Biologisk - kjemiske – fysiologiske forhold i resirkuleringsanlegg

Av

forskningsleder fisk og akvakultur Trond Rosten
(trond.rosten@niva.no)

Bjørn Olav Rosseland UMB,

Torstein Kristensen og Helge Liltved NIVA

Postulater

1) *”Lite nytt under solen ?”*
2) *”Vannkvaliteten i et resirkuleringanlegg bestemmes av % nytt vann inn (akkurat som i gjennomstrømming)”*
3) *”Det er vanskelig å forene det biofilteret krever med det laksefisk krever”*
4) *”Det er store mangler ved dagens kunnskap om design, drift og overvåking (særlig det siste)”*
5) *”Behov for uforandret hjemstedadresse, personlig utfordring og tilfredsstillelse av entrepenørskap er en av de viktigste drivkrefter for interesse for resirk”*
6) *”Det har vært altfor stor fokus på vannkjemi og for lite på bakteriologi, alger og zoologi ved dagens resirkuleringsanlegg”*

Hva er vannkvalitet?

§ 19. *Vannkvalitet generelt*

- Fisk skal ha tilgang på tilstrekkelige mengder vann av en slik kvalitet at fiskene får gode levekår, og ikke står i fare for å bli påført unødige lidelser eller skader.
- Vannkvaliteten og vekselvirkningene mellom ulike vannparametere skal overvåkes etter behov. Ved fare for unødige lidelser eller skader skal effektive tiltak iverksettes.
- Mengden metabolske avfallstoffer akkumulert i vannet skal være innenfor forsvarlige grenser.

§ 21. Vannkvalitet i landbaserte akvakulturanlegg

- Innløps- og avløpssystem i landbaserte akvakulturanlegg skal utformes og vedlikeholdes på en måte som sikrer tilstrekkelig vanngjennomstrømning.
- Anlegget skal ha et reservesystem som ved svikt i anlegget kan sikre fiskens grunnleggende fysiologiske behov med hensyn til oksygen og metabolitter.
- Det skal foretas systematiske målinger av O2, pH, salinitet og temperatur i anlegget. Kravet om måling av salinitet gjelder ikke når vannet utelukkende er fra en ferskvannskilde. Måling av pH gjelder ikke når vannet utelukkende er fra sjøen.

NIVA

Veiledende krav i driftsforskriften

- pH innløp 6,2 – 6,8 (lavt for resirk)
- O_2 (sat) 100% (lav O_2 = større giftighet NH_3)
- CO_2 max 15 ppm (tøft krav)
- TOC <10 ppm (?)
- Aluminium <20 ug/dw/gill (OK)
- Nitritt (FW) < 0,1 ppm (tøft krav)
- Nitritt (SW) < 0,5 ppm (tøft krav?)
- TAN < 2000 ppm (spørs når du måler)

NIVA

Min definisjon av vannkvalitet

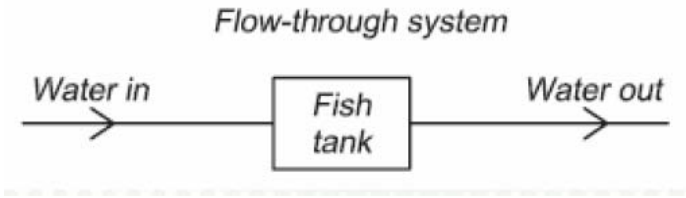
- Egne definisjoner…
  - My definition pr 21.05.05 .

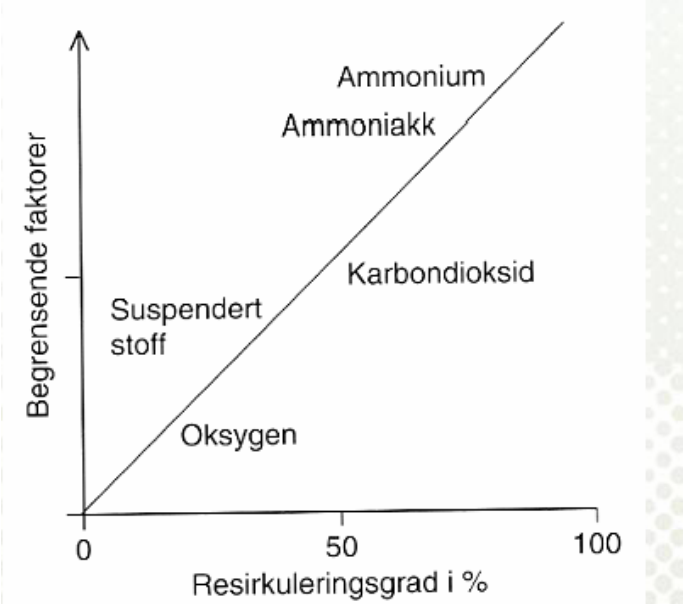
    "Water quality is the expression and consequence of all physical and chemical characteristic of the water that is individually or comprehensive relevant for the fish"

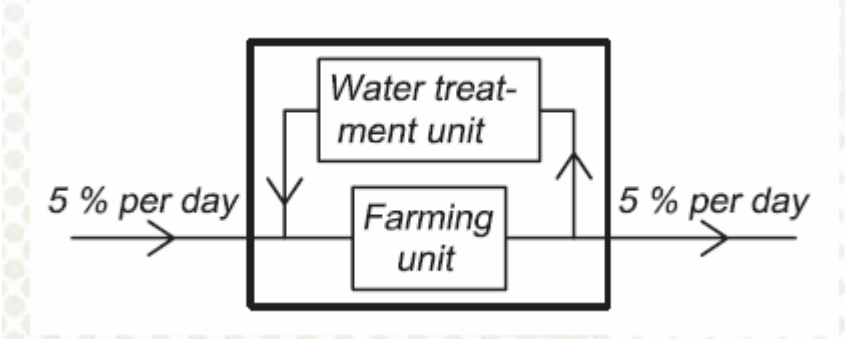
  - *Ny definisjon pr 30.10.07*

    *" Vannkvalitet er utrykket og konsekvensen av alle fysiske, kjemiske, **og biologiske** karateristikker av vannet som individuelt eller i samvirkning, har betydning for fiskens velferd"*

