



Hauge Akva



Veterinærinstituttet  
Norwegian Veterinary Institute



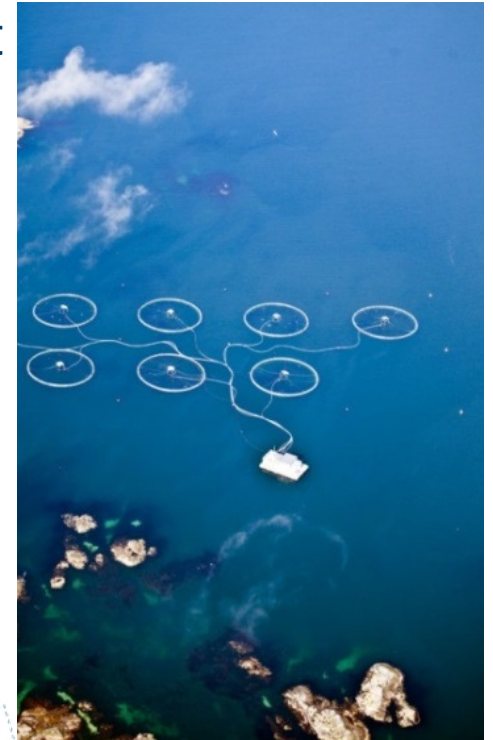
# NFR-OPP: Optimalisert Postsmolt-Produksjon (NFR 217502/E40)

FHF's Havbrukssamling 23-24 sept. 2014  
Postsmolt & semi-lukket



# Bakgrunn for NFR-OPP

- Mulig løsning på flere av utfordringene i lakse-oppdrett er å redusere tiden i «åpne» nøter i sjø
- FKD økte i 2011 fra 250 g/ind til 1 kg/ind settefisk
- Hypoteser: en større settefisk, postsmolt, kan
  - ✓ redusere lusproblemer,
  - ✓ gi raskere vekst, bedre velferd
  - ✓ redusere tap av fisk og risiko
  - ✓ redusere produksjonstid, spesielt ved lav vinter temperatur
- Flere store oppdrettsaktører og FoU-institusjoner gikk i 2012 sammen om et NFR-prosjekt for å undersøke hvordan en slik postsmolt-produksjon bør gjøres



# Nye produksjonsformer i fremtiden?

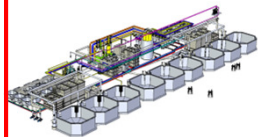
I dag: 22 000 tonn i lukkede anlegg

Dersom all produksjon i lukkede anlegg: 290 000 tonn, 13x økning!

Lukkede anlegg på land

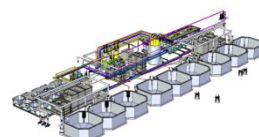
Settefisk i lukket RAS i ferskvann på land

0-70 g



Postsmolt i lukket anlegg på land

70 g – 1 kg



Kortere tid i trad. nøter eller offshore, til slakt

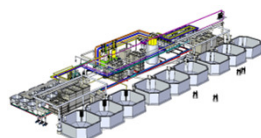
1 kg – 5 kg



Semi-lukkede anlegg i sjø

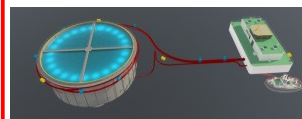
Settefisk i lukket RAS i ferskvann på land

0-70 g



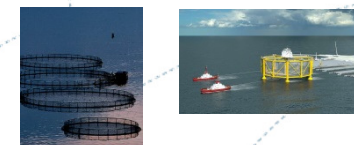
Postsmolt i semi-lukket anlegg i sjø

70 g – 1 kg



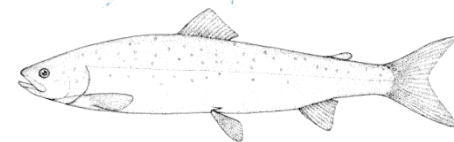
Kortere tid i trad. nøter eller offshore, til slakt

1 kg – 5 kg

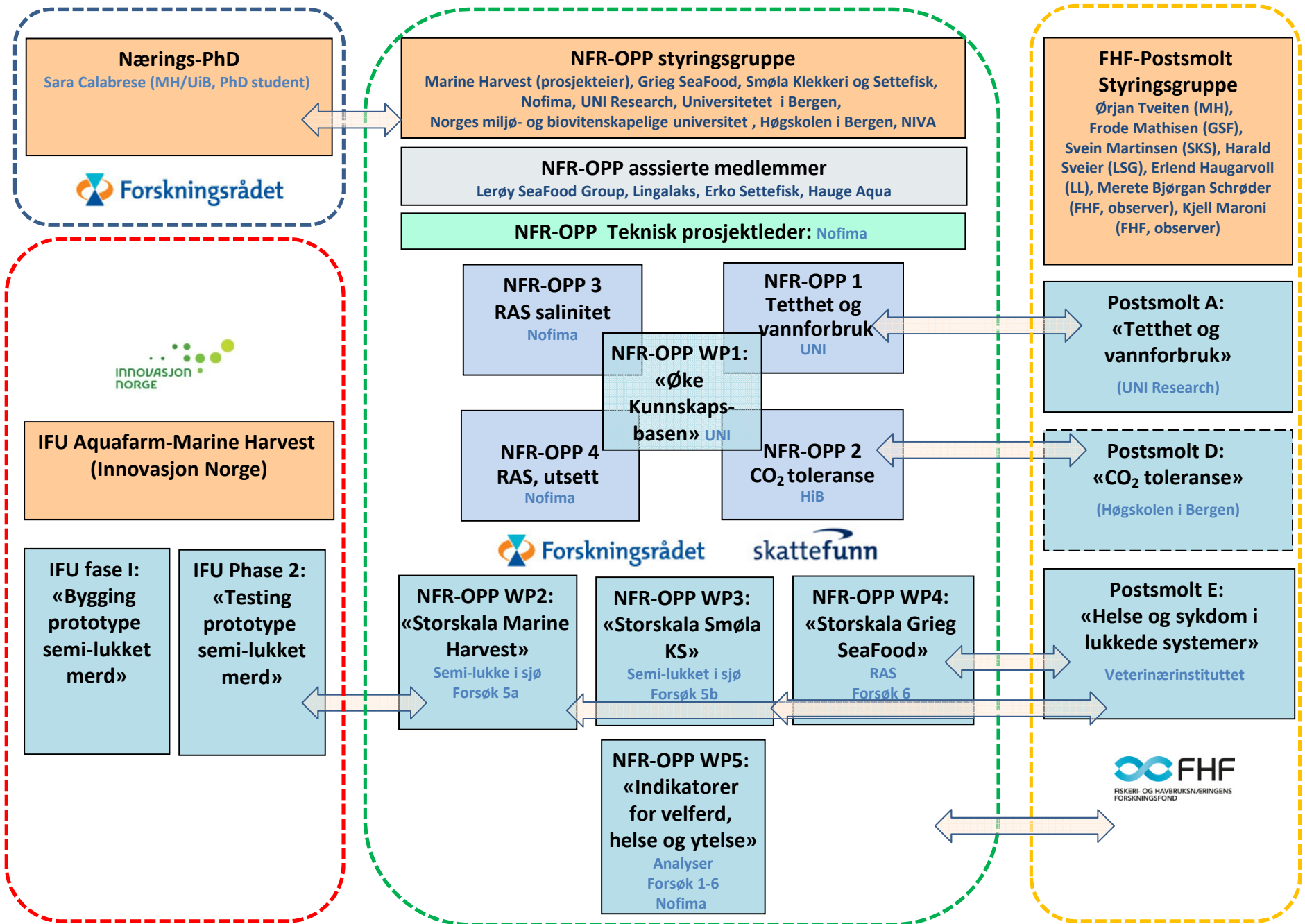


# Hovedmål i NFR-OPP

Utvikle grunnleggende og anvendt kunnskap om hvorvidt tiden i åpne nøter i sjø for laks kan reduseres, ved å øke tiden på land eller i semi-lukkede anlegg i sjø, og kartlegge konsekvensene for fiskens ytelse, fysiologi, helse og produksjonskostnad

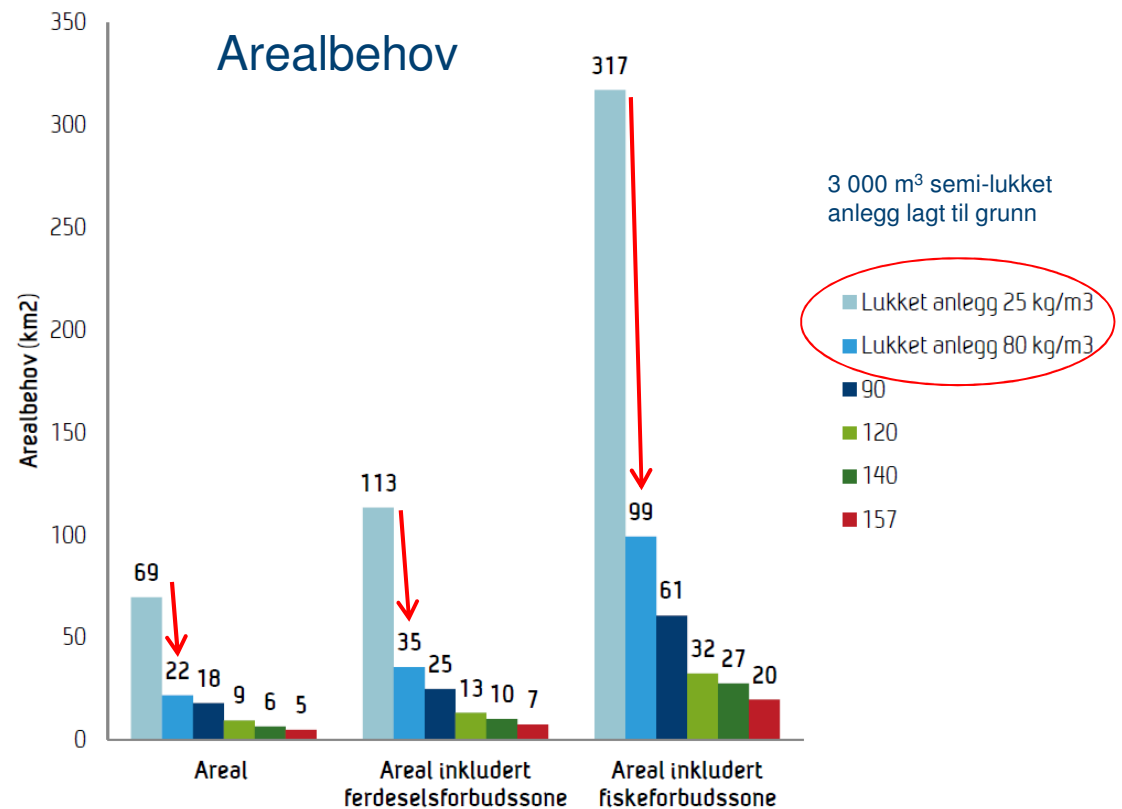


# OPP «Optimalisert postsmoltproduksjon»



# OPP1: Fisketetthet (kg/m<sup>3</sup>) og vannbehov (l/kg/min) i semi-lukkede anlegg i sjø (UNI)

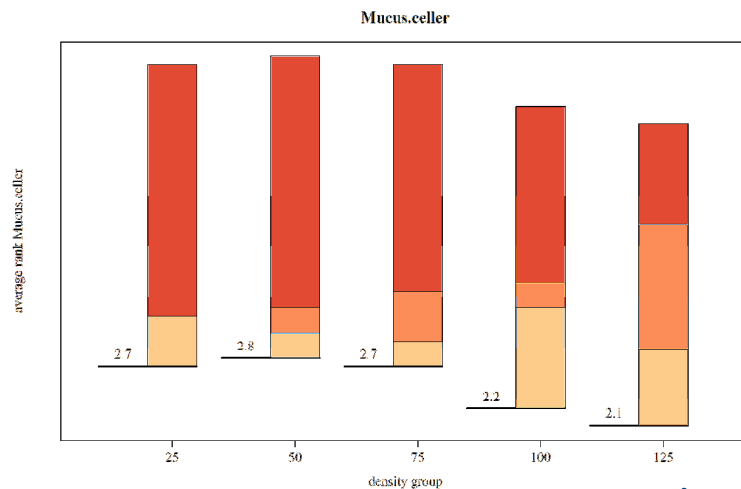
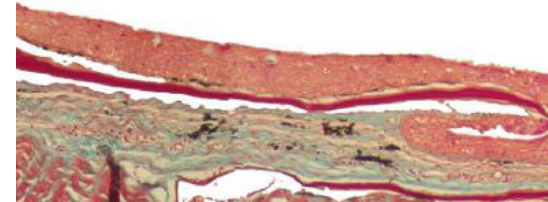
- Variabler med stor innvirkning på:
  - ✓ Fiskevelferd og ytelse i semi-lukkede anlegg
  - ✓ Driftskostnader ved vannflytting/pumping
  - ✓ Arealbehov
  - ✓ Investeringskostnader



Henriksen, K., Rosten, T., Terjesen, B.F., Ulgenes, Y., Winther, U., 2013. . VANN 47, 535-544.

