

5.3 Vannbehov og reguleringsmekanismer for norske settefiskanlegg

Sveinung Fivelstad, Høgskulen i Bergen
 Yngve Ulgenes, SINTEF vann og miljø
 Terje Jahnsen, Fiskeridirektoratet
 Martin Binde, Kompetansesenteret for sjømat, Mattilsynet
 Morten Lund, Åsen Settefisk AS
 Erling Keiserås, Raumagruppen
 Alf Albrigtsen, Fiskeridirektoratet, region Trøndelag

Denne artikkelen gjengir en del av kapittel 5 fra *Rapport fra utvalg for vurdering av alternativt avgrensningsform for settefiskanlegg*. Kapittelet omhandler et forslag til inndeling av settefiskanlegg i tre ulike kategorier. Utvalget ble nedsatt av Fiskeridirektøren våren 1999, på bakgrunn av en henvendelse fra Fiskeridepartementet. Alf Albrigtsen var leder for utvalget. Mandatet var å utrede fundamentet for § 6 og § 7 nr. 2 i *Forskrift om klekking av rogn og produksjon av settefisk* samt å foreslå en alternativt avgrensningsform.

NEVNT PARAGRAFER LØD SOM FØLGER:

§ 6: Tillatelse etter denne forskrift kan gis for en produksjonskapasitet på inntil 2,5 million settefisk per år.

§ 7 nr. 2: Ved vurdering legges til grunn at nødvendig minimumsbehov for ferskvann vil være 1,5 m³ vann/min for en produksjon av 100 000 stk. sjødyktig settefisk.

For en tid tilbake trådte det i kraft en ny settefiskforskrift. I stedet for en individbegrensning innførte man der en biomassegrense utregnet fra et behov på 0,3 L vann/kg/fisk/min, men med muligheter for reduserte krav ved dokumentasjon av tiltak som vannbehandling o.a. Nærmere kravspesifikasjoner og grenseverdier ble ikke gitt, men er noe man gjennom denne rapporten har sett nærmere på. Det gjøres oppmerksom på at den endelige anvendelsen av denne rapporten ikke blir tatt stilling til i denne artikkelen.

VANNBEHOV OG RISIKO VED ULIKE ANLEGGSTYPER

I prinsippet har vi tre typer av anlegg :

- Enveis anlegg med oksygentilsetning
- Halvlukkede anlegg (med lufting, oksygenering og partikkelfjerning)
- Lukkede anlegg: (som B, men med biofilter i tillegg)

For alle anleggskategoriene gjelder det at de må ha en god kvalitet på det nye vannet (behandlet råvann som skal inn til fisken). Dette innebærer at pH-verdien skal være tilfredsstillende, vannet skal ikke ha forhøyet totalt gasstrykk (nitrogenovermetning), og det skal ikke inneholde konsentrasjoner av toksiske metaller (f.eks. aluminium eller jern) over grenseverdiene. Kategoriene A–C er grove inndelinger.

TYPE A-ANLEGG

Vanngjennomstrømningen vil her være en av de viktigste begrensende faktorene. Oppdretteren forsøker å produsere mest mulig yngel og smolt per liter tilgjengelig vann. Yngelen og smolten er også blitt større de siste årene, og biomassen i anleggene har økt. I tillegg øker veksthastigheten ved oppvarming av vannet, og dermed øker også fiskens oksygenforbruk. I mange smoltanlegg blir derfor oksygen tilsatt innløpsvannet. Vanngjennomstrømningen (per kg fisk) kan derved reduseres, og produksjonskapasiteten øker.

Det spesifikke vannbehovet kan beskrives med følgende formel:

$$(1) \quad q_0 = \frac{M}{DO_{inn} - DO_{ut}}$$

der q_0 er det spesifikke vannbehovet (L/kg/min), M er oksygenforbruket (mg/kg/min) og DO_{inn} and DO_{ut} er henholdsvis oksygenkonsentrasjonen i innløpsvannet (mg/L) og avløpsvannet (mg/L). Denne formelen kan også skrives som:

$$(2) \quad q_0 = \frac{M}{d}$$

der d er differansen mellom innløp og avløp ($DO_{inn} - DO_{ut}$).

