

Dokumentasjonsvedlegg til  
søknad om ny settefiskkonsesjon for  
Marine Harvest Norway AS  
i Stongfjorden i Askvoll kommune



R  
A  
P  
P  
O  
R  
T

**Rådgivende Biologer AS 1291**





# Rådgivende Biologer AS

**RAPPORT TITTEL:**

Dokumentasjonsvedlegg til søknad om ny settefiskkonsesjon for Marine Harvest Norway AS i Stongfjorden i Askvoll kommune

**FORFATTER:**

Bjarte Tveranger og Geir Helge Johnsen

**OPPDRAGSGIVER:**

Marine Harvest Norway AS, Sandviksboder 78 A, 5035 Bergen

**OPPDRAGET GITT:**

August 2009

**ARBEIDET UTFØRT:**

2009

**RAPPORT DATO:**

15.mars 2010

**RAPPORT NR:**

1291

**ANTALL SIDER:**

27

**ISBN NR:**

ISBN 978-82-7658-743-2

**EMNEORD:**

- Nytt settefiskanlegg
- Konsekvensutredning
- Askvoll kommune

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS  
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen  
Foretaksnummer 843667082-mva

Internett : [www.radgivende-biologer.no](http://www.radgivende-biologer.no)

E-post: [post@radgivende-biologer.no](mailto:post@radgivende-biologer.no)

Telefon: 55 31 02 78    Telefaks: 55 31 62 75

**Forsidefoto:** Det nye smoltanlegget i Stongfjorden i Askvoll (Fra Marine Harvest Norway AS).

## FORORD

Marine Harvest Norway AS planlegger å søke om konsesjon for et nytt og stort settefiskanlegg, med en årlig produksjon på 7,5 millioner smolt i Stongfjorden i Askvoll kommune i Sogn og Fjordane. Sogn og Fjordane Energi eier Stongfjord kraftverk, og Marine Harvest Norway AS har inngått avtale om å benytte driftsvannet til settefiskproduksjon.

Rådgivende Biologer AS er bedt om å utarbeide nødvendig dokumentasjonsgrunnlag for en slik søknad om settefiskanlegg. Dokumentasjonen skal tjene som grunnlag for en vurdering av utslippsløyve etter Forurensningsloven samt vurdering og for den samlede konsesjonsramme for settefiskanlegget etter Akvakulturloven.

I henhold til KU-forskriften medfører prosjektets størrelse at det skal vurderes konsekvensutredet (KU), men dette er ikke noe absolutt krav. Samtidig styrer og samordner Plan- og bygningsloven areal- og ressursbruken i kommunene. Tiltaksområdet er avsatt som LNF-område i arealdelen av kommuneplanen for Askvoll kommune, og det 9.mars 2010 er det sendt melding om oppstart av detaljregulering for tiltaket, med offentlig utlegging av forslag til planprogram for tilhørende KU. Foreliggende søknadsdokumentasjon er derfor tilpasset den parallelle KU-prosessen for reguleringsplanen. Det vil bli utført en omfattende kartlegging av biologisk mangfold, der både kartlegging av landarealene (til planprosessen) og ikke minst strandområdene og sjøområdene vil bli kartlagt. Disse utredninger vil tidligst bli ferdigstilt sommeren 2010, siden innholdet i planprogrammet først må stadfestes av Askvoll kommune.

Foreliggende dokumentasjon tilsvarende den gjennomgang og dokumentasjon som vanligvis benyttes ved tilsvarende (men mindre) konsesjonssøknader for settefiskanlegg. Det er ikke foretatt nye undersøkelser i forbindelse med denne utredningen, og det er i dokumentet vist til hva som eventuelt vil bli videre utredet parallelt med selve søknadsprosessen. Søker håper Sogn og Fjordane fylkeskommune kan ta søknaden under behandling parallelt med pågående planprosess.

Rådgivende Biologer AS takker Marine Harvest Norway AS, ved Ørjan Tveiten, for oppdraget.

Bergen, 15.mars 2010.

## INNHOOLD

Forord .....	2
Innhold .....	2
Sammendrag .....	3
Settefiskanlegget i Stongfjorden .....	4
Avgrensning av tiltaks- og influensområdet .....	16
Områdebeskrivelse .....	17
Vurdering av konsekvenser .....	23
Referanser .....	25
Vedlegg om vannbruk i settefiskoppdrett .....	26

## SAMMENDRAG

*Tveranger, B. & G.H. Johnsen 2010.*

*Dokumentasjonsvedlegg til søknad om ny settefiskkonsesjon for Marine Harvest Norway AS i Stongfjorden i Askvoll kommune*  
*Rådgivende Biologer AS, rapport 1291, 27 sider, ISBN 978- 82-7658-743-2*

Marine Harvest Norway AS søker om ny konsesjonen for en produksjon av 7,5 millioner sjødyktig settefisk på lokaliteten Stongfjorden i Askvoll kommune etter Akvakulturloven. Anlegget skal bygges som et kombinert gjennomstrømnings- og resirkuleringsanlegg med bruk av ferskvann og sjøvann. Ferskvannskilden er produksjonsvann fra Stongfjord kraftverk, der det har vært produsert strøm i over 100 år. Denne rapporten oppsummerer foreliggende grunnlagsdokumentasjon for konsesjonsbehandlingen.

Produksjonen vil bestå av 7,5 millioner 150 grams sjøklar settefisk fordelt på fire puljer á 1,875 millioner smolt levert som høstsmolt rundt 1. oktober, sein høstsmolt rundt 15. desember, tidlig ettårsmolt rundt 1. mars og ettårsmolt rundt 25. mai, til sammen 7,5 millioner og 1125 tonn levert fisk. Det er da regnet et svinn på omtrent 28 % eller 50 tonn underveis i produksjonen. Med en antatt samlet biologisk förfaktor på 1,2 over hele produksjonen, vil det medgå 1410 tonn för årlig.

Anlegget skal benytte ferskvann fra Stongfjord kraftverk, som igjen har sitt vanninntak i Oslandsvatnet-Stongsvatnet, som har et 17,3 km<sup>2</sup> stort nedbørfelt. Samlet gjennomsnittlig avrenning fra vassdraget er på 114 m<sup>3</sup>/min. Vassdraget inneholder tre oppdemte innsjøer (Oslandsvatnet-Stongsvatnet, Botnastølvatnet og Svelivatn) med en samlet magasinkapasitet på 10,4 mill m<sup>3</sup>.

Marine Harvest Norway AS har derfor inngått avtale med Sogn og Fjordane energi om leveranse av inntil 72 m<sup>3</sup>/min fra Stongfjord kraftverk som middel uttak til smoltanlegget samt en garantert minstevannføring på 30 m<sup>3</sup>/min i de periodene kraftverket enten ikke kjører eller kjører på lav strømproduksjon. Anlegget planlegger også en betydelig pumpekapasitet på sjøvann på opp til 80 m<sup>3</sup>/min med rensed og UV-desinfisert sjøvann. Dette, sammen med tilførselen av ferskvann, vil sikre den omsøkte produksjonen.

Avløpsvannet fra anlegget skal slippes urensed ut i sjø innerst i Stongfjorden på rundt 30 meters dyp. Siden avløpet skal gå ut i en stor fjord med betydelig vannutskifting, antas det gode strøm- og vannutskiftingsforhold i utslippsområdet med liten grad av akkumulerende forhold rundt avløpet. I forbindelse med denne utvidelsen søkes det om urensed utslipp til sjø.

Det er gjort avtale om kjøp av et vel 20 mål stort område for det nye anlegget. Tiltaksområdet er avsatt som LNF-område i arealdelen av kommuneplanen for Askvoll kommune, og 9.mars 2010 er det sendt melding om oppstart av detaljregulering for tiltaket, med offentlig utlegging av forslag til planprogram for tilhørende KU.

Den oppstartede reguleringsplanprosessen inneholder en plan for innhold i de tilhørende konsekvensutredningene. Ved videre utlysing og behandling av den foreliggende søknad, vil disse utredningene foreligge, sammen med de nødvendige utredninger knyttet til behandling av søknaden. I dette tilfellet vil det i hovedsak gjelde dokumentasjon i forbindelse med vurdering av utslippsløvet. Det vil også bli gjennomført en betydelig kartlegging av biologisk mangfold både i strandsone og i selve tiltaksområdet. Dette vil foreligge tidligst sommeren 2010, og vil bli ettersendte søknaden.

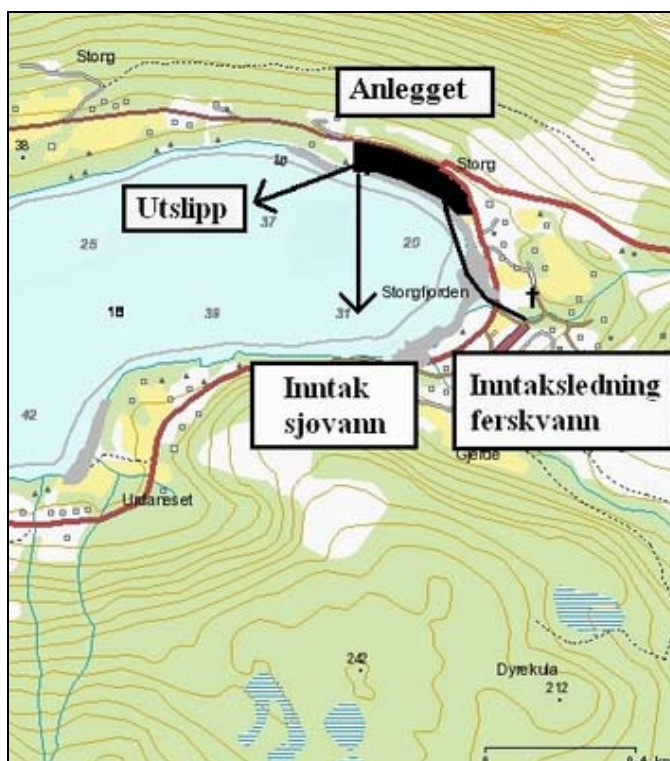
En utvidelse ved anlegget vil gi samfunnsmessige positive ringvirkninger, med antatt 10 – 15 nye arbeidsplasser tilknyttet anlegget samt ringvirkninger til lokalt næringsliv for øvrig.

# SETTEFISKANLEGGET I STONGFJORDEN

Marine Harvest Norway AS er i ferd med å etablere grunnlag for smoltproduksjon i Stongfjorden. Rettigheter er etablert på tilgang på omtrent 20 da areal og planlegger en årlig produksjon på 7,5 mill smolt (**figur 1**). Tiltaksområdet er avsatt som LNF-område i arealdelen av kommuneplanen for Askvoll kommune, og 9.mars 2010 er det sendt melding om oppstart av detaljregulering for tiltaket, med offentlig utlegging av forslag til planprogram for tilhørende KU.

## Anlegget

Anlegget vil bli liggende langs sjølinjen like nedenfor riksvei 363/609 innerst i Stongfjorden og ha sitt ferskvannsinntak fra produksjonsvannet til Stongfjord kraftverk ved utløpet av Stongselva. Anlegget vil ha sitt utslipp og sitt sjøvannsinntak innerst i Stongfjorden (**figur 1**).



**Figur 1.** Oversikt over det nye smoltanlegget med tilhørende inntak av ferskvann fra Stongfjord kraftverk, utslipp og sjøvannsinntak i Stongfjorden.

Anlegget vil bli bygget som en kombinasjon av et gjennomstrømnings- og et resirkuleringsanlegg (**figur 2**). Klekkeriet vil ha 9 klekkeskap for 650 l øyerogn. Starfôringsavdelingen, påvekst 1- og påvekst 2- avdelingen vil bli drevet med resirkuleringsteknologi. Påvekst 3-avdelingen skal drives som et gjennomstrømningsanlegg med bruk av ferskvann og sjøvann.

I resirkuleringsanlegget vil vannforsyningen bestå av 98 % resirkulert vann og 2 % nytt vann. Ferskvannet blir partikkelrenset gjennom et mekanisk filter, ammonium blir avgiftet i et biofilter, vannet blir UV-behandlet for å fjerne bakterier og virus, luftet for å fjerne karbondioksyd og til slutt tilsatt oksygen før det returneres til tankene. Mengden nytt vann er beregnet til 60 m<sup>3</sup> pr time.

