

Tørvikbygd, 9. april 2021

Årsrapport Hardingsmolt as Grønt Løyve 2020, H FJ-25.



Hardingsmolt as ble den 4. juli 2014 tildelt akvakulturløyve Gruppe C, der vilkåret er at driften utelukkende skal foregå i lukket flytende oppdrettsanlegg.

Merdslippen as har i samarbeid med Hardingsmolt as utviklet et nytt merdkonsept til formålet, og løyvet ble tatt i bruk høsten 2019 med en liten testproduksjon. Etter en kort ombyggingsperiode ble to merder satt i full drift i desember 2019.

Drift.

I 2020 ble det driftet fire produksjonsgrupper, tre leveranser og tre utsett. Det ble produsert 592 tonn (netto) med en forfaktor på 0,9. Gjennomsnittlig fiskevekt ved mottak og levering var hhv 248g og 700g. Totalt ble det levert 1.205.062 individ.

Temperatur

Månedlig temperaturgjennomsnitt gjennom året har variert i intervallet 8,3 – 11,3° C.

Dødelighet.

Dødeligheten pr. gruppe har variert fra 1,4-14% der den dårligste gruppen ble rammet av vintersårbakterien *Moritella Viscosa*.

Lus.

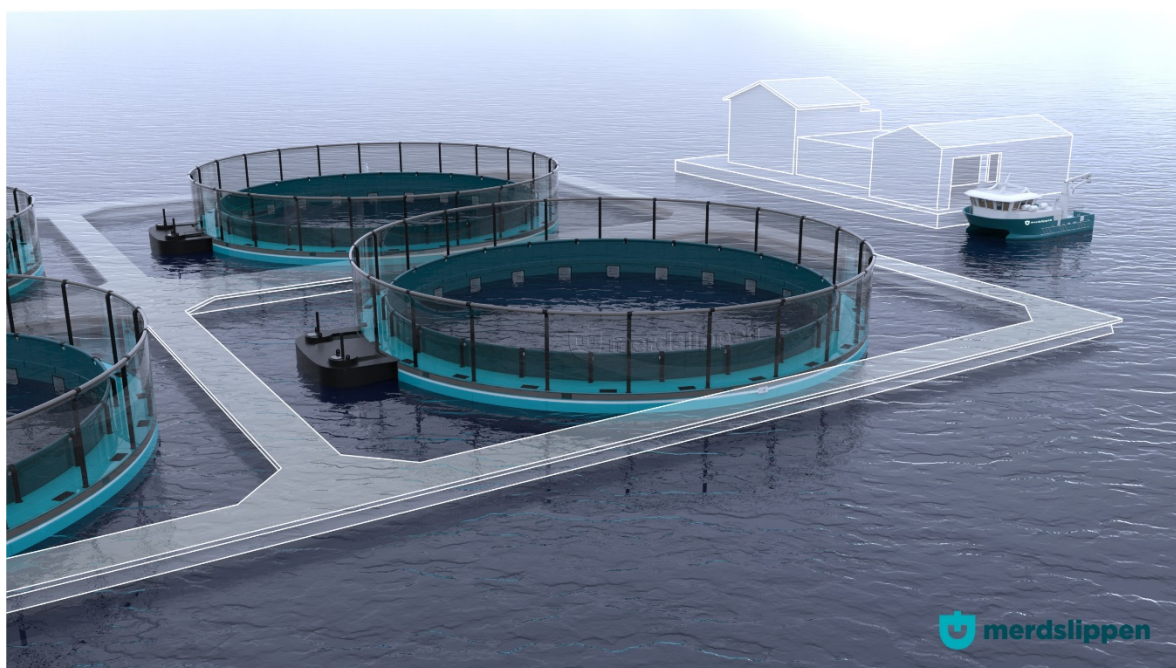
Det har ikke vært påvist lus ved noen av de ukentlige lusetellingene siden «Greenbag-» merdene ble satt i drift høsten 2019.

Det har ikke vært noen form for avlusing eller bruk av rensefisk i produksjonen.

Under følger et utdrag fra Skattefundprosjekt nr 271427. Innovasjon Norge følger vedlagt i eget dokument.