Risikoen for negative effekter på fisken øker med økende d -verdi. Konsentrasjonen av karbondioksid øker proporsjonalt med økende d -verdi, og pH-reduksjonen i vannet øker også med økende d -verdi. Denne differansen (d) uttrykker forholdet mellom oksygenforbruket og det spesifikke vannforbruket:

$$(3) \quad d = \frac{M}{q_0}$$

Differansen gir et godt uttrykk for produksjonsintensiteten i anlegget. En kan redusere q_0 når oksygenforbruket minker og dermed bruke en konstant verdi for differansen d . Reduksjonen i vannmengde fører til økning i karbondioksid, reduksjon i pH og økning i total ammonium-nitrogen.

Reduksjonen i pH samt økningen i karbondioksidinnholdet og total mengde ammonium-nitrogen, er proporsjonal med denne differansen. Reduksjonen i pH er ellers avhengig av vannets bufferkapasitet. Det spesifikke vannforbruket vil bare være et godt mål dersom oksygenforbruket er konstant.

Differansen d i oksygeninnhold mellom innløp og avløp ble sett på som et viktig mål for produksjonsintensiteten. **Grensen for d -verdien kan foreløpig settes til 10 (mg/L).** Når d -verdien er 10 mg/L og fiskens oksygenforbruk er 3 mg/kg/min, er det spesifikke vannbehovet 0,3 L/kg/min. Dette er for eksempel for lite vann i en startføringsavdeling med en vanntemperatur på 15–16 °C, mens det er mye vann for stor smolt holdt ved lav vanntemperatur. Når en opererer med et vannkrav på 0,3 L/kg/min, er dette et estimat som skal sikre nok vanntilgang i intensive perioder, bl.a. om høsten når biomassen er høy samtidig som vanntemperaturen er høy. Fiskens oksygenforbruk vil da lett komme opp i 3 mg/kg/min.

Generelt er d -verdien et bedre mål på produksjonsintensiteten enn vanngjennomstrømning som sådan. Dersom disse relasjonene skal brukes, er kravene at oppdretter måler oksy-

geninnhold i innløpsvannet (daglig), avløpsvannet (daglig) og vanngjennomstrømningen (en gang i uken i hvert basseng). Tabell 1 angir aktuelle måleparametere i A-anlegg.

TYPE B-ANLEGG

Det karakteristiske ved B-anleggene er at det i tillegg til oksygenering av innløpsvannet er innført utlufting av karbondioksid og partikkelfjerning. Det betyr at d -verdien beskrevet under type A-anlegg ikke lenger kan brukes til å beregne konsentrasjonen av karbondioksid. Det kan være mulig å luften ut 50 % av mengde utskilt karbondioksid.

Dette kan føre til en reduksjon i vannmengden fra 0,3 L/kg/min til 0,15 L/kg/min. Her må virkningsgraden til systemet undersøkes nøye, og det blir større behov for å måle konsentrasjonen av karbondioksid. Dette vil også gjelde for suspendert materiale.

Ellers er det langt på vei de samme vannkvalitetsparametrene som gjør seg gjeldende for type B- som for type A-anlegg. Det spesifikke for anleggene er måling av karbondioksid og suspendert materiale. Det kan være mulig å gå lavere ned enn 0,15 L/kg/min nytt vann i slike anlegg, men risikoen vil være økende.

TYPE C-ANLEGG

Ved SINTEF har man i mange år arbeidet med resirkuleringsystemer for oppdrett av laksefisk, spesielt settefisk.

Tabell 1

Aktuelle måleparametere ved internkontroll i type A- og B-anlegg.
Parameters to measure as part of internal control of type A and B smolt farm facilities.

PARAMETER	VERDI	KOMPETANSE-NIVÅ	FREKVENNS
Vannforbruk ¹	A: 0,3 L/kg/min B: 0,15 L/kg/min	3 2	Ukentlig Ukentlig
pH	6,2–6,8	2	Daglig
Oksygenmetning	> 80 < 120 %	3	Daglig
O ₂ : Innløp – Avløp	A: < 10 mg/L B: ingen grenseverdi	3	Daglig
O ₂ – innløp	> 90 %	3	Daglig
O ₂ – avløp	> 80 %	3	Daglig
Oksygen i kar	> 80 %	3	Daglig
Karbondioksid ²	< 15 mg/L	1	Ukentlig
Suspendert materiale	B: ≤ 10 mg/L	1	Månedlig
Aluminium (labilt)	< 5 µg/L	1	Etter behov
Al på gjeller	≤ 30 µg/g-gjelle	1	V/behov/salg

Fotnoter.