Noen enkle prinsipper

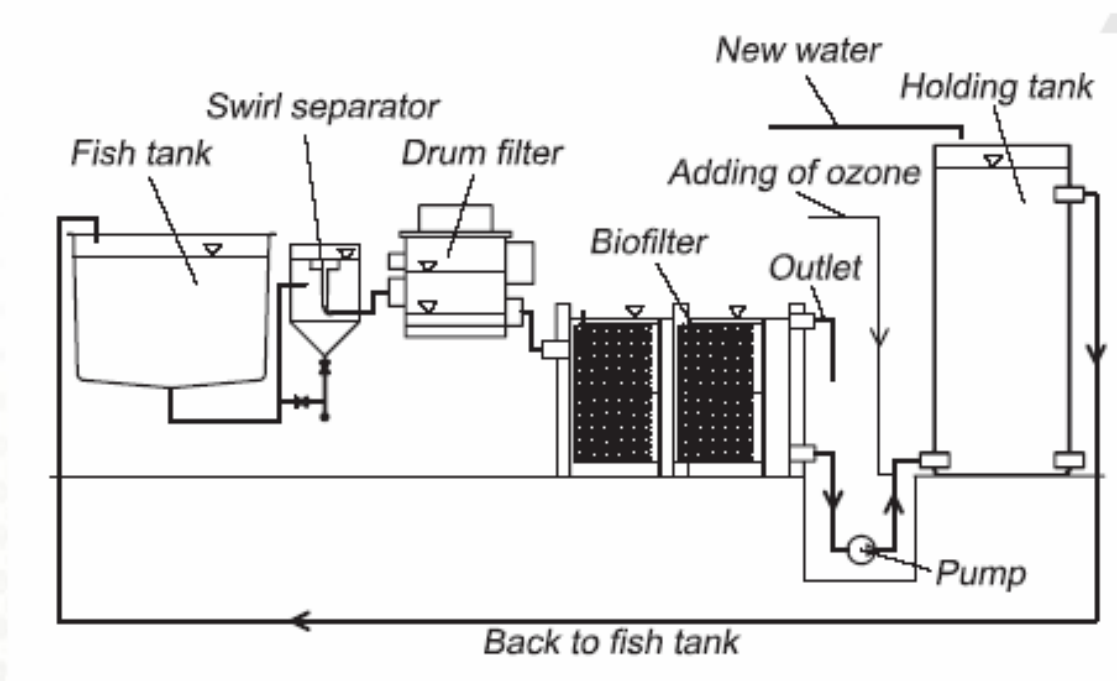






Etter: Odd-Ivar Lekang 2007

Eksempel på enkelt - Resirk anlegg



Etter: Odd-Ivar Lekang 2007

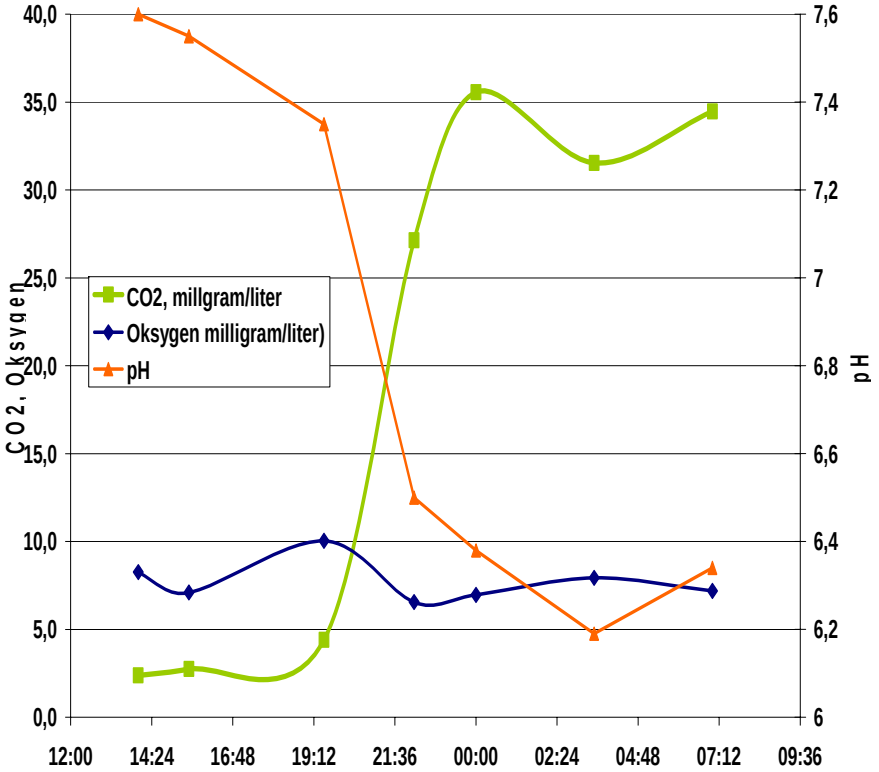
Om fiskemetabolisme

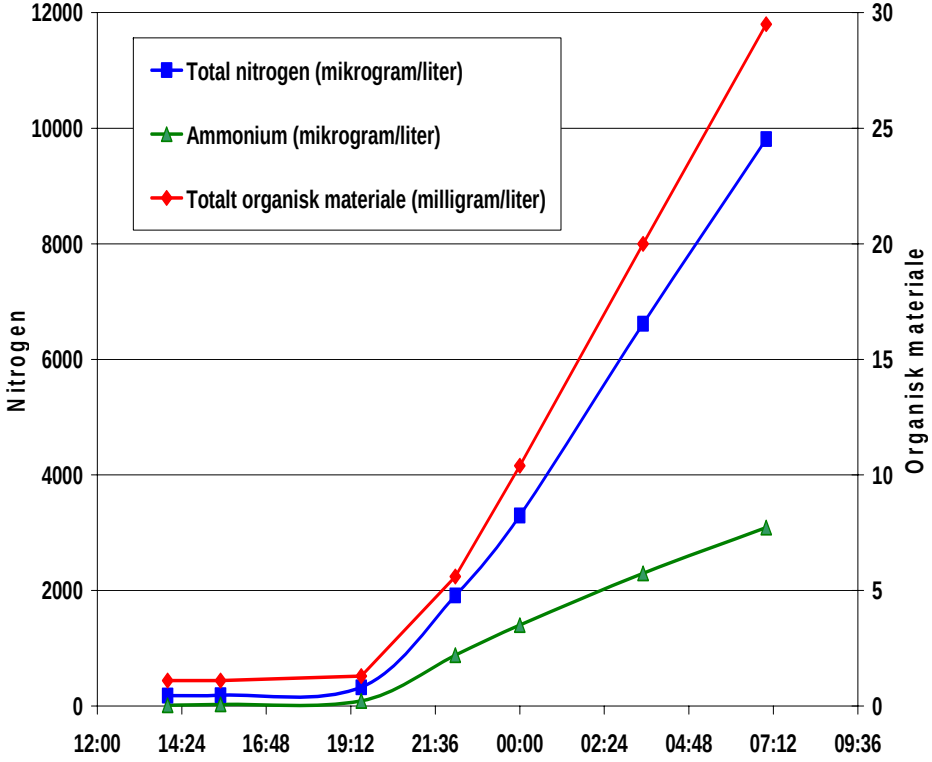
- Specific oxygen consumption rates in 2 kg Atlantic salmon kept at 8,5 ºC ranging from
  - 0,95-0,99 mg kg^{-1} min^{-1} in starved fish
  - 1,91 – 2,06 mg kg-1 min-1 in in fish fed with 0,6- 0,75% bodyweight day^{-1}.
- TAN excretion rates ranged from (10:1)
  - 11,8-12,8 ug N kg-1 min in starved fish
  - 76,4 – 81,7 in fish fed with 0,59- 0,62% bodyweight day-1.
- The production of CO_2 was estimated to be (1:1)
  - 0,85 – 0,86 mg kg^{-1} min^{-1} in starved fish
  - 2,17 – 2,12 mg kg^{-1} min^{-1} in fish fed with 0,59- 0,62% bodyweight day^{-1}.

Etter Forsberg, 1997

NIVA

Gasser, pH, nitrogen og organisk materiale i lukket system





NIVA

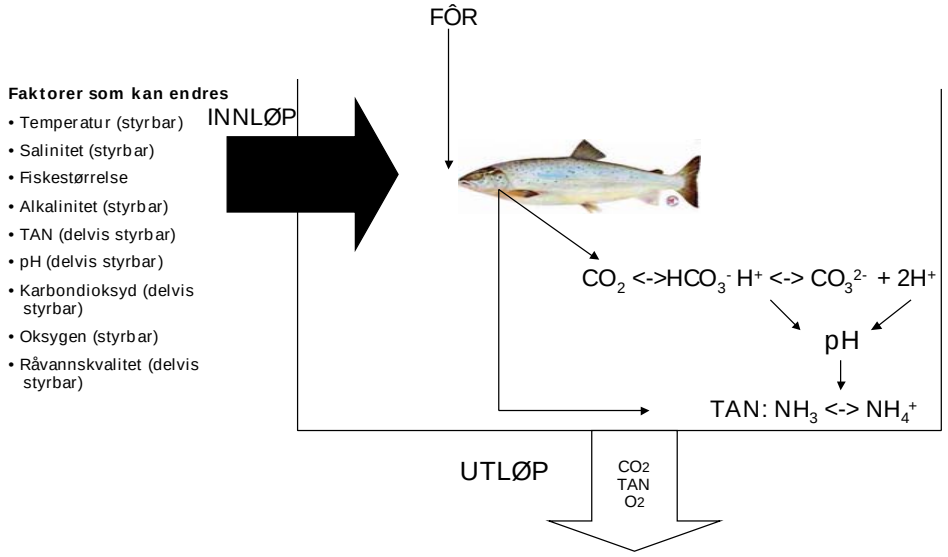
Metabolismen - størrelse og svømmehastighet

- Modellen publisert av Grøttum and Sigholt (1998) synes å være en av de beste
- Utviklet i svømmekammer med sultet Atlantisk laks 1-2 kg I temperaturintervallet 5-15 °C.