Sluttrapport fra SkatteFunn prosjekt nr. 271427,

Greenbag, Produksjon av laks i lukket anlegg



Prosjektnummer: 271427

Prosjektansvarlig: Roar Espevold

Org.nummer: 989867202

Utarbeidet av

Jakob Drivenes

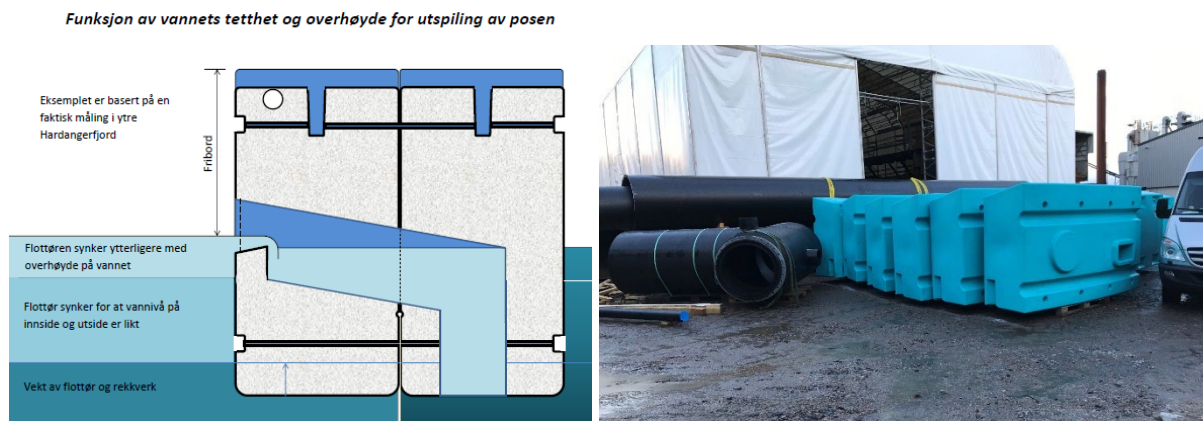
Hardingsmolt AS

28.03.20

Innledning

Greenbag prosjektet ble innvilget finansiering fra RFFV 23.01. 2017. Prosjektets overordnede ide' har vært å utvikle en ny lukket presenningsbasert oppdrettsmerd for Atlantisk laks (Greenbag) og basert på denne innovasjonen fremskaffe ny kunnskap om intensiv storskalaproduksjon av postsmolt laks i lukket anlegg. En viktig del av prosjektet har vært å dokumentere fiskevelferd, helsetilstand, stressrespons, appetittregulering, fôrinntak og tilvekst hos postsmolt laks produsert i RAS og i lukket anlegg i sjø.

Prosjektet har flere viktige innovasjonselement som har stor nyhetsverdi i ferdig utviklet tilstand. Prosjektets største innovasjon er vårt nyutviklede fullskala lukkede anlegg for oppdrett av Atlantisk laks, Greenbag (**Leveranse 1**). Tilknyttet denne enheten har vi optimalisert metoder for vannstrøm i enheten, prosedyrer for logistikk av fisk i forbindelse med produksjon, i tillegg til nye modeller for produksjonsoptimalisering ved å regulere dybde på inntak av vann bl.a for å styre temperaturen. En annen sentral innovasjon som er bygget inn i Greenbag er direkte overløp av avløpsvann langs flytekragen (Figur 1).



Figur 1. Skjematisk tegning av flottør konstruksjon som slipper avløpsvann opp i enheten (midt).

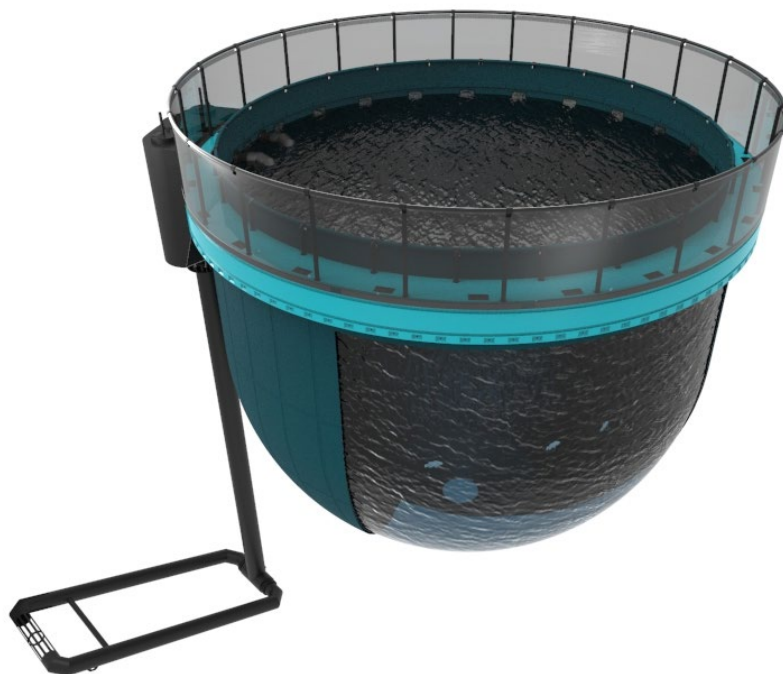
Denne konstruksjonen vil hindre enheten i å kollapse som følge av tetthetsforskjeller mellom vann i, og utenfor enheten ved vann stans. Fra et biologisk ståsted har vi fremskaffet kunnskap om grunnleggende biologiske effekter knyttet til fiskevelferd, helsetilstand, stressrespons, appetittregulering, fôrinntak og tilvekst hos postsmolt i lukket anlegg. Denne kunnskapen er implementert i en Best Management Practice Protokoll (BMP) for intensiv produksjon av

postsmolt i Greenbag. All FoU aktivitet er gjennomført i samarbeid med Universitetet i Bergen (Bio) gjennom ansettelse av PhD student, Tharmini Kalanathan (oppstart 1. mai 2018) og master student, Gunnar Berg (oppstart vår 2017, innlevering oktober 2018, **Leveranse 2**).

