flytting.

Konklusjon: Vår kunnskap om endringer i så store systemer som fjorder og kystfarvann er begrenset. Vi har ingen mulighet for å vurdere eventuelle fremtidige konsekvenser i miljøet om vi ikke snarest setter igang et monitoringsprogram som tar hensyn til en utvikling av oppdrettsnæringen. Uansett konsekvenser, så bør vi følge med i utviklingen for å bli i stand til å lage og vurdere fremtidens økosystem-modeller.

2.7. Anleggs-spesifikke faktorer

2.7.1. Fôrtype og mengde

Fôr er den faktor som koster mest i matfiskoppdrett. Overføring kan på den annen side påføre oppdretteren store økologiske problemer. Dagens oppdrettere har altfor dårlig kunnskap om fôrkvalitet, fiskens fôrbehov, en korrekt utfôrningsteknikk og muligheter for å økonomisere med fôret.

På mange vis har forskningen nokså ensidig konsentrert seg om sammensetningen av dietter og valg av råvarer. Mindre innsats er gjort på metoder for økonomisk, fysiologisk og økologisk utfôrning. Først i den aller seneste tid har en presisert at fisken ikke skal ha mer enn sitt daglige behov, samt den energi den maksimalt er istand til å utnytte til vekst. Alt annet er overflødig og skaper bare forurensningsproblemer.

Det bør settes inn betydelige ressurser til fôringsforskning for å spare oppdretteren for unødige utgifter og samtidig skape et bedre miljø i både anlegg og omgivelser. Som stikkord kan nevnes miljøfôr, kontroll av utført mengde, regulering av mengde i takt med temperatur (datastyring), bedre visuell kontakt med fiskens adferd, spredning av fôret, fôringsintervaller etc.

2.7.2. Anleggstype og driftsform

Selv om de fleste anleggene idag benytter flytemærer i en eller annen form, kan også denne driftsform gjøres mer miljøvennlig, både for oppdretter og omgivelser. Krav til oppsamling av avfall kan bli aktuelt i visse deler av landet. Vekseldrift der anlegget flyttes sommer og vinter, eller skifter lokalitet etter noen år er alternative former som bør vurderes. Myndighetene bør i alle fall ikke vanskeliggjøre slike flyttinger.

Anlegg som er fast etablert ved avstengninger i strandsonen eller i naturlige bukter og sund må rengjøres regelmessig for ikke å forpuste miljøet. I dag spres avfallet til nærmiljøet, men myndighetene bør sørge for en grundig overvåkning slik at det ikke oppstår uheldige effekter.

2.7.3. Antibiotika og giftstoffer

De økte sykdoms- og parasittangrep på oppdrettsfisk fører til et stadig økende forbruk av antibiotika og kjemiske midler (12 000 kg/år). Idag har myndighetene liten oversikt over størrelsen av miljøproblemet, men det er voksende og kan slå tilbake som et tve-egget sverd.

Det kan bygges opp resistente grupper i miljøet som krever større doser og nye midler. Produkter med restkonsentrasjoner kan omsettes, stoffene kan spres i det naturlige miljø på måter som kan få uheldige følger på de naturlige bestander.

Det bør satses forskning på alternative metoder. En mulig vei er bruk av vaksine til all fisk i oppdrett. Parasittproblemene er vanskelige å løse før en kjenner livssyklus til skadeorganismene. Flere av de problemer som idag behandles med antibiotika kan ha andre økologiske årsaker - men dette må klarlegges gjennom økt forskning.

Konklusjon: Driften av dagens anlegg er langt fra optimalisert og det er store huller i vår viten om hvordan dette best kan gjøres. Det bør legges særlig vekt på økt kunnskap om fôrbehov, utføringsteknikk og rasjonalisering med fôret. Generelt bør det legges vekt på å fremstille et miljøvennlig fôr med gode fysiske egenskaper som synkehastighet, konsistens, nedbrytbarhet osv.

Nye driftsformer bør vurderes for å redusere miljøbelastningen på en lokalitet. Bruk av antibiotika og giftstoffer kan gi uheldige miljøeffekter og det bør gjøres en større innsats for å finne frem til effektive vaksiner og alternative behandlingsmetoder mot parasitter.

2.7.4. Miljøproblemer ved resirkulasjonssystemer

Resirkuleringsteknikken blir benyttet når det er behov for gjenbruk av varmt vann og innsparing av energi, og er særlig aktuelt ved klekking og startfôring av laksefisk. Ved oppdrett av nye varmtvannsformer som ål, piggvar, tunge, hummer, reker og ferskvannskreps er teknikken meget aktuell.

De generelle erfaringer viser at oppdrettfisken ikke har optimale miljøbetingelser i resirkuleringsanlegg. Dette resulterer i redusert tilvekst, ulike subletale fysiologiske effekter, økt sykdomsfrekvens og dødelighet. En har også registrert en økning i soppvekst, parasitter og bakterieinnhold. Det er registrert endringer i pH, og store daglige fluktuasjoner i total ammonium og nitritt.

Resultatene viser klart at det er behov for en betydelig forsknings- og forsøksinnsats før resirkulering kan etableres som en anbefalt teknikk.

2.7.5. Effekt av vannkvalitet på skjelloppdrett

Tilfredsstillende vannkvalitet er en nøkkelfaktor for et vellykket resultat av skjelloppdrett uansett art, dyrkningssted eller metodikk som benyttes. For å øke tilveksten hos muslinger må vannet ha en passende vanntemperatur, pH, oksygeninnhold, salinitet og tilstrekkelig med næringsorganismer. Vannet må ikke inneholde "anthropogenic contaminants", inklusive biotoksiner, leirpartikler, pesticider, tungmetaller, radioaktive stoffer og herbicider. Skjell er bl.a. kjent for sin evne til å konsentrere opp tungmetaller og organiske forbindelser. På lokaliteter med tungmetallforbindelser i sedimentet bør en unngå dyrking på grunn av faren for frigivelse av stoffene til vannmiljøet. Skjell, og særlig blåskjell, blir ofte brukt som indikatororganismer for beregning av forurensningsgraden av tungmetaller og organiske forbindelser i et område. Med tanke på salg og omsetning er det særlig viktig med en kontinuerlig kontroll av naturlig forgiftning av skjell på grunn av giftige planktonalger.