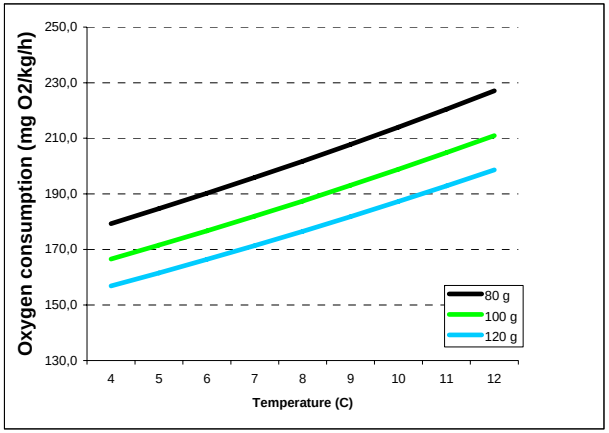
- Oksygenforbruket (V) er avhengig av kroppsvekt (BW), vanntemperatur (t) og svømmehastighet (u)

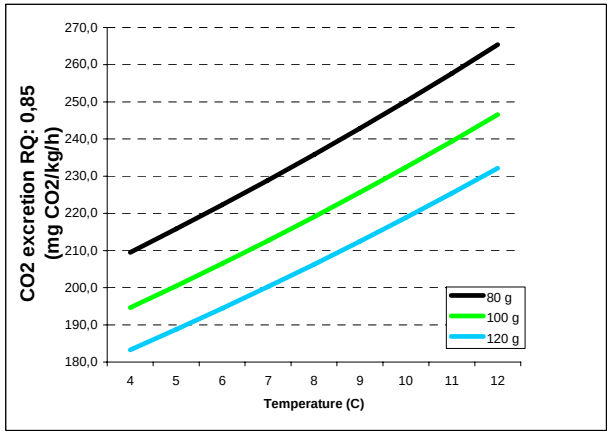
$$V(laks) = 62\ BW^{-0,33}\ \ 1,03^{t}\ 1,79^{u}$$

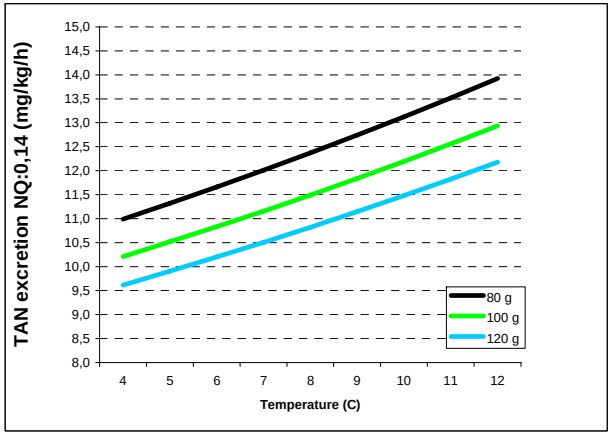
V	= oksygen forbruket
BW	= kroppsvekten
t	= vanntemperatur
u	= vannstrøm (m s^{-1})