Gjennomføring av Utviklingsarbeid, Greenbag

Leveranse 1: Utvikling av Greenbag; En storskala plattform for lukket oppdrett av Atlantisk laks

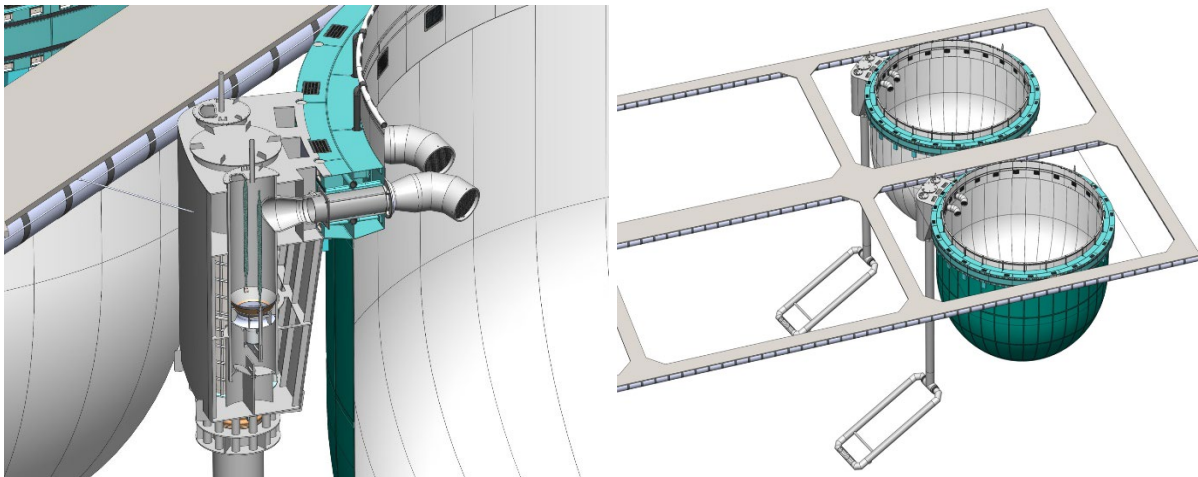
Dagens Greenbag anlegg har et design som bygger på tidligere utprøvde systemer. Økning i skala, fra tidlig prototype på 1000 m³ til dagens versjon på 6000 m³, har en benyttet erfaring fra tidligere tester. Ett skjematisk bilde av dagens Greenbag design er gitt i figur 2.



Figur 2. Designtegning av Greenbag med justerbar innløpsledning

Utviklingsarbeidet har vært krevende og flere utfordringer har oppstått under design og monteringsfasen. Generelt har tidsbudsjettet som ble lagt til grunn ved oppstart vist seg å være for stramt. Ev viktig årsak til dette har vært at alt monteringsarbeid har blitt gjennomført sekvensvis, dvs. i takt med utvikling av nye komponenter, og hvor forsinkelse i leveringstid for nyutviklede komponenter har vært problematisk. Som vanlig i slike prosesser oppdages også uforutsette problem som må løses fortløpende og derav skaper ytterligere forsinkelse.

Eksempler på slike utfordringer har vært at avløpssystemet viste betydelige svakheter med slamoppsamling og måtte ombygges. Tilsvarende ble det oppdaget feil i innløsningssystemet for oksygen og som måtte gjennom en fullstendig modifisering, herunder utvikling av ett nytt ejektorsystem for innløsning av oksygen i inntaksvannet. En skjematisk modell av det nyutviklede innløsning systemet er gitt i figur 3.



Figur 3. Design tegning av nyutviklet innløsning systemet i Greenbag.