Karkapasiteten for tilvekst i gjennomstrømningsanlegget er fordelt på følgende kar:

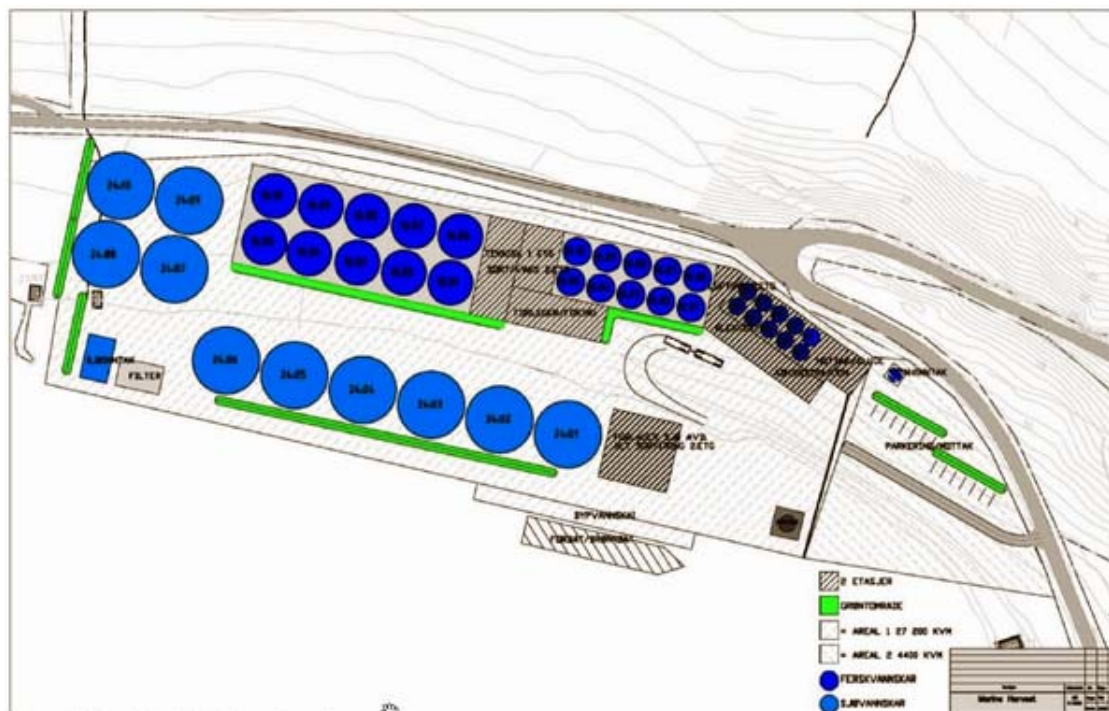
- 10 stk 6 m kar (startfôring) med vannhøyde 1,8 m og volum på 50,0 m<sup>3</sup> = 500 m<sup>3</sup>
- 10 stk 24 m kar (påvekst 3) med vannhøyde ca 3 m og volum på 1300 m<sup>3</sup> = 13000 m<sup>3</sup>

Karkapasiteten for tilvekst i resirkuleringsanlegget er fordelt på følgende kar:

- 10 stk 10 m kar (påvekst 1) med vannhøyde 3,8 m og volum på 300 m<sup>3</sup> = 3000 m<sup>3</sup>
- 10 stk 16 m kar (påvekst 2) med vannhøyde 3,5 m og volum på 700 m<sup>3</sup> = 7000 m<sup>3</sup>

Med dette resirkuleringsanlegget vil karkapasiteten for påvekst på anlegget bli på totalt 23.000 m<sup>3</sup>, fordelt på 10 000 m<sup>3</sup> i resirkuleringsanlegget og 13 000 m<sup>3</sup> i gjennomstrømningsanlegget. Disse vil bli utstyrt med CO<sub>2</sub> lufting. Med en maksimalbelastning på 497 tonn i anlegget i desember, vil gjennomsnittstettheten i karene ikke overstige 21,6 kg/m<sup>3</sup>. Tettheten i påvekst 1 resirkuleringsavdelingen og i påvekst 2 resirkuleringsavdelingen vil for hver enkelt gruppe ikke overstige henholdsvis 24,5 og 29,4 kg/m<sup>3</sup>. Tettheten i påvekst 3 sjøvann/ferskvann uteavdelingen vil for hver enkelt gruppe ikke overstige 21,6 kg/m<sup>3</sup>.

Marine Harvest Norway AS er i ferd med å etablere grunnlag for smoltproduksjon i Stongfjorden. Rettigheter er etablert på tilgang på omtrent 20 da areal tilsvarende en planlagt årlig produksjon på 7,5 mill smolt (**figur 1** og **2**). Rettighetene omfatter opsjon for kjøp av nødvendig areal for anlegg (datert 11. september 2009), samt tilgang på et gjennomsnitt uttak av vann på inntil 72 m<sup>3</sup>/min med nødvendig på inntil 30 m<sup>3</sup>/min fra Sogn og Fjordane Energi (datert 5. mars 2010).



**Figur 2.** Oversikt over anlegget sine ulike avdelinger og kar, der mørkeblå kar er ferskvannsavdeling og lyseblå kar viser ferskvann- sjøvannsavdeling. Dette er en foreløpig og generell skisse.

I dag er det SFE som disponerer vannretten/fallretten, der vannet fra det oppdemmete Stongsvatnet benyttes til produksjon av kraft i Stongfjord Kraftverk. Stongfjorden var tidlig ute med kraftproduksjon med vann fra Stongavassdraget der bygden alt i 1907 produserte elektrisk strøm til den første elektrokjemiske industrien og til bygden for øvrig som fikk innlagt strøm i husene sine. I 1907 bygget British Aluminium Company (BACO) Skandinavias første aluminiumsfabrikk. Fabrikken var i drift fram til 1945. Etter dette overtok Stongfjordanleggene fallrettene og bygningene til BACO. Disse gikk imidlertid konkurs i 1952, og først i 1963 starter Helle Fabrikker opp med produksjon av kniver, o.l. i den gamle fabrikkbygningen. I 1977 fikk selskapet store økonomiske problemer og solgte kraftstasjonen i Stongfjorden og fallrettene til Ytre Fjordane Kraftlag. Sogn og Fjordane Energi AS ble etablert som et nytt kraftkonsern fra 2003 etter en fusjon av selskapene SFE, Ytre Fjordane Kraftlag (YFK), Gloppen Elektrisitetsverk (GEV), Firdakraft og Eid Energi. En kan således konkludere med at et nytt stort settefiskanlegg i Stongfjorden basert på vannressursene i Stongavassdraget vil være en fortsettelse av den industriaktiviteten som starten opp i bygden for over 100 år siden med grunnlag i oppdemmingen av flere vann i Stongavassdraget og byggingen av Stongfjord kraftverk.



## Vanninntak og vannbehandling

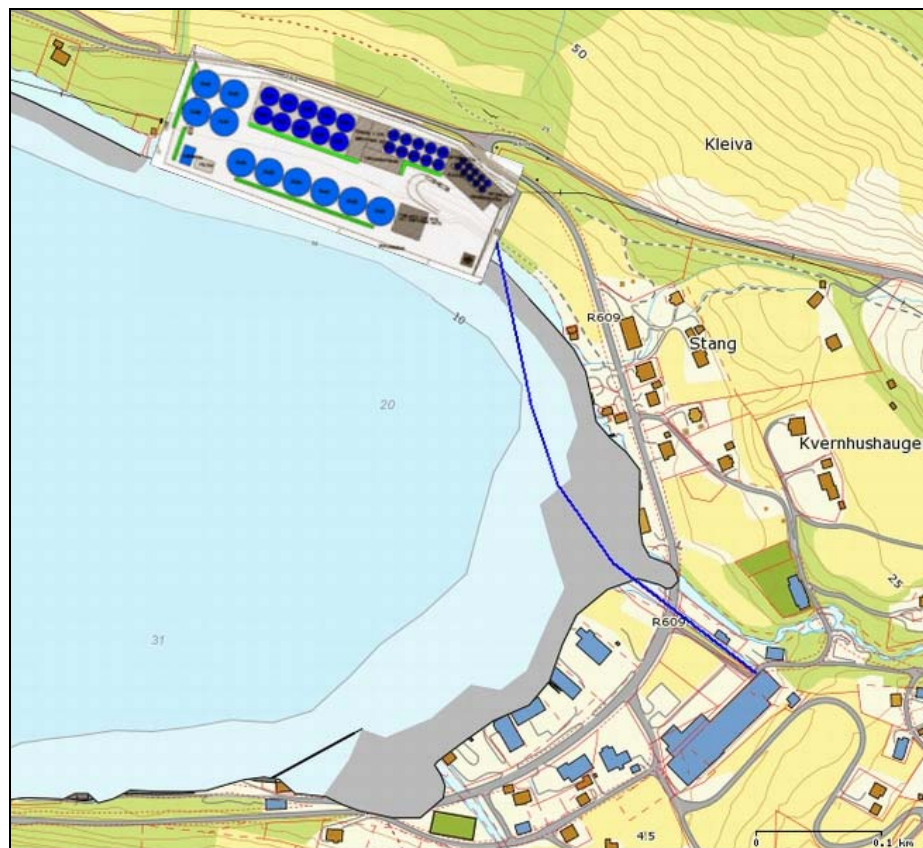
Anlegget skal ha sitt inntak i tilknytning til Stongfjorden kraftverk, som igjen har sitt inntak i Oslandsvatnet - Stongsvatnet (100 moh) (NVE nr 1739), som er 0,779 km<sup>2</sup> stort. Det planlegges en rundt 400 m lang inntaksledning for ferskvann fra Stongfjord kraftverk og bort til anlegget med en dimensjon på 800 mm PEH (jf. **figur 1** og **4**).

Det er ikke tatt stilling til om ledningen fra kraftverket skal legges nedgravd langs utløpet av Stongselva, nedgravd i kanalen fra den tidligere fabrikk, eller gravd ned i grunnen langs kanalen. Utforming av ledningstrasé fra kraftverket vil skje i samråd med kommunen og øvrige instanser på en slik måte at miljøet rundt den tidligere fabrikk blir ivarettatt på best mulig måte (jf. **figur 3**).

**Figur 3.** Kanal med vann fra fabrikk. Bygningen er "Baden" - folkebadet som BACO bygget. (Foto: Arild Nybø, NRK).



**Figur 4.** Anlegget skal benytte driftsvannet til Stongfjord kraftverk og planlegger å legge en rundt 400 m lang inntaksledning ( $\varnothing = 800$  mm PEH) fra kraftverket langs utløpselven/kanalen, ut i fjorden og bort til anlegget.



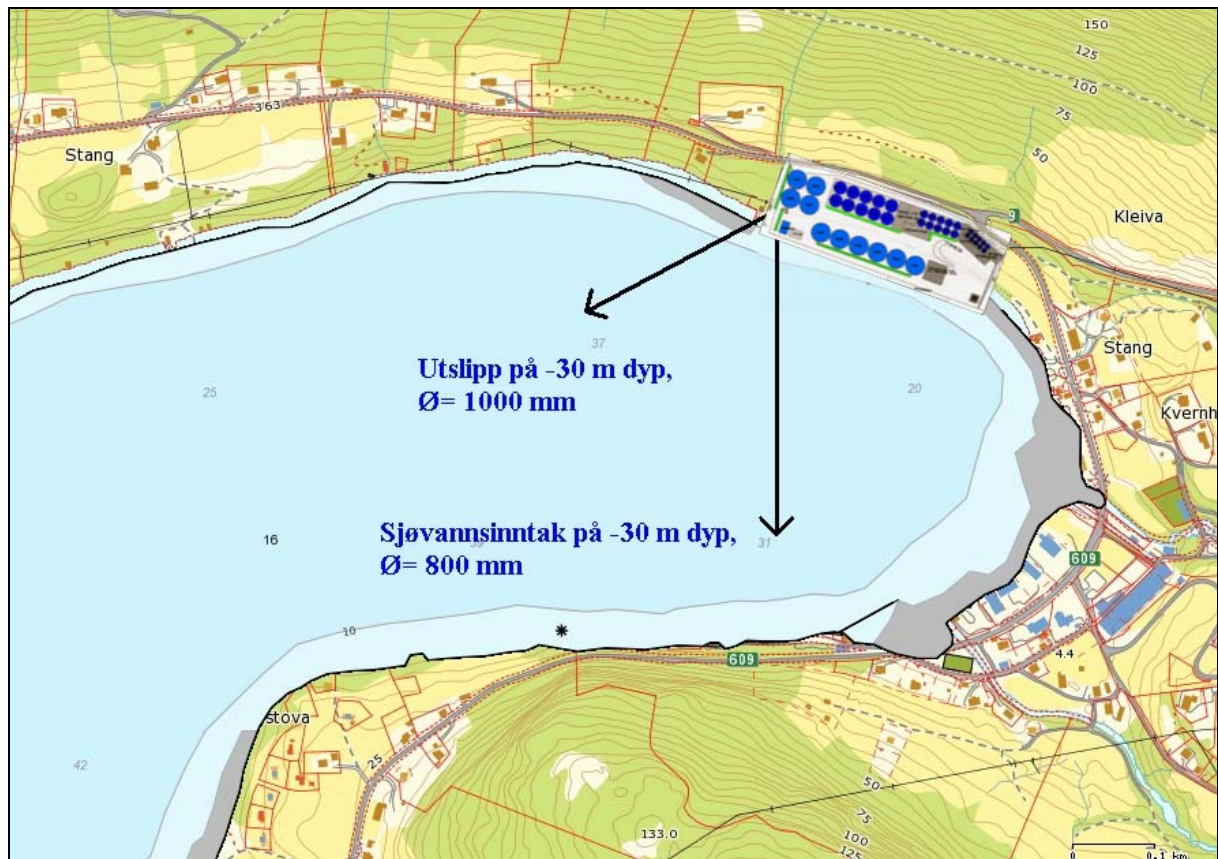
Vannet skal videre ledes via bukten innerst i Stongfjorden og inn til ett stort blande basseng på 2000 m<sup>3</sup> på anleggsområdet hvor vannet luftes og tilsettes og blandes med kalk og silikat. Det bufrete vannet fordeles deretter internt på anlegget. Da det er liten høydeforskjell fra inntaket for ferskvann, skal vannet pumpes bort til anlegget. Dette skal sikre en leveringskapasitet på opp mot 80 m<sup>3</sup>/min. Avtalen med SFE innebærer i praksis levering av vann utenfor "døren" til smoltanlegget.