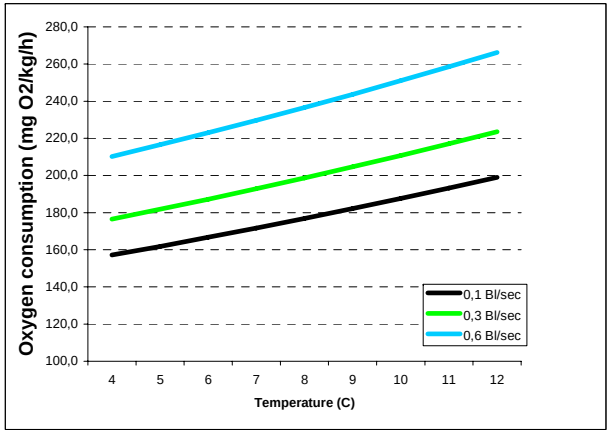


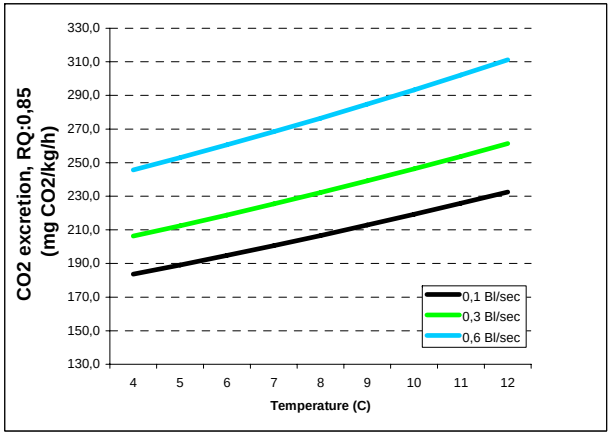
Fisken utskillelse av CO_2 og Ammonium

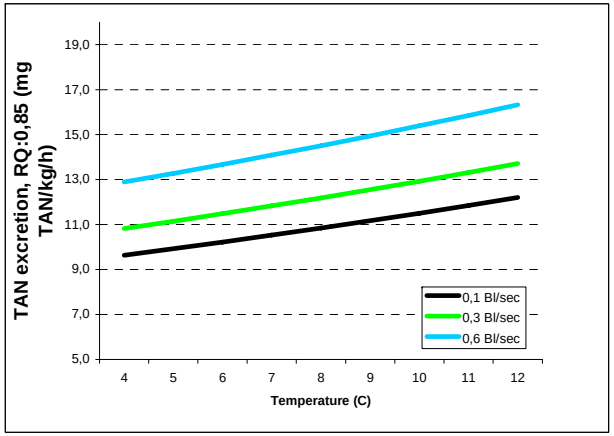










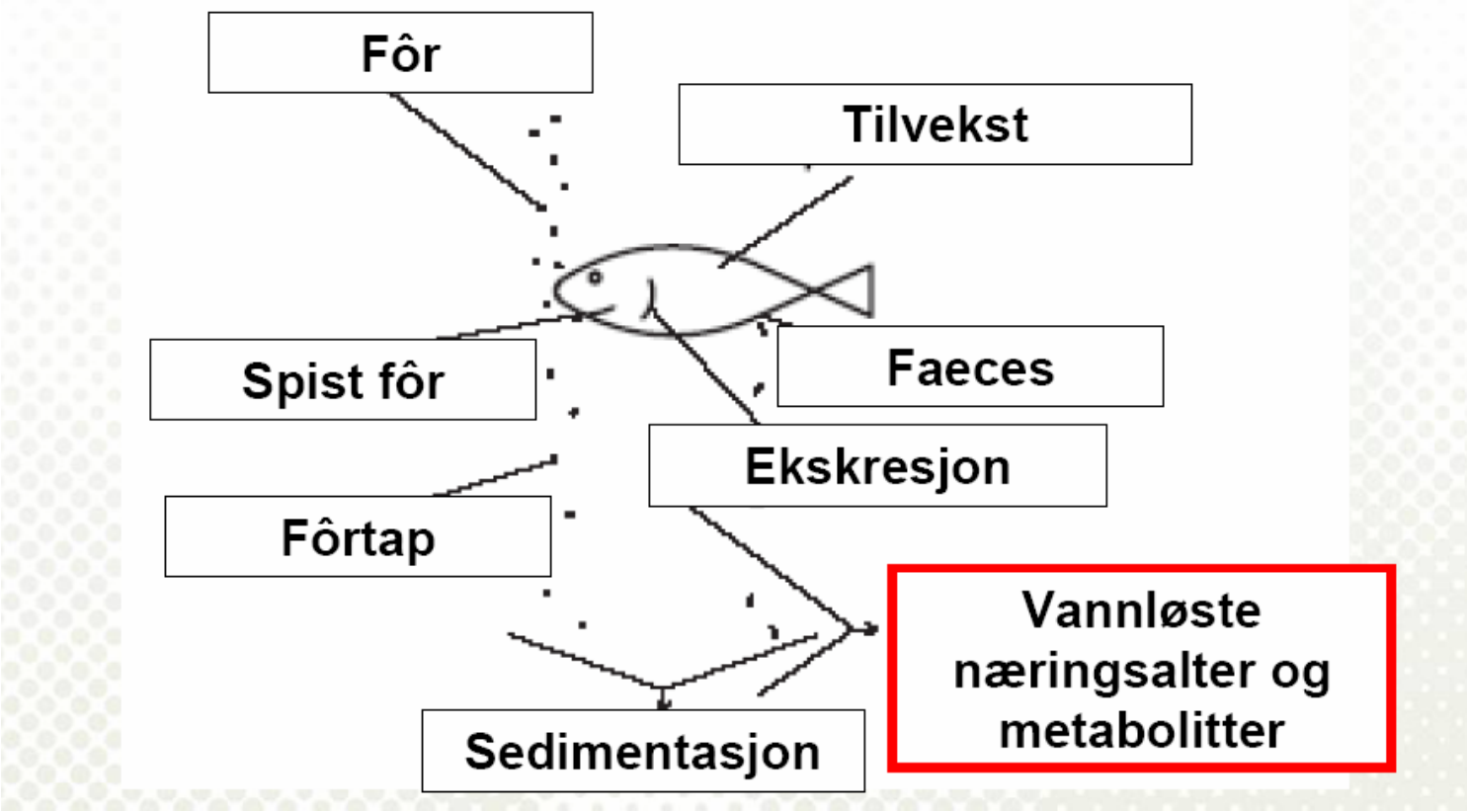


Etter T. Kristensen, 2007

- Effekt av kroppsstørrelse (80, 100, 120g)
- Effekt av svømmehastighet (0.1,0.3,0.6 Bl/sec)

NIVA

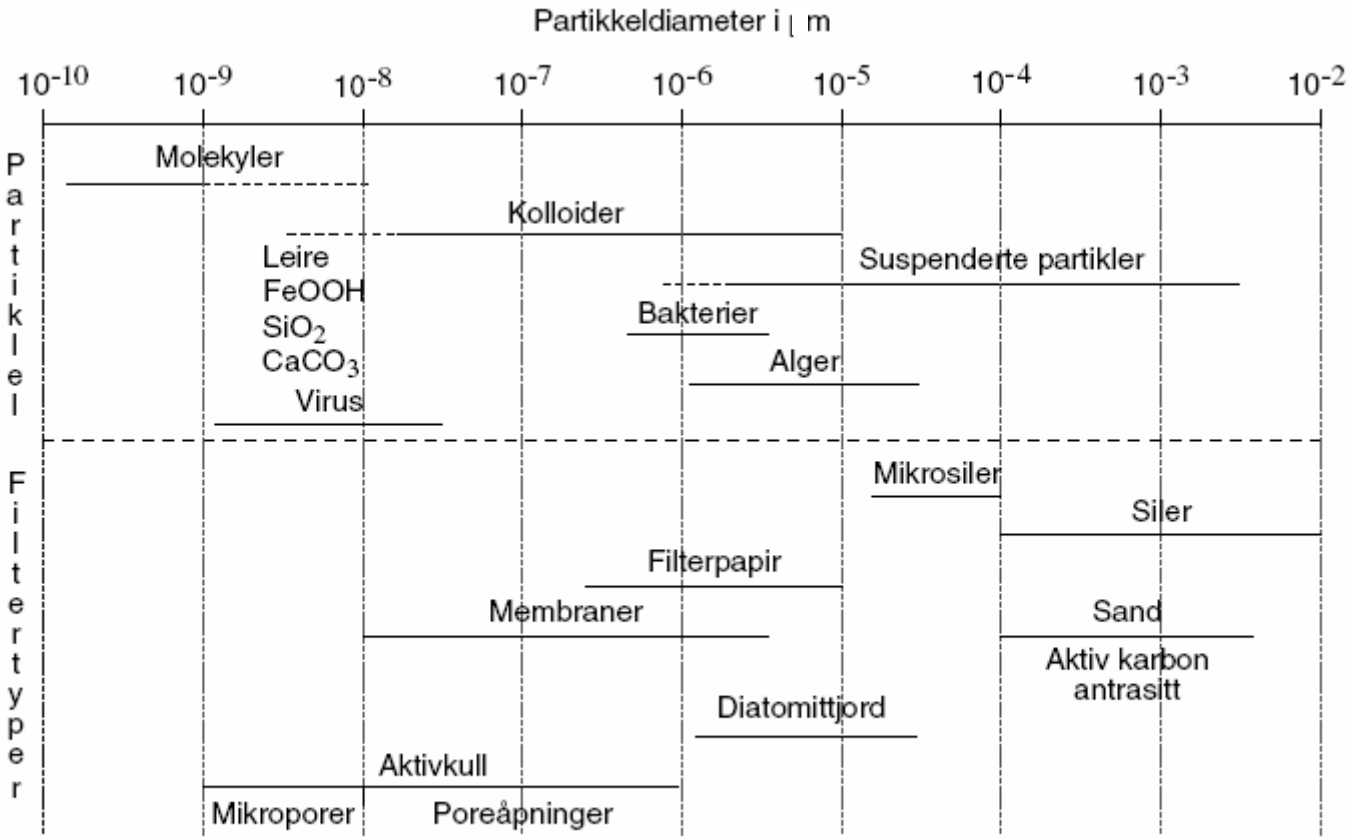
Man må holde sitt hus reint!



Modifisert etter: Odd-Ivar Lekang 2007

NIVA

Filtreringsskalaen



Figur 99. Størrelsen på ulike partikler angitt i forhold til ulike filtertyper som kan benyttes for partikkelfjerning. 10^{-6} m = 1/1000 mm = 1µm.

Liltvedt m.fl. 2007

NIVA

Verst tenkelig

Samme dag som de grisene i det ene produksjonsanlegget skulle leveres, inntraff ventilasjonen i det andre. Nå kjøper gårdbruker Tore Moksnes nytt ventilasjonsanlegg til grisefjøset i Indre Prestia.

Tore mistet 246 griser

PRESTA: En uke etter grisetragedien som rammet gården hans, har Tore Moksnes (37) allerede bestilt nye smågriser til produksjonen på Moksnes Østre på Presta.

– Det er en fantastisk fin, stille og rolig dag i dag. Det er veldig fint å være ute, sier Moksnes.

– En fantastisk fin, stille og rolig dag i dag, sier Tore Moksnes, og det er ikke vanskelig å forstå at han er glad for å være ute i det fine vinterværet.

Det er nemlig bare en uke siden det ble kjent at 246 griser ble funnet døde i det ene av to grisefjøs på gården.

Det var ventilasjonen som sluttet å virke, og det ble for varmt for grisene.

Nå er det nye smågriser på vei til gården, og Moksnes er klar for å ta imot dem.

Verst tenkelig

Først i dag fikk nyoppussede fjøsdelen kvesket kan omslag, vaskemiddel og desinfeksjonsmidler.