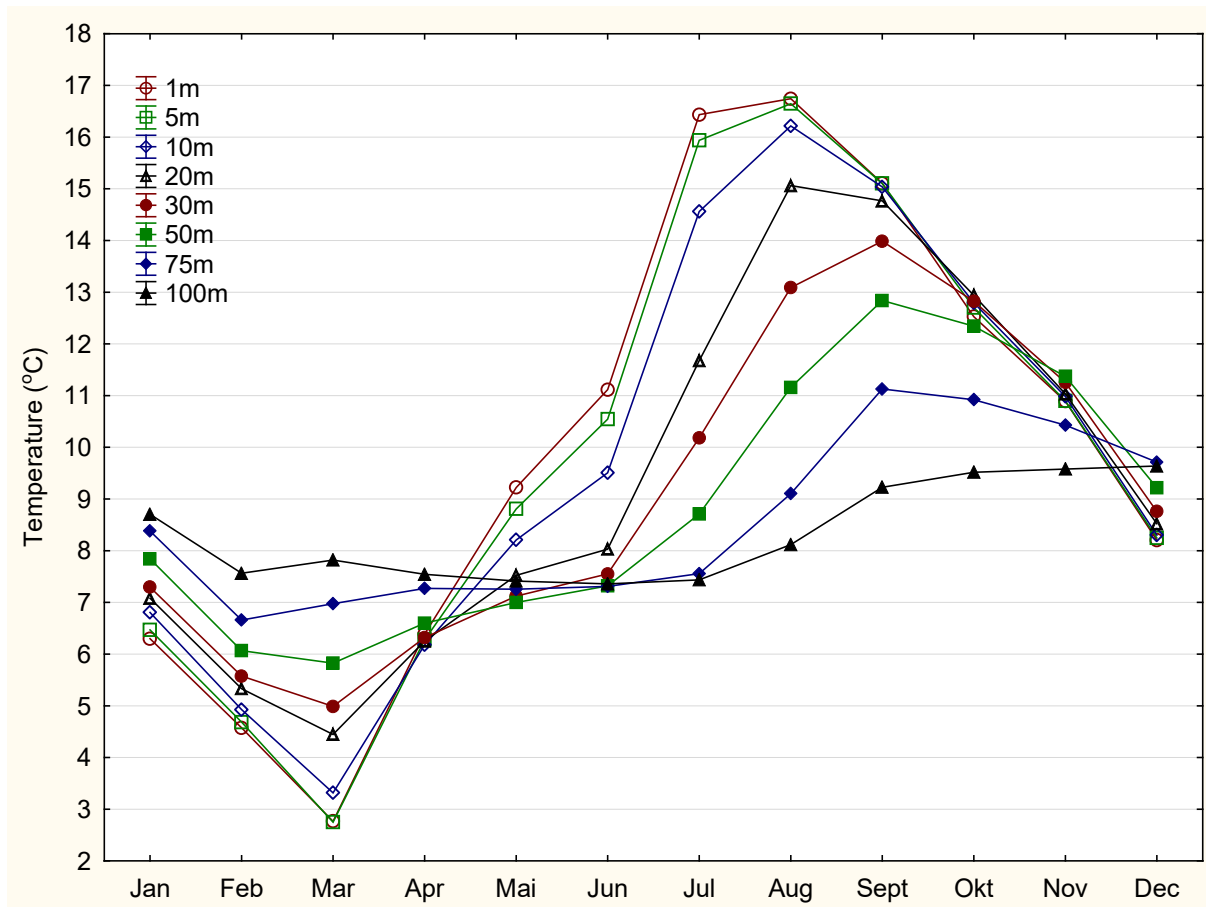
Det nye konseptet er nå testet under kommersielle forhold for å synliggjøre eventuelle utfordringer/behov for ytterligere modifikasjoner. I dette arbeidet har det vært viktig å gjennomføre en kontrollert uttesting med ulike sykluser (med og uten fisk) for å modifisere dagens konstruksjon til de behov som gjelder i Norsk oppdrett.

Dokumentasjon av strømbilde og temperaturkontroll i posen

Greenbag har et inntakssystem i bunnen av posen, og utløp i overflaten langs posens omkrets. Dette er et system som er motsatt av de systemer vi kjenner i dag (utløp i bunnen) og vil hindre at posen kollapser som følge av eventuell pumpestopp. Det har imidlertid vært viktig å dokumentere strømbildet i posen for å sikre homogen vannkvalitet i hele posens volum (temperatur, O₂, CO₂). Vi har brukt en kombinasjon av oppløst O₂ og CO₂ som indikator på vannkvalitet, og målt dette på forskjellige steder i posen. Det var denne testen som oppdaget ovenfornevnte problemstilling rundt slamfeller og innløsningssystem for oksygen.

Som en del av utviklingen har det vært viktig å kontrollere vannhastigheten under bruk (stresstester), da denne vil påvirkes av mengde vann som pumpes inn, så vel som mengde fisk i enheten. I denne fasen er det benyttet målere for å registrere gradienter av strøm relatert og

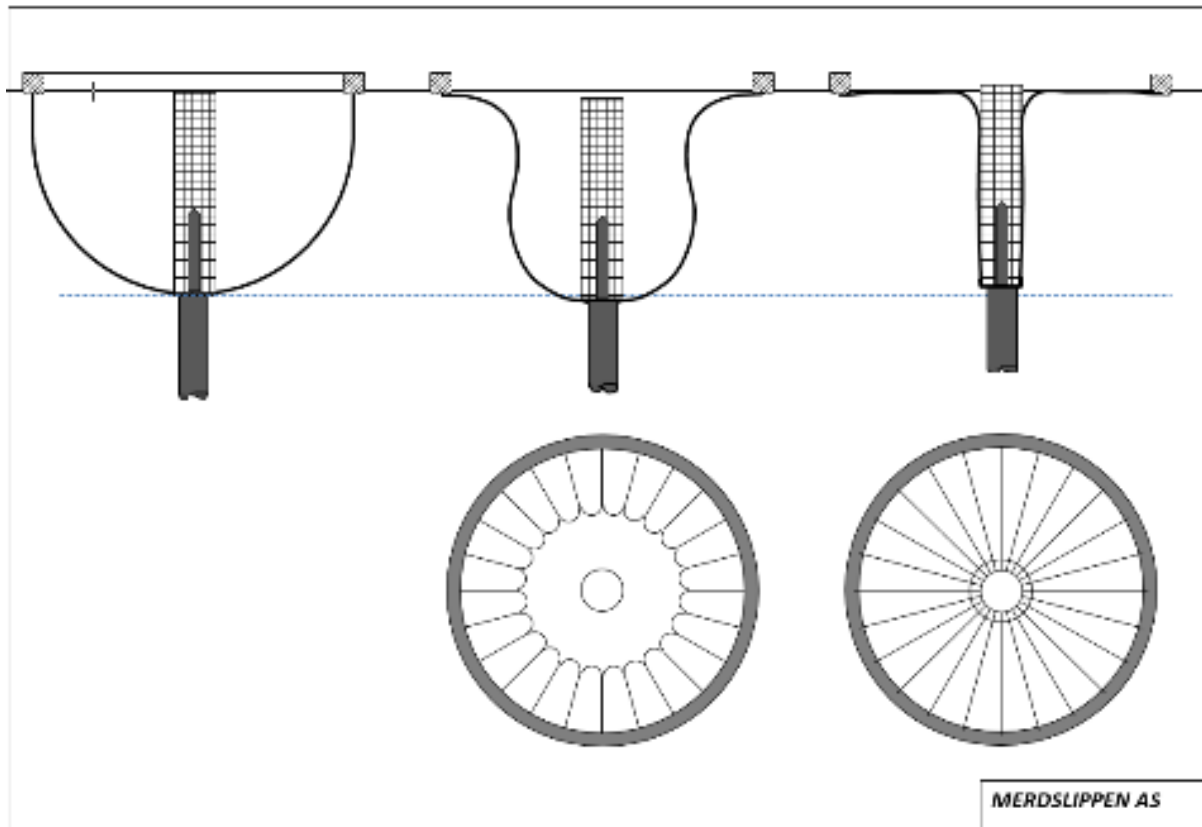
vannforbruk. Modeller for temperaturkontroll er utviklet gjennom en studie av temperatur på sjøvann gjennom året på ulike dyp (Figur 4).