Temperaturen bestemmer overlevningsgraden, veksthastigheten og regulerer reproduksjonen. Salinitet ser ut til å være en avgjørende faktor for hvor oppdrett av østers og blåskjell skal foregå. Blåskjell synes å foretrekke brakkevannsområder i indre fjordstrøk, mens østers trives godt ute i havgapet. Oksygen har avgjørende betydning for østers, voksne dyr tolererer 2,6 mg/l mens larver må ha 4 mg/l. Ph kan også være viktig, og en østersart f.eks. har optimale vekstforhold ved pH 8,25-8,50.

Mengde og sammensetning av planteplankton (næringstilbudet) er sannsynligvis en av de aller viktigste faktorene for optimal vekst. Nyere forsøk viser f.eks. at selv ved lave temperaturer kan blåskjellene vokse hurtig hvis næringstilgangen er god.

Oppdrett av skjell i store kvanta ved flåte- eller bøyestrekkt-teknikk krever næringsrikt vann. Dette kan gjøres i fjorder med tilførsel av vanlig husholdskloakk men som er fri for industriforurensning. Etter høsting må skjellene rengjøres i spesielle rensfabrikker for salg og omsetning. Ved denne behandlingen desinfiseres skjellene uten å skades.

Østersproduksjon er avhengig av tilstrekkelige mengder med yngel som enten kan produseres i naturlig østerspoller eller i innendørs klekkerier. Ved sistnevnte teknikk er det særlig viktig å holde en god vannkvalitet ved bruk av vannbehandlingssystemer som kan omfatte bruk av antibiotika, UV-lys, klor, ozon eller ultrafiltrering. I praksis er det en fordel å benytte en kombinasjon av flere systemer både av hensyn til sikkerhet og effektivitet.

Konklusjon: Norskekysten har store områder med rent friskt vann med et betydelig potensiale for skjelldyrking. Kravene er imidlertid forskjellige for ulike arter og det er derfor viktig å få klare kriterier med hensyn til miljø for aktuelle arter. I neste omgang bør en velge ut gunstige lokaliteter for de ønskede arter og reservere disse til et fremtidig bruk.

2.8. Generelle vannkvalitetskriterier

2.8.1. Letale og subletale vannkvalitetskriterier

Med letale effekter menes her en direkte virkning av en eller flere fysisk/kjemiske faktorer som fører til dødelighet i løpet av relativt kort tid, som for laksefisk kan være dager, uker eller måneder. Med subletale effekter siktes til virkninger som ikke direkte fører til dødelighet, men påvirker forhold som vekst, adferd, reproduksjon, og fører til nedsatt trivsel og motstandskraft mot sykdommer osv. I virkeligheten er det ikke noen klar forskjell i letale og subletale effekter idet subletale effekter over lang tid også vil kunne føre til artens undergang i et naturlig miljø.

Undersøkelser over virkninger av ulike fysisk/kjemiske faktorerers betydning for fiskens trivsel har vært foretatt i lang tid. Forurensningsvirkninger på fisk har f.eks. vært undersøkt i mer enn 100 år, men det er først i

løpet av de siste 25 år at arbeidet har skutt fart. Med det store mangfold i menneskelig påvirkning av fiskens miljø er behovet for slike undersøkelser sterkt økende. Flere av våre fiskebestander i ferskvann lever under øket press av beskatning og påvirkninger for øvrig, og skal bestandene opprettholdes, må tiltak iverksettes. I forbindelse med den sterkt økende virksomhet på oppdrettsiden blir behovet for undersøkelser og tiltak ytterligere forsterket.

Et systematisk arbeid med å fastsette vannkvalitets-kriterier for ferskvannsfisk ble påbegynt i 1962 av Den europeiske innlandsfiskekommisjon (EIFAC - European Inland Fisheries Advisory Commission) under FAO. Ved litteraturstudier og til dels spesielt utførte undersøkelser søkte en å fastsette mest mulig eksakte grenser for hva fisk kunne tåle av påvirkninger over lang tid, og hva som ikke ville føre til skadevirkninger overfor fisk. EIFAC har frem til idag forsøksvis utarbeidet kriterier for bl.a. suspenderte partikler, temperatur, oksygen, klor, ammoniakk, fenol samt metallene sink, kobber, kadmium og krom. Videre er det utført et betydelig arbeid for å systematisere og vurdere den viten som finnes om samvirke (joint action) mellom ulike fysisk/kjemiske faktorer. Kriteriene har vært revidert en gang, og behovet for nye revisjoner er stadig til stede etter hvert som ny kunnskap erverves.

Foruten EIFAC har United States Environmental Protection Agency (EPA) i de siste 10 år utarbeidet en rekke kriterier for vannorganismer hvor også ferskvannsfisk er inkludert.

I Norge har en i stor utstrekning benyttet seg av det arbeid som er utført av EIFAC og EPA. En del undersøkelser er imidlertid utført også i Norge, og disse har gitt verdifulle bidrag til forståelsen av norske forhold. Spesielt kan nevnes det arbeid som er utført i forbindelse med undersøkelser og overvåkning av sur nedbørs virkninger på fisk.

2.8.2. Kriteriene - deres anvendelse og begrensninger

De kriterier som er utarbeidet av EIFAC og EPA, tar sikte på å omfatte alle skadevirkninger, letale som subletale, over lang tids påvirkning på fisk i naturlige vannforekomster. Også konsekvenser ved konsum av fisk som f.eks. usmak og akkumulering av giftstoffer er vurdert. I forbindelse

med oppdrettsanlegg vil det være behov for differensierte kriterier,- for forskjellige fiskearter, for settefisk og smoltoppdrett, for matfisk osv. Det er bare for et fåtall faktorer at dette idag er mulig. I tillegg har en de spesielle norske forhold som ikke alltid er tilgodesett i de kriterier som hittil er utarbeidet. Særegnet for norske forhold er de bløte, til dels sure vanntyper med varierende innhold av humus-stoffer, følsomme fiskearter som laks og ørret, samt et kaldt klima. Det er mange faktorer som har betydning, og i det følgende skal det knyttes noen kommentarer til noen slike.