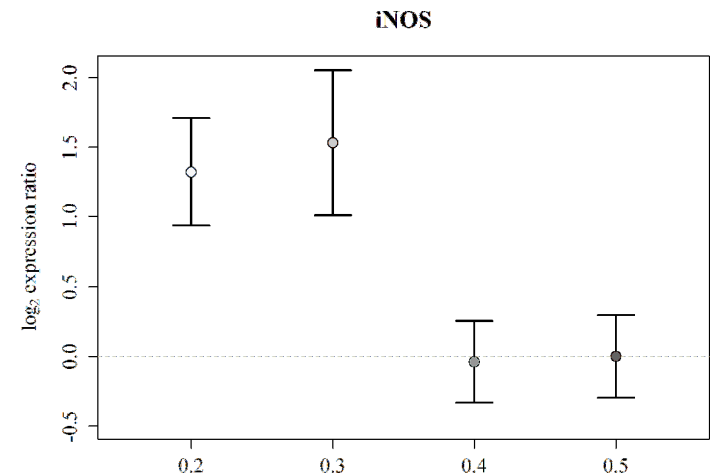
# OPP1/Postsmolt A: Laksens fysiologi og velferd blir påvirket av tetthet og spesifikk vanntilførsel

- Sigurd Handeland v/UNI vil presentere
- Nofima har gjennom NFR-OPP utviklet en analytisk plattform for skinnhelse
- Ved økende fisketetthet: redusert mucus, og oppregulering av mucin RNA
- Ved redusert vanntilførsel: økt iNOS, cathepsin, og lysozym genekspressjon



Økende fisketetthet (kg/m<sup>3</sup>)

Takle et al., upublisert, 2014



Minkende vanntilførsel (l/kg/min)

# OPP2/Postsmolt D: CO<sub>2</sub>-toleranse hos postsmolt (HiB)

- CO<sub>2</sub> toleransen (mg/l) har stor betydning for helse, velferd, og driftskostnader i lukkede anlegg
- Kun små endringer i toleranse fra f.eks. 15 mg/l til 12 mg/l har stor innflytelse på flow-behov i semi-/lukkede anlegg
- OPP2/Postsmolt D blir presentert av S. Fivelstad, HiB

Flow-behov (m<sup>3</sup>/min)

Produksjon av CO<sub>2</sub> fra fisken

$$Q = \frac{-P}{(C_2 - C_1)}$$

Innløps-konsentrasjon (lavest mulig)

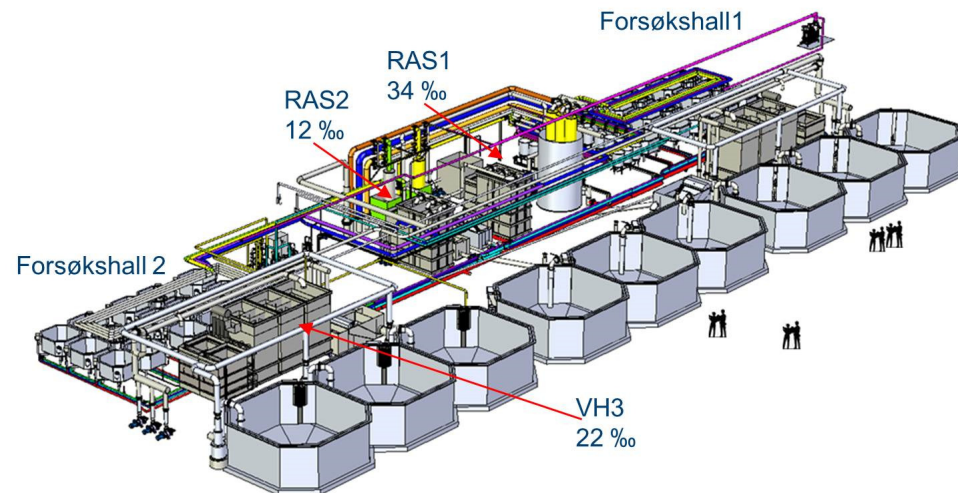
Konsentrasjon inne i anlegget (fiskens toleranse)



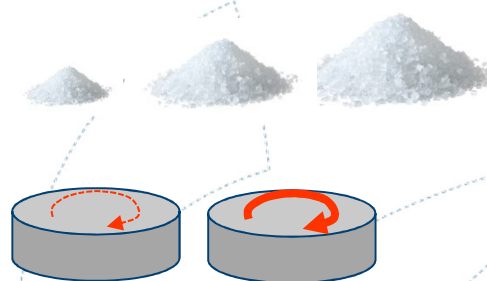


# OPP3: Prod av postsmolt i RAS (Nofima)

- Sjøvann i landbaserte anlegg kan gi høyere driftskostnader enn ferskvann, fordi avfallsstoffer er vanskeligere å fjerne
- Eller kan postsmolt oppdrettes ved lav saltholdighet i vannet?
- Kan trening med økt vannhastighet være fordelaktig?
- Vi kjørte et forsøk fra 70 g til 850 g ved forskjellige saltholdigheter (12-22-32 ppt S) og treningsnivå (0.3 og 1 BL/s)