Figur 4. Temperaturprofil i sjøvann gjennom ett år ved ulike dyp

Logistikk av fisk inn og ut av posen

Forflytning av fisk inn og ut av lukkede anlegg er en faktor som mange produksjonsbedrifter sliter med. Greenbag har patentsøkt et konsept hvor en benytter tetthetsforskjellen mellom overflatevann og vann fra større dyp til å redusere ”bag”-volumet (Figur 5). At metoden er patentsøkt tilsier stor innovasjonsverdi og tilsvarende behov for testing og dokumentasjon. Forflytning av fisk vil skje ved hjelp av vanlige pumpesystemer. Denne testen er under planlegging, men måtte utsettes til over sommeren pga dagens Korona situasjon. Et automatisert system for dødfisk håndtering er også under utvikling.



Figur 5. Illustrasjon av tømning av en pose basert på tetthetsdifferanse mellom dypere vann og overflatevann (høyre). I et slikt scenario vil dypvannet hele tiden være i bunnen av posen, mens posen vil klappe sammen i øvre del.

Det nyutviklede Greenbag anlegget er i dag lokalisert på lokaliteten, Koløy (no. 11575) og ligger i Stokksundet, Fitjar. Resipienten er godt skjermet mot bølger og vind, har god vannutskiftning og ett dyp på ca 90-100 m. Anlegget har installert automatisert oksygeneringsanlegg med styring og logging av oksygenivå og øvrig miljøkontroll. Kontroll på utfôret mengde og lagring av fôringsdata er sikret gjennom bruk av ett automatisert fôringsanlegg. Ett undervannskamera sikrer god overvåkning av karmiljø, fiskeatferd, dødelighet, appetitt ved fôring etc. Lokaliteten drives i hht "Best Practice" av Kobbervik og Furuholmen Oppdrett AS.

Gjennomføring av FoU arbeid, Greenbag

Leveranse 2. Biologiske effekter knyttet til fiskevelferd, helsetilstand, stressrespons, appetittregulering, fôrinntak og tilvekst hos postmolt i lukket anlegg

Etter innvilget søknad har prosjektet, gjennom universitetet i Bergen, ansatt en PhD student, Tharmini Kalanathan (oppstart 1. mai 2018), i tillegg til å tilby en master student, Gunnar Berg

(høst 2018) materiale til sin masteroppgave. Denne delen av prosjektet har fokusert på kartlegging av fiskevelferd, helsetilstand, stressrespons, appetittregulering, fôrinntak og tilvekst i RAS og intensiv produksjon av postsmolt Atlantisk laks i Greenbag.

Biologiske effekter knyttet til fiskevelferd, helsetilstand, stressrespons, appetittregulering, fôrinntak og tilvekst i RAS

I prosjektperioden har alt forsøksmateriale blitt hentet fra Hardingsmolt sitt RAS anlegg (Tørrvikbygd), og innbefattet samme fiskegruppe som var planlagt satt ut i Greenbag. Innsamling av fiskeprøver, innkjøp av kjemikalier og annet engangsutstyr samt klargjøring av analyseprosedyrer er gjennomført av personell til knyttet UiB. I oppgaven til Gunnar Berg (Neuroendocrine factors involved in appetite control and feed intake in Atlantic salmon, *Salmo salar*, reared in Recirculating Aquaculture Systems, RAS) var fokus å kartlegge smoltkvalitet på intensivt produsert postsmolt i RAS med fokus på fiskevelferd, stressrespons, appetittregulering, fôrinntak og tilvekst. I dette arbeidet er smoltkvalitet beskrevet som endring i gjelle NKA-aktivitet og i genuttrykk for ionetransporterne NKA $\alpha 1a$, $\alpha 1b$ og NKCC i fiskens kloridceller. Fra de samme fiskene er blodplasma analysert for glukose, ionenivå (Na^+ , K^+ , Cl^-), Hb, Hct, pH, PaO_2 , PaCO_2 og HCO_3^- . Fra utvalgte hjernepreøver er det analysert mRNA markører relatert appetitt indikatorer (Neuropeptide Y (NPY), cocaine-amphetamine relatert transcript (CART), agouti- relatert protein 1 (AgRP-1) og proopiomelanocortin- a2s (POMCa2s); Patel and Cone 2015). Individuell vekst og spredning i vekstmønster er undersøkt gjennom en statistisk analyse av individuell fisk. Andre parameter som kondisjonsfaktor og fôrutnyttelse er beregnet på bakgrunn av registreringer av lengde og vekt.