Anlegget planlegger oksygeneringsanlegg med tilførsler både til driftsvannet og ved diffusorer til de enkelte karene. En vil benytte opptil 200 % oksygentilsetning på inntaksvannet i hele produksjonssyklusen fram til smoltutsett. Det skal investeres i utstyr som sørger for oksygentilsetning til driftsvannet samt individuell oksygentilsetning til hvert kar, der det monteres diffusorer for å sikre jevn og stabil oksygentilsetning. Her benyttes et system med datastyrte magnetventiler som gir automatisk tilførsel av oksygen. Magnetventilene åpner seg ved en nedre grense på 8 mg O<sub>2</sub>/l vann, og stenges ved en oksygenmetning på 10 mg O<sub>2</sub>/l vann.

I tillegg vil det på alle de nye store 24 m karene bli etablert system for intern sirkulasjon av vannet og utlufting av CO<sub>2</sub>. Dette systemet gir en vesentlig vannsparings effekt samtidig som det gir fisken et stabilt og godt miljø ved lavt vannbruk. Dette systemet utgjør et nyttig beredskapstiltak for vannsparing i de periodene en har langvarige tørre perioder med lav avrenning og tilførsler av vann til anlegget. Likeså viktig er det en sikkerhet for uforutsette hendelser som f. eks en midlertidig stopp i vanntilførselen (lekkasjer og brudd på inntaksledningen, strømstans og pumpevikt).

Anlegget planlegger å ta inn sjøvann via et inntak på 30 m dyp ( $\Phi = 800$  mm, lengde: vel 0,5 km) rundt 0,5 km fra utslippet, jf. **figur 5**. Vannet planlegges filtrert gjennom en 90  $\mu$ m filterduk (UNIK hjulfilter) og UV-behandles før det benyttes på anlegget, dvs i påvekstfasen. Det planlegges en sjøvannspumpekapasitet med UV behandling på 80 m<sup>3</sup>/min. Sjøvann benyttes aktivt fra fisken er vel 100 gram, og innslaget øker gradvis til full sjøvannstilvenning fram mot levering.



**Figur 5.** Anlegget planlegger et utslipp på 30 m dyp på nordsiden av Stongfjorden samt et sjøvannsinntak på 30 m dyp på sørsiden av fjorden.

## Planlagt produksjon

Anlegget legger opp til å produsere følgende fire grupper med smolt:

- 1,875 mill stk høstsmolt, snittvekt 150 gram for levering i uke 40 (rundt 1. oktober)
- 1,875 mill stk sein høstsmolt, snittvekt 150 gram for levering i uke 51 (rundt 15. desember)
- 1,875 mill stk tidlig ettårssmolt, snittvekt 150 gram for levering i uke 9 (rundt 1. mars)
- 1,875 mill stk ettårssmolt, snittvekt 150 gram for levering i uke 21 (rundt 25. mai)

Produksjonssyklusen i anlegget er planlagt som følger: 2,4 millioner yngel klekkes og startføres i januar (uke 3) vel ni uker etter innlegging av 2,6 mill stk øyerogn tidlig i november. Denne gruppen føres fram til 1,875 millioner 150 grams høstsmolt for salg i uke 40 (rundt 1. oktober). 2,4 millioner yngel klekkes og startføres tidlig i april (uke 14) vel ni uker etter innlegging av 2,6 mill stk øyerogn helt i slutten av januar. Denne gruppen føres fram til 1,875 millioner 150 grams sein høstsmolt for salg i uke 51 (rundt 15. desember). 2,4 millioner yngel klekkes og startføres i juni (uke 24) vel ni uker etter innlegging av 2,6 mill stk øyerogn i april. Denne gruppen føres fram til 1,875 millioner 150 grams tidlig ettårssmolt for salg i uke 9 (rundt 1. mars). 2,4 millioner yngel klekkes og startføres i september (uke 36) vel ni uker etter innlegging av 2,6 mill stk øyerogn i slutten av juni. Denne gruppen føres fram til 1,875 millioner 150 grams ettårssmolt for salg i uke 21 (rundt 25. mai).

For å få full utnyttelse av anlegget skal produksjonen skal være mest mulig strømlinjeformet i den forstand at det brukes totalt 47 – 48 uker på å få fram hver gruppe fra rogninnlegg til smolten er ute av anlegget. Hver gruppe oppholder seg i omtrent likt antall uker i hver avdeling på anlegget for på den måten å oppnå et effektivt skille mellom hvert innlegg i hver avdeling, samt at all fisken alltid er ute av en avdeling før neste gruppe kommer inn. På denne måten oppnås det et generasjonsskille mellom de ulike gruppene av fisk, samt at hver gruppe holdes innenfor hver sin egen smittemessige enhet (jf. **figur 6**).

Anlegget skal bygges slik at hver gruppe med fisk totalt sett skal gjennom fem ulike avdelinger i anlegget før levering. Øyeroggen legges inn i klekkeriet, som etter 10 uker klekkes og flyttes over i startfôringshallen på gjennomstrømming som 0,2 grams yngel. Når yngelen er ferdig startfôret blir den flyttet over i påvekst 1 resirkuleringsavdelingen som 3,5 grams yngel. Når yngelen er rundt 36 gram flyttes den over i påvekst 2 resirkuleringsavdelingen. Når fisken er vel 60 gram settes den på 5 uker med 12/12 t lysstyring. Når fisken er rundt 105 gram flyttes den over til påvekst 3 uteavdelingen (gjennomstrømming ferskvann og sjøvann), vaksineres og settes på 24 t lys. Etter fem uker smoltifiserer fisken og leveres fra anlegget tre uker senere som 150 grams settefisk.

Produksjonssyklusen for de ulike innleggene er som følger: Det legges inn øyerogn i klekkeriet med det første innlegget i uke 46. Den nyklekte yngelen flyttes over i startfôringshallen tidlig i uke 3, samtidig som klekkeriet rengjøres og desinfiseres for et nytt rogninnlegg senere i uke 3. Etter startfôringen flyttes yngelen over i påvekst 1 avdelingen tidlig i uke 13. I uke 14 flyttes den nyklekte yngelen fra innlegg nr 2 til startfôringshallen, og det legges inn en gruppe nr 3 av øyerogn i klekkeriet samme uke (jf. **figur 6**).

I uke 24 flyttes den første gruppen med fisk ut av påvekst 1 avdelingen til påvekst 2 avdelingen. I samme uke flyttes den startfôrete yngelen fra innlegg nr 2 til påvekst 1 avdelingen, og den nyklekte yngelen fra gruppe nr 3 fra klekkeriet til startfôringshallen. I uke 26 legges det inn øyerogn fra gruppe nr 4.

I uke 33 flyttes den første gruppen med fisk ut av påvekst 2 avdelingen til påvekst 3 uteavdelingen (de store 24 m karene). I uke 35 flyttes den startfôrete yngelen fra innlegg nr 2 fra påvekst 1 avdelingen til påvekst 2 avdelingen, og den startfôrete yngelen fra innlegg nr 3 flyttes i uke 34 til påvekst 1 avdelingen. Den nyklekte yngelen fra gruppe nr 4 flyttes tidlig i uke 36 fra klekkeriet til startfôringshallen.

Sjøklar settefisk fra det første innlegget leveres fra uteanlegget i uke 40. I uke 44 flyttes gruppe nr 2 ut av påvekst 2 avdelingen til påvekst 3 uteavdelingen. I starten av uke 45 flyttes fisken fra innlegg nr 3 til påvekst 2 avdelingen, mens den startförete yngelen fra innlegg nr 4 tidlig i uke 46 flyttes fra startföringshallen til påvekst 1 avdelingen. I uke 46 legges det inn et nytt parti øyerogn i klekkeriet.

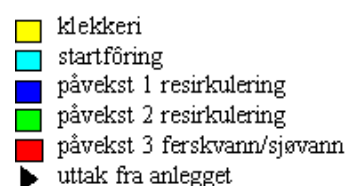
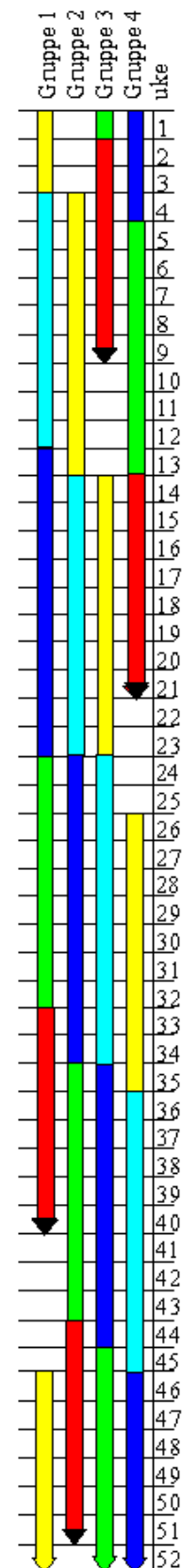
Sjøklar settefisk fra det andre innlegget leveres fra anlegget i uke 51. I uke 2 flyttes gruppe nr 3 ut av påvekst 2 avdelingen til påvekst 3 uteavdelingen, mens gruppe nr 4 flyttes fra påvekst 1 avdelingen til påvekst 2 av delingen i uke 5. Samtidig flyttes den nyklekte yngelen fra den nye årsklassen til startföringshallen tidlig i uke 3, samtidig med et nytt innlegg av øyerogn i klekkeriet senere i uke 3.

Sjøklar settefisk fra det tredje innlegget leveres fra anlegget i uke 9, mens det fjerde innlegget går fra påvekst 2 avdelingen til påvekst 3 uteavdelingen i uke 14. I uke 13 flyttes den startförete yngelen fra den nye årsklassen til påvekst 1 avdelingen, den nyklekte yngelen fra neste innlegg flyttes i uke 14 til startföringshallen, samtidig med et nytt innlegg av øyerogn i klekkeriet i uke 14.

Sjøklar settefisk fra det fjerde innlegget leveres fra anlegget i uke 21, samtidig som de nye innleggene 3 uker senere flyttes over til sine respektive avdelinger ihht **figur 6**, med et nytt innlegg av øyerogn i klekkeriet i uke 26.

Det skal benyttes gjennomstrømming av ferskvann som holder 8 °C i klekkeriet og 14 °C i startföringshallen. Det skal benyttes resirkulering av ferskvann i påvekst 1 avdelingen og påvekst 2 avdelingen som holder 14 °C. Det skal benyttes en blanding av ferskvann og sjøvann i påvekst 3 uteavdelingen som holder en vekslende temperatur mellom 7 °C og 14 °C.

All fisk får 12/12 t lysstyring i påvekst 2 avdelingen i fem uker før overføring til påvekst 3 uteavdelingen. Ved overføring til påvekst 3 uteavdelingen blir all fisken vaksinert og satt på 24 t lys.



**Figur 6.** Detaljert produksjonsplan for anlegget basert på fire like innlegg av 2,8 mill stk øyerogn i klekkeriet.

Anlegget legger opp til følgende driftssyklus (jf. **tabell 1** og **figur 7**):

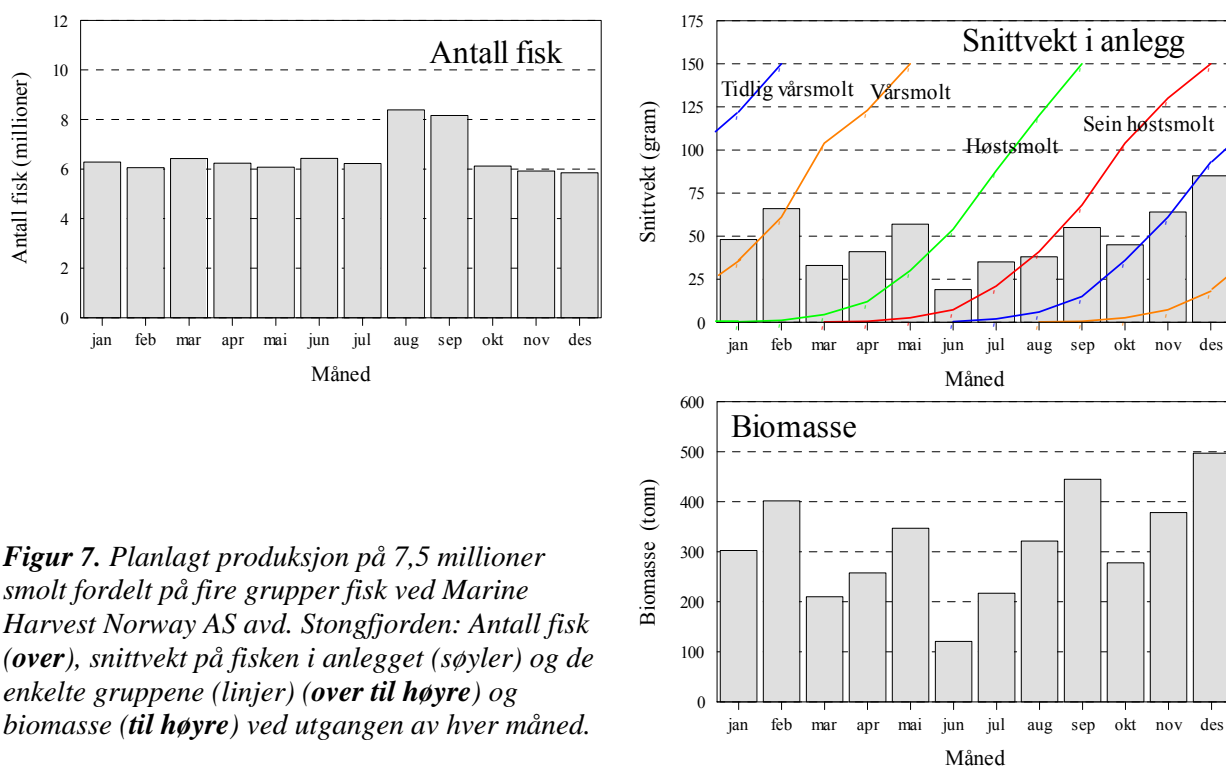
**Tabell 1.** Beskrivelse av planlagt driftssyklus på anlegget i Stongfjorden med overslag over fiskemengde ved utgangen av hver måned gjennom året av alle typer fisk, samt samlet mengde i anlegget. Gjennomsnittlig produksjonstemperatur for de ulike gruppene er angitt.

