

# Oppdrett av laksefisk i lukkede systemer

Av Trond W. Rosten  
Seniorrådgiver SINTEF  
Fiskeri og havbruk



# Utredning - forprosjekt

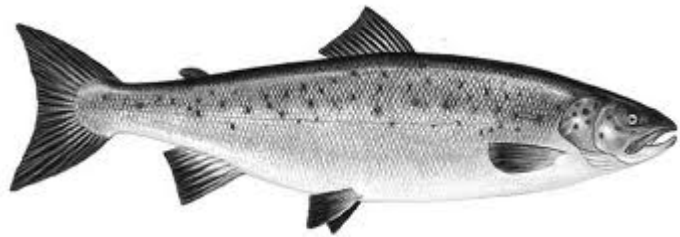
- Finansiert av FHF
- Sintef Fiskeri og havbruk (rådgivningsgruppe)
- Med medvirkning av Nofima og Veterinærinstituttet + Referansegruppe



Veterinærinstituttet  
Norwegian Veterinary Institute

# Lukket for?

- (1) utslipp av organisk materiale
- (2) utslipp av næringsalter
- (3) utslipp av fisk
- (4) utslipp av lakselus
- (5) utslipp av fiskepatogener





T.Poppe

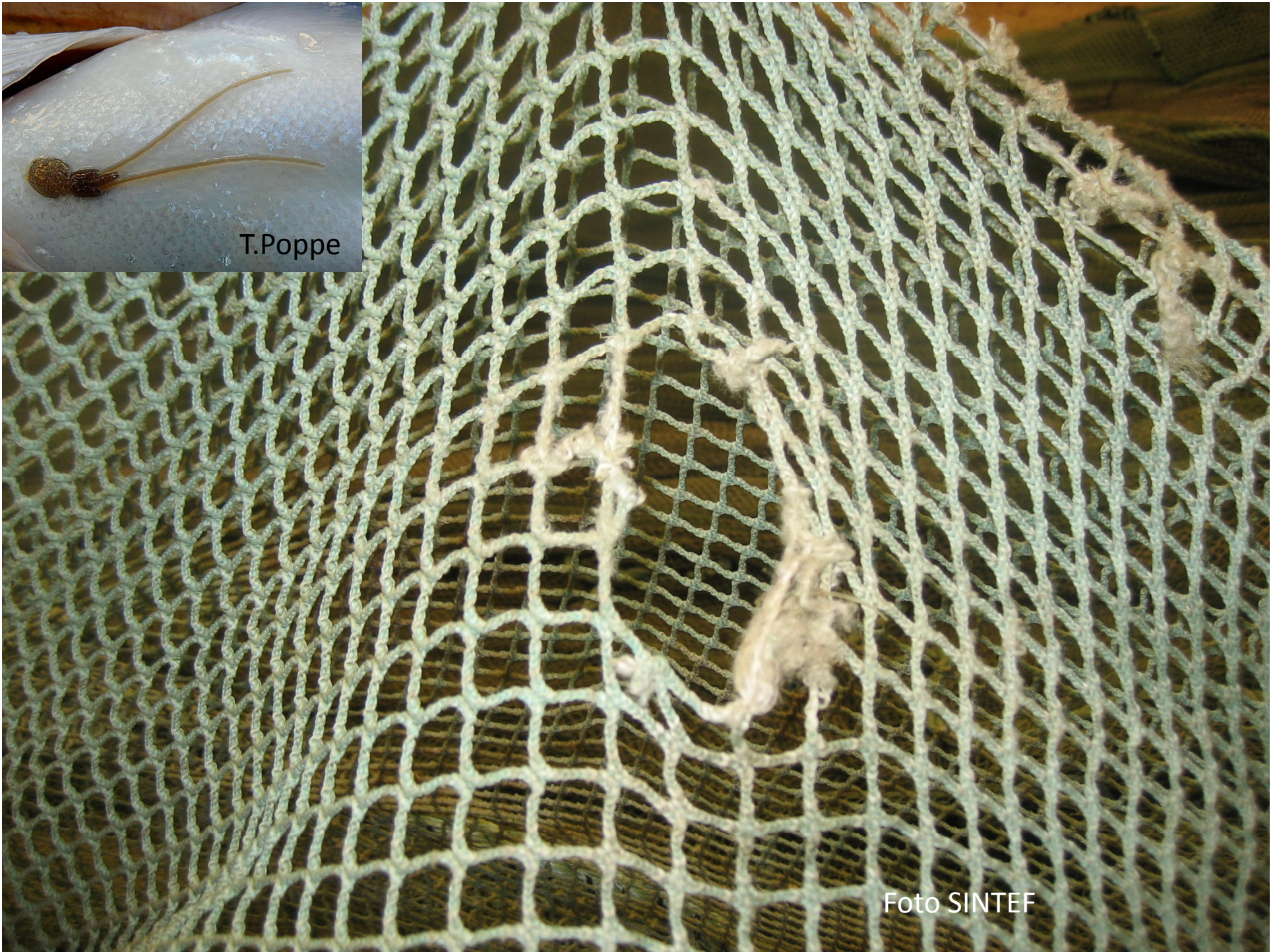
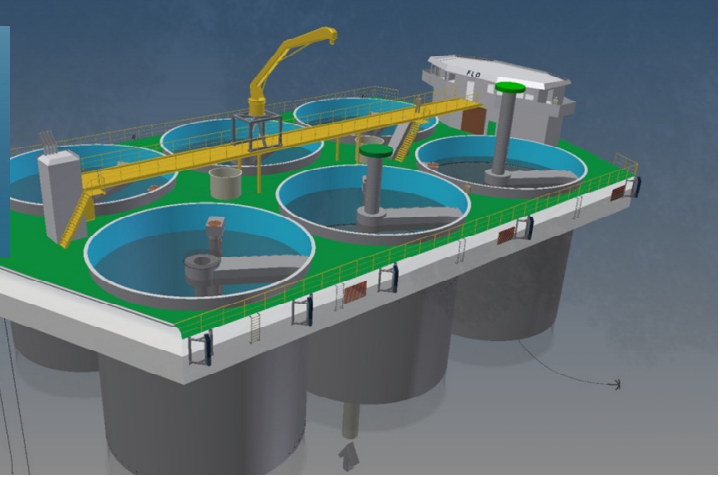
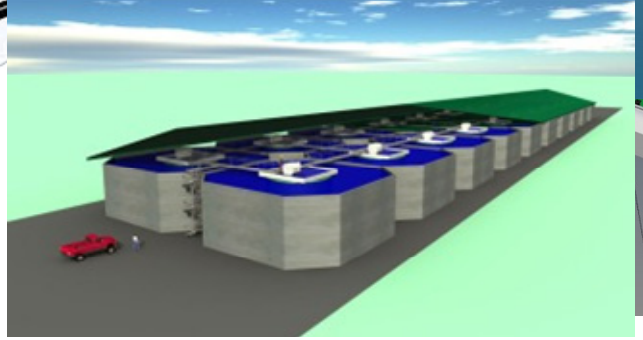
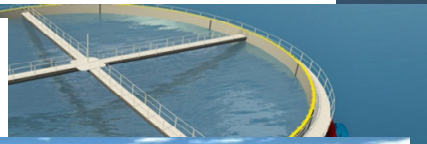
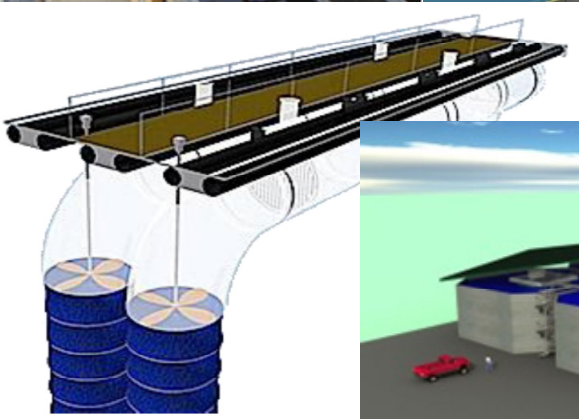
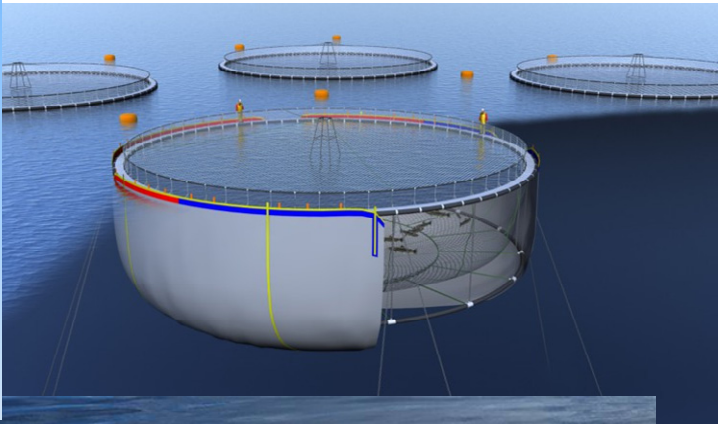
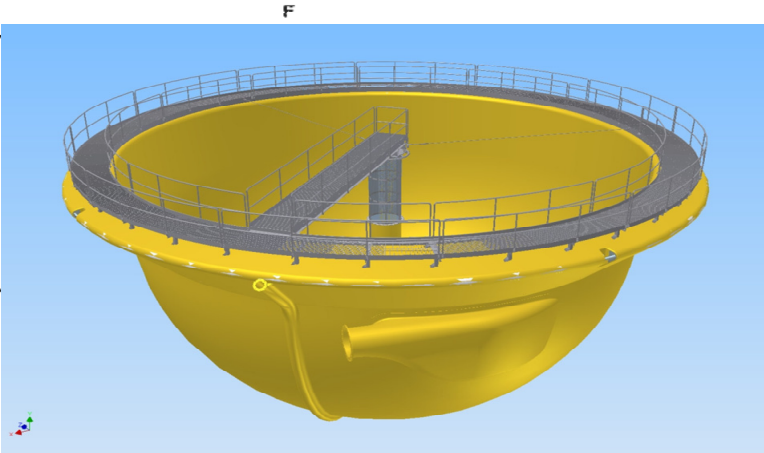
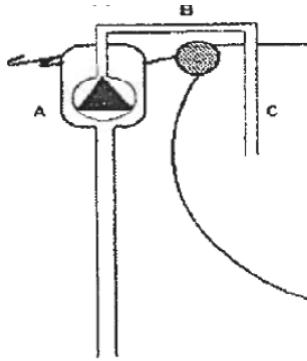