En oppsummering av Berg sitt master arbeid er gitt i underliggende abstrakt. På samme materialet har PhD kandidat Tharmini Kalanathan (2019-2023, Neuroendocrine factors involved in appetite control, UiB) undersøkt effektene av sentrale nevroendokrine reguleringsmekanismer på appetitt og tilvekst hos postsmolt. Dette arbeidet er presentert på internasjonale konferanser og er nå i prosess til å bli publisert i internasjonalt vitenskapelig tidsskrift (peer review). En oppsummering av Kalanathan sitt master arbeid er gitt i underliggende abstrakt.

MS oppgave: Neuroendocrine factors involved in appetite control and feed intake in salmon, Gunnar Mercoll Berg (2017-2018)

Abstract

The control of appetite in vertebrates is a complex process that depends on a range of signals from peripheral tissues and neuro- and endocrine signals originating in the brain. The hypothalamus is believed to be the main site for signal integration and control of appetite and feed intake. Previous studies on involvement of neuropeptides in appetite regulation in Atlantic salmon (*Salmo salar*) has been based on analysis of whole brain. No studies have involved dissection of the brain to quantify the spatial and temporal expression of the neuropeptides involved in appetite regulation in different parts of the brain. Neuropeptide Y (NPY), cocaine- amphetamine related transcript (CART), agouti-related protein 1 (AgRP-1) and proopiomelanocortin- a2s (POMCa2s) are neuropeptides believed to be involved in appetite regulation in Atlantic salmon. In the present study the mRNA concentration of these neuropeptides was assessed by qPCR in 6 parts of the brain. There was a significantly higher mRNA concentration of NPY in the forebrain compared to all the other tissues of the brain. POMCa2s showed a significant higher mRNA concentration in the pituitary than in all other parts of the brain. CART had a significantly higher expression in the forebrain than in cerebellum and pituitary while AgRP-1 showed no significant differences in mRNA concentration among the different brain tissues. As part of this study the fish went through a vaccination period that involved fasting, and the only significant differences found were in the forebrain for POMCa2s and in the midbrain for NPY. The extensive expression of neuropeptides involved in appetite control in different parts of the brain suggest other roles than appetite control for these neuropeptides, and/or the appetite control is being supplemented from other parts of the brain than the hypothalamus. This study shows that further research on the involvement of the neuropeptides in control of appetite cannot be based on analysis of whole brain and needs to focus on specific regions and signaling pathways.

Paper: The Melanocortin System in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and its Role in Appetite Control

Tharmini Kalanathan¹, Floriana Lai¹, Ana S. Gomes¹, Koji Murashita^{1,2}, Sigurd Handeland^{1,3}, Ivar Rønnestad¹

¹Department of Biological Sciences, University of Bergen, Bergen, Norway

²Research Center for Aquaculture Systems, National Research Institute of Aquaculture, Japan Fisheries Research and Education Agency, Tamaki, Japan

³Norwegian Research Center, NORCE Environment, Bergen, Norway

Correspondence:

*Tharmini Kalanathan Tharmini.Kalanathan@uib.no

ABSTRACT

The melanocortin system is a key neuroendocrine network involved in the control of food intake and energy homeostasis in vertebrates. Within the hypothalamus, the system comprise two main distinct neuronal cell populations that express the neuropeptides proopiomelanocortin (POMC; anorexigenic) or agouti-related protein (AGRP; orexigenic). Both bind to the melanocortin-4 receptor (MC4R) in higher order neurons that controls both food intake and energy expenditure. This system is relatively well-conserved among vertebrates. However, in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.), the salmonid-specific whole genome duplication lead to the presence of several paralogous genes which might result in divergent functions of the duplicated genes. In the current study, we report the first comprehensive comparative identification and characterization of Mc4r, and extend the knowledge of Pomc and Agrp in appetite control in Atlantic salmon. *In silico* analysis revealed multiple paralogous genes for *mc4r* (*a1*, *a2*, *b1*, *b2*) in the Atlantic salmon genome, and confirmed the paralogues previously described for *pomc* (*a1*, *a2*, *b*) and *agrp* (*a1* and *a2*). All *mc4r* paralogs are relatively well-conserved with the human homolog, sharing at least 63% amino acid sequence identity. We analysed the mRNA expression of *mc4r*, *pomc* and *agrp* genes in eight brain regions of Atlantic salmon post-smolt

under two feeding states: normally fed and fasted for 4 days. The *mc4ra2*, *b1* and *b2* showed a high mRNA expression in the hypothalamus and *a1* in the telencephalon. , All *pomc* genes were highly expressed in the pituitary, followed by hypothalamus and saccus vasculosus. The *agrp* genes showed a completely different expression pattern from each other, with prevalent expression of the *agrp1* in the hypothalamus and *agrp2* in the telencephalon. Fasting didn't induce any significant changes in *mc4r* and *agrp* paralogues expression. For the *pomc* genes, the only a significant down regulation after fasting was observed for in regions with very low expression, including *pomca1* in the olfactory bulb, *pomca2* in the telencephalon and cerebellum, and *pomcb* in the telencephalon.