2.8.3. Fiskearter og -stammer, stadier i livssyklus

De forskjellige fiskearter har ulike toleranse overfor giftstoffer og andre stresspåvirkninger. Av våre ferskvannsfisker er laksefiskene som gruppe stort sett mest ømtålig mens karpefisk, gjedde og ål hører til de mest tolerante. Det er imidlertid store variasjoner, avhengig av type påvirkning og fiskeart. Det kan f.eks. nevnes at enkelte karpefisk ikke kan formere seg i Norge hvis sommertemperaturen blir for lav, mens de på den annen side trives utmerket ved øvre letaltemperatur for laksefisk.

Også for laksefiskene innbyrdes er det forskjell i toleranse. For surhetspåvirkninger (lav pH, aluminium) regner en med at for laksefiskene regnbueørret, laks, ørret og bekkerøye er toleransen økende i nevnte rekkefølge. Regnbueørreten er således meget ømtålig og bukker raskt under i surt vann (pH < 6 ?). Imidlertid er det ikke mulig med vår nåværende kunnskap å sette eksakte grenseverdier for påvirkning hos hver enkelt art. Videre er det sannsynlig at toleransen kan variere betydelig for forskjellige stammer eller populasjoner. Det vil i så tilfelle si at toleransen innen arten er genetisk betinget. Ytterligere varierer toleransen ved de forskjellige stadier av livssyklus. Hos laksefiskene er f.eks. stadiet like etter at plommesekken er oppbrukt ("swim up"-stadiet), og smoltstadiet særlig ømtålig. Også på dette feltet, artstoleranse, er det stort behov for flere undersøkelser, spesielt i forbindelse med oppdrett av laksefisk i ulike vanntyper.

2.8.4. Eksempler på kriterier for noen parametre

I tabell 2.2 er oppført en del stoffer og grenseverdier for letale og subletale effekter av disse. Det knytter seg imidlertid en rekke forbehold til verdiene, som her skal nevnes. Verdiene er dels hentet fra EIFACs og EPAs arbeider, dels er brukt aktuelle utenlandske og norske undersøkelser som grunnlag for en egen vurdering. Tallene gjelder ømtålig laksefisk i kritiske stadier. Flere av EIFACs verdier gjelder såkalte 95 percentiler, dvs. av 95 prosent av konsentrasjonene målt gjennom en periode (år, del av livssyklus etc.) skal ligge under (eller over) nevnte verdier. Dette betyr at ikke bare enkeltverdier tas i betraktning.

Med subletale effekter siktes til kort- og langtidseffekter av mange slag som ikke direkte og over kort tid fører til dødelighet, men har andre konsekvenser, som nevnt innledningsvis i avsnitt 1. Med letale verdier er her ment 4-d LC_{50} verdier, dvs. de konsentrasjoner som dreper 50 % av fisken i løpet av 4 døgn. Det er da en rent akutt gifteffekt det dreier seg om.

De oppførte verdiene gjelder for et bløtt norsk overflatevann (hardhet ca. 10 mg $CaCO_3/l$, dvs. ca 4 mg Ca/l), med lite innhold av organiske og uorganiske partikler og løst organisk stoff (humus), og uten giftige konsentrasjoner av andre stoffer. Forholdene skal for alle faktorer for øvrig være gunstige. For pH er gjort en unntakelse på den sure siden idet det her er regnet med den typiske forsuringseffekt som et samvirke mellom aluminium og lav pH. Det er også regnet med et lavt innhold av humus-stoffer (farge < ca. 30).

Det knytter seg, som en vil forstå av det foregående, så mange forbehold til de oppgitte verdier at det er spørsmål om det er riktig å oppgi dem. Hensikten er her imidlertid å gi en pekepinn om hvilken størrelsesorden verdiene kan ligge i. Det kan ikke sterkt nok understrekes at det alltid må en faglig vurdering inn i bildet, og at mange faktorer må tas i betraktning når en skal operere med vannkvalitetskriterier for fisk.

Tabell 2.2. Tentative vannkvalitetskriterier for en del stoffer etter vurderinger utført av EIFAC og EPA samt egne vurderinger av aktuelle undersøkelses-resultater. Kriteriene gjelder for naturlige bestander av laksefisk i bløtt ferskvann.

* Kombinert effekt av pH og aluminium på den sure siden.

Parametre		Letal	Subletal	Kilder	Kommentarer
pH*		<5,5, >10	>6-<9	EIFAC/SNSF-prosjektet Grande, 1981	Gjelder alle laksefisk i ferskvann, også laks og regnbueørret. Bekkerøye og ørret vil tolerere lavere pH under bestemte forutsetninger.
Temperatur	°C	<25	<20	EIFAC	Øvre temperaturgrense. Egentlig er ikke temperaturer over 18°C ønskelig for å sikre optimale betingelser for vekst og trivsel. Årstidsavhengig.
Oksygen	mg O ₂ /l	3	5 ¹ 9 ²	EIFAC	Avhengig av temperatur, fiskearter m.m. 1:5 persentil, 2:50 persentil
Løste gasser, tot. % metning			110	EPA	
Susp. partikler	mg/l	1000	25	EIFAC	Avhengig av partikkeltype. Gjelder naturlige bestander. Sannsynligvis for høyt i oppdrettsanlegg uten filtrering.
Ammoniakk	mg NH ₃ /l	0,2	0,025	EIFAC	Gjelder udisosiert ammoniakk (NH ₃). Avhengig av pH og temperatur.
Nitritt	mg N/l	0,15	0,06	EPA	
Fenol		5	0,5	EIFAC	Gjelder fenoler som gruppe inkl. bensoler og xyloler.
Klor	µg HOCl/L	70	4 (2)	EIFAC/Grande 1966/EPA	Avhengig av pH.
Cyanid	µg CN/l	90	5	EPA/Tryland & Grande 1983	Avhengig av pH.
Kobber	µg Cu/l	60	5	EIFAC/Grande 1967 m.fl.	Effekten er sterkt avhengig av hardhet (her regnet ~ 10 mg CaCO ₃ /l), innhold av løst organisk stoff, partikler etc.
Sink	µg Zn/l	300	30	EIFAC/Grande 1967 m.fl.	" " " " " " "
Kadmium	µg Cd/l	500	0,6	EIFAC/Grande 1979	" " " " " " "
Krom	µg Cr/l	4000	10	EIFAC/Grande 1983	" " " " " " "
Bly	µg Pb/l	700	20	Grande 1983	" " " " " " "
Kvikksølv	µg Hg/l	50	0,05	EPA	Bør ikke finnes over bakgrunnsnivå
Nikkel	µg Ni/l	25	0,05	Grande 1983	Effekten er sterkt avhengig av hardhet (her regnet ~ 10 mg CaCO ₃ /l) innhold av løst organisk stoff, partikler etc.
Jern	mg Fe/l	2,5	1 (0,5)	EPA/Grande 1972	Avhengig av pH

Kilder: EIFAC : Alabaster & Lloyd, 1982
 EPA : Train, R.E., 1979
 SNSF-prosjektet: Drabløs, D. and Tollan, A. (eds.) 1980.