	Tidlig høstmolt			Høstmolt			Tidlig ettåring			Ettåring			Samlet i anlegget			
	temp °C	antall 1000	snittvekt gram	mengde tonn	antall 1000	snittvekt gram	mengde tonn	antall 1000	snittvekt gram	mengde tonn	antall 1000	snittvekt gram	mengde tonn	antall 1000	snittvekt gram	mengde tonn
J	14/7*	2400	0,3	0,7				1885	122	230,0	2000	36	72,0	6285	48	302,7
F	14/7*	2250	1,1	2,5				1875	150	281,3	1935	61	118,0	6060	66	401,8
M	14/7*	2100	4,5	9,5	2400	0,2	0,5				1925	104	200,2	6425	33	210,1
A	14/7*	2050	12	24,6	2300	0,6	1,4				1885	123	231,9	6235	41	257,8
M	14	2000	30	60,0	2200	2,6	5,7				1875	150	281,3	6075	57	347,0
J	14	1935	54	104,5	2100	7,3	15,3	2400	0,4	1,0			6435	19	120,8	
J	14	1925	88	169,4	2050	21	43,1	2250	2	4,5			6225	35	217,0	
A	14	1885	120	226,2	2000	41	82,0	2100	6	12,6	2400	0,2	0,5	8385	38	321,3
S	14	1875	150	281,3	1935	68	131,6	2050	15	30,8	2300	0,6	1,4	8160	55	445,0
O	13				1925	104	200,2	2000	36	72,0	2200	2,6	5,7	6125	45	277,9
N	9				1885	130	245,1	1935	61	118,0	2100	7,3	15,3	5920	64	378,4
D	7				1875	150	281,3	1925	93	179,0	2050	18	36,9	5850	85	497,2

\* 7 °C på ettåringen (gruppe 3 og 4)

Samlet levert mengde fisk i anlegget blir 1125 tonn. Samlet årlig produksjon i anlegget blir da på omtrent 1175 tonn. Det er i disse produksjonsanslagene regnet omtrent 28 % svinn/utsortering fra startfôring og gjennom produksjonssyklusen fram til fisken er levert fra anlegget. Dette tapet utgjør en samlet fiskemengde på ca 50 tonn for hele anlegget (fra **tabell 1**). Med en fôrfaktor på 1.2, vil det medgå 1410 tonn fôr årlig.

Det planlagte anlegget vil ha en maksimalbelastning på 445 tonn fisk i september og 497 tonn fisk i desember.



**Figur 7.** Planlagt produksjon på 7,5 millioner smolt fordelt på fire grupper fisk ved Marine Harvest Norway AS avd. Stongfjorden: Antall fisk (**over**), snittvekt på fisken i anlegget (søyler) og de enkelte gruppene (linjer) (**over til høyre**) og biomasse (**til høyre**) ved utgangen av hver måned.

## Planlagt vannbruk

I det følgende er det foretatt en teoretisk utregning av vannbehovet for det planlagde anlegget. Forutsetningene for benyttelse av oksygenering og spesifikt vannbehov for de forskjellige størrelsene av fisk er spesifisert og følger vanlige aksepterte normer.

Spesifikt vannbehov for laks (l/min/kg fisk, jfr. **tabell 2**) er hentet fra Gjedrem (1993), der vannbehovet er regnet ut fra at inntaksvannet holder en oksygenmetning på minst 95 %, og at utløpsvannet (uten oksygentilsetting) inneholder 7 mg O<sub>2</sub> pr l vann. 7 mg O<sub>2</sub>/l vatn er regnet som nedre grense der lavere oksygenmetning gir redusert tilvekst på settefisken. Ved beregningene for Marine Harvest Norway AS avd. Stongfjorden er nedre grense i karet satt til 8 mg O<sub>2</sub> pr l vann, og spesifikt vannbehov i **tabell 2** er regnet ut fra tilsvarende verdi og med 200 % oksygenmetning i driftsvannet aleine.

Tilsetting av oksygen gir en vannsparingseffekt. Det finnes ulike måter å tilsette oksygen på, men de vanligste er tilsetting av oksygen til driftsvannet i tillegg til individuell oksygentilsetting til hvert kar. Basert på de ulike prinsippene for tilførsel av oksygen kan en oksygenere vannet som kommer inn til fisken i karet til 200 - 400 % metning. Det er mulig å dimensjonere og tilpasse oksygentilsettingen til den ønskede overmetningen en ønsker på ha på anlegget. Det gjøres oppmerksom på at det ikke er ønskelig at det i karet er noe særlig mer enn rundt 100 % overmetning, og forsøk som Sintef Fiskeri og Havbruk AS har utført for Marine Harvest Norway AS i perioden 2003 – 2007 viser at det oksygenovermettede vannet raskt fortynnes til karetets oksygennivå i kort avstand fra vanninntaket selv med en overmetning på 250 % av driftsvannet i innløpsrøret. Oksygenmetningen i karet blir tilpasset ved den mengde oksygenovermettet vann som kommer inn i anlegget, slik at fisken forbruker oksygen av det vannet som kommer inn i anlegget. Karlufterne sørger for at CO<sub>2</sub> nivået i karene ikke overstiger 15 - 20 mg CO<sub>2</sub>/liter. Anlegget har planer om å installere dette systemet på alle de større utekarene. I vannberegningene er det ikke lagt til grunn at man ved bruk av karluftere kan redusere vannbehovet til under 0,1 l/kg fisk/min, men dette vil bli diskutert i forbindelse med vannsparende tiltak ved ekstraordinære tørkeperioder. Det vises forøvrig til vedlegg om utvikling av vannbruk i settefisknæringen bakerst i dokumentasjonen.

I vannberegningene er det tatt hensyn til at hver gruppe skal gå 20 uker i resirkuleringsanlegget før overflytting til uteavdelingen i henhold til **figur 5**. For noen måneder (mars og august for gruppe 1, juni og oktober for gruppe 2, august og januar for gruppe 3 samt november for gruppe 4), vil den beregnede middelvannbruken for hver gruppe da være utregnet ut i fra en periode i resirkuleringsanlegget og en periode i startfôringshallen eller uteavdelingen. I **tabell 2** er det også tatt hensyn til at den andre gruppen av fisk er ute av anlegget rundt 15. desember. Sjøvann benyttes aktivt i produksjonen når fisken kommer fra resirkuleringsanlegget til karanlegget (påvekst 3 sjøvann/ferskvann) og fram til ferdig smolt.

En benytter lysregime for å få i gang smoltifiseringsprosessen på hver gruppe. I resirkuleringsanlegget starter en med 12/12 t lysstyring når fisken er rundt 60 gram. Etter fem uker flyttes fisken ut til karanlegget når den er vel 100 gram der den vaksineres og kjøres på 24 t lys i åtte uker. Samtidig starter en innblanding av sjøvann til 10 %. Tilsettingen av sjøvann økes gradvis til 30 % etter 4 uker da fisken er 130 gram og smoltifisert. De siste fire ukene går fisken på rent sjøvann fram til den er 150 gram.

Litt forenklet regner man en gjennomsnittlig 15 % innblanding på gruppene den første måneden, noe som utgjør 43 % av vannbruket. Den siste måneden går fisken på tilnærmet rent sjøvann (30 %), noe som utgjør 86 % av vannforbruket.

Vannbruket i det planlagte anlegget vil være størst i månedene mai, med 56 m<sup>3</sup>/minutt og i månedene august og september, med henholdsvis 54 og 84 m<sup>3</sup>/minutt teoretisk beregnet forbruk i disse to månedene (**tabell 2** og **figur 8**). Det beregnede ferskvannsbehovet er høyest i august, med ca 32 m<sup>3</sup>/minutt. Sjøvannsbehovet er høyest i september, med 70 m<sup>3</sup>/minutt. Vannforbruket beregnes fra en



kombinasjon av fiskens størrelse og vanntemperaturen. Det er på denne tiden at fisken vokser best og det er størst biomasse i anlegget.

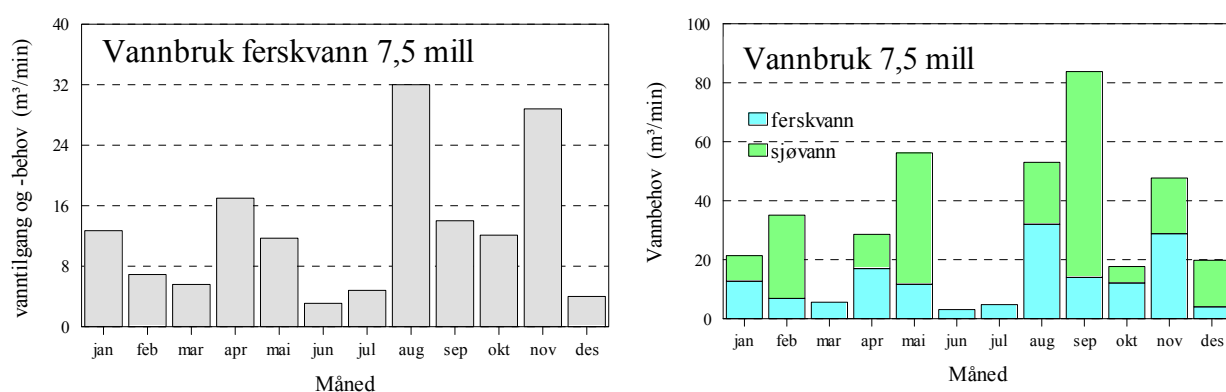
Anlegget vil ha tilgjengelig inntil 72 m<sup>3</sup>/min ferskvann fra Stongfjord kraftverk. Anlegget vil også få en sjøvannspumpekapasitet inkludert UV-behandling på 75 m<sup>3</sup>/min. Dette innebærer at anlegget har en tilgjengelig ferskvanns- og sjøvannskapasitet som langt overstiger vannbehovet basert på 200 % oksygenmetning av inntaksvannet, noe som innebærer at anlegget enten kan gi fisken mer vann enn behovet, eller redusere oksygentilsetningen og øke vannforsyningen. Anlegget vil normalt benytte seg av det ferskvannet som til enhver tid er tilgjengelig for smoltproduksjon, men kan som vist benytte nokså lite ferskvann om det ut fra spesielle forhold skulle være behov for det.

Den samlede ferskvanns- og sjøvannskapasiteten sikrer således anlegget en trygg og sikker vannforsyning til den omsøkte produksjonen.