Intensiv produksjon av postsmolt Atlantisk laks i Greenbag, Forsøksaktivitet

I denne delen av prosjektet er det gjennomført en storskala test som innbefattet å produsere 230 gr postsmolt i Greenbag, herunder sammenlikne denne fisken med en tilsvarende gruppe i åpen not. Forsøket har tatt utgangspunkt i en felles antalls- og størrelsesberegnet smoltgruppe fra Hardingsmolt med samme biologiske, genetiske og produksjonstekniske opphav. All forsøksfisk ble fulgt opp i ferskvann mhp dokumentasjon av smoltutvikling og kvalitet. Temperaturen i siste del av ferskvannsfasen ble justert mot sjøtemperatur da dette erfaringsmessig reduserer faren for sår.

Ved utsett i sjø ble fiskegruppen delt inn i to grupper (antall og størrelse) og hvor halvparten av fisken ble overført til Greenbag posen (medio april) og den andre halvpart til en tradisjonell åpen not. Bakgrunnen for å bruke en åpen not som referanse var å sikre et best mulig statistisk grunnlag mhp. å sammenlikne samt dokumentere effekt av behandling. Gjennomsnittsstørrelse ved utsett var 137 gr. Ved oppnådd postsmolt størrelse på ca 230 gr ble fisken i Greenbag overført til tradisjonelt matfiskanlegg og vil deretter bli tatt frem til slakt (4.5 kg).

Samplingsprogrammet i storskala testen innbefattet prøveuttak i ferskvann, samt hver mnd i sjø. I forbindelse med prøveinnsamling har lokalitetsansvarlig bistått med personell og utstyr mhp innfangning av fisk, fiskevekter, båter og lokaler til sampling. I forkant av forsøksstart, dvs siste del av ferskvannsfasen, ble smoltgruppen fulgt opp mhp smoltkvalitet, størrelsesfordeling og kondisjon. Smoltkvalitet er dokumentert som endring i gjelle NKA-aktivitet. Fra de samme fiskene er det hentet inn blodplasma og som vil bli analysert for glukose og plasma ionenivå. Prøver av hodenyre, gjelle og hjerte er hentet inn og vil bli benyttet til screening av agens gitt ett utbrudd av sykdom i senere matfiskfase (gruppen er fremdeles i sjøanlegg). Dette materialet er lagret på RNA later og klargjort for eventuell analyse av

sykdomsagens herunder inkl; SAV, AGD, PGI og PT. UIB har utviklet en rekke molekylære metoder for påvisning av sykdomsagens i laksefisk. Alle nødvendige primere og prøber for påvisning av agens er tilgjengelig for prosjektet.

I forbindelse med prøveuttakene i sjø er følgende parametere undersøkt; Fiskenes morfologiske og fysiologiske tilstand, velferdsstatus og hypo-osmoreguleringsevne er undersøkt. Individuell vekst og spredning i vekstmønster er undersøkt gjennom en statistisk analyse av individuell fisk. Andre parameter som kondisjonsfaktor og forutnyttelse (data fra Fishtalk) er beregnet på bakgrunn av registreringer av lengde og vekt. Dødelighet vil bli registrert daglig. Tegn på luseangrep og gjellestatus er sjekket ukentlig som en del av driften på anlegget. Parallellt med de biologiske analysene vil det tas vannprøver for å registrere O₂, CO₂, pH og temperatur i inn- og utløp av Greenbag. Tilsvarende prøver er hentet fra åpen not. En oversikt over prøver er gitt i tabell 1-3.

Tabell 1. Antall, vekt og tetthet hos fisk satt ut på lokalitetene Koløy (Greenbag) og Aga (åpen not).

Lokalitet	Anlegg	Utsett	Uttak	Antall, ut	Vekt, ut (gr)	Tetthet, ut (kg/m3)
Koløy	Greenbag	15. Aug	18. Okt	222 163	137	8.3
Koløy	Greenbag	30. Des	20. Mars	391 306	227	21.2
Aga	Åpen not	15. Jan	20. Mars	196 100	379	3.64

Tabell 2. Antall, tilvekst, dødelighet, FF og lusetall for fisk satt ut på lokalitetene Koløy (Greenbag) og Aga (åpen not).

Lokalitet	Anlegg	Utsett	Tilvekst %	Tilvekst VF3	Dødelighet	Bio. FF	Lus n
Koløy	Greenbag	15. Aug	1,6	3,15	0,31	0,89	0,00
Koløy	Greenbag	30. Des	1,3	3,67	0,71	0,93	0,00

Aga	Åpen not	15. Jan	0,83	3,03	0,72	1,2	0,2
-----	----------	---------	------	------	------	-----	-----

Tabell 3. CO₂, O₂, temp og pH hos fisk satt ut på lokalitetene Koløy (Greenbag) og Aga (åpen not).