2.9. Perspektiver - miljøets betydning i oppdrettsnæringen

Norge har utvilsomt en rekke naturlige fordeler for utvikling av akvakultur til en stor og viktig næring. Det legges særlig vekt på en lang og beskyttet kystlinje, rent vann og gunstige temperaturer. En slik vurdering er viktig idag, men det er ikke sikkert at situasjonen er den samme i år 2000.

En økende akvakulturvirksomhet i alle våre naboland og konkurrenter kan skape forhold som setter betydelig strengere krav til lønnsomhet, effektiv produksjon, og bedre kontroll av miljø og produkt.

Langs hele kysten er det en økt industrialisering med særlig vekt på "off-shore" aktivitet. Dette øker faren for forurensning. Anleggene selv øker i antall og produksjonsstørrelse, noe som medfører større utslipp og spredning av smitte, parasitter, antibiotika, giftstoffer og næringsalter (eutrofiering).

Den viktigste forutsetning for godt produksjonsgrunnlag er en riktig lokalisering. Dette setter store krav til den enkelte kommune og fylkeskommune om utarbeiding av kystzoneplaner.

Myndighetene må på sin side få klare tall for hvilken forurensningsfare det enkelte anlegg representerer både lokalt og regionalt. Det må utarbeides klare retningslinjer for krav til lokalisering, rensing, eventuell flytting og alternative driftsformer.

Når det gjelder miljøkrav er faktorene temperatur, oksygen og vannutskifting viktigste. En forutsetter at anlegget er bygget for å tåle de påkjenninger som lokaliteten krever.

I ferskvann vil vannkvaliteten særlig være avhengig av pH-alkalinitet og innholdet av aluminium. Både i ferskvann og saltvann kan det også være andre viktige miljøfaktorer som vi idag ikke kjenner betydningen av. En må også være klar over et eventuelt samvirke mellom flere faktorer som har uheldige effekter. Dette er vanskelig å oppdage og krever stor forskningsinnsats for å løse.

I vanlige åpne anlegg har en få muligheter til å påvirke miljøet, med unntak av tiltak for å redusere forurensningen. Den største forurensningskilden er fôret, og derfor bør det gjøres en betydelig innsats for forbedring. Særlig viktig er en forbedring i sammensetning av fôret, riktig fôrtype, utføringsteknikk, økt kunnskap om fiskens fordøyelse og fôrutnyttelse samt generell hygiene og stell.

Oppdretteren bør selv holde en grundig miljøkontroll på eget anlegg og i større grad benytte eksisterende forskningsmiljøer til hjelp i en løpende vurdering av miljøet. Moderne datateknologi og måleteknikk åpner for store perspektiver på dette feltet.

Alternative teknikker vil sannsynligvis gjøre seg gjeldende i større grad enn før. I lukkede nærsystemer og resirkuleringsanlegg kreves kontinuerlig miljøovervåking, og til en viss grad også i landanlegg. Det bør også etableres en kontroll av råvannskvaliteten med muligheten for automatisk skifte til en annen vanntype om råvannet får ugunstig kvalitet.

I dagens oppdrett er det en økende tendens til utbrudd av nye bakterie- og virussykdommer, sårskader og parasittangrep. Symptomene indikerer at oppdrettsmiljøet ikke er optimalt og at vi med stor sannsynlighet gjør fundamentale feil. Oppdrettsorganismene er utsatt for en kontinuerlig stresspåvirkning som følge av en kunstig livssituasjon. Av mange mulige årsaker kan nevnes feilaktig eller mangelfull ernæring, et suboptimalt miljø med enten for store variasjoner eller mangel på variasjoner (stimuli), for høy tetthet, for hurtig tilvekst, stadige forstyrrelser, mekanisk slitasje og økt fare for infeksjon og smitte ved konsentrasjon av organismene.

Konklusjon: Kunnskap og forståelse av samspillet mellom individ og miljø er grunnlaget for all kommersiell utnyttelse av naturen. Det naturlige miljø i vann, vassdrag, fjorder og kystfarvann setter grenser for våre utnyttelsesmuligheter. Moderne teknologi kan hjelpe oss til å flytte grensene, men samtidig vil økte krav til utnyttelse tvinge frem andre begrensninger.

Akvakulturnæringen bør forsøke å utvikle optimale miljøforhold for de arter som kultiveres. Dette kan bare oppnåes ved en systematisk oppbygging av erfaring og kunnskap som raskt og effektivt når ut til brukerne.