Kompetansenivå lik 1 vurderes som krevende. ¹Det gjøres oppmerksom på at et vannforbruk på 0,3 L/kg/min ikke er tilstrekkelig i en startføringsavdeling med liten yngel eksponert for vanntemperaturer på 15–16 °C. ²Karbondioksidkonsentrasjon på 15 mg/L kan ha subletale effekter på fisken. Det er heller ikke her tatt hensyn til at karbondioksid har forskjellig partialtrykk ved forskjellige temperaturer, og at karbondioksid kan ha forskjellig toksisitet for ulike livsstadier og ved forskjellige temperaturer. Videre forskning er her nødvendig for å komme med mer detaljerte forslag.

Dette er forenklete systemer som bør ha et stort potensial for anvendelse i Norge, der man tradisjonelt har hatt en meget avventende holdning til resirkulering. Med bruk av slike systemer mener vi det vil være mulig å øke den norske settefiskproduksjonen betydelig, basert på de vannressurser som allerede er utbygd. Samtidig vil bruk av ny teknologi sammen med alternative strategier for produksjon, leveransetidspunkt for settefisk m.m. kunne åpne for store muligheter innen næringen.

Vi har i dette notatet ikke gitt noen beskrivelse av teknologi eller viktige prinsipper for resirkulering; bare en meget kortfattet gjennomgang av noen viktige begreper knyttet til resirkulering av vann ved oppdrett av laksefisk. Som fagområde er resirkulering meget omfattende. Det som er gjengitt her, er utelukkende knyttet til vannforbruk og krav til målinger/registreringer.

UTFORMING AV SYSTEMER FOR NORSKE FORHOLD

Mange resirkuleringssystemer som markedsføres internasjonalt er utformet med tanke på å minimalisere vannforbruket i produksjonen. Dette kan være begrunnet på flere måter:

- liten vanntilgang
- krav til høy temperatur
- strenge krav til utslipp
- desinfeksjon av inntaksvann eller avløpsvann

I Norge er som regel tilgangen på vann betydelig bedre enn i andre deler av verden. Minimalisering av vannforbruket er derfor ikke et hovedmotiv. Ved kun å legge vekt på et redusert vannforbruk, kan man utforme enkle oppdrettssystemer – noe som også gir en enklere drift og mindre risiko ved bruk av resirkulering. Med “vannforbruk” menes i denne sammenhengen tilførsel av “nytt vann” til systemet.

Hvis man angir vannforbruket i et gjennomstrømningssystem til 100 %, kan man ved forenklet resirkulering redusere vannbehovet til 5–10 %, mens man i mer intensive systemer kan redusere vannforbruket ned i området 0,1–1 %, sammenlignet med gjennomstrømning. Ved resirkulering menes her systemer som minst inkluderer ammoniumfjerning i biofilter som en del av vannbehandlingen. Ved det lavest angitte vannforbruket (intensive systemer), vil det sannsynligvis også være behov for fjerning av nitrat (denitrifikasjon).

Generelt kan vi hevde at graden av kompleksitet i systemene er omvendt proporsjonal med vannforbruket, dvs. at intensive systemer med meget lavt vannforbruk er til dels meget komplekse. De intensive systemene er dessuten ofte utviklet for arter som tåler “dårligere” vann enn laksefisk, men som krever relativt høy temperatur (15–25 °C).

Det er i grunnen ingen nedre grense for vannforbruk i et resirkuleringssystem, hvis vi ser bort fra fordamping. Det kommer bare an på hvor mye vannbehandling som inkluderes i prosessen.

Man kan eksempelvis ta utgangspunkt i vannets oppholdstid i systemet, dvs. hvor lang tid det tar å fylle det totale volumet i anlegget med “nytt vann”. Det er en viktig faktor for å bestemme dimensjoneringen og graden av vannbehandling ved resirkulering.

Ved å sammenligne teoretisk oppholdstid i noen vanlige systemer kan dette angis som følger:

- Gjennomstrømning : 1–2 timer (maksimum anbefalt oppholdstid ca. 1,5 time for å oppnå god selvrensing)
- Enkel resirkulering med kun lufting: 1,5–4 timer
- Forenklet resirkulering med biofilter: 12–24 timer
- Intensive resirkuleringssystemer: > 10 døgn

Tabell 2

Aktuelle måleparametere ved internkontroll i et type C-anlegg.
Parameters to measure as part of internal control of type C smolt farm facilities.