Foto SINTEF



## (Gullestad et al. 2011)

- Det regjeringsoppnevnte arealutvalget trekker frem oppdrett i landbaserte og i lukkede systemer, i tillegg til utvidet mulighet til å produsere større settefisk .....som mulige tiltak for å redusere presset på de norske villaks stammene



### Kategori I

Vegg eller duk (event. not)  
som avgrensning av fisk og  
miljø

Styrt inntak av vann

Styrt avløp av vann

### Kategori II

Vegg eller duk (event. not)  
som avgrensning av fisk og  
miljø

Dobbel rømmingsikring

Styrt inntak av vann

Styrt avløp av vann

Fjerning av lakseluslarver  
fra avløp/innløp ved  
filtrering

Filtrering av slam fra avløp

### Kategori III

Vegg eller duk (event. not)  
som avgrensning av fisk og  
miljø

Dobbel rømmingssikring

Styrt inntak av vann

Styrt avløp av vann

Fjerning av lakseluslarver  
fra avløp/innløp ved  
filtrering

Filtrering av slam fra  
avløp + event biofiltrering

Fjerning av fiskepatogener  
fra inntak



# Teknologiske utfordringer

- Felles : Tunge nedsenkede legemer i vann + Energibruk for å flytte vann
- Fleksible eller Rigide?
- **Rigide**
  - Dimmensjonerings utfordring
  - Har modeller og kalkulatorer
  - Material utfordringer
  - Offshore → Kunnskap
- **Fleksible**
  - Deformasjon ytre krefter
  - Intelligent styring av de “indre” kreftene
  - Mangler modeller og kalkulatorer
  - Havbruksnæring → Kunnskap