Dermed kan det bli nye kontrollrunder og endelig et siste skritt i prosessen som skal bringe Moksnes tilbake til normalen.

Onsdag 13. februar 2008 ble det verst tenkelige skjedde. Da ble det oppdaget at ventilasjonen i det ene fjøset hadde sluttet å virke.

Det var ikke noe varsel. Ingen alarm gikk. Ingen visste at det var noe galt.

Da Moksnes kom til fjøset for å gi grisene mat, var det for sent.

– Det var ikke noe å gjøre med det. Det var bare å gå ut igjen, sier Moksnes.

Han ble ikke alene med sorgen. Naboer, familie og venner kom for å hjelpe til med å rydde opp og bringe de døde dyrene bort. Det var en tung dag for alle.

> **Det var bare å gå ut igjen**
>
> Tore Moksnes, gårdbruker

Tapte 600 000 kroner

– Dette skjedde tirsdag på det travle landbrukets tilbakeslag. Grisene skulle leveres neste dag, klokka det skjedde, ville de ha veid rundt 120 kilo hver.

Ifølge Moksnes kan 2008 allerede bli et bedre år for gården. Dessuten var det nå en ekstra god økonomisk grunn til å være glad for.

I forrige uke ble det nemlig kjent at Moksnes Østre er kåret til årets unge bonde i Nord-Trøndelag.

– Det er klart det er noe å være stolt av. Det kom som en overraskelse, men det er veldig fint å bli anerkjent for det man holder på med, sier Moksnes.

Han har drevet gården i fem år, og har i dag 1 800 slaktegriser og 600 smågriser.

Det er ikke bare Moksnes som er glad for å være ute i det fine vinterværet. Det er det også Tore-hunden Tiril.

Hun har ikke fått vite at det er to griser mindre å passe på enn det var i forrige uke.

Nytt anlegg

For det skal skiftevaktordningen gjøre seg fortelle med det nye ventilasjonsanlegget. De fleste tegn tyder på at det gamle anlegget, som hundrevis av griser har kjørevet av, ikke engang viste at ventilasjonen sluttet og det var det. Moksnes mål hans betale ekstra.

– Alarmen til varmeskapet i produksjonsanlegg i landbruket at strømmen mista i offentlige kvitteringen. Det er en ting til som er påslagbart i disse tidene. Jeg er påkrevd å ha en alarm som varsler meg dersom noe går galt. Men i dag: Ranen det ikke er tilfellet akkurat nå, sier Tore.

FRANK LEONHARTSEN

NIVA

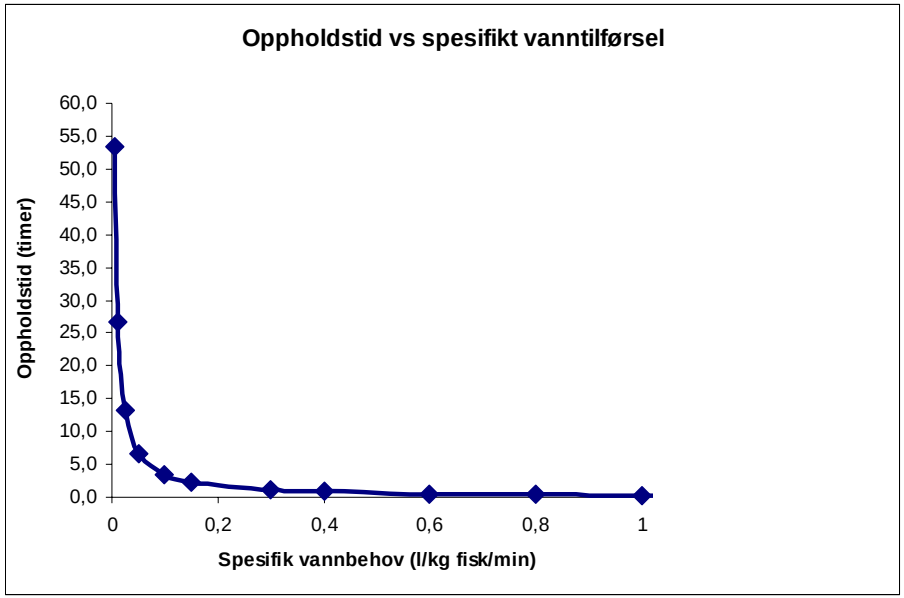
Oppholdstid – utskifting av vann mysteriet

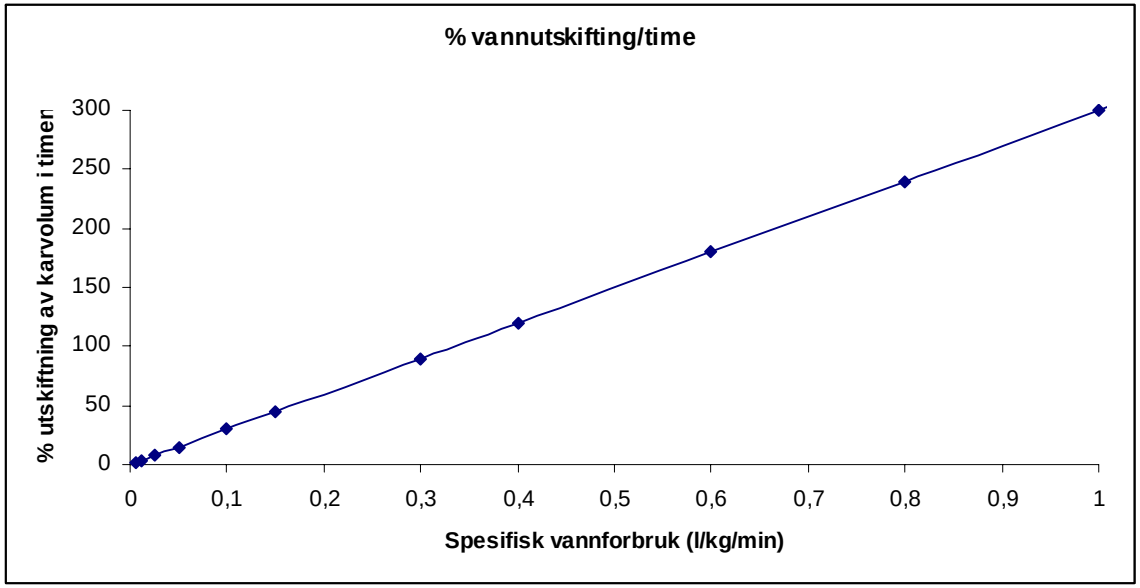
volum fiskekar	100	m3	100000	liter
biomasse	50	kg/m3	5000	kg

Vannbehov (l/kg/min)	liter/min	oppholdstid (min)	oppholdstid (timer)	% vannutskifting/minutt	% vannutskifting/time
2	10000	10	0,2	10,00	600,00
1	5000	20	0,3	5,00	300,00
0,8	4000	25	0,4	4,00	240,00
0,6	3000	33	0,6	3,00	180,00
0,4	2000	50	0,8	2,00	120,00
0,3	1500	67	1,1	1,50	90,00
0,15	750	133	2,2	0,75	45,00
0,1	500	200	3,3	0,50	30,00
0,05	250	400	6,7	0,25	15,00
0,025	125	800	13,3	0,13	7,50
0,0125	62,5	1600	26,7	0,06	3,75
0,00625	31,25	3200	53,3	0,03	1,88