Nofima senter for resirkulering i akvakultur (NCRA), Sunndalsøra

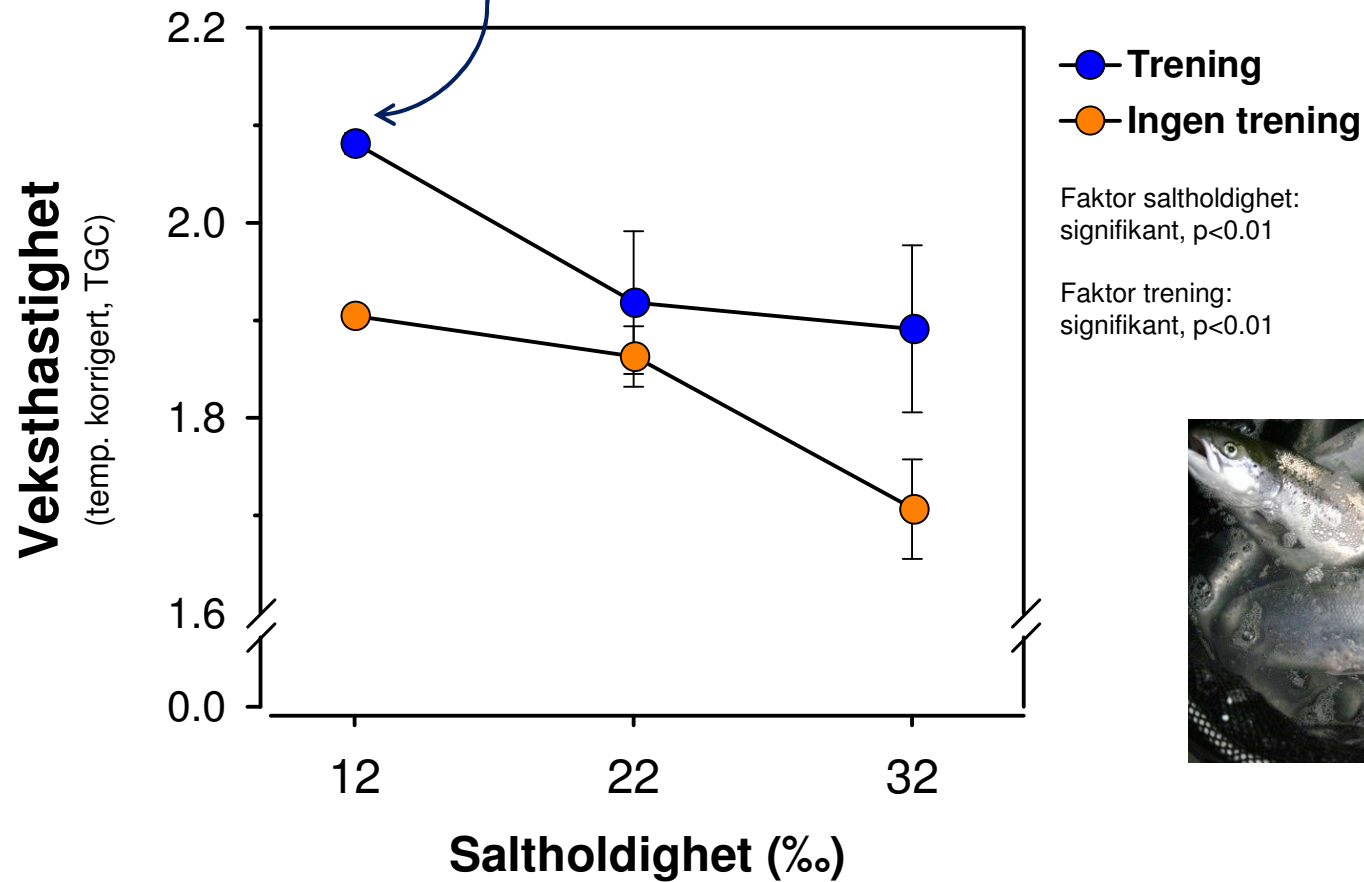


**OPP3:** Postsmolt av laks ~800 g, produsert i landbasert RAS med 99% gjenbruk av vannet



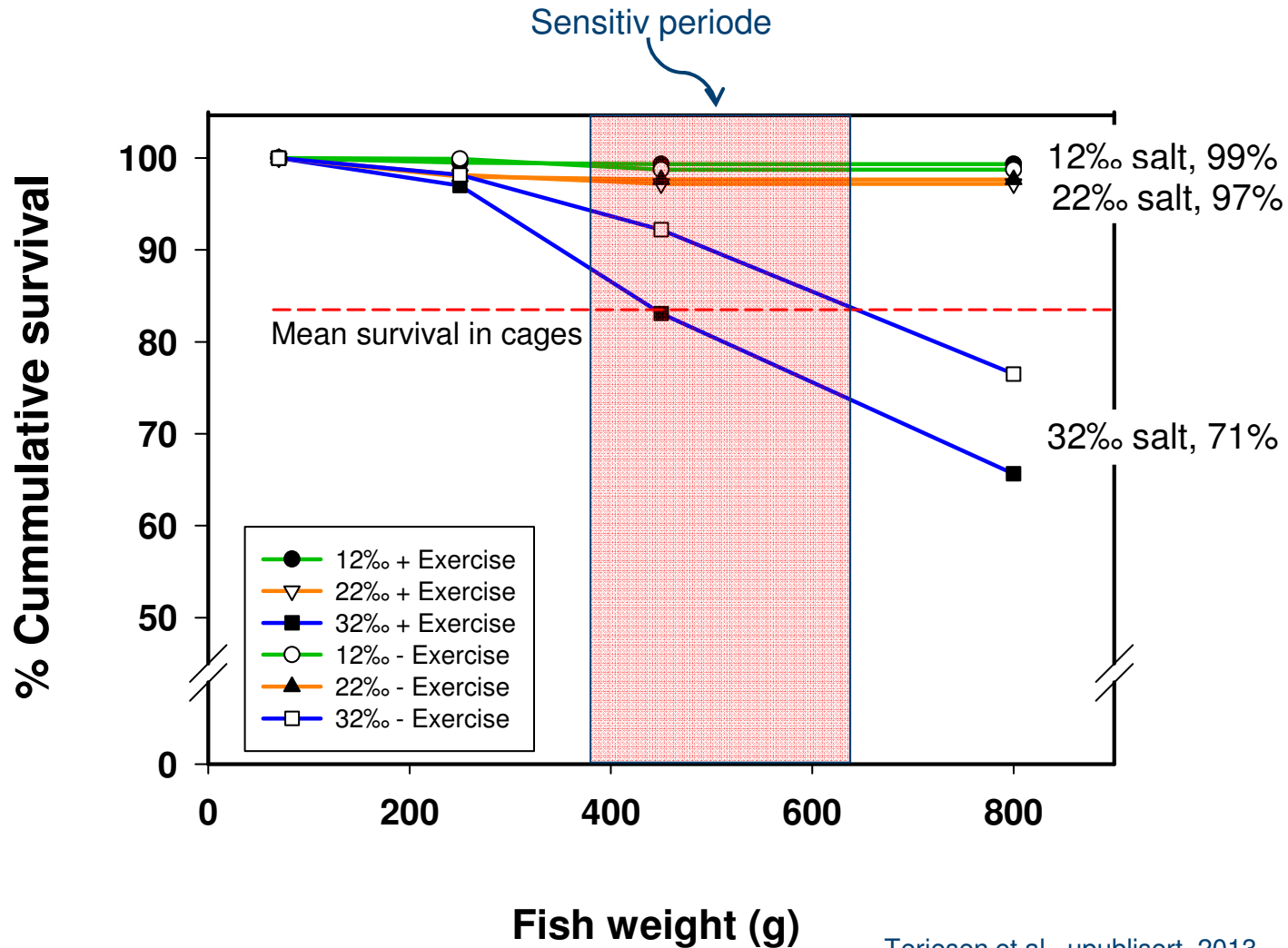
# OPP3: Også laks har godt av mindre salt og mer trening: Bedre vekst

12 ‰ salt i vannet, og trening gjør at denne fisken først nådde 850 g/ind



# OPP3: Også laks har godt av mindre salt og mer trening!

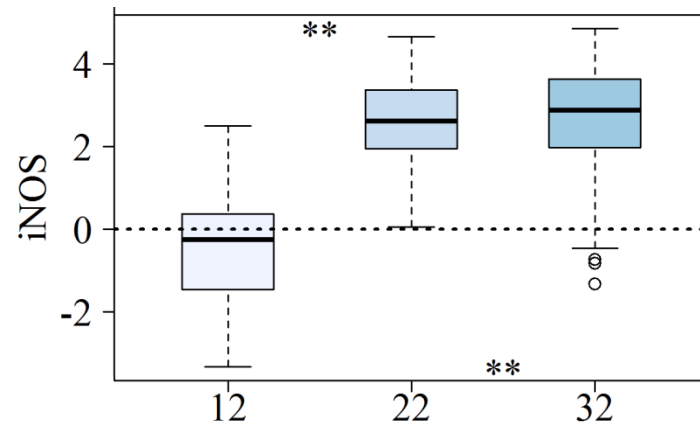
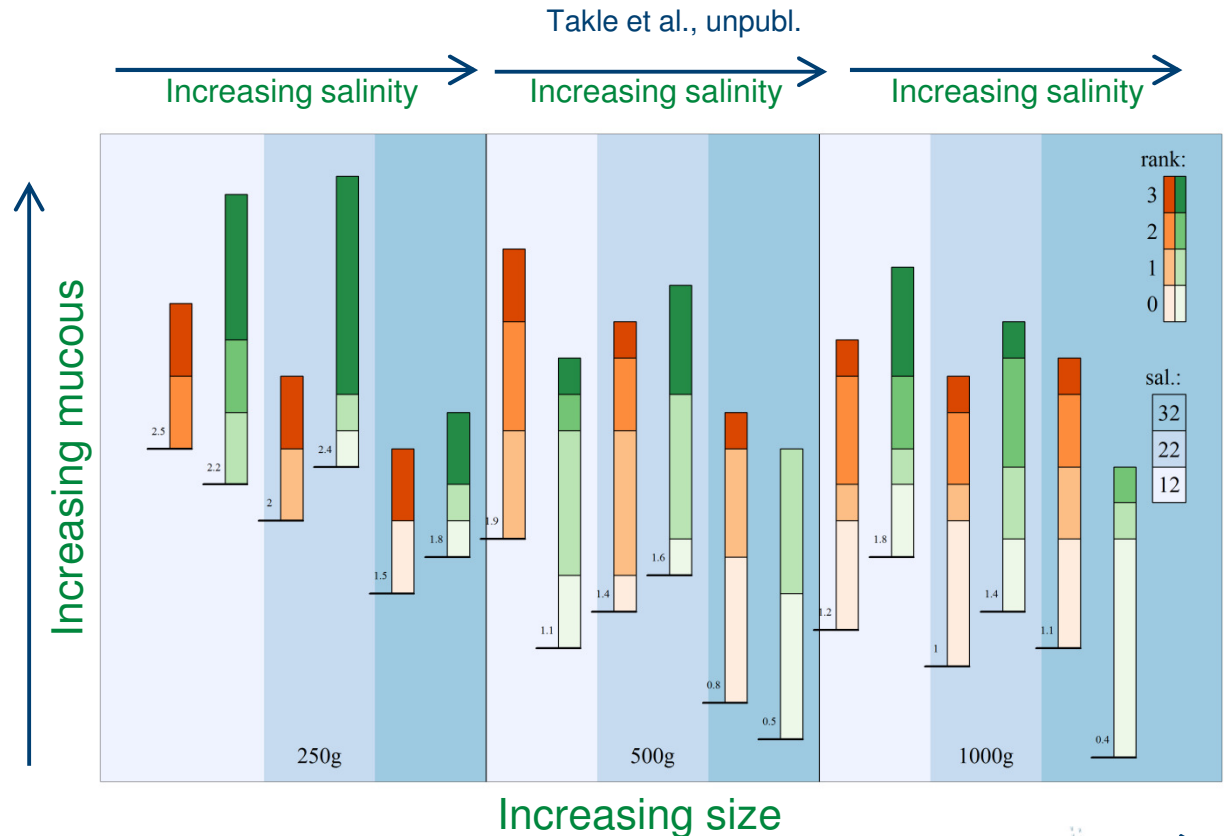
Høyere overlevelse når holdt på lav salinitet hele tiden



Terjesen et al., upublisert, 2013

# OPP3: Skinnhelse

- ✓ Signifikant mindre slim og slimceller, ved høyere salinitet og fiskestørrelse
- ✓ Trening hadde sign. negativ effekt på vevsskade ved 22 og 32, men ikke ved 12 ‰, på slutten av forsøket
- ✓ Sign. oppregulering av de stress-relaterte genene HSP70 og iNOS i skinn ved 32,22 versus 12 ‰



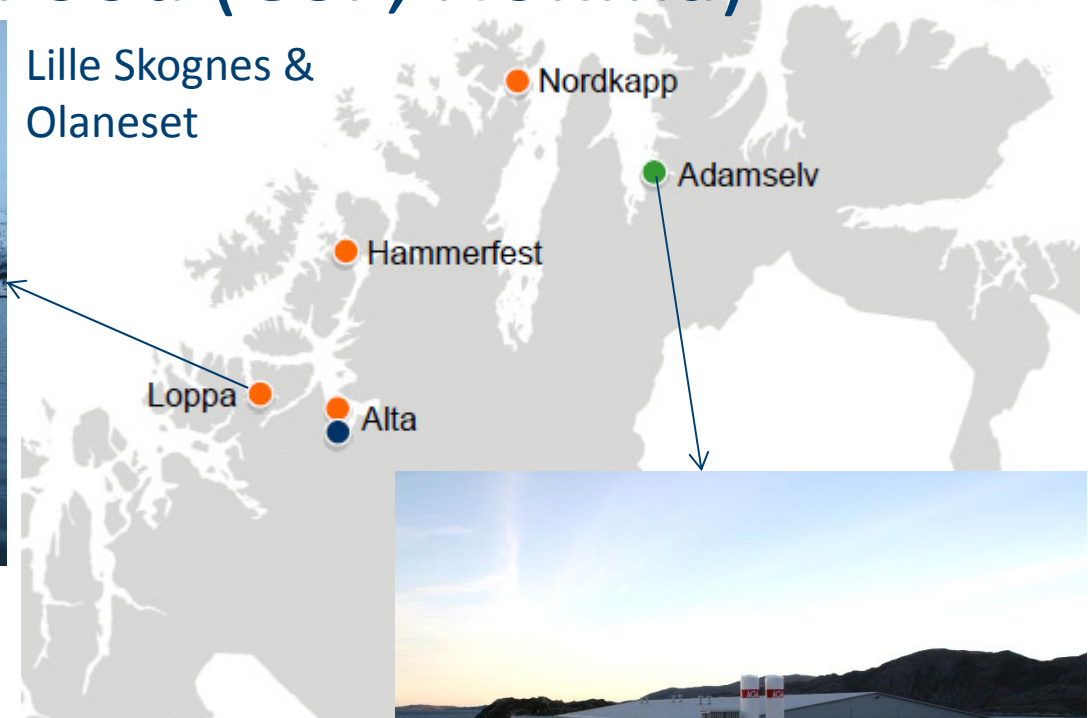
Takle et al., unpubl.