# Betong

- SINTEF BYGGFORSK sier;
  - Miljøaspektet ved bruk av lukkede anlegg bør gjenspeiles også i materialvalget. Det vil si lavutslippsbetong, lokale materialer og lokal produksjon (lite transportbehov). Da blir alternative bindemidler aktuelt og her vet vi foreløpig lite om bestandigheten.
  - Lokal produksjon med lokale materialer er utfordrende når det gjelder betong med kvalitetskrav på dette nivået. Produksjonsteknikk (lokal betong og lokal støping) er derfor et tema for videre utvikling.
  - Det kan også være aktuelt om å redusere vekt ved å benytte tynne vegger. Dette gir utfordringer både for dimensjonering og materialvalg (svært tett betong, rustfri armering osv). Bruk av lettbetong kan også være et alternativ. Det må foretas en vurdering av hvilke krefter slike anlegg vil bli utsatt for og det dimensjoneres ut fra dette.
  - Betongens pH i yttersjiktet vil reduseres pga kjemiske prosesser, i tillegg vil det raskt gro på et lag med kalsiumhydroksid på overflata. Dette bør verifiseres ved utredning/prøving. Bruk av alternative bindemidler kan være bedre/verre, må utredes.

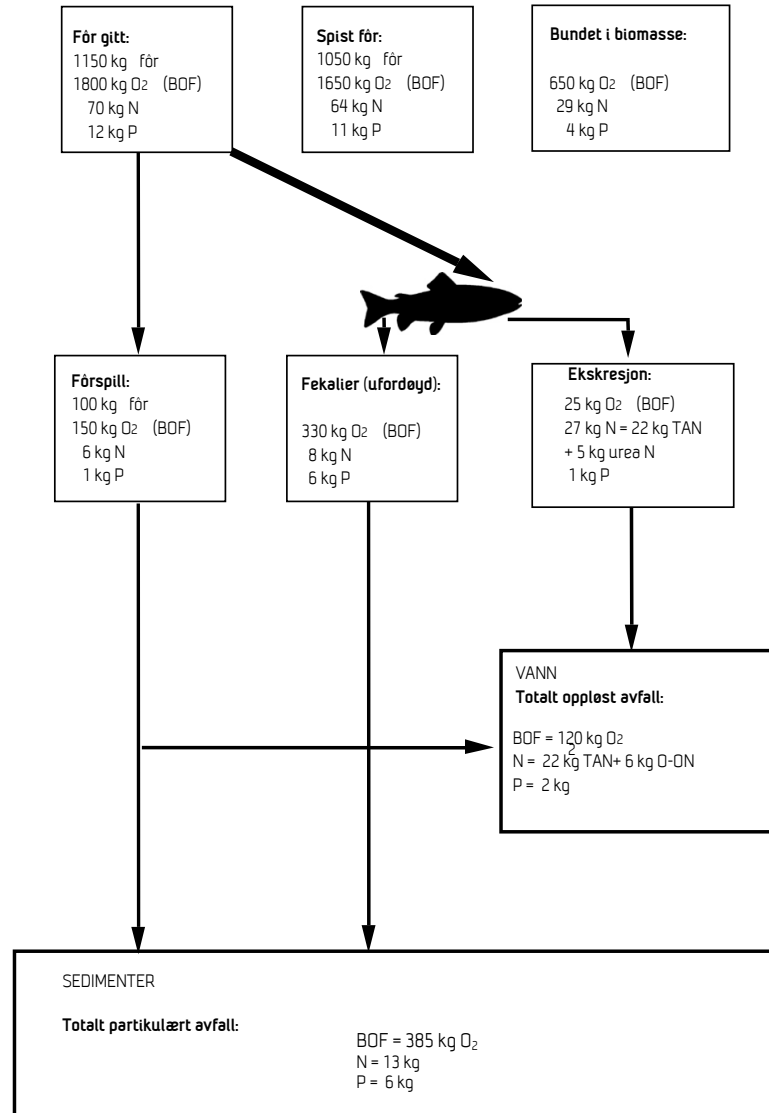
# Rømming

- RKA 37 reelle rømmingsepisoder for laks (RKA, 2011)
- Omlag 65 % av disse rømmingene skyldes matfiskanlegg i sjø, 16 % transport, 14 % slakteri og 5 % settefiskanlegg.
- Ved sjøanlegg for laks skyldes episodene :
  - 29 % utspilingsystemer
  - 29 % andre hull
  - 21 % håndtering
  - 13 % riving
  - 8 % propell
- feil montering og håndtering av ekstrautstyr som forårsaket mye av lakserømmingen. (50 % av hendelsene i 2010)
- Ingen selvfølge at nye lukkede anlegg er rømmingssikre!