**Tabell 2. Månedlig oversikt over spesifikt oksygenbehov for hver gruppe (mg O/kg), beregnet vannbehov basert på 200 % oksygenmetning (m<sup>3</sup>/min) og spesifikt vannbehov for hver gruppe (l/kg/min) samt samlet vannbehov og gjennomsnittlig spesifikt vannbehov i anlegget for en produksjon på 7,5 mill fisk basert på produksjonsplanen i tabell 1.**

Mnd	Tidlig høstsmolt			Høstsmolt				Tidlig ettåring				Ettåring				Samlet i anlegget			
	mg O/kg	m <sup>3</sup> /min ferskv.	m <sup>3</sup> /min sjøv.	mg O/kg	m <sup>3</sup> /min ferskv.	m <sup>3</sup> /min sjøv.	l/kg/min	mg O/kg	m <sup>3</sup> /min ferskv.	m <sup>3</sup> /min sjøv.	l/kg/min	mg O/kg	m <sup>3</sup> /min ferskv.	m <sup>3</sup> /min sjøv.	l/kg/min	m <sup>3</sup> /min ferskv.	m <sup>3</sup> /min sjøv.	totalt	l/kg/min
J	12,15	0,7	0,97					1,96	11,5	8,7	0,09	2,27	0,5*			12,7	8,7	21,3	0,07
F	9,3	1,8	0,75					1,96	4,6	28,2	0,12	2,16	0,5*			6,9	28,2	35,2	0,12
M	6,9	4,2	0,44	12,15	0,5		0,97					2,04	1*			5,6		5,6	0,01
A	5,1	0,5*		10,1	1,1		0,81					1,96	15,4	11,2	0,12	17	11,6	28,7	0,14
M	4,3	0,5*		8,58	3,9		0,69					2,75	7,3	44,5	0,18	11,7	44,5	56,2	0,22
J	4,04	0,5*		5,96	1,8		0,12	10,1	0,8		0,81					3,1		3,1	0,01
J	3,92	1*		4,53	0,5*			9,17	3,3		0,73					4,8		4,8	0,04
A	3,6	27,9	21	0,22	4,14	0,5*		6,28	3,2		0,25	12,15	0,5		0,97	32	21	53	0,24
S	3,6	11,4	69,8	0,29	3,98	1*		4,84	0,5*			10,1	1,1		0,81	14	69,8	83,7	0,26
O				3,64	7,5	5,6	0,07	3,92	0,5*			8,05	4,2		0,73	12,1	5,6	17,8	0,04
N				2,54	25	18,9	0,18	2,67	0,5*			3,98	3,3		0,21	28,8	18,9	47,6	0,17
D				2,05	2,6	15,8	0,07	2,1	1*			2,51	0,5*			4	15,8	19,8	0,05

\*resirkulering

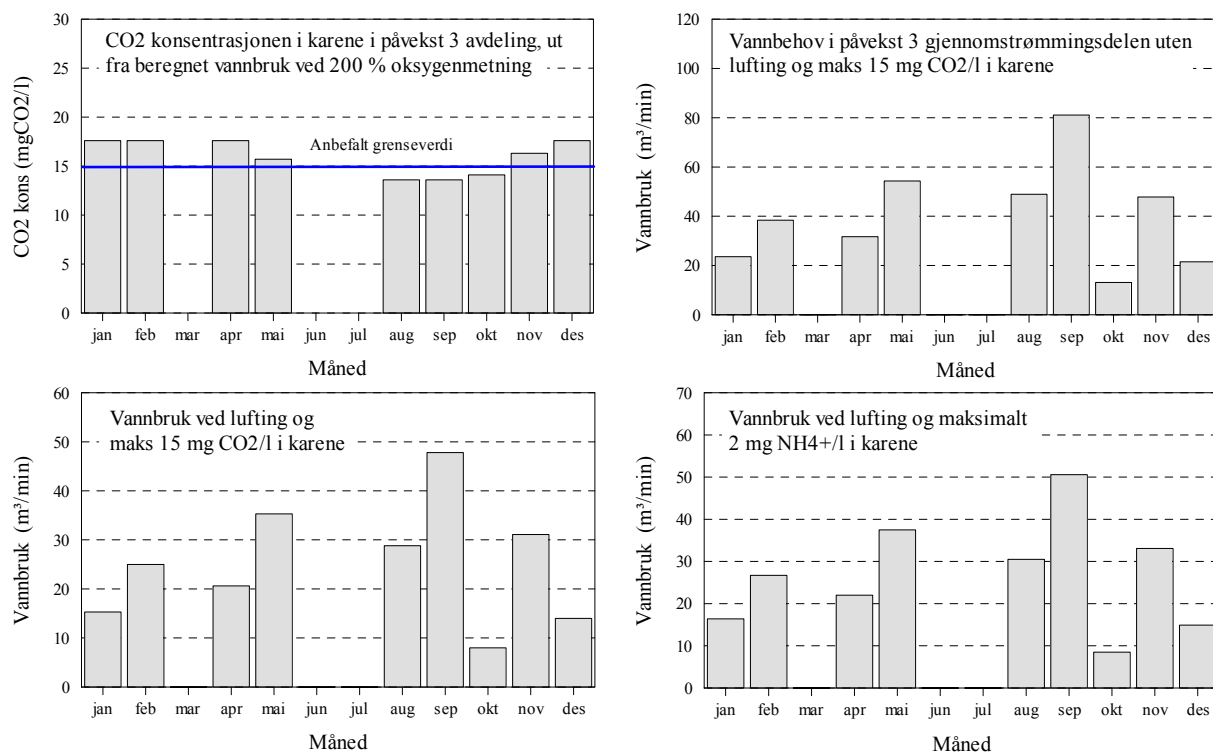


**Figur 8. Teoretisk vannbehov ferskvann (til venstre) og samlet teoretisk vannbehov ved produksjon av 7,5 millioner smolt i gjennomstrømnings- og resirkuleringsanlegget til Marine Harvest Norway AS avd. Stongfjorden (til høyre).**

## Fiskevelferd og krav til et godt karmiljø

I ”Forskrift om drift av akvakulturanlegg, § 22, Vannkvalitet, første ledd står det: ”Fisk skal til enhver tid ha tilgang på tilstrekkelige mengder vann av en slik kvalitet at fiskene får gode levekår alt etter art, alder, utviklingstrinn, vekt, og fysiologiske og adferdsmessig behov, og ikke står i fare for å bli påført unødige påkjenninger eller skader, herunder også senskader som deformiteter.” Dette innebærer at i settefiskanlegg skal fisken til enhver tid sikres den vannmengde og vannkvalitet som sørger for et godt internmiljø i karene slik at bl. a. pH, oksygennivå og nivået av nedbrytingsproduktene CO<sub>2</sub> og ammonium ligger innenfor akseptable tålegrenser. Dersom råvannet har for lav pH og er ionefattig, bør råvannet behandles. Ved intensiv produksjon og redusert vannbruk må det tilsettes oksygen til driftsvannet samt individuelt til hvert kar. Vannet må også luftes for å få ut CO<sub>2</sub>. Alle disse forholdene er redegjort for i tidligere kapitler. Det er gjort mye forskning på hva som er akseptable nivåer av CO<sub>2</sub> og ammonium i produksjonsvann for settefisk, og ved produksjon av settefisk av laks og ørret anbefaler man vanligvis at nivået av CO<sub>2</sub> og ammonium i vannet ikke skal overstige henholdsvis 15 og 2 mg/l i karene (Fivelstad m. fl. 2004, Ulgenes og Kittelsen 2007).

Dersom en tar utgangspunkt i den omsøkte produksjonen og det beregnede vannbruken ved 200 % O<sub>2</sub> metning av driftsvannet uten karlufting for de fire smoltgruppene som i løpet av året står i gjennomstrømningsdelen av anlegget (jf. **tabell 1** og **2**), ser en at nivået av CO<sub>2</sub> i karene overstiger anbefalt grense på 15 mg CO<sub>2</sub>/l i karene om vinteren og senhøstes (**figur 9**). Dette er fordi den tilgjengelige mengden oksygen pr l vann til fisken i karene er høyest ved lave temperaturer, og CO<sub>2</sub> nivået øker tilsvarende. Dette løses enkelt ved å gi fisken mer vann i den kalde årstiden. Dersom anlegget ønsker å luften vannet hele året og samtidig til enhver tid ønsker å holde CO<sub>2</sub> nivået i karene under 15 mg/l, vil vannbruken stort sett ligge mellom 15 og 35 m<sup>3</sup>/min hele året bortsett fra i september, hvor forbruket nærmer seg 50 m<sup>3</sup>/min. Ved denne vannbruken vil nivået av ammonium hele tiden ligge rett over den anbefalte grensen på 2 mg/l i karene. Dette løses ved å øke vannmengden rundt 10 % i forhold til det anbefalte vannbruken for ikke å overstige 2 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/l i karene.



**Figur 9.** Beregnet innhold av karbondioksyd i produksjonsvannet ved 200 % metning av driftsvannet (øverst til venstre). Beregnet vannbruk uten karluftere og maksimalt 15 mg CO<sub>2</sub>/l i karene (øverst til høyre) Beregnet vannbruk med karluftere og maksimalt 15 mg CO<sub>2</sub>/l i karene (oppe til venstre). Beregnet vannbruk med karluftere og maksimalt 2 mg/l ammonium i karene (oppe til høyre). Utgangspunkt: Produksjonsplan (**tabell 1**) og at karlufterne tar ut 35 % av CO<sub>2</sub> innholdet (**tabell 2**).

Disse beregningene er basert på at karlufterne tar ut 35 % av CO<sub>2</sub>. Denne vannbruken tilsvarer 0,07 – 0,18 l/min/kg fisk i forhold til temperaturen og de ulike fiskestørrelsene (jf. **tabell 3**), mens en teoretisk kan komme ned mot et forbruk på rundt 0,1 l/min/kg fisk for 100 grams fisk ved 14 °C der en forutsetter at konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> og ammonium ikke overstiger henholdsvis 15 og 2 mg/l (Ulgenes og Kittelsen 2007). Erfaringsmessig vil de fleste settefiskanlegg ha et vannbehov på mellom 0,1 og 0,2 l/min/kg fisk ved bruk av oksygen og karlufing som vannsparende tiltak i et gjennomstrømningsanlegg (Ulgenes og Kittelsen 2007), og våre beregninger ligger omtrent på dette nivået. I **tabell 3** er det også vist et mer detaljert oppsett for dette.

**Tabell 3.** Månedlig oversikt over gjennomsnittlig innhold av karbondioksyd (mg CO<sub>2</sub>/l), ammoniumnivå (mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/l), vannbruk (m<sup>3</sup>/min) og spesifikt vannbehov (l/kg/min) for de 4 smoltgruppene i gjennomstrømningsdelen av anlegget (jf. **tabell 1**). Beregningene tar utgangspunkt i nivået av karbondioksyd i karene i påvekst 3 avdelingen (sjøvann og ferskvann) ved den omsøkte produksjonen på 7,5 mill fisk og dertil tilhørende vannbruk med 200 % oksygenmetning av driftsvannet der nedre grense i karene er satt til 8 mg O<sub>2</sub> pr l vann. Vannbruk uten og med karlufte er beregnet for et maksimalt nivå på 15 mg CO<sub>2</sub>/l i karene. Mengde ammonium er beregnet med karlufte og maksimalt 15 mg CO<sub>2</sub>/l i karene. Vannbruk med karlufte og maksimalt 2 mg/l ammonium i karene er beregnet. En forutsetter av karlufterne tar ut 35 % av CO<sub>2</sub> innholdet. Beregnet mengde karbondioksyd: 0,5 + (mg O<sub>2</sub>/l\*1,05). Beregnet mengde ammonium: (mg O<sub>2</sub>/l\*0,1).

Måned	Temp	CO <sub>2</sub> kons. ved skissert vannbruk og 200 % O <sub>2</sub> metning	Vannbruk uten lufting og maks 15 mg CO <sub>2</sub> /l i karene	Vannbruk med lufting og maks 15 mg CO <sub>2</sub> /l i karene	Ammonium nivå ved lufting og maks 15 mg CO <sub>2</sub> /l i karene	Vannbruk ved lufting og maks 2 mg/l NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> i karene	l/kg/min
		mg CO <sub>2</sub> /l	m <sup>3</sup> /min	m <sup>3</sup> /min	mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l	m <sup>3</sup> /min	
Jan	1	17,6	23,6	15,3	2,14	16,4	0,07
Feb	1	17,6	38,4	25,0	2,14	26,7	0,09
Mar	1	17,6	0,0	0,0	0,00	0,0	0,00
Apr	2	17,6	31,7	20,6	2,14	22,0	0,09
Mai	8	15,7	54,3	35,3	2,13	37,5	0,13
Jun	12	13,6	0,0	0,0	0,00	0,0	0,00
Jul	15	13,6	0,0	0,0	0,00	0,0	0,00
Aug	15	13,6	48,9	28,8	2,12	30,5	0,13
Sep	12,5	13,6	81,1	47,8	2,12	50,6	0,18
Okt	9	14,1	13,1	8,0	2,12	8,5	0,04
Nov	4	16,3	47,8	31,1	2,13	33,1	0,13
Des	1	17,6	21,5	14,0	2,14	14,9	0,05

Med god tilgang på både ferskvann og sjøvann, burde det ikke være problem å sikre fisken en god vannkvalitet både med hensyn på karbondioksid og ammonium i den delen av anlegget der en baserer seg på gjennomstrømming. For resirkuleringsdelen vil en måtte følge forholdene nøye underveis, og dimensjonere kapasitet på lufting av vann og rensing av vannet i et kombinert mekanisk- og biologisk filter, ansees ivarettatt ved prosjektering av anlegget.

## Avløp til sjø

Avløpsvannet fra anlegget planlegges sluppet ut i sjø innerst i Stongfjorden rundt 175 m fra land via en rundt 250 m lang avløpsledning med en dimensjon på 1000 mm PEH på 30 m dyp (**figur 5**). I forbindelse med byggingen av resirkuleringsdelen av anlegget vil slammet bli filtrert vekk via et mekanisk filter. Det er ikke planlagt noe rensing av avløpsvannet siden utslippet skal gå ut i en stor og kystnær fjord med god vannutskifting og høy resipientkapasitet.

Det vil, i tråd med gjeldende forskrifter, bli etablert en dobbel sikring med hensyn på rømming av fisk fra anlegget. Denne vil bestå i sikring på hvert enkelt kar, slik det tradisjonelt og nødvendigvis er på alle settefiskanlegg, men også ved etablering av eget oppsamlingskar med rist hvor påvekstanlegget skal være.