3. SENTRALE REFERANSER

- Alabaster, J.S. & Lloyd, R. (1982): Water quality criteria for freshwater fish - 2nd Ed. Butterworths. 361 pp.
- Bergheim, A. & Rosseland, B.O. (1981): Vann og vannkvalitet ved fiskeoppdrett - en oversikt. Rapport fra Fiskeforskningen 1981 nr. 2.
- Christensen, P. (1985): Personlige opplysninger - oppvarmingssystemer.
- Drabløs, D. and Tollan A. (eds.) (1980): Ecological impact of acid precipitation. SNSF-project. Proc. Int. Conf. Sandefjord, 1980. 383 pp.
- Gjedrem, T. (red.) (1979): Oppdrett av laks og aure. Landbruksforlaget. 333 pp.
- Grande, M. (1966): Om bruk av klorert vann i fiskeanlegg. Jakt, fiske, friluftsliv 95: 507-508.
- Grande, M. (1967): Effect of copper and zinc on salmonid fishes. Adv. Water Pollut. Res. 3(1): 97-111.
- Grande, M. (1972): Tungmetallenes innvirkning på ferskvannsfisket. Forskningsnytt 17: 31-34.
- Grande, M. (1979): Virkning av kadmium på laksefisk. Norsk institutt for vannforsknings årbok 1978, s 21-26.
- Grande, M. (1981): Lethal levels of pH for Atlantic salmon. Vatten 37: 109-114.
- Grande, M. (1983): Lethal effects of hexavalent chromium, lead and nichel on young stages of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in soft water. Vatten 39: 405-416.
- Gullestad, N. (1983): Perspektiver for akvakultur i Nordland. Nordland Distrikthøyskole. 182 pp.
- Haugen, R. (1985): Personlige opplysninger om oksygenering.
- Holm, J.C. (1985): Personlige opplysninger om oppdrett av settefisk i nøter.
- Ingebrigtsen, O. (red.) (1982): Akvakultur - oppdrett av laksefisk. NKS-forlaget. 359 pp.
- Pickering, A.D. (red.) (1981): Stress and fish. Academic Press. 367 pp.
- Train, R.E. (1979): Quality criteria for water. U.S. Environmental Protection Agency Washington D.C. Castle House Publ. 1979. 256 pp.
- Tryland, Ø. and Grande, M. (1983): Removal of cyanide from scrubber effluents and its effect on toxicity to fish. Vatten, 39: 169-174.
- Wheaton, F.W. (1977): Aquacultural Engineering. John Wiley & Sons, Inc. 708 pp.

VEDLEGG 1

BEREGNING AV ENERGIFORBRUK TIL PUMPING AV VANN TIL LANDBASERTE MATFISKAN-
LEGG

Forutsetninger

	<u>Laks</u>	<u>Ørret</u>
a) Fisketetthet kg/m ³	30	40
b) Dimensjonerende fiskestørrelse kg	2	2
c) Mengde fisk i anlegget t	100	80
d) Midlere vanntemperatur °C	9	9
e) Midlere O ₂ -kons. i vann, g/m ³ (90%metn.)	8,8	8,8
f) Laveste tillatte O ₂ -kons. g/m ³	6,0	6,0
g) Midlere O ₂ -forbruk, mg/kg fisk·min	2,0	2,3
h) Årsproduksjon, tonn	200	200
i) Løftehøyde pumpe, m	5	5

Beregninger

j) Anleggsvolum $\frac{(c)}{(a)} \cdot 10^3 \text{ m}^3$	3300	2000
k) Gjennomsnitt pumpet vannføring $\frac{(c) \cdot (g) \cdot \text{m}^3/\text{s}}{((e) - (f)) 60}$	1,2	1,1
l) Gjennomsnitt energiforbruk (k) (i) · 12 kW	72	66
m) Spesifikt energiforbruk til pumping $\frac{(l)}{(h)} \cdot 24 \cdot 365 \cdot 10^{-3} \text{ kWh/kg prod. fisk}$	3,2	2,9

VEDLEGG 2

Anleggskostnader for mæreanlegg, 200 t/år.

	Enhet	Antall	Enh.pris	Sub.tot.	<u>1000 kr</u> Tot.
1. <u>Anleggs/bygningsarbeider</u>					
<u>Driftsbygning</u>			r.s.	<u>700</u>	700
2. <u>Mekanisk utstyr ink. montasje</u>					
<u>Mærer</u>			r.s.	400	
Nøter/fortøyning			r.s.	300	
Flytebrygger/gangvei			r.s.	240	
Fórutstyr				<u>1000</u>	1940
3. <u>Elektrisk utstyr inkl. inst.</u>				<u>50</u>	50
SUM TOTALT					2690

VEDLEGG 3

Anleggskostnader for landbasert matfiskanlegg, 200 t/år.

	Enhet	Antall	Enh.pris	<u>1000 kr</u> Sub.tot.	Tot.
1. Anleggs/bygningsarbeider					
Grunnarbeider (fjell)	m ²	900	100 kr/m ²	90	
Forskaling av vegger	m ³	900	400 kr/m ³	360	
Betongvegger (20 cm)	m ³	200	650 kr/m ³	130	
" bunn (30 cm)	m ³	260	650 kr/m ³	170	
Armering (100 kg/m ³ betong)	tønn	50	5000 kr/t ₂	250	
Glatting	m ²	1200	25 kr/m ²	30	
Pumpestasjon			r.s.	70	
Anleggsprovisorer			20 %	200	
Delsum				<u>1300</u>	1300
2. Driftsbygning					
			r.s.	<u>700</u>	700
3. Rørledning for vanntilførsel og avløp (Ø 400 mm)					
	m	400	2000	<u>800</u>	800
4. Mekanisk utstyr inkl. montasje					
Føringsutstyr			r.s.	1000	
Mobile skillevegger	stk	6	r.s.	60	
Innløspumper 0,2 m ³ /s mot 5 m v.s. 12 kW motor	stk	3	60.000 kr/stk	180	
Blåsemaskiner 300 m ³ /h mot 3 m v.s. 12 kW	stk	3	40.000 kr/stk	120	
Strømsetter for sirkulasjon 5,5 kW	stk	2	20.000 kr/stk	40	
Rørapplegg lufting			r.s.	50	
Nødstrømsaggregat 50 kVA	stk	1	100.000 kr/stk	100	
				<u>1550</u>	1550
5. Elektrisk utstyr inkl. installasjon					
			r.s.	<u>200</u>	200
6. Tomt					
	m ²	1500	6 kr/m ²	<u>90</u>	90
SUM TOTALT					4640

VEDLEGG 4.