fima

# OPP6: Effekt av salinitet i kommersiell skala RAS, Grieg SeaFood (GSF, Nofima)



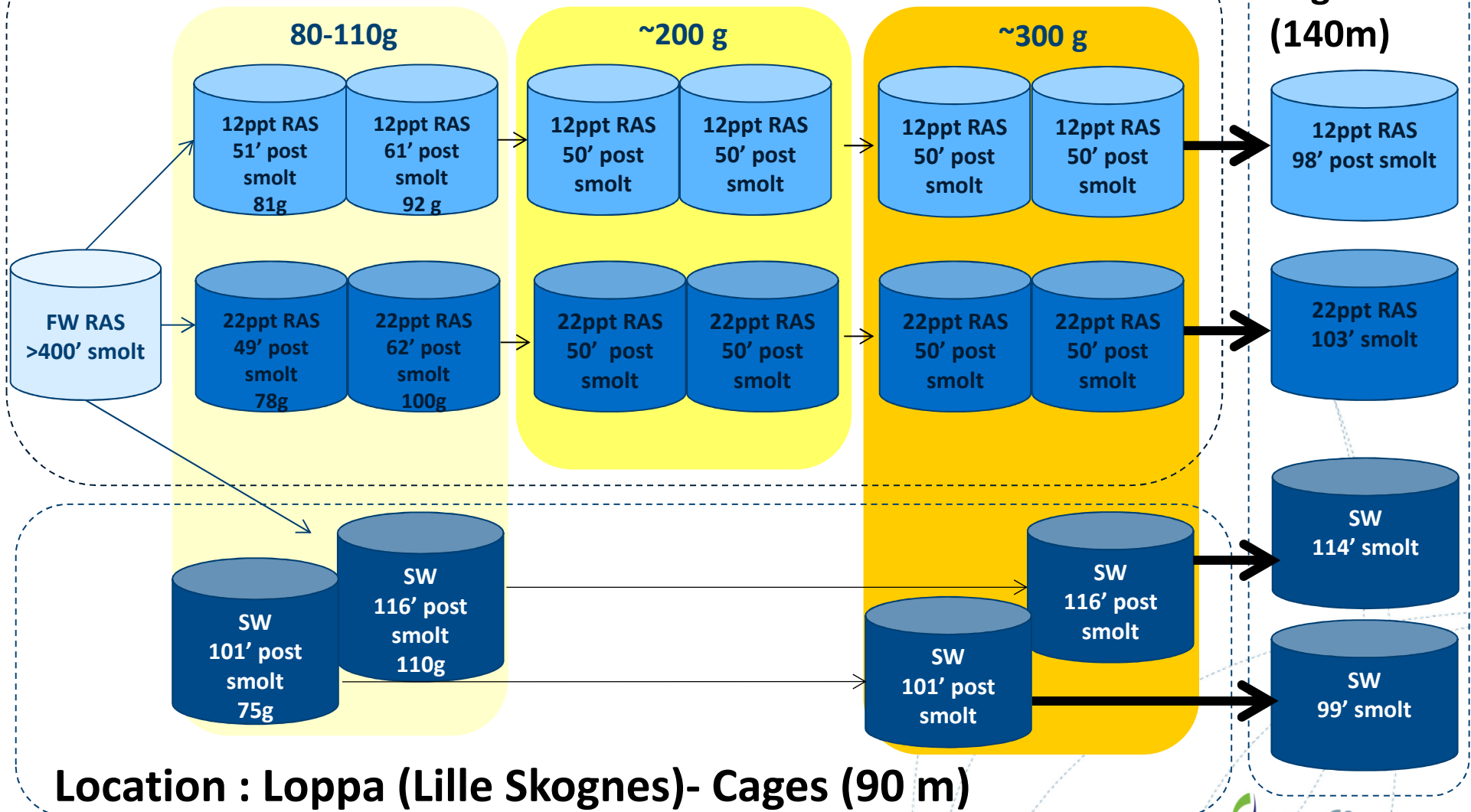
Lille Skognes & Olaneset



# OPP6: Effekt av salinitet i kommersiell skala RAS, Grieg SeaFood

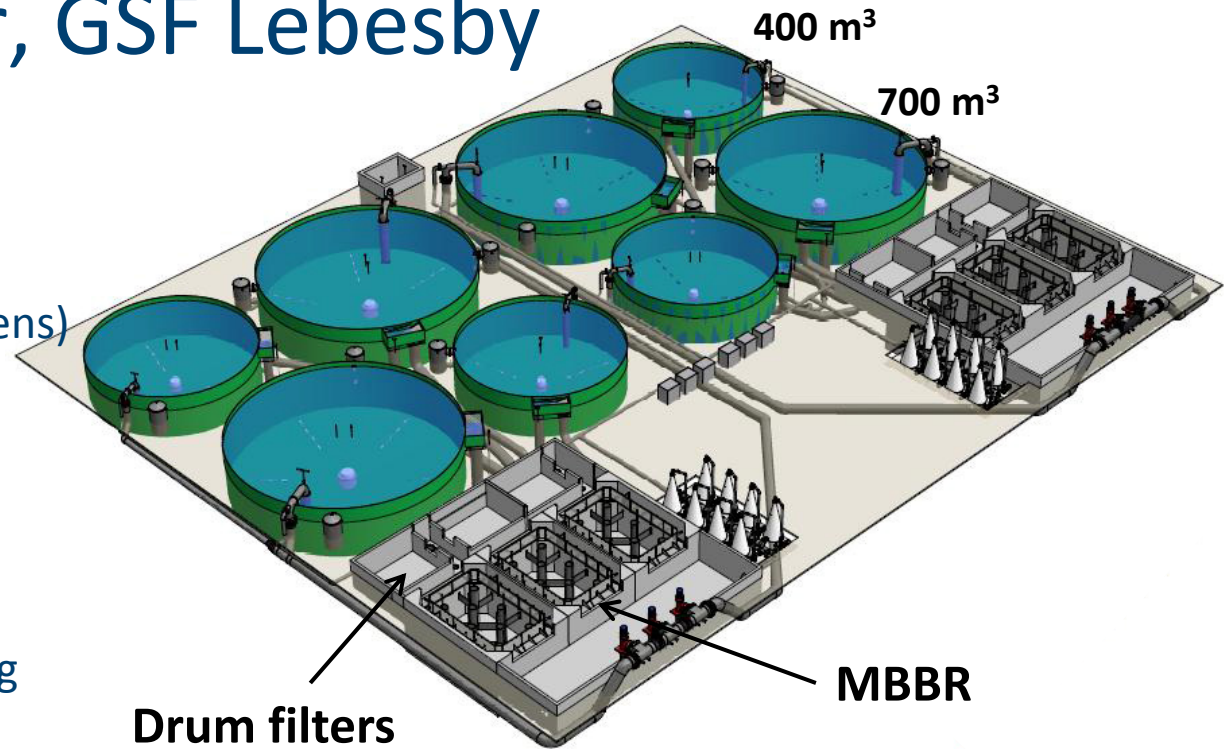
Location:  
Loppa  
(Olaneset)  
Cages  
(140m)

Location : Adamselv – landbased facility (RAS)



# RAS betingelser, GSF Lebesby

- Bygget 2012/2013
- 2 200 m<sup>3</sup> karvolum/RAS
- Hydrotech filter (40 µm screens)
- MBBRs (volum 500 m<sup>3</sup>)
- 2 tonn fôr/dag
- 30 min HRT  
(55 min gjennom forsøket)
- Max flow 3 600 m<sup>3</sup>/hr/RAS
- ~20% sys. vol. utskiftning/dag



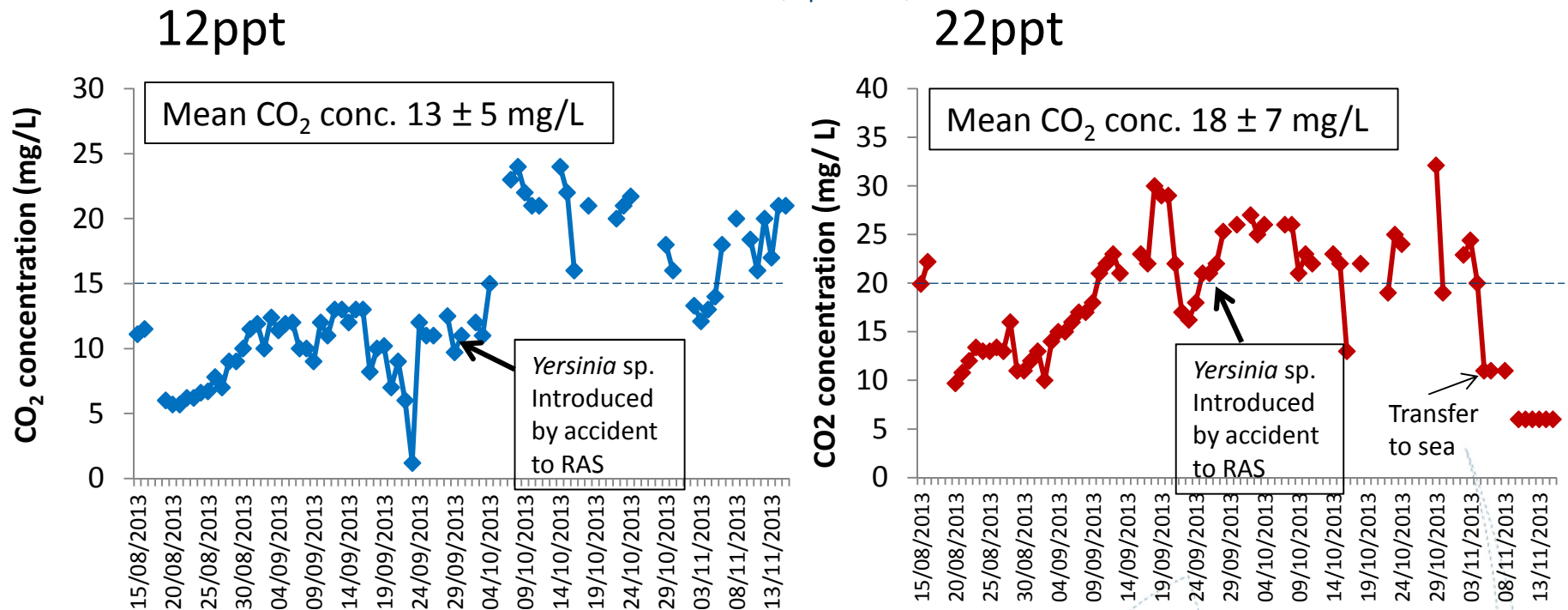
System	Total feed load (kg/day)	Total water flow (m <sup>3</sup> /h)	Make-up water (m <sup>3</sup> /h)	Make-up water (l/kg feed)	Degree recirculation (%)
12 ppt RAS	541 ± 292	1999 ± 720	24 ± 16	1860 ± 1334	98.3 ± 0.7
22 ppt RAS	412 ± 268	1768 ± 1004	25 ± 16	1865 ± 871	97.3 ± 2.3

Kolarevic et al., upublisert, 2013



# OPP6: Effekt av salinitet i kommersiell skala RAS, Grieg. Vannkvalitet, CO<sub>2</sub>

Kolarevic et al., upublisert, 2013



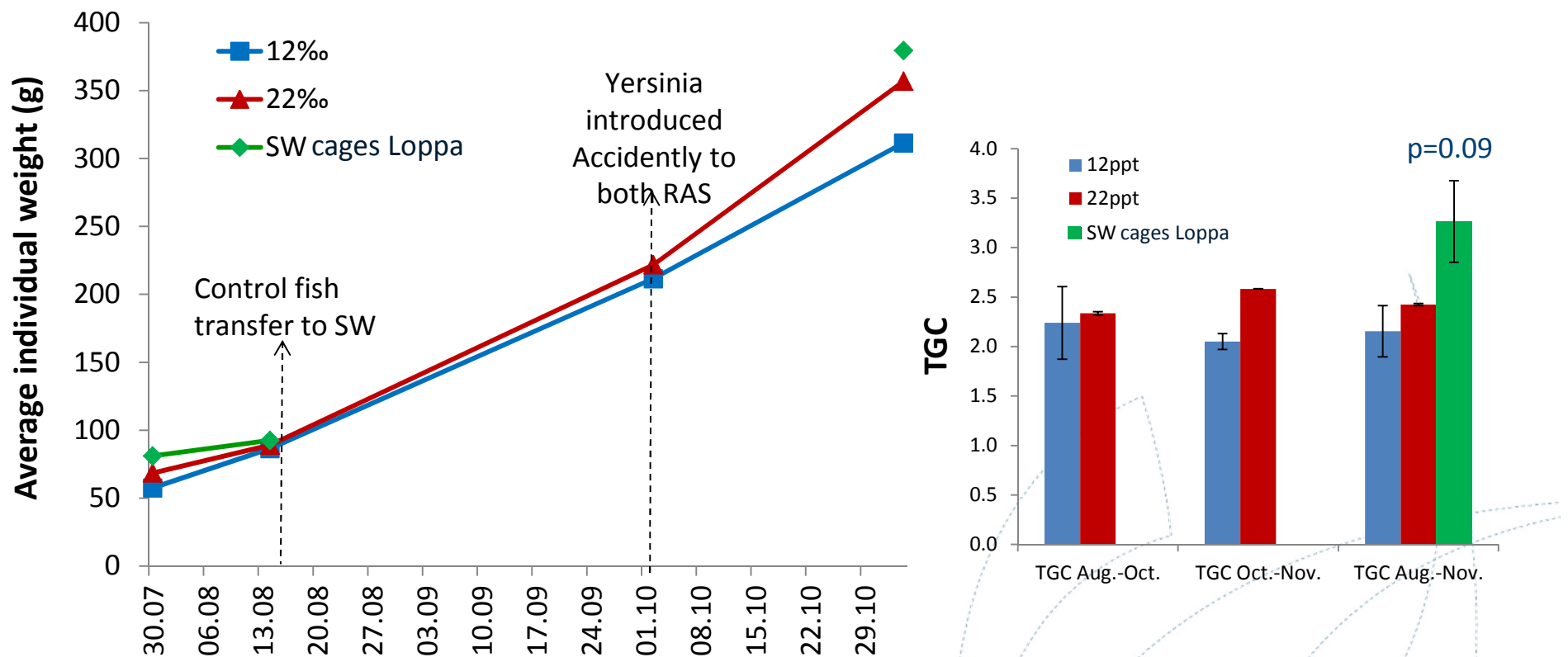
FHF Postsmolt E (Norheim, Medhus, VI):



- Påvist *Yersinia ruckeri* i prøver fra siste prøveuttak.
- Påvist *Tenacibaculum* sp.
- I prøver fra nyre: Påvist utfellinger og røde blodlegemer i nyretubuli, påvist i økende grad i prøver tatt utover i testperioden.