Utslipp fra fiskeanlegg tilsvarer en slamproduksjon på ca 1 tonn pr tonn produsert fisk, og med et tørrstoffinnhold 25-30% tilsvarer dette 300 kg tørrstoff, eller omtrent 150 kg organisk karbon (TOC). Rense- og avløpskrav måles også gjerne i utslipp av stoff som gir ”biologisk oksygenforbruk (BOF<sub>7</sub>)”, som er den mengden oksygen som forbrukes under gitte betingelser i løpet av en 7 døgns biokjemisk oksidasjon av løst og partikulært organisk stoff. Det finnes ikke noe standard omregningstall for forholdet mellom TOC og BOF<sub>7</sub>, siden dette avhenger av sammensetningen av prøven med hensyn på mengde partikler og løst stoff, og partiklenes størrelse og løsløselighet og prøvens ”alder” etter uttak. Men basert på målinger av kommunal avløpsvann viser det seg at 1 tonn TOC tilsvarer omtrent 1,75 tonn BOF<sub>7</sub>, eller 1,5 tonn BOF<sub>5</sub> (BOF<sub>7</sub>/ BOF<sub>5</sub>=1,167).

Det planlagte anlegget i Stongfjorden vil, med en årlig produksjon på nesten 1175 tonn fisk, da få følgende ”utslipp”:

- **Samlet utslipp blir da på omtrent 175 tonn TOC / 310 tonn BOF<sub>7</sub> / 265 tonn BOF<sub>5</sub>.**

Utslipp av næringsstoff fra fiskeoppdrettsanlegg varierer med fôrets sammensetning og fôrfaktoren, men tilsvarer i størrelsesorden 12-15 kg fosfor pr. tonn fisk produsert. Med en samlet årlig produksjon i anlegget på omtrent 1175 tonn, tilsier dette en totalmengde på 16,5 tonn fosfor i avløpet fra karene. Erfaringstall viser at i størrelsesorden 70 % av fosforet som tilføres via spillfôr og fiskeavføring er partikkelbundet, mens de resterende 30 % er løst.

- **Samlet utslipp blir da på omtrent 16,5 tonn fosfor hvorav 5 tonn er oppløst**

Fylkesmennesenes behandling av oppdrettssaker (SFT veileder kapittel 5) har egne formler for beregning av utslipp basert på biologisk produksjon (her 1175 tonn) og fôrbruk (her 1410 tonn) slik:

- **Nitrogen** = fôrbruk \* 0,0736 – total produksjon \* 0,0296 = **69 tonn årlig**
- **Fosfor** = fôrbruk \* 0,013 – total produksjon \* 0,0045 = **13 tonn årlig**
- **Organisk stoff** = fôrbruk \* 0,8 \* 0,15 = **169 tonn – uvisst hvilken enhet**

## AVGRENSING AV TILTAKS- OG INFLUENSOMRÅDET

Tiltaksområdet for denne vurderingen består av alle områder som blir direkte fysisk påvirket ved gjennomføring av det planlagte tiltaket og tilhørende virksomhet (jf. Vannressurslovens § 3), mens influensområdet også omfatter de tilstøtende områder der tiltaket vil kunne ha en effekt.

Tiltaksområdet for den omsøkte utvidelsen ved Marine Harvest Norway AS avd. Stongfjorden blir utbyggingsområdet med arealmessige endringer. Tiltaket omfatter et vel 20 mål stort område hvor anlegget skal bygges. I tillegg skal det legges en inntaksledning for ferskvann fra Stongfjord kraftverk og bort til anlegget der ledningen legges nedgravd langs utløpet av Stongselva eller nedgravd i kanalen med vann i fra den tidligere fabrikk, eller gravd ned i grunnen langs kanalen. Fra anlegget skal det også føres en avløpsledning i sjø på 30 m dyp, samt en inntaksledning for sjøvann på 80 m dyp. Disse ledningene føres ut i sjø på sine respektive dyp og vil naturlig nok måtte klareres som et eget tiltak utover selve utvidelsessøknaden

Influensområdet vil omfatte de umiddelbart tilstøtende områder, der det planlagte tiltaket vil kunne tenkes å ha effekt på miljøet eller opplevelsen av dette. Tiltaksområdet for utvidelsen blir da foruten selve anleggsområdet forholdene i resipienten med økte utslipp. I tillegg må de to ledningene som skal legges i sjø innerst i Stongfjorden naturlig nok måtte klareres som et eget tiltak utover selve utvidelsessøknaden. Forhold knyttet til fiskevelferd, smittehensyn og matloven dekkes ikke opp av denne rapporten, men vil være dekket opp i de beredskapsplaner anlegget har utarbeidet, og som vedlegges søknaden.

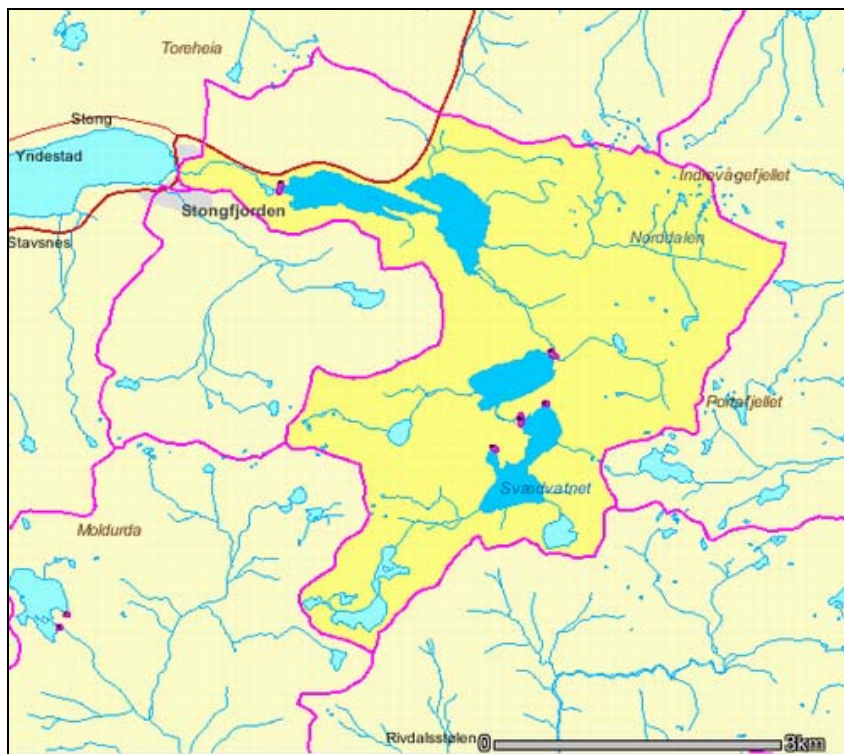
Rammene for uttak av vann er regulert gjennom en egen avtale mellom Sogn og Fjordane Energi kraftverk og Marine Harvest Norway AS, og siden fraføringen av vannet skjer helt nede mot sjøen, skulle det ikke være behov for søknad om konsesjon etter Vannressursloven.



## OMRÅDEBESKRIVELSE

Stongselva (NVE nr 084.1Z), har et nedbørfelt ved utløpet av Stongsvatnet på 17,3 km<sup>2</sup> og en samlet årlig avrenning på 60,1 mill m<sup>3</sup>, hvilket gir en gjennomsnittlig vannføring på 114 m<sup>3</sup>/min eller 1,91 m<sup>3</sup>/s. Vassdragets samlede lengde er på 10,6 km (**figur 10**) ([www.nve.no](http://www.nve.no)).

**Figur 10.** Stongselva innerst i Stongfjorden. Nedbørfeltet er markert med lys gult innenfor rosa linjer, regulerte vann er blå mens plassering av dammene er vist med rødt. Fra [www.nve.no](http://www.nve.no)



Mesteparten av nedbørfeltet er lavtliggende, dvs under 500 moh. De høystliggende delene av nedbørfeltet ligger øst og sør i nedbørfeltet med høyder opp mot 700 moh. Oslandsvatnet-Stongsvatnet ligger 100 moh, mens settefiskanlegget skal lokaliseres nede ved fjorden og får sitt vann fra Stongfjord kraftverk.

Vassdraget er gjennomregulert og har vært regulert i over 100 år til kraftproduksjon, og vannbruken styres i all hovedsak av Stongfjorden kraftverk sin strømproduksjon der vannet tappes fra de regulerte vannene i vassdraget, som har en magasinkapasitet på over 10 millioner m<sup>3</sup>. Tilgjengelig vann for settefiskproduksjon er således utelukkende basert på den mengde vann kraftverket kan levere til smoltanlegget, som i henhold til avtale skal være på inntil 72 m<sup>3</sup>/min.

Anlegget vil med beregnet forbruk teoretisk benytte vel 60 % av den gjennomsnittlige vannføring på 114 m<sup>3</sup>/min, men ferskvannbruken vil i mesteparten av året være betydelig lavere enn 72 m<sup>3</sup>/min. Magasinene utgjør nesten 17 % av den samlede årlige avrenningen, noe som gjør settefiskproduksjonen helt uavhengig av lengre tørkeperioder da det kan tappes fra magasinene, som fylles opp igjen i nedbørperioder.

## Magasinkapasitet

Stongsvassdraget har flere innsjøer som er regulert i forbindelse med kraftproduksjon. Oslandsvatnet-Stongsvatnet er regulert med 10,1 m (mellom 89 LRV og 99,1 HRV, jf. **figur 11**), Botnastølvatnet er regulert med 9 m (mellom 286,3 LRV og 295,3 HRV) mens Svædvatnet er regulert med 13,6 m (mellom 378 LRV og 391,6 HRV).

Til sammen har man da et samlet regulerbart magasinivolum på over 10 millioner m<sup>3</sup>. Magasinene er i all hovedsak knyttet til kjøringen av kraftverket, men settefiskanlegget vil i henhold til avtalen med Sogn og Fjordane Energi ha vesentlig innvirkning på reguleringen av magasinene i de periodene kraftverket ikke kjøres siden anlegget er helt avhengig av kontinuerlige ferskvanntilførsler.

**Figur 11.** Stongavatnet ovenfor Stongfjorden er oppdemmet for kraftforsyning. (Foto: Arild Nybø, NRK).

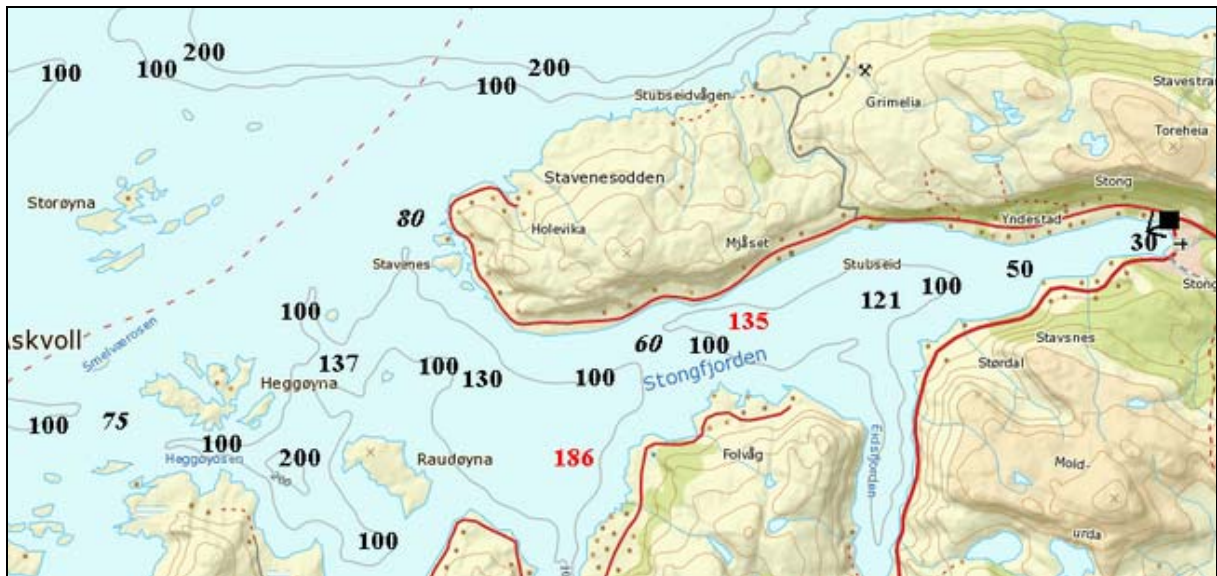


**Tabell 4.** Oversikt over de regulerte innsjøene i vassdraget med magasinrettigheter, som utgjør magasin for kraftverket/smoltanlegget. Arealer og høyder er hentet fra NVEs database [www.nve.no](http://www.nve.no).

Innsjø	NVE nr	Innsjøareal	Magasinnr.	LRV-HRV	Magasin
Oslandsvatnet-Stongsvatnet	1739	0,779 km <sup>2</sup>	539	89 – 99,1 moh	4 500.000 m <sup>3</sup>
Botnastølvatnet	1741	0,31 km <sup>2</sup>	540	285,3 – 295,3 moh	2 100.000 m <sup>3</sup>
Svædvatnet	1742	0,38 km <sup>2</sup>	789	378 – 371,6 moh	3 800.000 m <sup>3</sup>
Samlet					10.400.000m <sup>3</sup>

## Resipienten Stongfjorden

Settefiskanlegget planlegger et utslipp på 30 m dyp rundt 170 m fra land innerst i Stongfjorden (jf. **figur 5**). Fra avløpet skråer det svakt nedover til rundt 50 m dyp rundt 1,5 km lenger ute i fjorden. Herifra skråer det gradvis nedover til Stongfjorden sitt indre basseng med et maksimaldyp på 135 m 6 km ute i fjorden. Mellom Breidvika og Unneset ligger det en terskel på 60 m dyp før det skråer videre nedover i et ytre basseng til et maksimaldyp på 186 meter ved innløpet til Stongfjorden. Videre mot nordvest i retning Stavfjorden blir landskapet mer åpent og værhardt samtidig som det grunnes oppover mot Smelvær i nordvest og Heggøyane mot vest. Hovedterskelen mot nord i retning Stavfjorden ligger på rundt 80 m dyp utenfor Stavenes, mens hovedterskelen i retning vest ligger på rundt 75 m dyp i Heggøyosen. De gode dybdeforholdene i resipienten utenfor anlegget og de relativt dype tersklene ut mot de åpne, kystnære og værharde sjøområdene utenfor medfører gode utskiftingsforhold og bidrar til en betydelig resipientkapasitet i fjorden (jf. **figur 12**). Anlegget planlegger et utslipp til en fjord som tåler en god del tilførsler av organisk materiale uten å bli negativt påvirket.