# Lakselus

- Må verifiseres at de ulike lukkede konsept faktisk er i stand til å
  - (A) redusere/eliminere inntak av lakseluslarver,
  - (B) håndtere en lakselusoppblomstring med behandling uten at det går ut over rømmingsrisiko.
- Det stilles store forventninger til nye tette anlegg på denne fronten, men det gjenstår å dokumentere at disse hypotesene slår til.

# Organisk utslipp



e. Bergheim og Braaten, 2007

## – Gjennomstrømming

- Kan kun rens partikulær del
  - partikkel separasjon + mekanisk filtereing
  - effekt
    - » 50 -70 % på SS, BOD5, P
    - » 25 % N

## – RAS

- Kan rens partikulær del og oppløst del
  - Mekanisk + Biofilter
  - Effekter
    - » 90 % på SS, BOD5, P
    - » > 50 % N

# Næringsalter problem eller ressurs??

- Havforskningsinstituttet (HI) konkluderer også i en nylig utført vurdering at risiko for regional eutrofi og organisk overbelastning fra oppdrett langs Norske kysten er liten (Taranger et al. 2011).



# Multitrofisk løsning



Forbord et al, 2011

Figure 1: *S. latissima* cultivated at 5 meters depth inside the salmon farm (left) and at the control station (right).

- Utslipp av nitrogen og fosfor fra oppdrett kan være en ressurs for tang og tareproduksjon.
- Sukkertare vokser signifikant bedre i umiddelbar nærhet av oppdrettsanlegget enn ved en kontrollstasjon 4 km unna (Forbord et al, 2011).

# Fisketetthet

- For å oppnå lønnsomhet i lukkede anlegg i sjø, må fisketettheten være vesentlig høyere enn dagens regelverk for tradisjonelle nøter (25 kg/m<sup>3</sup>).
- En høy tetthet gir reduserte investeringskostnader, men det forutsettes at fiskens velferd og ytelse ikke blir skadelidende



# Smittestoff

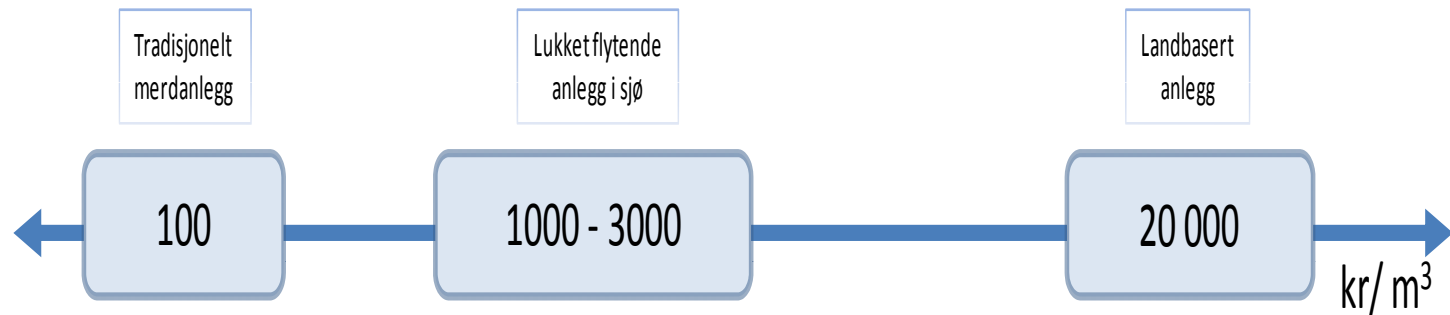
- Vanskelig med en komplett lukking i forhold til smittestoff. Man kan tenke seg tre nivå av behandling av inntaksvann som vil bidra til senket smittepress:
- **Inntak av vann fra dypere lag.**
  - Dette vil sannsynligvis bidra til senket smittepress både av lakselus og andre sykdomsfremkallende organismer. Imidlertid kan man risikere en endring i sykdombildet fordi det mikrobielle miljøet i anlegget blir annerledes. Senket vanninntak vil på ingen måte være en garanti for å unngå sykdom.
- **Filtrering av inntaksvann**
  - Lakseluslarvene er 0,5 - 0,7 mm lange, og en slik partikkel er det mulig å filtrere bort med dagens teknologi. IPN-virus derimot er ca 60 nanometer i diameter, og vanlig filtreringsteknologi vil ikke kunne fjerne slike organismer.
- **Desinfeksjon av inntaksvann**
  - Den mest aktuelle teknologien er UV, men det vil være vanskelig å garantere inaktivering av UV-resistente organismer som IPN-virus. Andre alternativer er klor eller ozon behandling som begge vil være mer kompliserte å bruke enn UV i sjøvann.