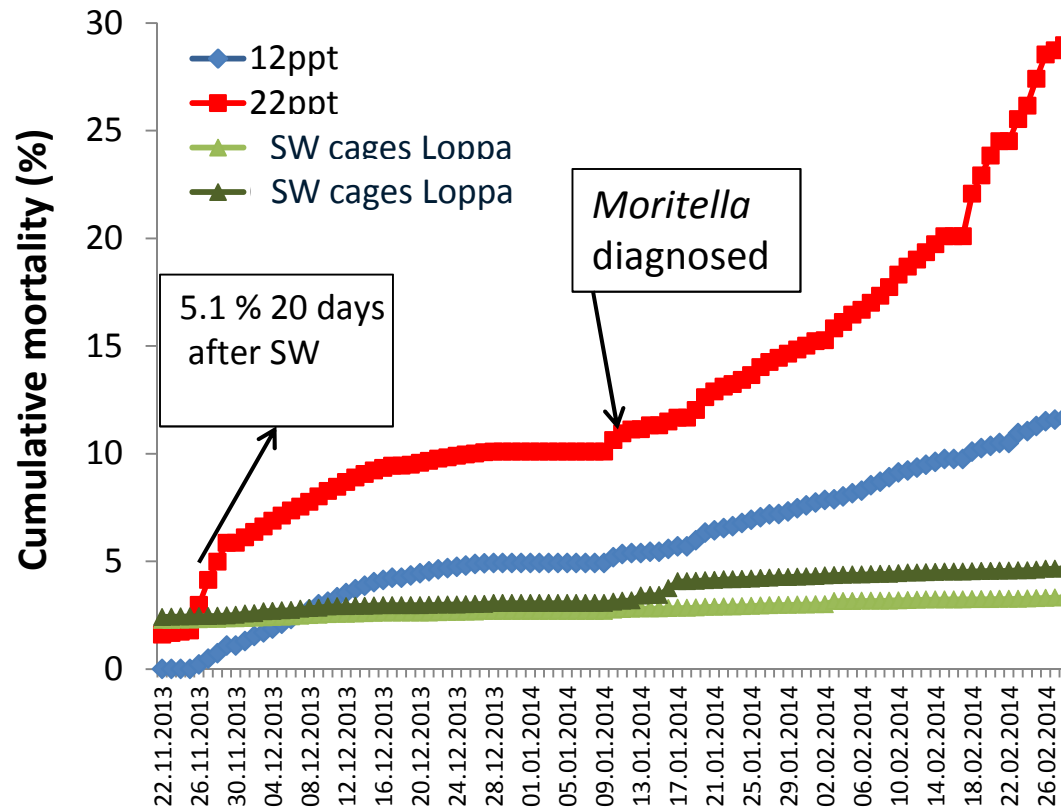
# Vekst gjennom forsøket, inntil utsett RAS-grupper

- Negativ effekt av *Yersinia* på veksthastighet, spesielt i 12 ppt behandlingen
- Snittvekter: Kontroll > 22ppt > 12 ppt
- Men, ingen signifikante forskjeller mellom behandlingene



Kolarevic et al., upublisert, 2013

# OPP6: Effekt av salinitet i kommersiell skala RAS, Grieg SeaFood, etter utsett:



Kolarevic et al., upublisert, 2013

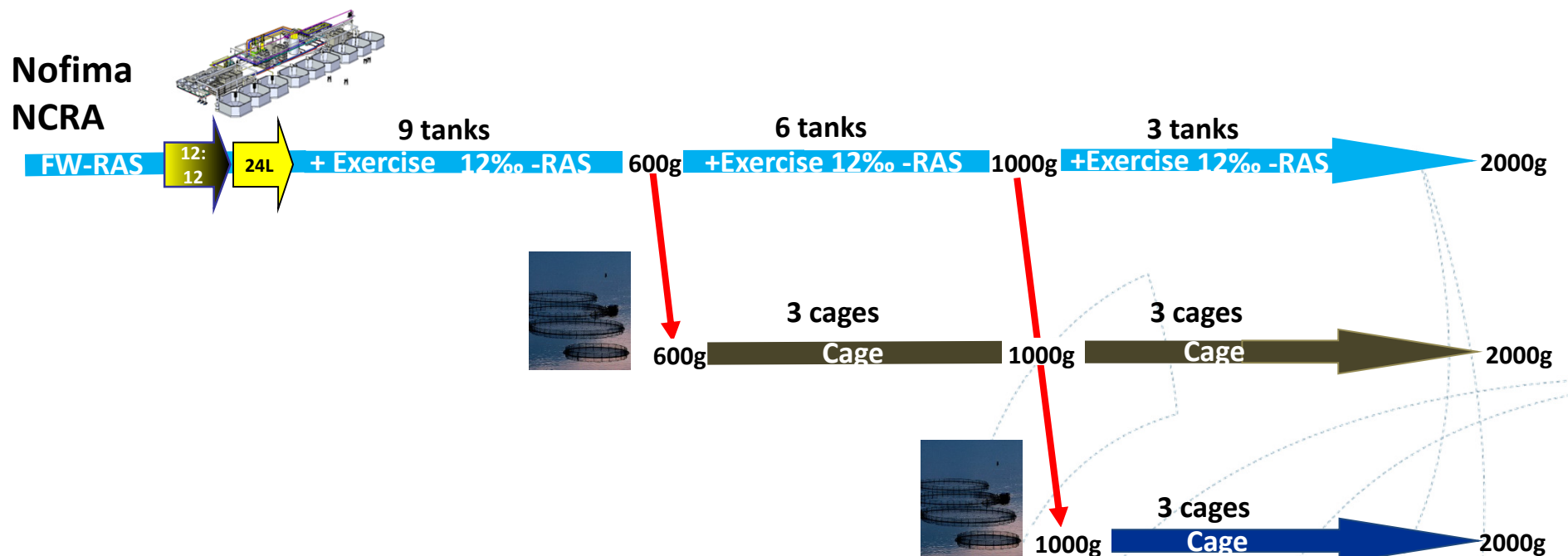
Etter OPP3/OPP6, foreløpige konklusjoner postsmolt i RAS

- I RAS med ingen påviselige sykdomsproblemer bør 12 ppt S brukes, p.g.a. bedre vekst, helse og vannbehandling
- I RAS med utfordringer knyttet til typiske FV-patogen bør en høyere salinitet brukes, forutsatt at tilstrekkelig vannbehandling er tilgjengelig



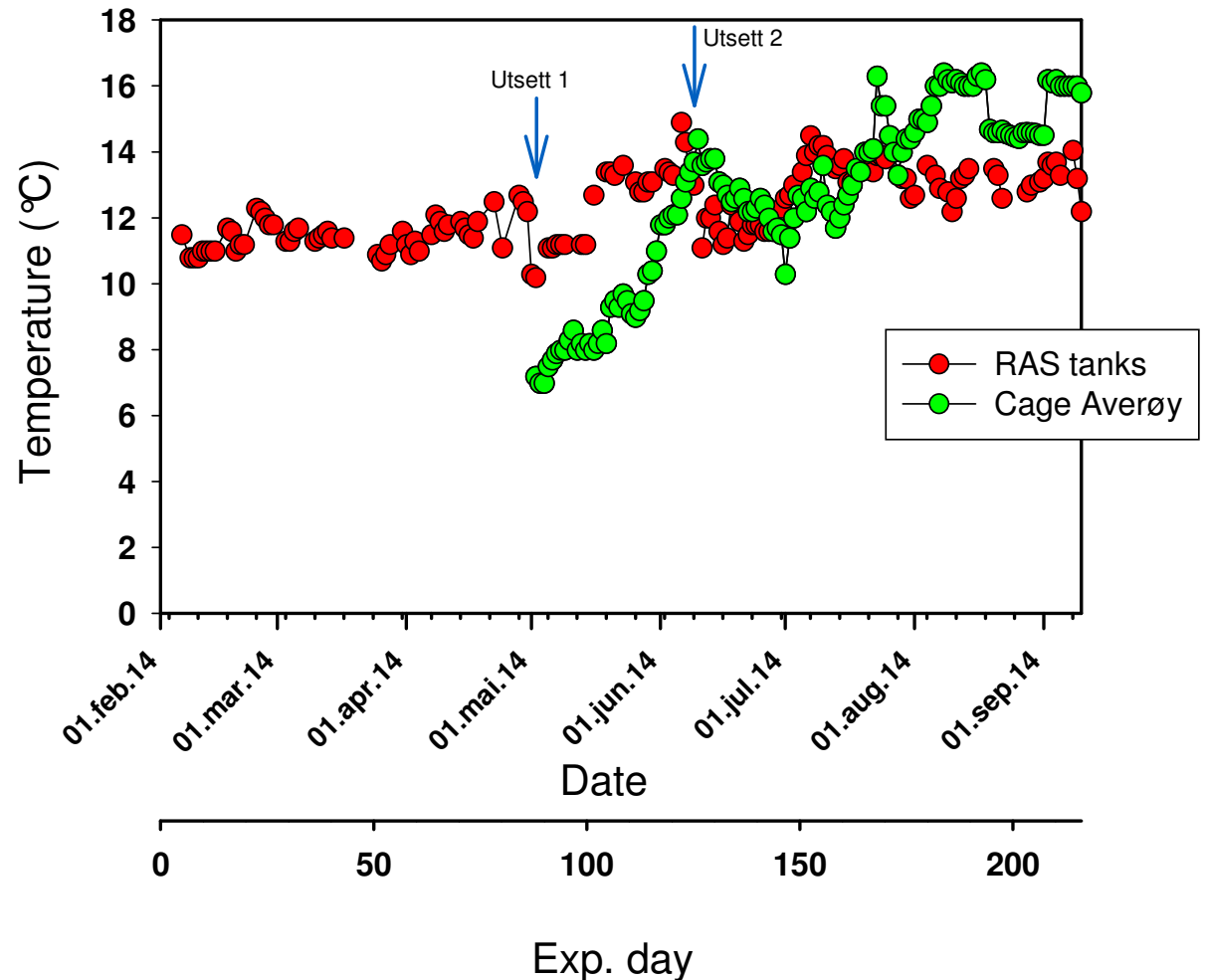
# OPP4: Utsett av postsmolt fra land-basert RAS, til tradisjonelle nøter (Nofima)

- OPP3/6, viste sensitiv fase 300-700 g, men høy (99%) overlevelse i OPP3
- OPP4 følge overgangen til not nærmere, på to størrelsesområder
- Hovedmål var “test of concept” post-smolt RAS prod, med endringer basert på OPP3/6



# OPP4: Forsøksbetingelser

- ✓ RAS behandlingen hadde  $98\pm 1\%$  resirkulerings-grad,  $52\%$  daglig utskiftning av systemvolum
- ✓ Videre:  $12.3\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ ,  $11.7\pm 0.6\text{‰ S}$  og pH  $7.9\pm 0.1$ ,  $\text{O}_2 > 85\%$
- ✓ I not (Averøy) var snitt-temp på  $12.8\pm 2.8^{\circ}\text{C}$
- ✓ Utsett 1 opplevde en endring på  $3^{\circ}\text{C}$  fra RAS til not
- ✓ Utsett 2 tilnærmet ingen temperatur-forskjell ved utsett