Lokalitet	Anlegg	Utsett	CO ₂ Mg/l	O ₂ %	Temp °C	pH
Koløy	Greenbag	15. Aug		93	10,8	
Koløy	Greenbag	30. Des	1,3	89	8,4	7,55
Aga	Åpen not	15. Jan		83	6,3	

Anbefalt litteratur

- Calabrese, S., Nilsen, T.O., Ebbesson, L., Pedrosa, C., Fivelstad, S., Hosfeld, C., Stefansson, S. O., Terjesen, B. F., Takle, H., Martins, C., Sveier, H., Mathisen, F., Kolarevic, J., Imsland, A. K. and S.O. Handeland. Stocking density limits for post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Submitted Aquaculture.
- Conde-Sieira et al. (2010) Stress alters food intake and glucosensing response in hypothalamus, hindbrain, liver, and Brockmann bodies of rainbow trout. *Physiology & Behavior*, 101, 483-493.
- Ebbesson LOE and Braithwaite VA (2012). Environmental impacts on fish neural plasticity and cognition. *Journal of Fish Biology* 81, 2151-2174
- Ellis, T., North, B., Scott, A., Bromage, N., Porter, M., Gadd, D., 2002. *J. Fish. Biol.* 61, 493-531.
- FKD, 2004. Merknader til Forskrift 22. desember 2004 nr. 1785 om drift av akvakulturanlegg (akvakulturdriftsforskriften, In Norwegian).
- Grassie C, VA Braithwaite, J Nilsson, TO Nilsen, H-C Teien, SO Handeland, SO Stefansson, V Tronci, M Gorissen, G Flik, LOE Ebbesson (2013) Aluminum exposure impacts brain plasticity and behavior in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Experimental Biology*, doi:10.1242/jeb.083550
- Gullestad, P., Bjørge, S., Eithun, I., Ervik, A., Gudding, R., Hansen, H., Johansen, R., Osland, A., Rødseth, M., Røsvik, I., Sandersen, H., Skarra, H., Bakke, G., 2011. Effektiv og bærekraftig arealbruk i havbruksnæringen (In Norwegian, "Efficient and sustainable use of areas in Norwegian mariculture"), Oslo, pp. 190. (In Norwegian).
- Handeland, S. O., Fivelstad, S. og B. F. Terjesen. [2014](#). Effekter på helse, sykdom og velferd ved postsmoltproduksjon i semi-lukkede anlegg - Del A: Tetthetstoleranse og vannforbruk – FHF 900816. (In Norwegian).
- Holm, J.C., Refstie, T., Bø, S., 1990. The effect of fish density and feeding regimes on individual growth rate and mortality in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 89, 225-232.
- Hosfeld, C., Hammer, J., Handeland, S., Fivelstad, S., Stefansson, S., 2009. *Aquaculture*. 294, 236-241.
- Kjartansson, H., Fivelstad, S., Thomassen, J.M., Smith, M.J., 1988. *Aquaculture*. 73, 261-274.
- Korte, S.M., Olivier, B., Koolhaas, J.M., 2007. *Physiology & Behavior*. 92, 422-428.

- Madaro A., RE Olsen, TS. Kristiansen, LOE Ebbesson, TO Nilsen, G Flik, M. Gorissen (2015) Stress in Atlantic salmon: response to unpredictable chronic stress. *J Experimental Biology* 218:2538-2550
- McEwen, B., Stellar, E., 1993. *Archives of Internal Medicine*. 153, 2093-2101.
- Patel S, Cone RD: Neuroscience: A cellular basis for the munchies. *Nature* 2015, 519(7541):38-40.
- Rosten, T.W., Ulgenes, Y., Henriksen, K., B.F., T., Biering, E., Winther, U., 2011. Oppdrett av laks og ørret i lukkede anlegg - forprosjekt, Utredning for Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond (FHF)
- Rosten, T., Terjesen, B., Ulgenes, Y., Henriksen, K., Biering, E., Winther, U., 2013. Lukkede oppdrettsanlegg i sjø – økt kunnskap er nødvendig. More knowledge is needed about aquaculture in closed fish farms at sea. *VANN* 48, 5-13.
- Salvanes AGV, O Moberg, LOE Ebbesson, TO Nilsen, KH Jensen, VA Braithwaite (2013) Environmental enrichment promotes neural plasticity and cognitive behaviour in fish. **Proceedings of the Royal Society B** doi:10.1098/rspb.2013.1331
- Stolte, E.H., de Mazon, A.F., Leon-Koosterziel, K.M., Jesiak, M., Bury, N.R., Sturm, A., Savelkoul, H.F.J., van Kemenade, B.M.L.V., Flik, G., 2008. *Journal of Endocrinology*. 198, 403-417.
- Thomson et al (2012) Plasticity of boldness in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*: do hunger and predation influence risk-taking behaviour? *Hormones and Behavior*, 61, 750-757.
- Thorarensen, H., Farrell, A.P., 2011. The biological requirements for post-smolt Atlantic salmon in closed-containment systems. *Aquaculture*. 312, 1-14.
- Van der Boon et al. (1991). The effects of cortisol administration on intermediary metabolism in teleost fish. *Comp Biochem. Physiol A* 100:47–53.
- Wendelaar Bonga, S. E, Balm, P. H. M. Lamers, A. E. 1995. The Involvement of Acth and Msh in the Stress-Response in Teleost Fish. *Netherlands Journal of Zoology*. 45, 103-106.
- Wendelaar Bonga, S. E., 1997. The stress response in fish. *Physiological Reviews*. 77, 591-625.