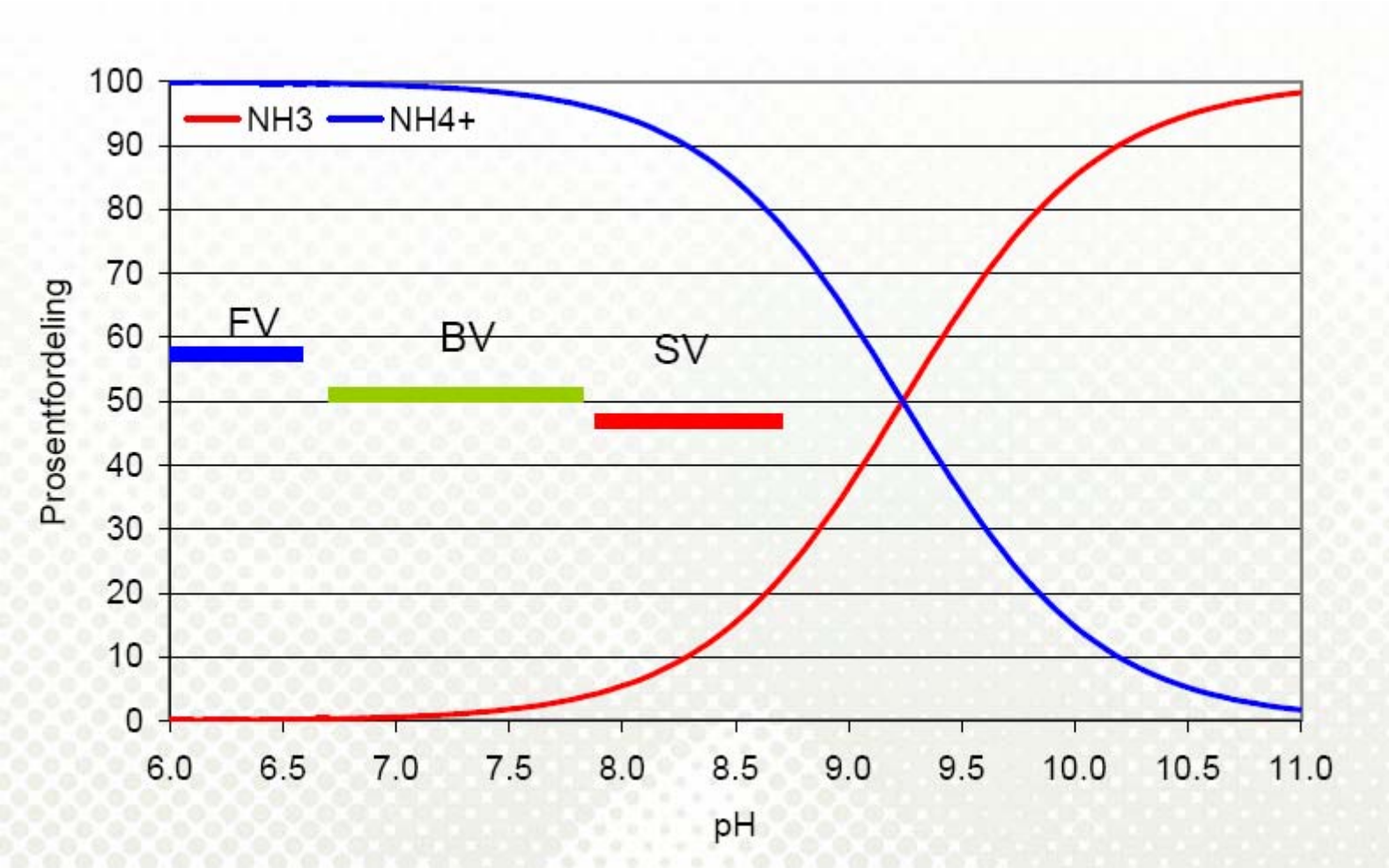
- Fra VK-undersøkelsene vet vi at det benyttes fødevannsrater i området 0.05 – 1,5 l/kg/min
- Snitt 0,41 l/kg/min eller ca utskiftning 2* vannvolumet pr time
- I 1986 viste Lygren m.fl at man måtte ha følgende fødevannsrater for laks og brunørret i et resirkanlegg med partikkelfjerning (RG 2);
  - 0,5 l/kg/min ved oppstart av anlegg og ved plommesekk og startfôring
  - 0,2 l/kg/min for 5 g fisk
  - 0,07 l/kg/min for 20g fisk
  - O,05 l/kg/min for 50g fisk

..i figurer..


Oppholdstid vs spesifikt vanntilførsel
Oppholdstid (timer)
60,0
55,0
50,0
45,0
40,0
35,0
30,0
25,0
20,0
15,0
10,0
5,0
0,0
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1
Spesifik vannbehov (l/kg fisk/min)

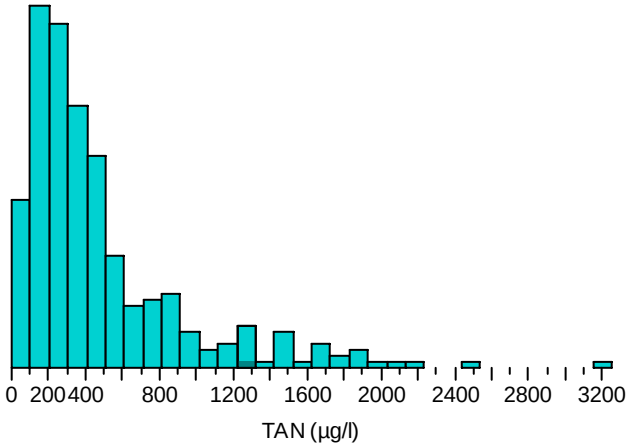

% vannutskifting/time
% utskiftning av karvolum i timen
300
250
200
150
100
50
0
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1
Spesifisk vannforbruk (l/kg/min)

Ammoniakk – er dette et problem norsk settefisknæring?



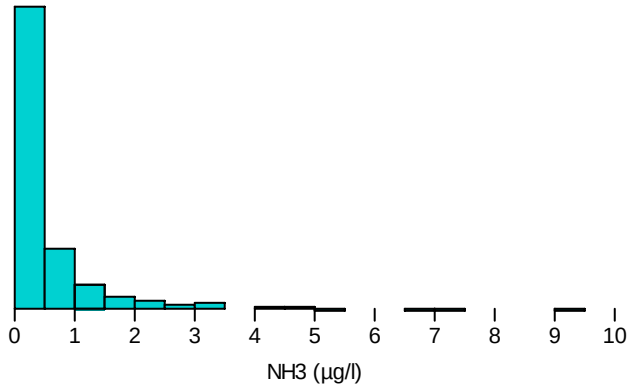
Data fra VK programmet

Ammonium-ammoniakk



100.0%	maximum	3150,0
99.5%		2737,5
97.5%		1800,0
90.0%		1150,0
75.0%	quartile	587,5
50.0%	median	326,0
25.0%	quartile	190,0
10.0%		103,0
2.5%		32,3
0.5%		3,7
0.0%	minimum	2,0

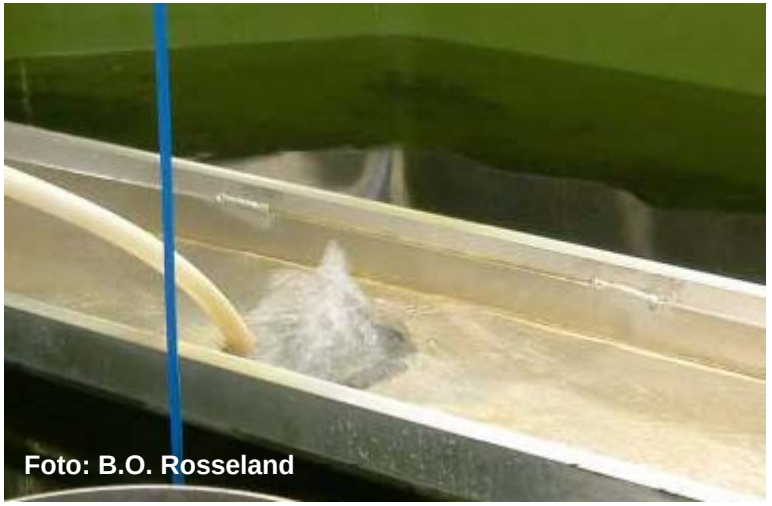
Registrerte NH_3



100.0%	maximum	9,3459
99.5%		8,2225
97.5%		4,1080
90.0%		1,5294
75.0%	quartile	0,6599
50.0%	median	0,2675
25.0%	quartile	0,0952
10.0%		0,0353
2.5%		0,0025
0.5%		0,0000
0.0%	minimum	0,0000