**Figur 12..** Enkelt dybdekart over Stongfjorden og sjøområdene utenfor med angitt sted for anlegget (svart firkant) og utslipp og med angitte dybder. Røde tall er maksimaldyp, mens skråstilte svarte tall er terskeldyp (fra <http://kart.fiskeridir.no> /adaptive/).

## Biologisk mangfold og verneinteresser

Det er ingen registrerte **verneinteresser** eller **artsforekomster** rundt anleggsområdet ([www.dirnat.no](http://www.dirnat.no)). Naturbase opererer med tre områder av **prioriterte naturtyper** på nordsiden av fjorden og i nærheten av anlegget (**figur 13**) som alle er lokalt/regionalt viktige.



**Figur 13.** Prioriterte og nummererte naturtyper i området rundt anleggstomten (fra Naturbase).



I fjellskråningen ovenfor det nye anlegget er det registrert et relativt stort område av lokalt viktig verdi, dvs rik edelløvsskog (område BN00025845, Eineskora-Svarthamrane) som strekker seg over 1,5 km bredde beskrevet som: ”Alm-lindeskog og gråor-heggeskog innmed fjellfoten mellom Eineskora og Svarthamrane innerst i Stongfjorden. Sørvend li med mykje edellauvskog, m.a. tett hasselskog i nedre delar”. Like inntil nordsiden av RV 363 tvers ovenfor det nye anlegget er det registrert et lite område av regionalt viktig verdi, dvs en hasselhage (område BN00025844, Stong) beskrevet som: ”Hasselhage i den sørvende, lauvskogsdominerte lia innerst i Stongfjorden. Lokaliteten er avgrensa av hovedvegen i nedkant og tett hasselskog i oppkant.”.

Øst for det nye anlegget like ovenfor veien ned mot Stongfjorden er det registrert et noe større område av naturtypen naturbeitemark av lokalt/regionalt svært viktig verdi, dvs et beitemarksområde på 123 da (område BN00025803, Stong-Årøyane). Det er registrert planter typiske for et kalkrikt jordsmonn samt arter typiske for friske til fuktige engsamfunn, grunnlend og dels tørr mark. Lokaliteten får verdi svært viktig (A), på grunn av rødlistet sopp (rød honningvokssopp, *H. splendidissima*) og fordi han fortsatt er ganske artsrik og har baserik berggrunn.

Biologisk mangfold og naturtyper i selve tiltaksområdet vil bli kartlag spesifikt i forbindelse med det pågående reguleringsplanarbeidet, og vil foreligge sommeren 2010.

## Fisk og ferskvannsbiologi

Anlegget skal få sitt ferskvann fra Stongfjord kraftverk nederst i vassdraget, som tar ut vann i fra et vassdrag som har vært regulert og oppdemmet i over 100 år. Det er således ingen ferskvannsfiskeinteresser som blir påvirket av dette tiltaket.

Det er registrert ett stort gyteområde for fisk i hele indre del av Stongfjorden, som også omfatter området for inntak av sjøvann og utslipp fra anlegget. Det er registrert tre låssettingsplasser (røde felt) på sørsiden av fjorden (jf. **figur 14**).

**Figur 14.** Det er registrert ett gyteområde for fisk i indre deler av Stongfjordeningen samt tre låssettingsplasser (røde felt) på sørsiden av fjorden (fra [www.fiskeridir.no](http://www.fiskeridir.no)).



## Kulturminner

Det er ikke registrert noen automatisk vernete kulturminner i riksantikvarens Askeladden-database i tiltaksområdet.

*Tabell 5. Nærliggende registreringer, fra riksantikvarens Askeladden-database.*

Reg nr	Hva	Navn	Vernestatus	Beskrivelse
85575	Kirkested	Stongfjord kyrkjestad	Ikke fredet	Kirkested

Den nærmeste registreringen ligger 350 m sørøst for det planlagte anlegget (registreringsnummer 85575, **figur 15**) og er et kirkested (Stongfjorden kapell) som ikke er fredet. Det ble opprinnelig bygget som et bedehus i 1908, vigslet som kirke i 1914 og senere påbygget flere ganger, senest i 1971 da kapellet fikk klokketårn.



*Figur 15. Det nærliggende kirkestedet innerst i Stongfjorden (fra riksantikvarens Askeladden-database).*

## Vannkvalitet, vannforsynings- og resipientinteresser i vassdraget

Anlegget skal ta ut ubehandlet vann nederst i vassdraget fra Stongfjord kraftverk, og vannet må naturligvis behandles før bruk på anlegget. Det er ikke resipientinteresser knyttet til avløpskanalen fra kraftverket, der vannføringen blir endret ved eventuell fraføring av vann til fiskeanlegget.

## Friluftsliv og andre brukerinteresser

Det er ikke knyttet noe vesentlig friluftslivsinteresser til områdene rundt det omsøkte anlegget.



## Akvakultur og smittehensyn

Det er 5,3 km fra smoltanlegget sin plassering til nærmeste matfisklokalitet for laks, dvs Hella (loknr: 11783) som er godkjent for en MTB på 3120 tonn. (**figur 16**). På grunn av avstandskravet på 5 km mellom sjøvannsinntaket til smoltanlegget og nærmeste oppdrettslokalitet for matfiskproduksjon, planlegger anlegget å legge inntaksledningen for sjøvann på rundt 30 m dyp på sørsiden av fjorden rundt 500 m fra utslippet på nordsiden av fjorden. På denne måten minimaliseres sannsynligheten for at avløpsvannet skal komme inn i sjøvannsinntaket siden avløpsvannet stiger opp 10-20 m til sitt innlagringsdyp før det transporteres utover langs fjordens nordside med tidevannet. Settefiskanlegget skal hente sitt vann fra Stongfjord kraftverk, som har sitt inntak i Stongsvatnet, som naturlig nok ikke har oppgang av laksefisk.



**Figur 16.** Det nye settefiskanlegget innerst i Stongfjorden (svart rektangel) med planlagt utslipp og inntak for sjøvann inntegnet og nærliggende akvakulturvirkosomhet i Stongfjorden. Matfiskankegg laks er rød (fra [www.fiskeridir.no](http://www.fiskeridir.no)).

## VURDERING AV KONSEKVENSER

Marine Harvest Norway AS sitt omsøkte settefiskanlegg i Stongfjorden skal hente sitt vann fra Stongfjord kraftverk, som tar ut vann i fra et vassdrag som har vært regulert til kraftproduksjon i over 100 år. Vannuttaket ligger i Oslandsvatnet-Stongsvatnet, som har et 17,3 km<sup>2</sup> stort nedbørfelt. Samlet gjennomsnittlig avrenning fra vassdraget er på 114 m<sup>3</sup>/min. Vassdraget inneholder tre innsjøer som er regulert, med et magasin på 10,4 mill m<sup>3</sup>.

Når det nå søkes om en ny settefiskkonseksjon på 7,5 millioner sjødyktig settefisk, er det med utgangspunkt i produksjonsvannet fra kraftproduksjonen.

### Vannbudsjett i et normalår og risiko for tørke

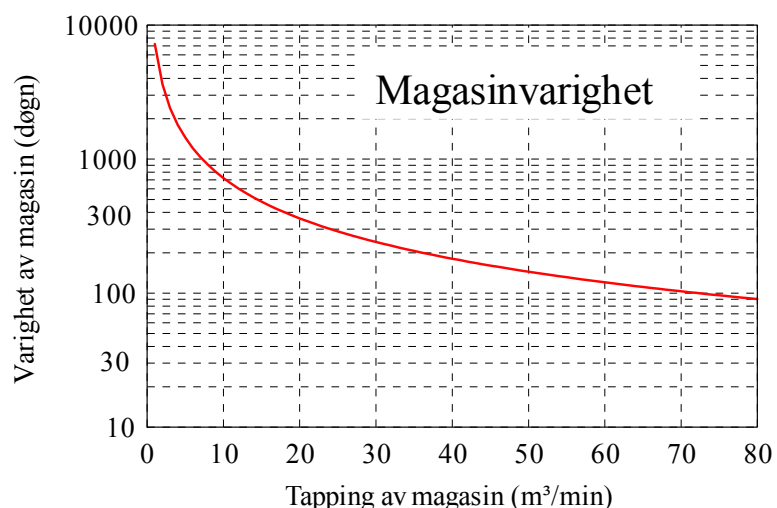
Den gjennomsnittlige årlige tilrenning fra nedbørfeltet som anlegget henter vann fra er på 114 m<sup>3</sup>/min. Vassdraget er så gjennomregulert at det i praksis er mulig å ta vare på nesten all vannføringen i vassdraget. Reguleringene utgjør 17 % av middelvannføringen. For smoltanlegget innebærer dette at vannbruken kan styres helt uavhengig av nedbørforhold og tappe av magasinene i tørre perioder, som fylles opp igjen i nedbørrike perioder.

De samlede innsjømagasinene i vassdraget er på 10,4 mill m<sup>3</sup>. Magasinutnyttelsen skjer først i Oslandsvatnet-Stongsvatnet, men dette kan i praksis styres slik at alle magasinene reguleres jevnt i forhold til hverandre, eller at de øverste magasinene tappes først. Reguleringsregimet styres normalt ut fra at det skal være minst mulig overløp forbi dammen ved Oslandsvatnet-Stongsvatnet. Dersom en tenker seg at en tapper av magasinene mer enn tilrenningen, vil en teoretisk ha et samlet magasin med varighet på over 90 døgn dersom man tapper opp mot 80 m<sup>3</sup>/min mer enn tilrenningen (**tabell 5** og **figur 17**). Normalt vil det alltid være en god del avrenning i en 90 dagers periode, og anleggets bruk av ferskvann vil normalt være mye lavere enn 80 m<sup>3</sup>/min, slik at vanntilførselen til smoltanlegget i praksis aldri vil være truet.

**Tabell 6.** Oversikt over de samlede magasinenes varighet vurdert for de tre innsjømagasinene i vassdraget med ulike tappingsrater i forhold til tilrenning. Tappingsrate blir et resultat av antatt forbruk minus aktuell tilrenning, som kan variere i forhold til oppgitte sannsynligheter i **tabell 1** foran og figurene.

Tapping utover tilrenning	20 m <sup>3</sup> /min	30 m <sup>3</sup> /min	40 m <sup>3</sup> /min	50 m <sup>3</sup> /min	65 m <sup>3</sup> /min	80 m <sup>3</sup> /min
Varighet av magasinet	361,1 døgn	240,7 døgn	180,6 døgn	144,4 døgn	111,1 døgn	90,3 døgn

**Figur 17.** Samlet beskrivelse av kapasiteten til de tre magasinene i Stongsvassdraget, på 10,4 mill m<sup>3</sup>. Magasinenes varighet er presentert som funksjon av nedtapping (forskjell mellom forbruk av vann og tilrenning).



## Muligheter for vannsparing

Det vil normalt være rikelig med vann til settefiskproduksjon, men anlegget legger likevel opp til ulike former for vannsparende tiltak som en sikkerhet ved eventuell svikt i ferskvannstilførselen, så som ledningsbrudd, strømstans for pumper som pumper ferskvann til anlegget, osv. Fisken kan stå noen uker ekstra i resirkuleringsanlegget, der det vanligvis er svært god plass i forhold til stående biomasse i karene. Fisken kan så settes over i påvekst 3 uteavdelingen på tilnærmet rent sjøvann. Det er også mulig å starte lysstyringen tidligere i resirkuleringsanlegget slik at fisken er vaksinert og tilnærmet ferdig smoltifisert når den går over i påvekst 3 uteavdelingen på tilnærmet rent sjøvann. Anlegget planlegges således bygget svært fleksibelt i den forstand at produksjonen tilpasses ferskvannstilgangen til enhver tid. Når det er rikelig tilgang på ferskvann kan dette brukes i forhold til den planlagte inntakskapasiteten på 80 m<sup>3</sup>/min. I perioder med mindre vann eller ev. helt eller delvis stans i vanntilførselen reduseres bruken av ferskvann ved at det brukes mer sjøvann, eller at fisken holdes lengre i resirkuleringsdelen, og/eller at smoltifiseringen forseres.