Ytrestøyl og Terjesen, upublisert, 2014

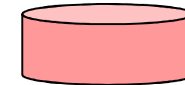
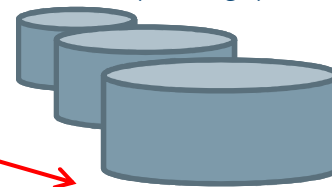
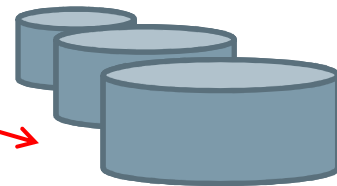
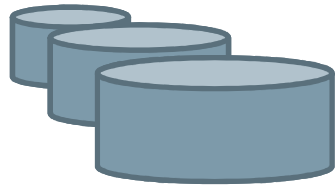
# OPP4: Endringer for å redusere mekanisk slitasje og skinnskader

Temp i RAS holdt lav,  
0-3C forskjell til not

Fôring stoppet til  
forsøkskar  
ved -2 dager

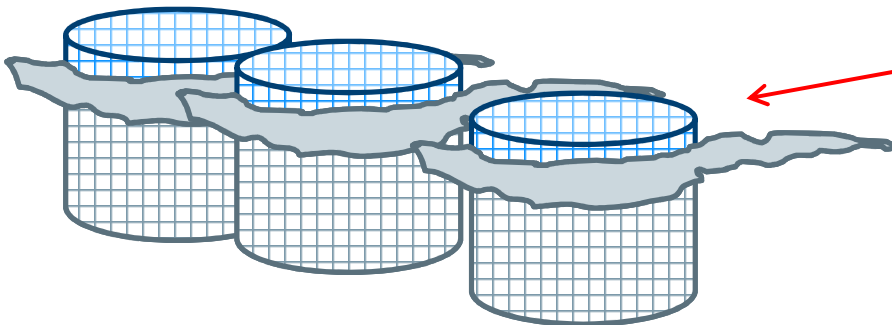
Tilsatt produkt m/iso-eugenol  
sedasjon til forsøk  
RAS-kar (2.7 mg/l)

Tilsatt produkt med  
polyvinylpyrrolidone  
(PVP) og EDTA  
(60 mg/l) til hover,  
veiekar, transportkar



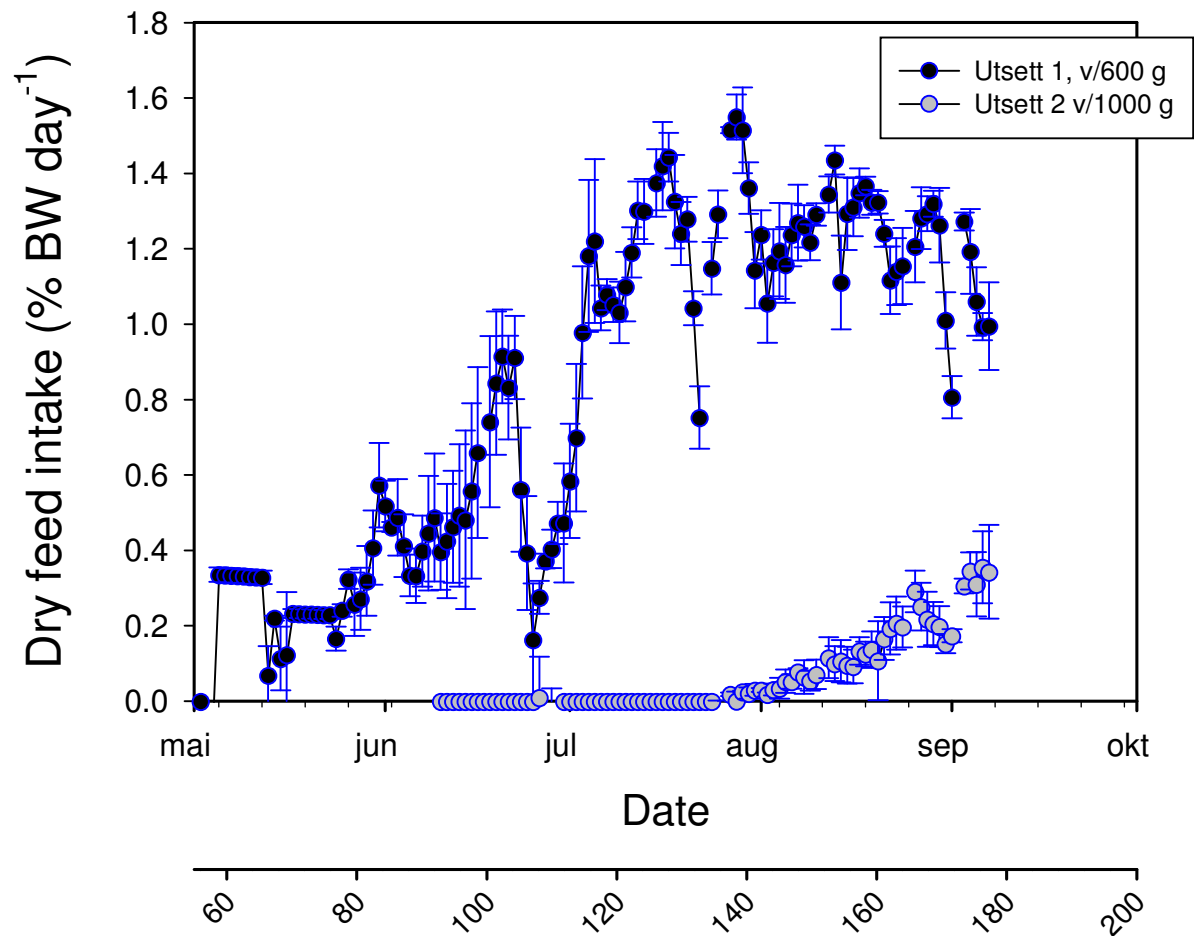
Brukte lang tid til forsiktig hoving  
og opplastning (1 t/kar)  
(m/12 ppt S, iso-eugenol og PVP)

Forsiktig pumping direkte fra bil til forsøksnøter



# OPP4: Fôrinntak hos postsmolt etter utsett til not

- ✓ Utsett 1 v/600 g: Appetitt rett etter overføring, og gradvis økning i fôrinntak til juli, da over forventet for samme str/temp
- ✓ Utsett 2 v/1000 g: Lang tid uten målbart fôrinntak, gradvis bedring fra august

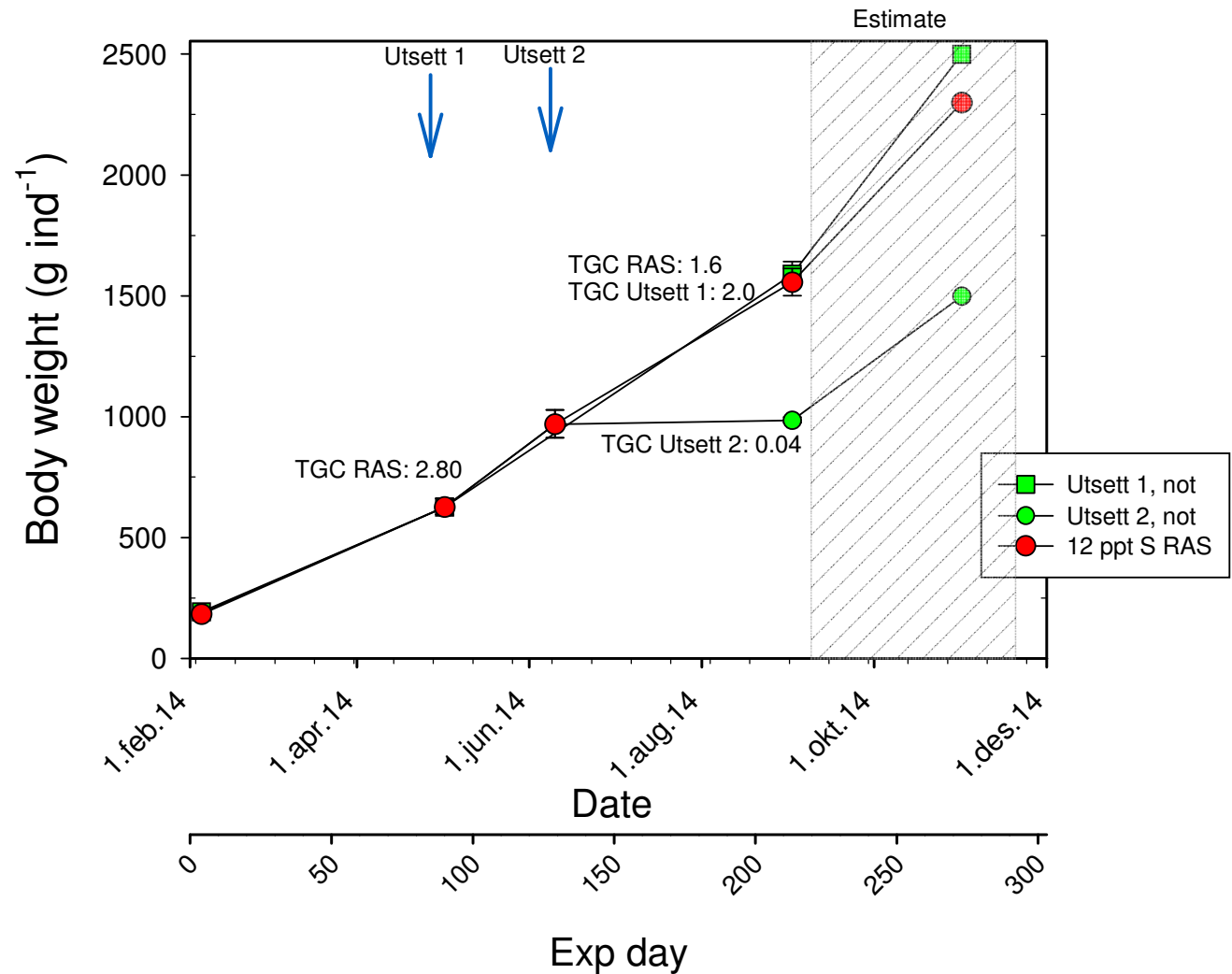


Ytrestøyl og Terjesen, upublisert, 2014

Exp day

# OPP4: Vektutvikling

- ✓ Vektutviklingen tilnærmet lik for fisk i forsøksnøter vs i kar i RAS
- ✓ Reflekterer forskjeller i fôrinntak, f.eks. tilnærmet ingen vekst for Utsett 2
- ✓ Tidlig kjønnsmodning kan være et potensielt problem i lukket prod.
  - RAS: 3% (1 kg)
  - Utsett 1, 7% (1.4 kg)
  - Utsett 2, 0.7% (1 kg)