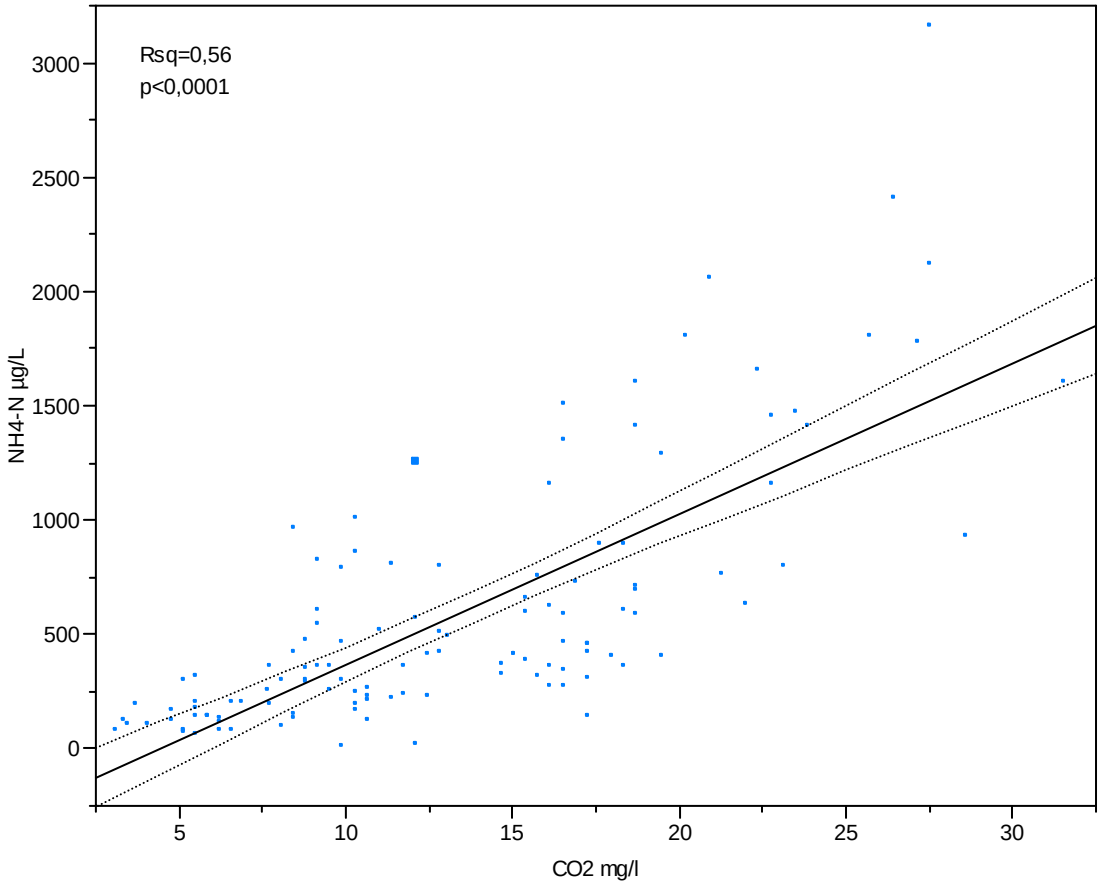
NIVA

CO_2 fjerning (dette er også resirkulering!)



- Prinsipper
  - eksponering av vannfilm mot størst mulig luftmengde.
  - Turbulent strøm/utveksling bedre enn laminær veksling

Høy CO_2 gjenspeiler høy TAN! (i gjenomstrømming)



Er vannet reinere på den andre siden?

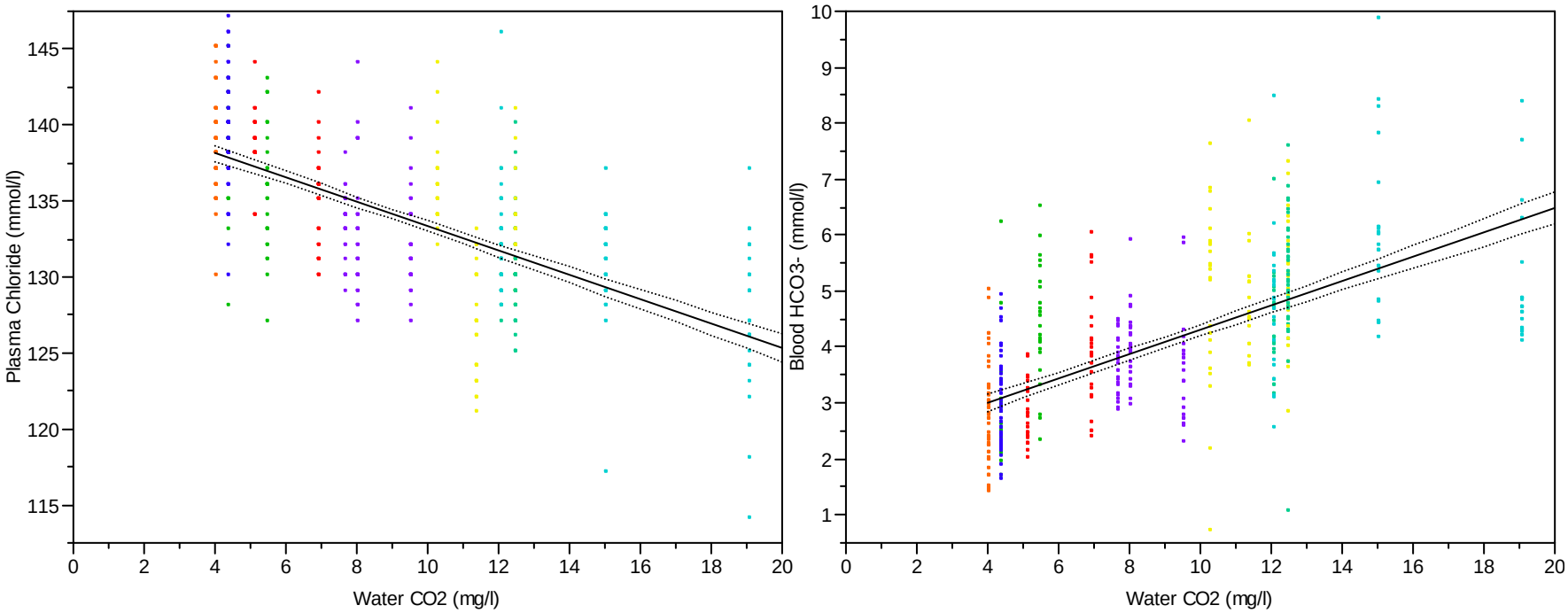
Gjennomstrømming

- Høy CO_2 og ”høy” TAN, men lav NH_3
- Lav pH
- Lav tot-N
- Naturens variasjon

Resirk

- Høy CO_2 i kombinasjon med høy eller lav TAN og risk for høyere NO_2 og NH_3
- Høy pH
- Høy tot-N
- Teknologien og biologiens variasjon!