Anlegget vil også installere karluftere i alle de store 24 m karene i gjennomstrømningsdelen av anlegget. Dette vil kunne redusere vannbehovet i påvekst 3 gjennomstrømningsdelen av anlegget fra et behov på 0,22 - 0,29 l/min/kg fisk i perioden august og september til et behov på ned mot 0,1 l/min/kg fisk. Dette systemet er primært tenkt benyttet som et ekstra sikkerhetstiltak/beredskapstiltak dersom vannforsyningen til anlegget for en periode skulle svikte. Sammen med den normalt høye og sikre vanntilgangen og vannmagasinet sørger disse tiltakene for en trygg og sikker vannforsyning til anlegget. Disse tiltakene kan benyttes hver for seg, alternativt at man alternerer mellom disse.

## Konsekvenser for natur-miljø, -ressurser og samfunn

Den allerede oppstartede reguleringsplanprosessen inneholder en plan for innhold i de tilhørende konsekvensutredningene. Ved utlysning og behandling av den foreliggende søknad, vil disse utredningene foreligge, sammen med de nødvendige utredninger knyttet til behandling av søknaden. I dette tilfellet vil det i hovedsak gjelde dokumentasjon i forbindelse med vurdering av utslippsløyvet. Det vil også bli gjennomført en betydelig kartlegging av biologisk mangfold både i strandsone og i selve tiltaksområdet. Dette vil foreligge tidligst sommeren 2010, og vil bli ettersendt søknaden.

## REFERANSER

**FIVELSTAD, S., Y. ULGENES, T. JAHNSEN, M. BINDE, M. LUND, E. KEISERÅS & A. ALBRIGTSENS 2004.**

Vannbehov og reguleringsmekanismer for norske settefiskanlegg  
*Havforskningsinstituttets Havbruksrapport 2004, kap 5.3, sidene 130-133.*

**GJEDREM, T. 1993.**

Fiskeoppdrett. Vekstnæring for distrikts-Norge.  
Landbruksforlaget AS, 383 sider, ISBN 82-529-1398-9

**NVE 2002.**

Avrenningskart over Norge. Referanseperiode 1.9.1960 - 31.8.1990.  
NVE. Vassdragsdirektoratet, Hydrologisk avdeling

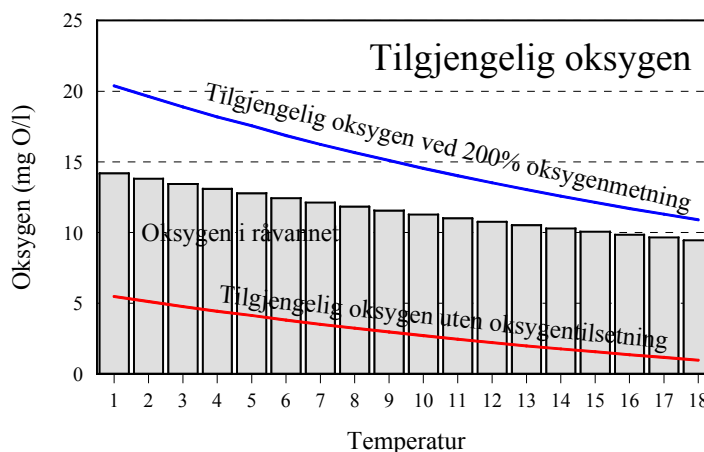
**ULGENES, Y. & A. KITTELSEN 2007.**

Resirkulering – framtidens oppdrettsmetode for alle settefiskprodusenter?  
*Intervet Agenda nr. 6/ juni 2007, 4 sider.*

## VEDLEGG OM VANNBRUK I SETTEFISKOPPDRETT

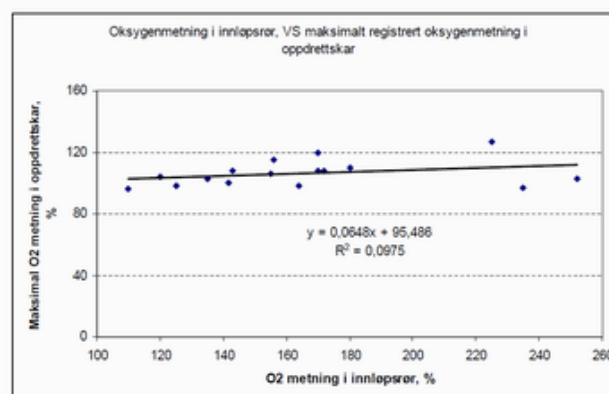
Det har skjedd en rivende utvikling i utnyttelsen av vann i settefiskproduksjon. Utgangspunktet er at fisken skal ha tilgang på rent vann med tilstrekkelig med oksygen. Dersom man kun benytter oksygenet som er tilgjengelig i råvannet, og har krav om at avløpsvannet skal ha minst 7 eller 8 mg O/l, vil bare en liten del av oksygenet være tilgjengelig (rød linje i **figur A**). Dette var utgangspunktet i næringens tidlige fase, da *gjennomstrømningsopplegg* var dominerende (til venstre i **figur C**). Det var da vanlig å regne at en trengte minst 1 liter vann pr kg fisk pr minutt, og gjerne opp mot både 2 og 3 l / kg / min.

**Figur A.** Tilgjengelig oksygen i ulike vannkvaliteter avhengig av temperatur: Oksygen i råvannet (grå søyler), tilgjengelig andel for fisken (rød linje) og tilgjengelig for fisk ved 200 % oksygenmetning (blå linje).



Det er nå vanlig å *tilsette oksygen til driftsvannet* slik at tilgjengelig oksygenmengde i innløpet til karene er større. Med samme krav til konsentrasjon i avløpet, kan en da produsere mange ganger så mye fisk på en liter vann ved 12°C som en ellers kunne gjort (blå linje i **figur A**). Ved driftsoksygenering baserer en seg på høyt trykk i gassinnløpere for å få mer gass inn i vannet som skal superoksygeneres. Oksygen blir tilsatt driftsvannet gjennom delstrømsprisippet da man tar ut en delstrøm og overmetter denne med gass før delstrømmen tilsettes hovedledningen og deretter til hvert kar. Feks. Benytter Hydro Gas sitt HT system et gasstrykk på opptil 6 bar der det kan oppnås en overmetning på minst 1000 %. Dersom delstrømmen utgjør 15 % av vannmengden i hovedledningen, vil inntaksvannet inn til karet være overmettet til 250 %. Ønskes en høyere innblandingsprosent, kan man ta ut en ny delstrøm på samme vannledning og superoksygenere denne. I alle våre beregninger er minimumsvannbehovet for anlegget regnet ut fra at en benytter oksygenert vann med 200% metning inn i karene. Dette er situasjon to fra venstre i **figur C**, og det er da vanlig å regne at en trenger mellom 0,1 og 0,5 liter vann pr kg fisk pr minutt.

### Sammenheng O<sub>2</sub> i innløpsrør, og O<sub>2</sub> i kar

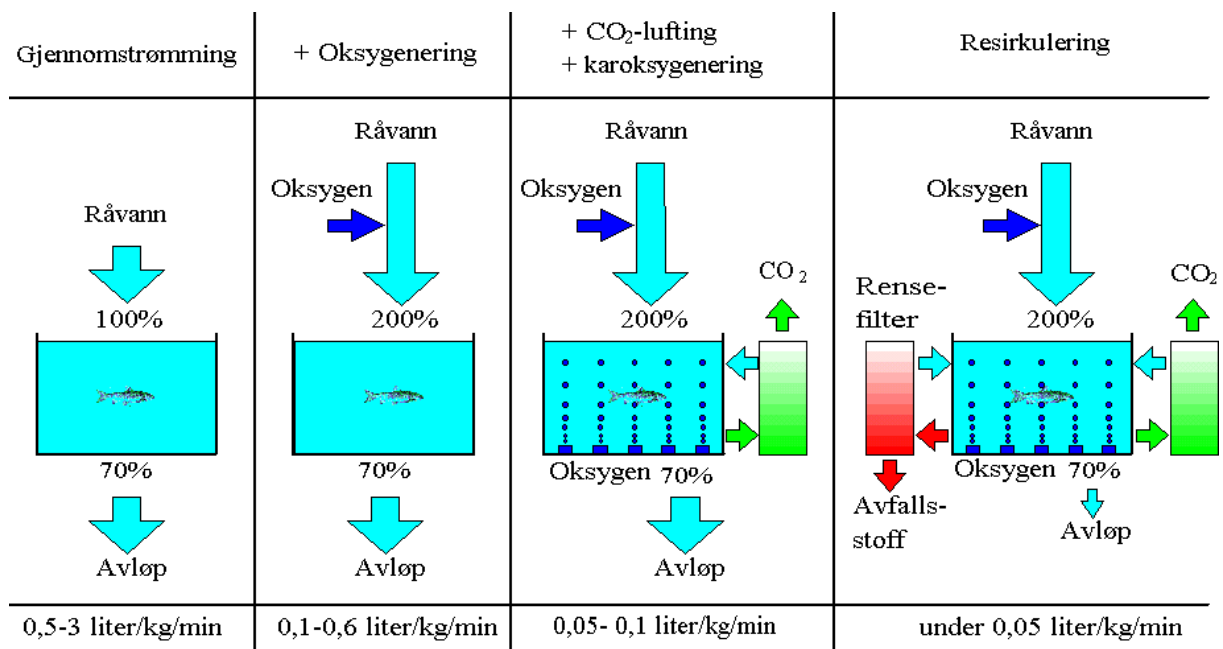


**Figur B.** Det er liten sammenheng mellom oksygenmetningen i innløpsrøret og maksimalt registrert oksygenmetning i oppdrettskar.

Det har vært stilt spørsmål ved hvordan tilsetning av oksygenovermettet vann på innløpsstokken påvirker oksygenivået i karet. Sintef Fiskeri og Havbruk AS har på vegne av Marine Harvest Norway AS utført målinger av bl.a. oksygenivå i karene på flere av anleggene i perioden 2003 – 2007, der

oksygenovermettingen på driftvannet har vært opp mot 250 % overmettet. Målingene har vært utført etter blekksprutmetoden, dvs 36 målepukter i hvert kar. Målingene viser at det er liten sammenheng mellom oksygenmetning i innløpsrør og maksimalt målt oksygenmetning i oppdrettskar ( $R2 = 0,0975$ , jf. **figur B**). Målingene viste også at en har det høyeste oksygenivået langs karveggen og avtakende inn mot karetts senter der det var stor sammenheng mellom  $O_2$  gradienter og kardiameter ( $R2 = 0,75$ ), dvs at gradienten øker med kardiameter. Det var også en stor sammenheng mellom  $O_2$  gradienter og biomassens oksygenforbruk i karet ( $R2 = 0,78$ ), som økte med biomassens oksygenforbruk. Den høyests gradienten som ble målt i et oppdrettskar er ca 30 %. Dette er typisk når vanntemperatur er høy der en har store kar med stor biomasse og høyt samlet oksygenforbruk. Vinterstid, med lavere temperatur var gradientene typisk 1-10 % avhengig av karstørrelse. Det er også vist at  $O_2$  gradienter i oppdrettskar kan reduseres med 40-70 % ved karintern  $CO_2$  - lufting i karet.

Etter hvert har man også montert utstyr for oksygenering av vannet i selve karet. Ved karoksygenering benyttes lavtrykksinnløserer, der disse kan dimensjoneres ut fra min - maks belastning med fisk, vannmengder tilgjengelig samt ønsket oksygenmetning i karet. Ved karoksygenering føres en ekstra ledning med overmettet råvann inn til hvert kar. Hydro Gas sine lavtrykksinnløserer evner å komme opp i en metning på langt over 400 % (et trykk på 0,6 - 1,5 bar). Det er således mulig å dimensjonere og tilpasse oksygentilsetningen til den ønskede overmetningen en ønsker på ha på anlegget. Dette ble først benyttet som en sikkerhetsløsning for nødtilfeller hvis vanntilførselen skulle stanse, men er nå i større grad blitt vanlig for å kunne utnytte vannet lenger i karene. Men da hoper avfallsstoffer fra fisken seg opp i vannet, og en må *lufte ut*  $CO_2$  for at vannet skal ha den ønskede kvaliteten for fisken. Med slike ordninger (nr to fra høyre i **figur C**) kan vannbruken reduseres til godt under 0,1 liter pr kg fisk pr minutt.  $CO_2$  lufting er nå vanlig på hvert enkelt påvekstkar i de aller fleste settefiskanlegg.



**Figur C.** Utvikling i vannbruk i settefiskproduksjon, fra de rene gjennomstrømningsanlegg (til venstre), via oksygenering av råvann (to fra venstre), med  $CO_2$  lufting (tre fra venstre) til resirkuleringsanlegg der hele eller deler av vannmengden resirkuleres (til høyre). Rammer for vannbruk er angitt nederst.

Ønsker en å holde vannet enda lenger i karene, vil avfallsstoff både fra fiskens faeces og spillfôr samle seg opp i tillegg og gjøre vannkvaliteten dårlig. En må derfor koble på et renseanlegg bestående av både filter for å håndtere de partikulære stoffene, samt et biofilter for å håndtere de oppløste stoffene. Da kan man i prinsippet resirkulere så godt som det meste av vannet, og vannbehovet er redusert til et minimum. Det finnes flere *resirkuleringsanlegg* som har vært i drift i flere år, der en resirkulerer større eller mindre deler av vannet i anlegget. En kan da oppnå en vannbruk på under 0,05 liter vann pr kg fisk pr minutt (til høyre i **figur B**). Dette er ned mot 1% av vannbruken i forhold til et rent gjennomstrømningsanlegg.