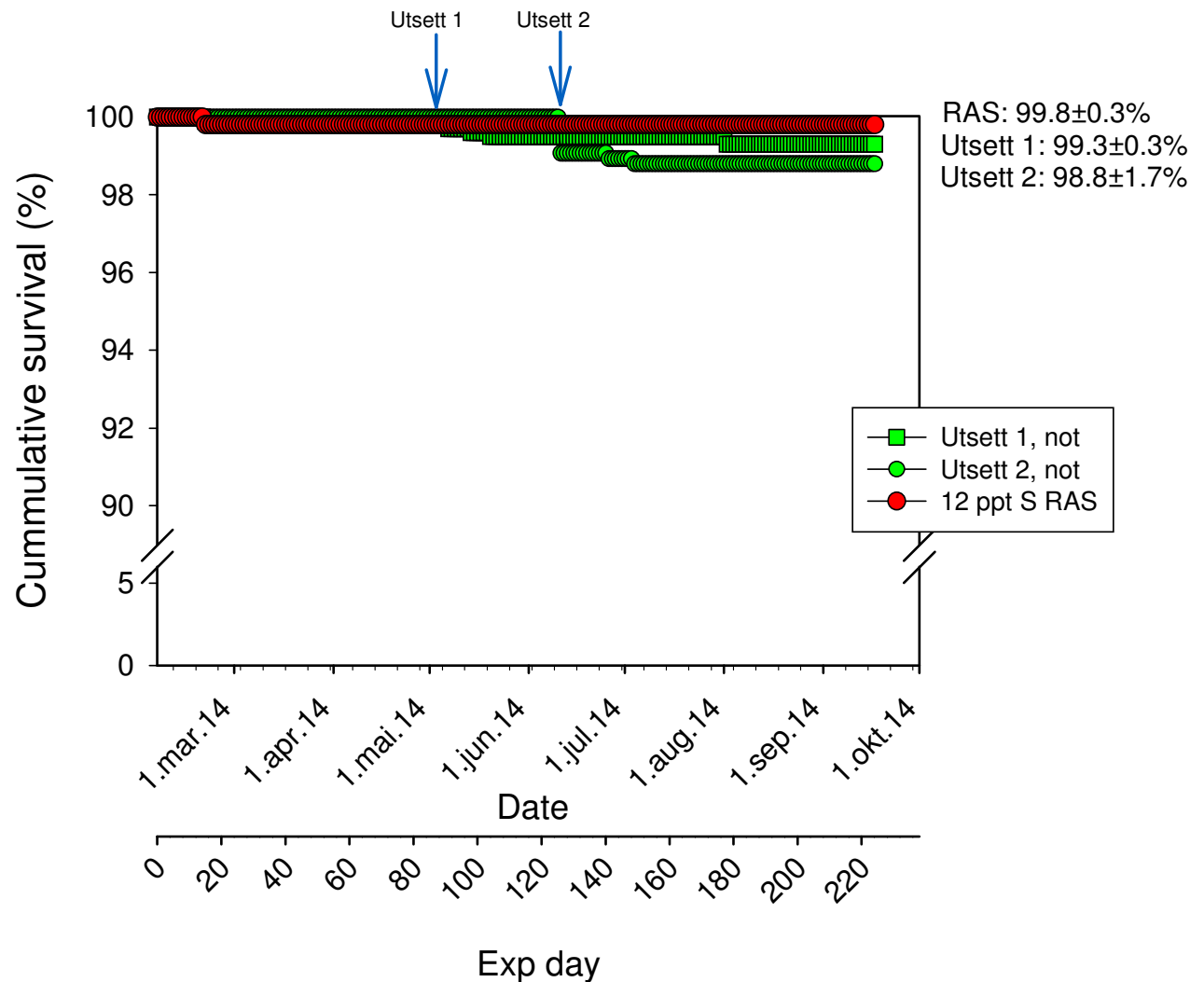
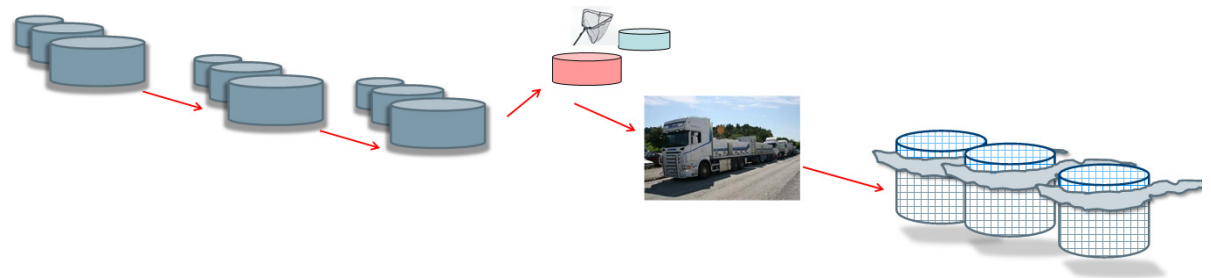


Ytrestøyl og Terjesen, upublisert, 2014



# OPP4: Overlevelse

- ✓ Meget høy overlevelse, ~99%, regnet fra smolt til 1-2 kg
- ✓ Dette på tross av overføring inn i RAS og overføring til not
- ✓ Viser at postsmolt-produksjon i RAS lukkede anlegg har «kapasitet» for tilnærmet ingen dødelighet
- ✓ Men, bør være fokus på skånsom håndtering med f.eks. iso-eugenol og PVP



# OPP5a: Kommersiell skala uttesting i semi-lukket anlegg Marine Harvest (MH, Nofima, UNI, VI)



Foto: Bendik Fyhn Terjesen

# OPP5a: Kommersiell skala uttesting i semi-lukket anlegg Marine Harvest

Settefiskanlegg

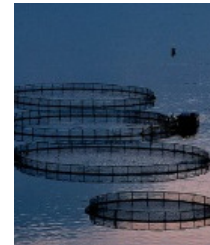
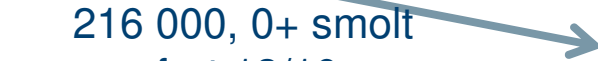


200 000, 0+ smolt  
overført 17/11



Semi-lukket tank Molnes, Skånevik

216 000, 0+ smolt  
overført 13/10



Referanse-anlegg i Marine Harvest, med tradisjonell not-teknologi.

## Sampling i ferskvanns-fase (MH, UNI, Nofima, VI):

Vekt&lengde, kond. faktor

Gjellelev, analysert for NKA

Prøver for evt. skinn-helse analyse

Eksterne velferdsindikatorer (finner, katarakt, skinn etc.)

Vann-kvalitet (temp, CO2, TAN, O2, salinitet, etc)

Fiske-helse screening (Postsmolt E, Veterinærinst.)

## Sampling postsmolt-prod, (MH, UNI, Nofima, VI):

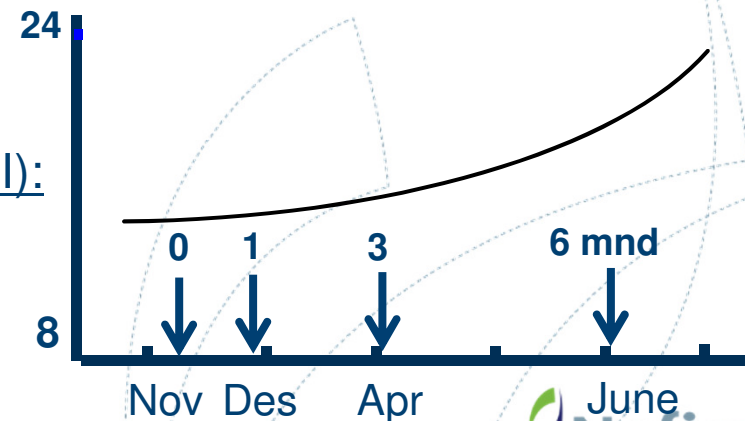
Vekt&lengde, kond. faktor

Eksterne velferdsindikatorer (finner, katarakt, skinn etc.)

Vann-kvalitet (temp, CO2, TAN, O2, salinitet, etc)

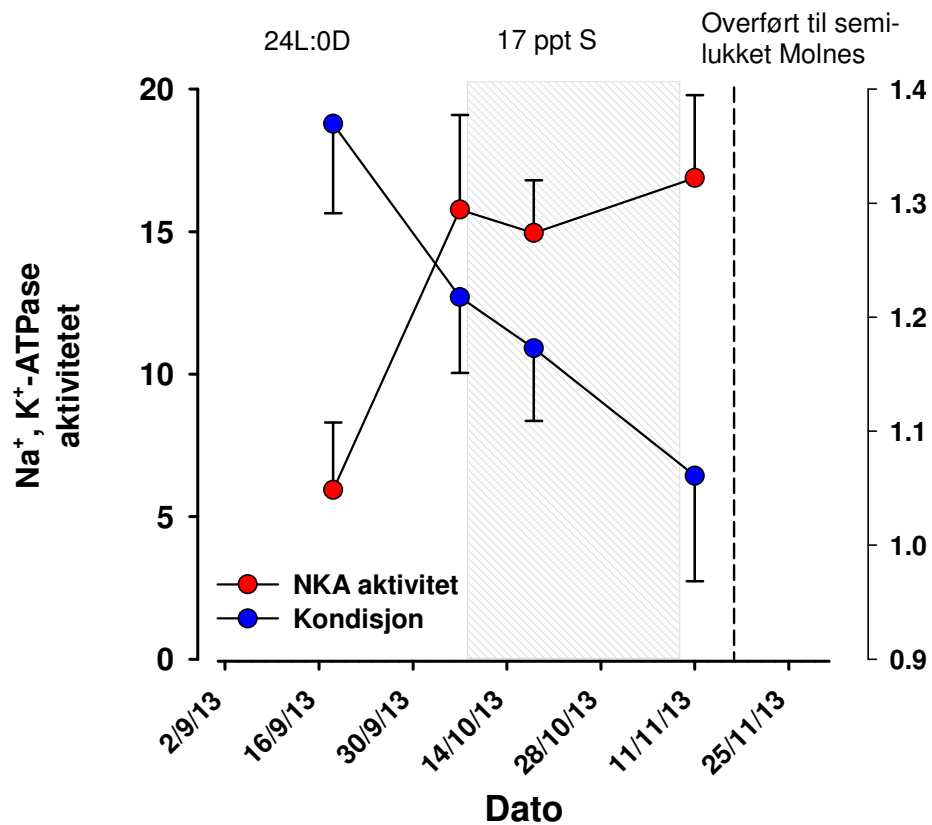
Fiske-helse screening (Postsmolt E, Veterinærinst.)