# Prod. kost

- Bare gamle tall! (Kartevoll og Skaar, 1993)
- Produksjonskostnaden pr/kg ble beregnet til NOK 4.80 dyrere i poseanlegg fremfor stormerd (NOK + 6.82 i 2010 kr)

# Dyrere oppdrettsvolum

- Investeringskostnadene pr kubikkmeter oppdrettsvolum er mye høyere ved landbaserte anlegg enn ved tradisjonelle åpne merdanlegg i sjø



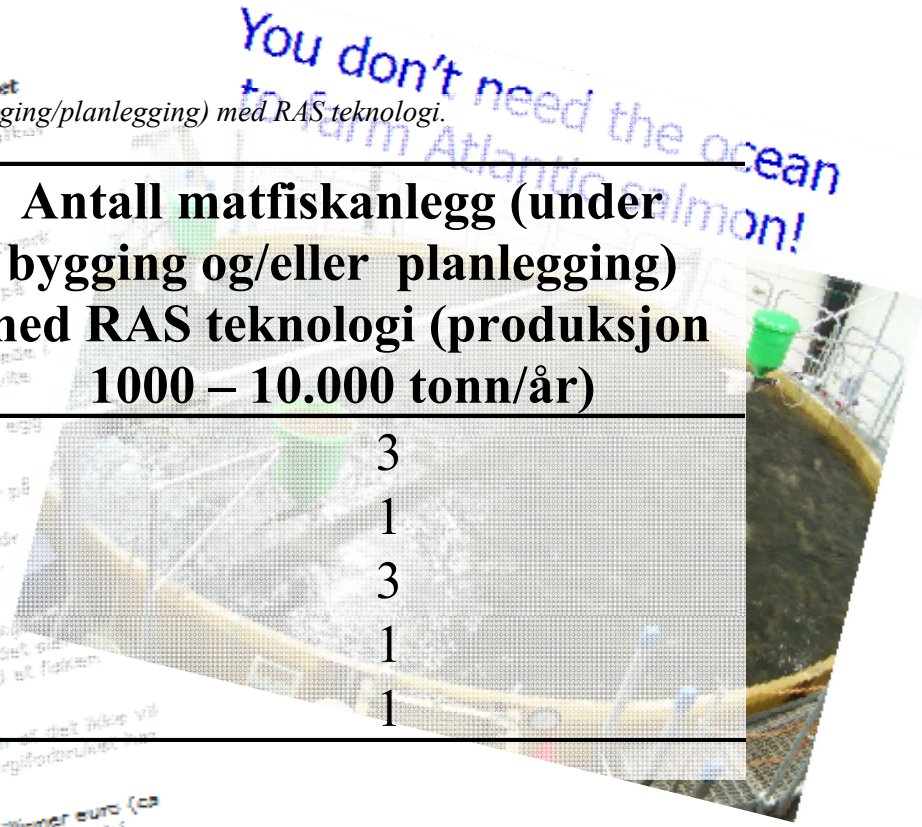
- Nye konsepter med flytende lukkede anlegg sjø vil antydningvis havne i området 1000- 3000 kr/ m<sup>3</sup> oppdrettsvolum?

# Ide om landbaserte laks “is back”!

Antall landbaserte matfiskanlegg (under bygging/planlegging) med RAS teknologi.  
Kilde Summerfelt, 2011.