Produksjonskostnader, 200 t/år

PRODUKSJONSKOSTNADER	Mæreanlegg		Landbasert anlegg	
	1000 kr/år	kr/kg fisk	kg/år	kr/kg fisk
<u>1. Variable kostnader</u>				
Settefisk	1200	6,0	1200	6,0
Fôr	2000	10,0	1600	8,0
Assuranse av fisk (1,0 kr/kg år)	200	1,0	200	1,0
<u>2. Faste kostnader</u>				
Lønn	1200	6,0	900	4,5
Elektrisitet (0,26 kr/kWh)	5	0	100	0,5
Eiendomsskatt og forsikring (0,7 %)	15	0,1	30	0,2
Vedlikehold (2,0 %)	50	0,3	100	0,5
<u>3. Kapitalkostnader</u>				
Renter (10 % av tot.invest)	270	1,3	460	2,3
Avskrivninger (12 %)	320	1,6	560	2,3
	5260	26,30	5150	25,80

WA rapporter utgitt av NIVA

- 1/78 Tiltak i eksisterende avløpssystem. Delrapport 1.
C2-31 Kjell Øren. November 1978
- 1/79 Kjemisk felling med kalk og sjøvann. Del 2
C2-34 O-40/71 A Lasse Vråle. Juli 1979
- 2/79 Driftsresultater fra norske simulanfellingsanlegg.
C2-28 Lasse Vråle, Eilen A. V.k. Juli 1979
- 3/79 Slamavvanning med filterpresser. Del 1
O-78102 Bjørn-Erik Haugan. November 1979
- 4/79 Slamavvanning med filterpresser. Del 2
O-78102 Bjørn-Erik Haugan. September 1979
- 5/79 Sigevann fra søppelfyllplass.
C2-26 Torbjørn Damhaug, Arild Eikum,
Ole Jakob Johansen. August 1979
- 6/79 Vannforurensning fra veg.
O-79024 Eivind Lygren, Egil Gjessing,
John Ferguson. Desember 1979
- 9/79 Primærfelling med ulike fellingskjemikalier
ved Sandvika renseanlegg.
O-79001 Lasse Vråle. Desember 1979
- 1/80 Bakteriologiske forhold i norske og utenlandske
råvannskilder
O-78029 Jens J. Nygård. Februar 1981
- 2/80 Treatment of Septic Tank Sludge
Research Proposal
F-80413 Arild Eikum. Januar 1980
- 3/80 Industrifyllplass i Arendal-Grimstadregionen
Vurdering av vannforurensning og rensetekniske
tiltak for alternativene Gloseheia og Lundeheia
O-80016 Torbjørn Damhaug, Hans Holtan. Mars 1980
- 4/80 Utprøving av analysemetoder for PAH og kartlegging
av PAH-tilførsler til norske vannforekomster
A3 25 Lasse Berglind. Mars 1980
- 5/80 Mobil avvanning av septikslam
Utprøving av septikbil »HAMSTERN»
O-80019 Bjørn-Erik Haugan. November 1980
- 6/80 Tilføringsgrad
Kontroll og kalibrering av vannmålestasjon
ved Monserud kloakkrenseanlegg. Del 1
O-78107 Lasse Vråle. Oktober 1980
- 7/80 Tilføringsgrad
Forurensningstilførsler og beregning av
tilføringsgrad for Monserud renseanlegg i 1979. Del 2
O-78107 Lasse Vråle. Oktober 1980
- 8/80 Overløp i avløpsnett
Tilstand i dag og mulige tiltak
C2-32 Eivind Lygren. September 1980
- 9/80 Sikring av vannforsyning i Oslo mot
forurensninger ved uhell eller sabotasje
Vurdering av faremomenter. (Sperrert)
O-79084 Egil Gjessing, Jens J. Nygård. September 1980
- 10/80 Important aspects of water treatment in USA
XT-25 Eilen Arctander Vik. Juli 1980
- 11/80 Myrgrøfting, effekt på vannkvalitet
Noen observasjoner fra grøftet myrområde
i Røyken 1971-79
XK-05 Egil Gjessing. September 1980
- 12/80 Driftsundersøkelse av vannbehandlingsanlegg
F-80417 Torbjørn Damhaug. November 1980
- 13/80 Hvirveloverløp
Avskilling av sedimenterbart materiale og
flytestoffer i overløpsvann
O-79090 Eivind Lygren. Desember 1980
- 14/80 Use of UV and H₂O₂ in water and
wastewater treatment
Research Proposal
F-80415 Arild Schanke Eikum. Desember 1980
- 1/81 Treatment of potable water containing humus by
electrolytic addition of aluminium followed by
direct filtration
Research Proposal
F-80415 Eilen Arctander Vik. Januar 1981
- 2/81 Water research in developing countries
A desk survey about planning and ongoing
research projects
O-80028 Svein Stene Johansen. Januar 1981
- 3/81 VA-teknisk forsøkshall Sentralrenseanlegg Vest SRV
Notat
Arild Schanke Eikum, Arne Lundar. Februar 1981
- 4/81 Alkalization/hardening of drinking water
Research proposal
G-314 Egil Gjessing. Februar 1981
- 5/81 Tiltak mot forurensning fra fiskeoppdrett
Behandling av vann i resirkuleringsanlegg for fiskeoppdrett
Forskningsprogram 1981-1984
FP-80802 Arild Schanke Eikum, Eivind Lygren. Mai 1981
- 6/81 Tiltak i eksisterende avløpssystem. Delrapport 2
O-80018 Svein Stene Johansen. Mai 1981
- 7/81 Kalking av tilløp til lille Asketjern for fjerning av humus
Innledende forsøk. O-81065 Eilen Arctander Vik. August 1981
- 8/81 Tilføringsgrad for oppsamlingsnett
Status for eksisterende målinger
O-80055 Lasse Vråle. August 1981
- 9/81 A Water Pricing Study for Western Province,
Zambia. Draft !
O-81022 Svein Stene Johansen. September 1981
- 10/81 Fjerning av humus ved H₂O₂ tilsetning
og UV - bestråling
F-80415 Lasse Berglind. Oktober 1981
- 11/81 Treatment of Septic Sludge
European practice
O-80040 Arild Schanke Eikum. November 1981