Photoperiod

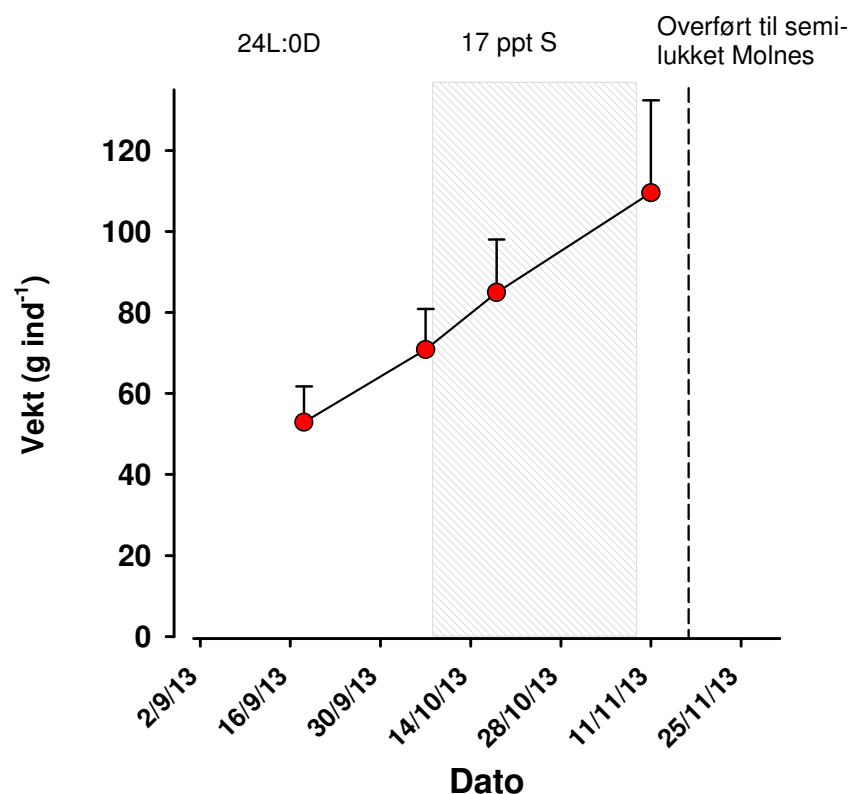


Handeland et al., upublisert, 2014

# OPP5a: Status forsøksfisk før overføring til ref. anlegg og semi-lukket Molnes

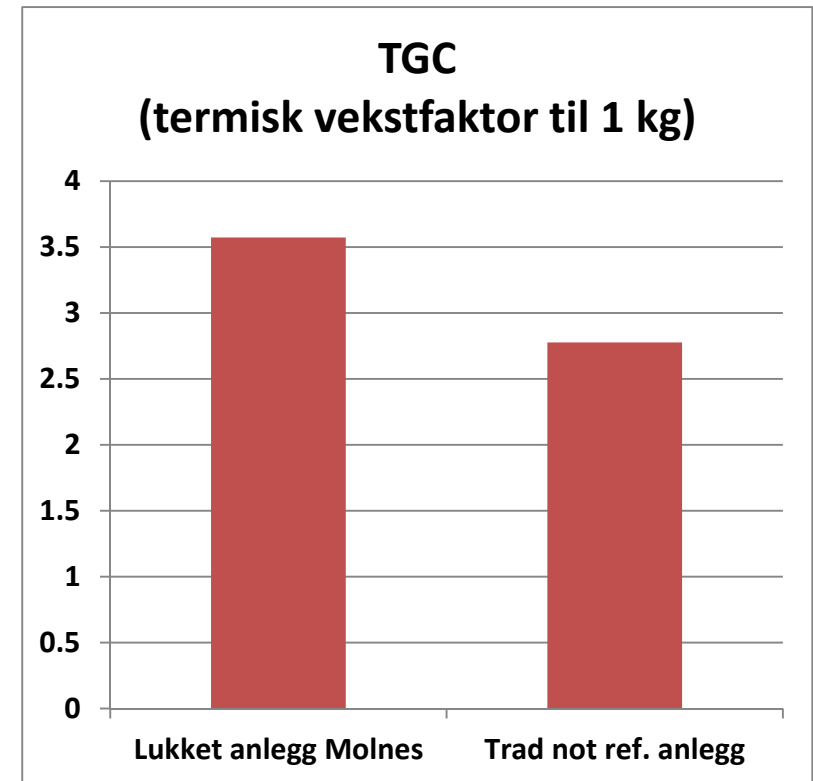
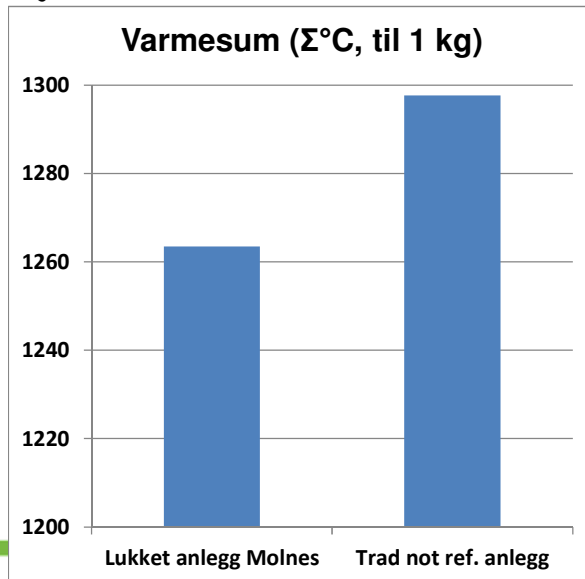
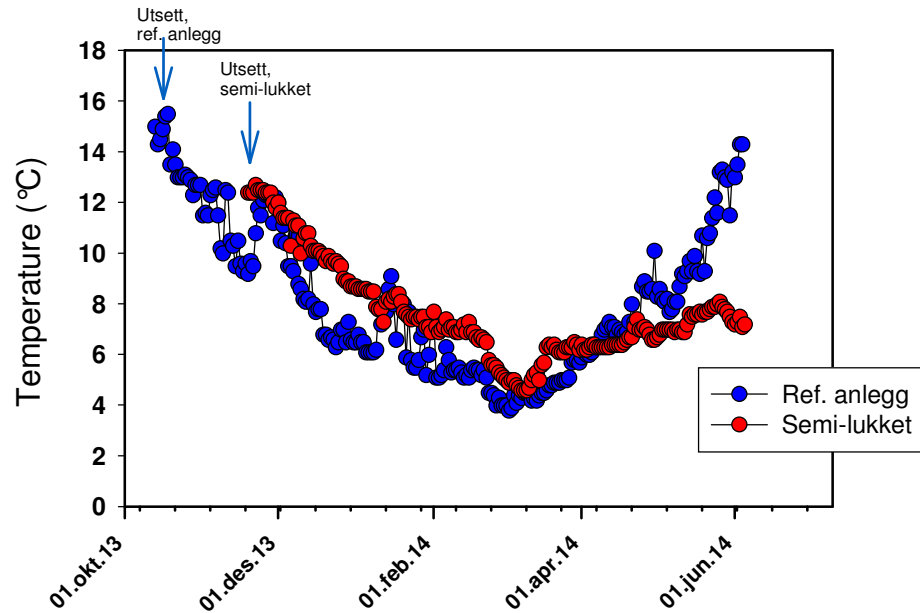
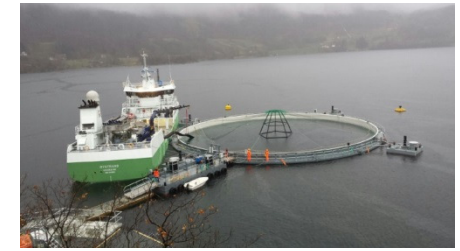


Handeland et al., upublisert, 2014



Handeland et al., upublisert, 2014

# OPP5a: Kommersiell skala uttesting i semi-lukket anlegg Marine Harvest



Ref. anlegg TGC basert på utføret mengde og FCR=1.0

Calabrese et al., upublisert, 2014

# OPP5a: Uttesting i semi-lukket anlegg Marine Harvest (MH, Nofima, UNI) Velferd



## External welfare scoring

	Cataracts	Skin lesions	Operculum damage	fin damage
<b>Before transfer</b>	0,01±0,12	0,63±0,48	0,01±0,12	0,91±0,37
<b>3 months</b>	0,10±0,34	0,36±0,48	0,02±0,13	0,87±0,42
<b>6 months</b>	0,24±0,45	0,48±0,50	0,01±0,11	0,96±0,25

Means ± SD

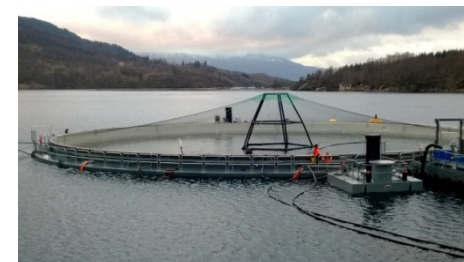
N=60-80 fish. Each indicator is given a score between 0-2 based on condition (0=good, 2=bad), except fin damage (0-5).

Calabrese et al, unpubl.



# OPP5a: Marine Harvest (MH, Nofima, UNI)

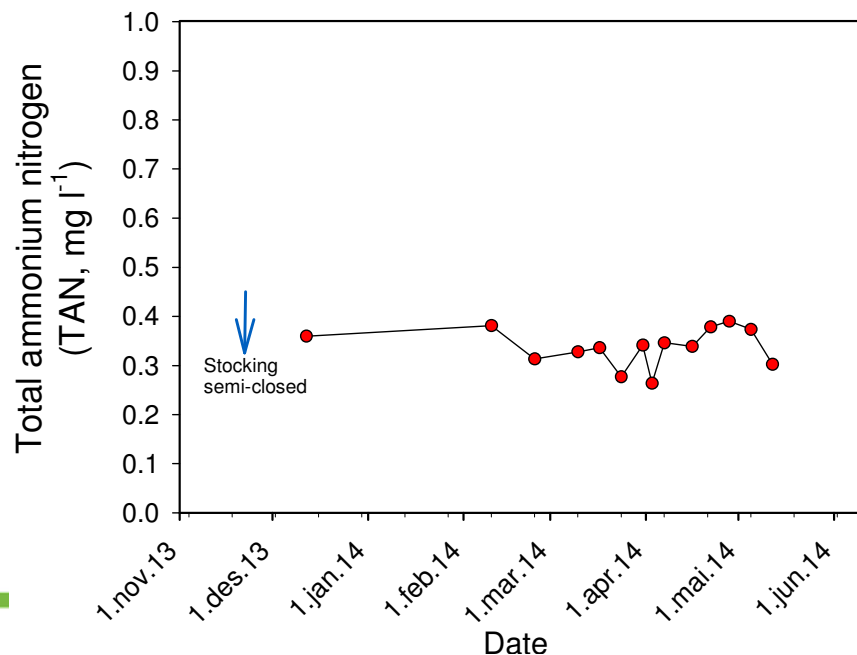
## Vannkvalitet



Water sampling Molnes 12.05.14

Sampling location	Temp (oC)	pH	Conductivity (mS/cm)	Salinity (ppt)	Oxygen (%sat)	Turbidity (NTU)	CO2 (mg/l)
Inlet	7	8.08	50.7			101	0.39
2m	7.28	7.8	50.8	32.2		82	0.28
10m	7	7.89	50.8	32.2		82	0.42
15m	6.9	7.9	50.9	32.2		83	0.5

Kolarevic et al. unpubl.



# OPP5b (HDN): Kommersiell skala uttesting i semi-lukket anlegg Smøla Klekkeri og Settefisk

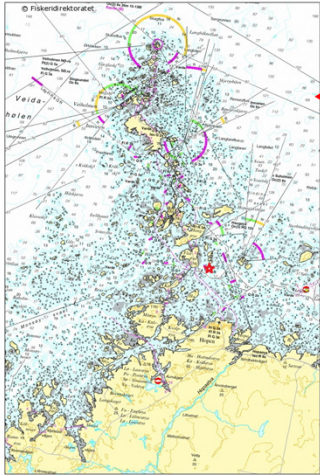


Foto: Svein Martinsen,  
20/05/14

## Sampling (SKS/Nekton, Nofima, Fiskeliv/VI):

Vekt&lengde, kond. faktor

Gjelle for NKA analyse i FW, skinn for evt. helseanalyse

Eksterne velferdsindikatorer (finner, katarakt, skinn etc.)

Vann-kvalitet (temp, CO<sub>2</sub>, TAN, O<sub>2</sub>, salinitet, etc)

Fiske-helse screening (Postsmolt E, Veterinærinst.)

0-uttak FW-fase: 16 mai Sagafisk

Overføring til ref. anlegg: 20 mai

Utsett til semi-lukket anlegg: 26 juni

Uttak 1 i semi lukket anlegg: 17 juli

Uttak 2 i semi-lukket anlegg: 26 aug.





# Takk for oppmerksomheten!

Takk til alle OPP-kolleger og andre bidragsytere:

Ørjan Tveiten, Sara Calabrese, Olav Breck, Cato Lyngøy (tidl. MH)  
Frode Mathisen, Per Magne Eriksen  
Svein Martinsen, Rune Iversen +HDN-konsortium  
Harald Sveier, Gunnar Steinn Gunnarsson  
Sigurd Handeland, Lars Ebbesson  
Sigurd Stefansson, Tom Ole Nilsen  
Bjørn Olav Rosseland, Hans Christian Teien, Brit Salbu  
Harald Takle, Jelena Kolarevic, Trine Ytrestøyl, Hilde Toften, Torbjørn Åsgård,  
Sveinung Fivelstad, Camilla Hosfeld, Kristin Kvamme  
Åse Åtland, Torstein Kristensen  
Øyvind Vågnes, Brit Hjeltnes, Kari Norheim, Agathe Medhus  
Erlend Haugarvoll, Rolv Haugarvoll  
Cato Lyngøy (Hauge Akva)



Veterinærinstituttet  
Norwegian Veterinary Institute



**Finansiert av industrikonsortium (Marine Harvest, Grieg, Smøla KS m.fl.)**

**Finansiert av Norges Forskningsråd (NFR)**

-Prosjekt 217502/E40, "Optimalisert postsmoltproduksjon"

**Tilknyttede aktiviteter finansiert av FHF**

-Prosjekt 900816 «Effekter på helse, sykdom og velferd ved postsmoltproduksjon i semi-lukkede anlegg», Postsmolt A, D og E

Kontakt: [bendik.terjesen@nofima.no](mailto:bendik.terjesen@nofima.no)



The Research Council  
of Norway