**Hvor** Antall matfiskanlegg (under bygging og/eller planlegging) med RAS teknologi (produksjon 1000 – 10.000 tonn/år)

Kina	3
Danmark	1
USA	3
Chile	1
Canada	1



S. Summerfelt, AquaNor Forum 2011

Bygger 1000-tonn landbasert lakseanlegg i Danmark

Helsingfors: I august om landbasert anlegg i Danmark sort følge etter i året. Det fortalte Bjørn Hald Olsen fra Danmarks Akvakultur på et seminar om resirkulering i går.

På! Mugges Jensen

Seminaret som ble holdt i den finske hovedstaden, er arrangert av "Nordic network on recirculation systems". Et av temaene i går var hvordan utvalgte utstyslingsverandører ser for seg produksjon av 1000 tonn matfisk av laks i kar på land.

Den danske levstrandgang med byggingen Sunde i nærheten av - Vi har allerede bygget Island er i ferd med Planen er så at når for å bli 4,5 kg. Denne - Jeg tror ikke dette i Norge i dag, men Han sier at de har HOG (sløyd, med - Det er noen kroner selv et dette har sine produsertes nærmere anlegget skal drive bli brukt mer enn ca 150 liter vann per kg ferdig produsert laks. 40 millioner kroner). Første stadiet skal etter planen august 2013. - Vi håper man skal klare å produsere en laks så og si uten sykdom og parasitter, noe som gjør at man ikke bruker antibiotika eller andre legemidler, sier han.