Fiskehelse i intensive oppdrettssystemer



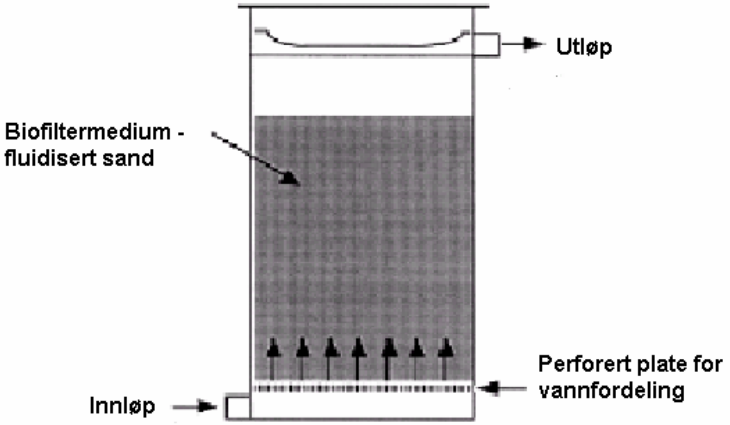
Biofilter - biofilm

Hensikt

- Omdanne giftig ammonium til mindre giftig nitritt/nitrat (nitrifikasjon) og nitrogengass (N_2) (denitrifikasjon)
- Omdanne løste organiske forbindelser til CO_2
- Andre effekter: Effektiv reduksjon av restoksidanter fra eventuell ozonering, kilde til ikke-opportunistiske bakterier (modning)

Konsepter

- Rislefiltre
- Dykkede stasjonære filtre
- ”Moving-bed” systemer

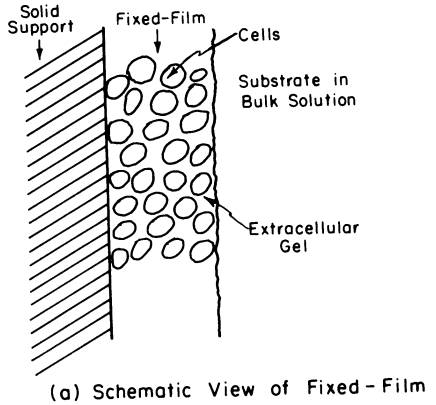


Biofilter - nitrifikasjon

Nitrifikasjon er en totrinns mikrobiologisk prosess vha autotrofe bakterier (CO_2 som karbonkilde):

NH_4^+ + oxygen → NO_2^- + H+ (nitrosomonas-bakterier)

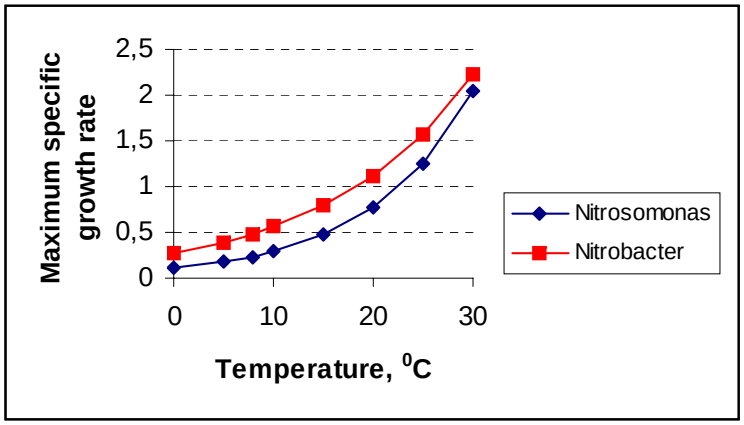
NO_2^- + oxygen → NO_3^- (nitrobakter-bakterier)

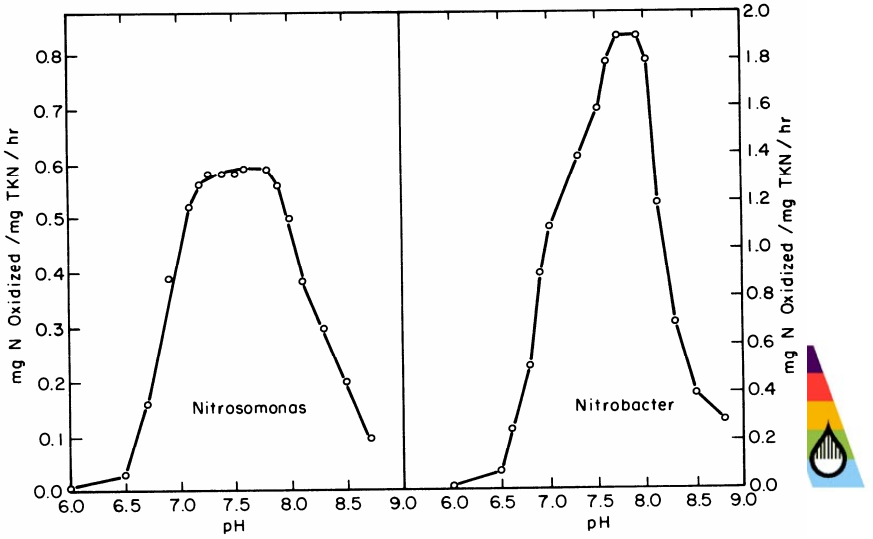


(a) Schematic View of Fixed-Film

Karakteristika

- Saktevoksende – utkonkurreres av heterotrofe bakterier (som har organisk stoff som karbonkilde).
- Kan ta lang tid å etablere en aktiv biofilm
- Vekst er pH- og temperaturavhengig
- Forbruker alkalitet og oksygen
- Kan få høye konsentrasjoner av sluttproduktet (NO_3)





Biofilter - denitrifikasjon

- Denitrifikasjon er en anaerob mikrobiologisk prosess hvor nitrat (NO_3) omsettes til nitrogengass (N_2)
- Prosessen er vanligvis ikke inkludert i resirk-anlegg, men foregår til en viss grad i soner med lavt oksygeninnhold i biofilmen.
- Dette betyr at det i svært liten grad fjernes nitrogen fra resirkuleringsanlegg!

Zoologiske indikatorer

- Ingen zoologi – ingen fisk!

Konklusjoner

- Gjør status – hva er grunnlaget – motivasjonen for resirk
- Resirkulering øker i kompleksitet med økende resirkuleringsgrad
- Det kreves funksjonelle rensesystemer og biofilterløsninger
- De bakterielle prosessene er pH- og temperaturavhengige, og bruker lang tid på å oppnå optimal funksjon
- Bakteriene er alltid i et konkurranseforhold
- Systemet er veldig avhengig av god kontroll på CO_2 og pH, både mht til negative konsekvenser for høy CO_2 i seg selv, og for NH_4/NH_3 forholdet
- Endringer i biomasse kan endre næringsgrunnlag for bakteriene og dermed funksjonen av filtre
- Resirkulering krever meget gode og kalibrerte overvåkingssystemer og nødløsninger for rask vanntilskudd

NIVA

postulater

1) *”Lite nytt under solen ?”*
2) *”Vannkvaliteten i et resirkuleringanlegg bestemmes av % nytt vann inn (akkurat som i gjennomstrømming)”*
3) *”Det er vanskelig å forene det biofilteret krever med det laksefisk krever”*
4) *”Det er store mangler ved dagens kunnskap om design, drift og overvåking (særlig det siste)”*
5) *”Behov for uforandret hjemstedadresse, personlig utfordring og tilfredsstillelse av entrepenørskap er en av de viktigste drivkrefter for interesse for resirk”*
6) *”Det har vært altfor stor fokus på vannkjemi og for lite på bakteriologi, alger og zoologi ved dagens resirkuleringsanlegg”*

1. Tja men jeg er ikke sikker på at jeg er fullt opplyst
2. I de fleste tilfeller ja
3. Det tar allefall lang tid å bygge opp effektiviteten
4. Ikke så rart egentlig – men stor interesse gir raskere kunnskapsbygging
5. Helt naturlig ☺
6. Ja jeg mener at må se disse i sammen for å lete etter indikatorer på tilstandsendring

Takk for oppmerksomheten!

Norsk institutt for vannforskning
Norwegian Institute for Water Research
Tlf 22 18 51 00

www.niva.no