- 12/81 **Silgrainsyre som fellingsmiddel for avløpsvann**
Buhrestua renseanlegg. Nesodden
O-80093 Lasse Vråle. Desember 1981
- 13/81 **Analyse av vannbehov i husholdninger, næringsvirksomhet institusjoner og til kommunaltekniske formål**
O-78028-01 Svein Stene Johansen, Kim Wedum. Desember 1981
- 1/82 **Fjerning av nitrogen fra kommunalt avløpsvann ved ammoniakkavdrivning**
F-81427 Torbjørn Damhaug. Mars 1982
- 2/82 **Rensing av sigevann fra søppelfyllplasser**
OF-80606 Torbjørn Damhaug. Juni 1982
- 3/82 **Hvirvelkammer og hvirveloverløp**
Regulering av vannføring og rensing av overløpsvann
O-79090 Eivind Lygren, Kim Wedum. Mai 1982
- 4/82 **Avvanning av septikslam i container**
O-81104 Bjarne Paulsrud. August 1982
- 5/82 **Kalibrering og justering av vannføringsmålere**
O-82011 Kim Wedum. Mai 1982
- 6/82 **Vurdering av driftsinstrukser og driftsforhold ved renseanlegg rundt Indre Oslofjord**
O-82004 Arne Lundar, Bjarne Paulsrud. August 1982
- 7/82 **Styring av kjemikaliedosering ved kjemiske renseanlegg**
Erfaringer med bruk av ledningsevne som styringsparameter
O-82025 Torbjørn Damhaug, Bjarne Paulsrud. August 1982
- 8/82 **Strålingskjemisk oksydasjon av organisk stoff i vann**
Programforslag. (Spærret)
F-80415 Kim Wedum. September 1982
- 9/82 **Slamstabilisering under høy temperatur ved bruk av rent oksygen**
F-81430 Bjørn-Erik Haugan. Oktober 1982.
- 10/82 **Tørrværsavsetninger i fellessystemrør**
O-82022 Oddvar Lindholm. November 1982
- 11/82 **Treatment of septage**
European practice
O-80040 Arild Schanke Eikum. Februar 1983
- 1/83 **Alkalisering av drikkevann**
Delrapport 1 NIVA/SIFF
F-82441 Eilen A. Vik. Mars 1983
- 2/83 **Industriavløp på kommunale renseanlegg**
Forbehandling av meieriavløp i luftede utjevningsbasseng
Delrapport 1
O-82017 Torbjørn Damhaug. Februar 1983
- 3/83 **Samlet optimalisering av avløpsrenseanlegg og avløpsledningsnett**
O-82124 Oddvar Lindholm. Februar 1983
- 4/83 **Driftskontrollprogram for galvanoidindustriens renseanlegg**
O-79049 Eigil Iversen. Mars 1983
- 6/83 **Optimalisering av galvanotekniske industrirensanlegg**
O-82119 Eigil Iversen. Mai 1983
- 7/83 **Utslipp av syre, løst organisk materiale og suspendert stoff fra Hunsfos Fabrikker og Norsk Wallboard juli-oktober 1982**
O-82067 Øivind Tryland. Mars 1983
- 8/83 **Analyseresultater for avløpsvann fra Mosjøen Aluminiumverk april-oktober 1982**
O-82027 Øivind Tryland. Mars 1983
- 9/83 **Vannforurensning ved bruk av kalksalpeter som støvdempingsmiddel på grusveger**
O-81050 Eivind Lygren, Reidun Schei. Juni 1983 (Spærret)
- 10/83 **Funksjonsprøving nr 2 av membran kammerfilterpresser VEAS Mars 1983**
O-82130 Lasse Vråle. Mars 1983
- 11/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**
Delrapport 1
Forurensningsproduksjon fra boligfelt med tett oppsamlingsnett i Sydskogen, Røyken kommune
O-81041 Lasse Vråle. April 1983
- 12/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**
Delrapport 2
Automatisk overvåking av vannforbruk og lekkasje som alternativ metode for beregning av tilføringsgrad. Resultater fra undersøkelser ved Sydskogen, Buhrestua og Siggerud.
O-81041 Lasse Vråle. Desember 1984
- 13/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**
Delrapport 3
Spillvannstapets resipient påvirkning i Siggerudgryta, Ski kommune
O-81041 Lasse Vråle. August 1983
- 14/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**
Delrapport 4
Spillvannstapets innvirkning på grunnvannskvalitet. Buhrestua rensesdrikt, Nesodden kommune.
O-81041 Lasse Vråle. Oktober 1984
- 15/83 **A feasibility study of fishfarming in Jordan**
O-83026 Eivind Lygren, Torbjørn Damhaug. Juni 1983 (Spærret)
- 16/83 **Driftsanalyse av Bekkelaget renseanlegg**
O-82005 Bjarne Paulsrud, Kim Wedum. Juni 1983 (Spærret)
- 17/83 **Water Research in Zambia**
A review of the need for water research
O-83014 Svein Stene Johansen. September 1983
- 18/83 **Water Research in Kenya**
A review of the need for water research
O-83014 Svein Stene Johansen. September 1983
- 19/83 **Water research in Tanzania**
A review of the need for water research
O-83014 Svein Stene Johansen, Torbjørn Damhaug. May 1984
- 20/83 **Mikrobiologisk angrep på gummipakninger til vann- og avløpsrør**
Programforslag
O-83033 Kim Wedum. Juni 1983 (Spærret)