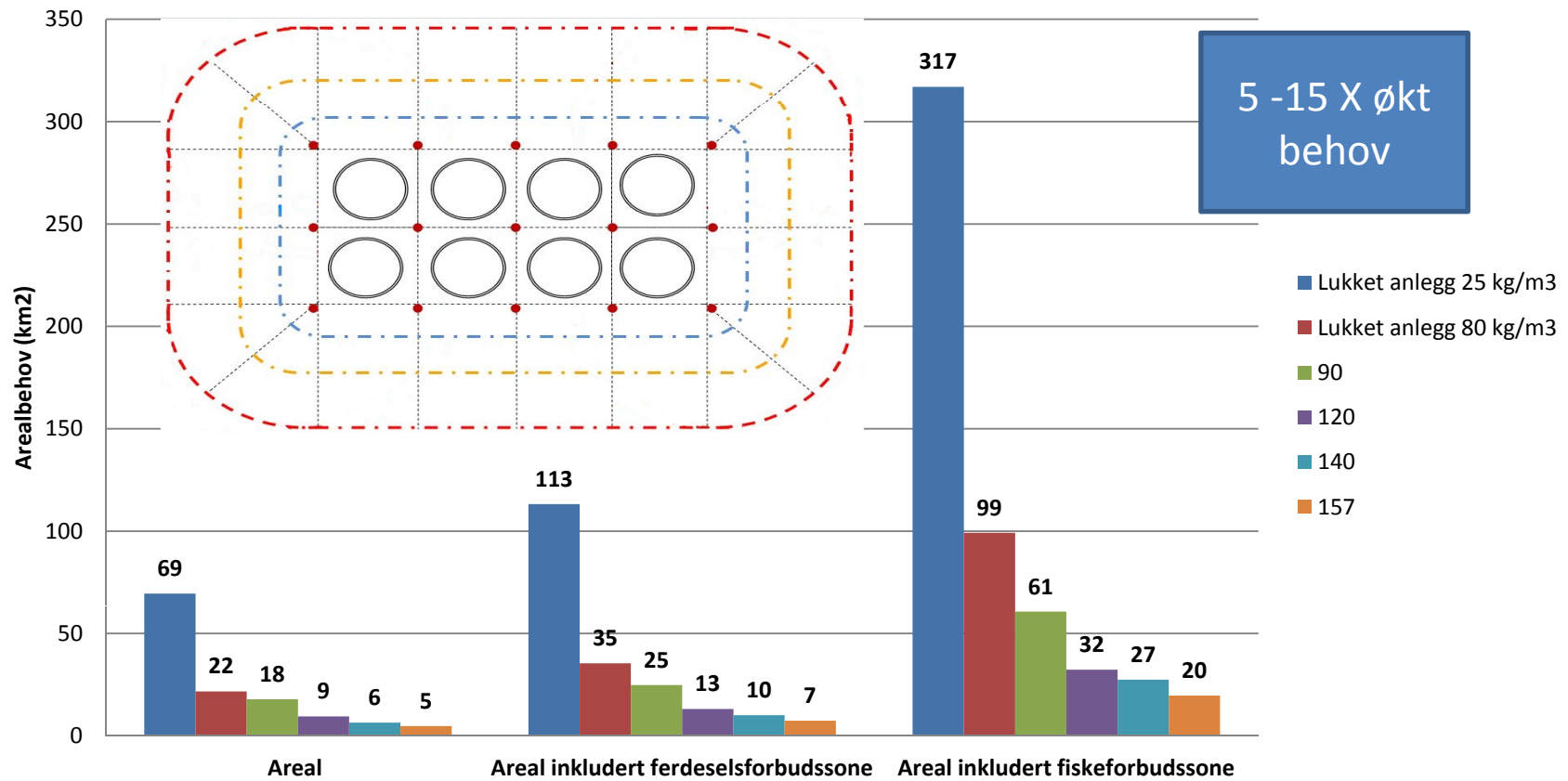
Publisert: 06.10.11 kl 07:00

# Stor settefisk

- Viktig driver
- Stor settefisk i lukkede systemer vil begrense behovet for produksjonsdager i åpne merdanlegg
- lavere antall individ i sjø
- færre generasjoner lus på fisken?
- Kapasitetsutnyttelse + 20-40 % ved å øke fra 1-2 smoltutsett til 3- 6 utsett.

# Arealbehov

## Arealbehov for produksjon av 1 000 000 tonn laksefisk



# Vurderinger

- Stort idetilfang og kreativitet 😊
- De fleste nye konsepter for lukket produksjon av laks faller innenfor kategorisering I og II (se tabell, 1) 😊😞
- Det er sannsynligvis bare RAS teknologi som kan oppnå kategori status III med tanke på lukking for alle miljøutfordringer; (rømming, lus, sykdom, næringsalter) 😊😞
- Inntak av vann fra større dyp kan gi redusert mengde lakseluslarver, men også endret mikrobielt klima og ingen garanti for sykdomsfrihet 😊😞

# Vurdering

- Høy fisketetthet i sjø = problematisk (empiri) ☹️
- Bedre dokumentasjon av de økonomiske sidene ved etablering og drift av de ulike teknologier for lukket anlegg
- Areal behovet i sjø vil øke vesentlig dersom en større del av oppdrettsnæringen skulle produseres i lukkede anlegg ☹️
- Dersom man lykkes med utvikling og bruk av lukket teknologi, vil man kunne ta i bruk mer areal (annen type areal) for oppdrett og dermed oppnå videre vekst i produksjon og sysselsetting 😊



# Vurdering

- Det mangler vitenskapelige data på storskala utprøving av lukkede konsepter 😞
- Virkemiddel til å endre produksjonsstrategi, med større settefisk og kortere oppholdstid i sjø 😊
- Vi tror ikke at slike anleggstyper, på det nåværende tidspunkt og med dagens sett av reguleringer, vil kunne inngå som aktuell produksjonsteknologi for den generiske lakseproduksjonen, der produksjonskostnad, fiskehelse og velferd, er de drivende kreftene. 😞
- Nisjeproduksjon av et differensiert produkt med dertil høyere markedspris 😊 = lite volum

# Forskningsbehov

- Innenfor teknologi er det særlig kunnskap om materialvalg, deformasjoner, stabilitet ved høye flows og ytre påvirkning, høyere vekt, mer behov for intelligent styring, som er aktuelle tema
- Innenfor biologi er det velferd, helse og ytelse hos laks i lukkede anlegg i sjø og på land, spesielt for større fisk. Dette gjelder basale felt som;
  - (1) vannforbruk
  - (2) fisketetthet,
  - (3) vannkvalitetskriterier,
  - (4) fôr og ernæring under rask vekst
- bedre dokumentasjon av de økonomiske sidene
- konsekvensanalyse av ulike reguleringer i forkant av innføring
- forskning fra forsøksanlegg/pilotproduksjoner i ulike konsepter av lukket teknologi må underlegges vitenskapelige kriterier med tanke på ;
  - Metodebeskrivelse
  - Reproduserbarhet
  - Utsagnskraft
  - Fagfelle-review