PARAMETER	HYPPIGHET	METODE	ANBEFALT VERDI
Oksygen	Daglig, ev. logges	Elektrode	> 80 %
Temperatur	Daglig, ev. logges	Elektrode	> 5 °C ¹⁾
pH	3 ggr. per uke	Elektrode	> 6,5 ²⁾
Nitritt (NO ₂ -N)	1 gg. per uke	Vannprøve (analyse eksternt ?)	< 0,1 mg/L (ferskvann) < 0,5 mg/L (sjøvann)
Ammonium (TAN)	1 gg. per uke	Vannprøve (analyse eksternt ?)	< 1 - 2 mg /L ³⁾
Suspendert stoff (SS)	1 gg. per uke	Vannprøve (analyse eksternt ?)	< 10 mg/L ⁴⁾

Fotnoter

¹⁾ Bør være minst 7–10 °C ved oppstart (uten fisk).

²⁾ Kan tolerere ned mot 6,3 (nitrifikasjonen påvirkes negativt ved lav pH).

³⁾ Hvis nitrifikasjonen går normalt, bør man ligge i dette området.

⁴⁾ Usikker verdi – ved høyere innhold av SS kan dette indikere førspill, ev. dårlig selvrens.

Dette er bare en meget grov inndeling av systemene. Det finnes flere anleggstyper som står i en mellomstilling mellom forenklet resirkulering og intensive systemer.

I et system som er bygget for resirkulering, vil vannforbruket ofte være konstant og uavhengig av hvor mye fisk som er i anlegget. I forenklet resirkulering er dette slik. Det vil i praksis si at dersom anlegget er i drift, vil det være et forutbestemt vannforbruk basert på systemets utforming og dimensjonering slik at det spesifikke vannforbruket basert på biomasse vil variere med fisketettheten (biomasse per m³).

Resultater og erfaringer fra forsøk med resirkuleringssystemer tilsier at man med denne formen for resirkulering kan oppnå et spesifikt vannforbruk ned mot 0,01 L/min/kg fisk (fiskevekt 100–200 g). Våre anbefalinger med hensyn til nedre spesifikke vannforbruk er 0,02–0,04 L/min/kg for fisk i størrelsesorden 100–200 g, temperatur 10–12 °C. For mindre fisk vil sannsynligvis kravet til spesifikt vannforbruk bli litt høyere (0,05 L/min/kg).

For å oppnå dette nivået i vannforbruk er det forutsatt at systemet både er riktig utformet med hensyn til hydrauliske forhold og at det anvendes riktig. I tillegg forutsettes det at kvaliteten av fôret er god, og at det er lite førstøv.

KRAV TIL REGISTRERINGER OG MÅLINGER VED BRUK AV RESIRKULERING

Ved oppstart av et resirkuleringsanlegg vil man få en periode med forhøyet innhold av nitritt i vannet. Dette skyldes at bakteriell omsetning av ammonium til nitrat (nitrifikasjon) er en to-trinnsprosess. Nitritt som er produktet fra første trinn, er substrat for 2. trinn i omsetningen. De to bakterietypene (*Nitrosomonas* og *Nitrobacter*) vokser relativt seint, og det tar ofte lang tid før man har en stabil nitrifikasjon i systemet. I nye anlegg kan det ta spesielt lang tid før en stabil nitrifikasjon er i gang, og dette skyldes som regel at det tar noe tid før bakteriene klarer å feste seg til vokseflatene i biofilteret.

Forhøyet nitritinnhold i vannet ved oppstart av nitrifikasjon er helt normalt. Nitritt er imidlertid giftig for fisk, og vi anbefaler derfor sterkt at man sørger for å ha en stabil nitrifikasjon i biofilteret *før* fisken settes inn i systemet. Når nitrifikasjonen først er kommet i gang, er denne prosessen relativt stabil og robust.

Når det gjelder målinger og registreringer, har vi satt opp dette i tabell 2. Med hensyn til hva som er nødvendig å måle i slike anlegg, vil man etter hvert som man får noe erfaring med driften av systemet, kunne lese mye av forandringer i vannets oksygeninnhold og pH samt utseendet på vannet i karet (mye/lite partikler).