- 21/83 **Slamdeponering ved norske mangansmelteverk**
Fysisk-kjemisk karakterisering av drenevann og virkninger av drenevann på biologiske forhold i resipienten
O-80058 Øivind Tryland, Harry Efraimsen. April 1983
- 22/83 **Sandstangen vannverk**
O-83079 Eilen A. Vik. Juni 1983 (Spærret)
- 23/83 **Erfaringer med mottak av septikslam på kommunale renseanlegg**
O-82037 Bjarne Paulsrud. Juli 1983
- 24/83 **Miljøgifter i overvann**
O-83063 Oddvar Lindholm. August 1983
- 25/83 **Arealfordeling av korttidsnedbør**
O-83005, F-83450 Oddvar Lindholm. Oktober 1983
- 26/83 **Urbanhydrologi i Sverige**
En litteraturstudie
O-83092 Oddvar Lindholm. November 1983
- 27/83 **Tørrværsavsetninger i fellessystemrør**
Fase II
O-82111 Oddvar Lindholm, November 1983
- 28/83 **Bruk av rent oksygen for luktreduksjon ved renseanlegg R-2, Lillehammer**
O-82083 Bjarne Paulsrud, Bjørn-Erik Haugan. November 1983
- 29/83 **Avsluttende funksjonsprøve for membran-filterpresser ved VEAS, oktober-november 1983**
O-83098 Lasse Vråle, Bjarne Paulsrud. November 1983 (Spærret)
- 30/83 **Emerging European Wastewater Treatment Technology Preliminary Description**
O-83150 Arild Schanke Eikum. Desember 1983 (Spærret)
- 31/83 **Treforedlingsindustriens avløpsvann**
Mikrobiell nedbrytning av klorert organisk materiale i blekeriavløpsvann
F-81434 Øivind Tryland, Harry Efraimsen. Desember 1983
- 32/83 **Suspensjoners synkehastighet**
Metode for analyse av finfordelte partiklers synkehastighet i vann
F-81434 Øivind Tryland. Desember 1983
- 33/83 **Silgrainsyre som fellingsmiddel ved SRV, VEAS Slemmestad**
O-82102 Lasse Vråle, P. Sagberg. Desember 1983. (Spærret)
- 1/84 **Industriavløp på kommunale renseanlegg**
O-82017 Torbjørn Damhaug. Januar 1984
- 2/84 **Luftet lagune for rensing av sigevann**
Delrapport 1. Driftserfaringer
O-83027 Ragnar Storhaug. Februar 1984
- 3/84 **Highway pollution in a Nordic Climate**
O-79024 Eivind Lygren. Mars 1984
- 4/84 **An evaluation of large-scale algal cultivation systems for fish feed production**
O-84002 Torbjørn Damhaug et al. Februar 1984 (Spærret)
- 5/84 **Matematisk modell av avløpsrenseanlegg**
O-82124/F-83448 Oddvar Lindholm. Februar 1984
- 6/84 **Adsorption in Water Treatment Fluoride Removal**
FP-83828 Eilen A. Vik. Februar 1984
- 7/84 **Analyse av vannføringsdata**
O-81113 Kim Wedum. Januar 1984
- 8/84 **Renseeffekt i Heistad renseanlegg med og uten tilkopling av industrielt avløpsvann**
O-83093 Øivind Tryland. April 1984
- 9/84 **Hygienisering av slam ved bruk av rent oksygen**
F-81430 Bjarne Paulsrud, Bjørn-Erik Haugan, Gunnar Langeland. Juli 1984
- 10/84 **Slamavvanning med filterpresser ved SRV**
Økonomisk sammenligning av Lasta membran-filterpresser og Rittershaus & Blecher kammerfilterpresser
O-83098 Lasse Vråle, Bjarne Paulsrud. Mai 1984 (Spærret)
- 11/84 **Separat behandling av slamvann fra avvanning av septikslam**
Biologisk rensing ved bruk av aktivslam
O-83021 Ragnar Storhaug. Juni 1984
- 12/84 **Industriutslipp til vassdrag**
Aveininger for å beskytte resipienten, eksempel fra en tekstilbedrift
OF-81618 Bjørn-Erik Haugan, Kim Wedum. April 1984 (Spærret)
- 13/84 **Treforedlingsindustriens avløpsvann**
Virkning av peroksyd og UV-bestråling på klororganisk materiale og farge i celluloseblekeriers avløpsvann
F-81434 Øivind Tryland. Mai 1984
- 14/84 **Driftsassistanse**
Vannrenseanlegg, ÅSV A/S Fundo Aluminium
O-83141 Eigil Iversen, Torbjørn Damhaug. Juni 1984
- 15/84 **Ammonium som forureningsparameter**
O-83035 Kim Wedum. August 1984
- 16/84 **Driftsoppfølging av Biovac renseanlegg for helårsbolig**
O-82101 Bjarne Paulsrud. September 1984
- 17/84 **Kalkfelling på små renseanlegg**
O-83067 Ragnar Storhaug. Oktober 1984
- 18/84 **Hygienisering av slam ved lufttilførsel (Janca-prosessen)**
O-84050 Bjarne Paulsrud, Gunnar Langeland. September 1984
- 19/84 **Utvikling av lukket mærkonstruksjon.**
Prosessløsning og optimalisering
O-84091 Kjell Maroni, Eivind Lygren, Bjørn Braaten. Oktober 1984. (Spærret)
- 20/84 **Forureningsproduksjon fra husholdning**
Halvårlig sommerundersøkelse fra Sydsbogen i 1983, Røyken kommune.
F-83451 Lasse Vråle. Oktober 1984
- 21/84 **Luftet lagune for rensing av sigevann**
O-83027 Ragnar Storhaug. April 1985
- 22/84 **Avløpsvannmengder tilført påslippene ved SRV i 1983 og 1984**
O-83090 Lasse Vråle. April 1985

WA rapporter utgitt av NIVA

- 1/85** Spesifikk forurensningsproduksjon fra husholdning
Enkel litteraturstudie
O-84131-01 Lasse Vråle. Mars 1985
- 2/85** Kritisk analyse av spesifikke forurensningsmålinger
O-84131-02 Lasse Vråle. Mars 1985
- 3/85** Treatment of leachate in aerated lagoons
Lab-scale study
O-84022 Ragnar Storhaug. Juli 1985
- 4/85** Fiskeoppdrett på Grønerudstøa, Nesodden
O-85233 Bjørn Braaten, Torbjørn Damhaug. Juni 1985
- 6/85** Driftsassistanse - Vannrenseanlegg ved Steens Fornikling A/S
O-84157 Øivind Tryland. August 1985
- 7/85** Spillvarmebasert akvakulturanlegg i Tyssedal
Forprosjekt
O-85226 Kjell Maroni, Erlend Waatevik. September 1985 (Sperrret)
- 8/85** Driftsassistanse - Avløpsledning
Høvik Lys A/S
O-85221 Øivind Tryland, Eigil Iversen,
Åse K. Rogne. August 1985
- 10/85** Rensing av blyholdig avløpsvann.
Undersøkelser ved Sønnak Batterier A/S
O-85222 Eigil Iversen, Øivind Tryland. September 1985
- 12/85** Overføring av avløpsvann fra Bekkelaget rensedistrikt
til Sentralrenseanlegg Vest, SRV.
Noen vurderinger av VA-tekniske konsekvenser
O-85147 Lasse Vråle. Oktober 1985
- 14/85** Vann- og avløpstekniske løsninger for Helleberg hytteområde
Nordstul, Store-Ble, Notodden kommune
O-85292 Lasse Vråle. Oktober 1985
- 15/85** Fremdriftsrapport for Frogn Vannverk
Perioden juni-oktober 1985
O-85211 Lasse Vråle. Oktober 1985