Kan aluminium føre til problemer for laks, også i brakkvann?



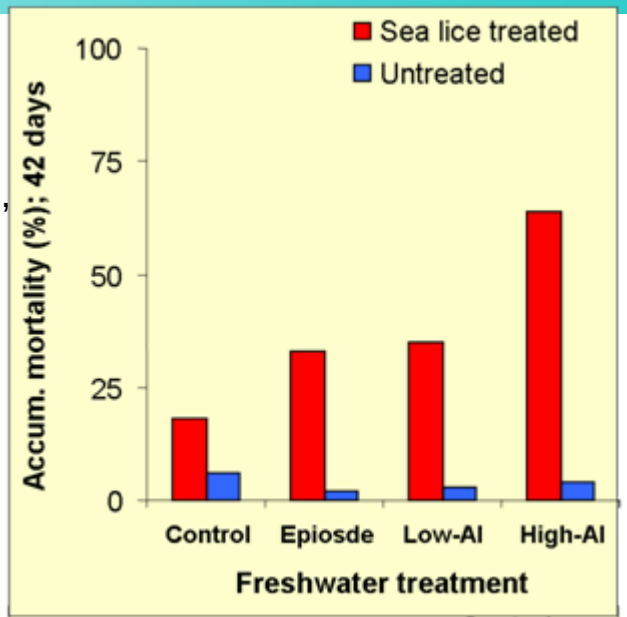
Frode Kroglund, NIVA
Birger Bjerkeng, NIVA
Bjørn O. Rosseland, NIVA
Finn Økland, NINA
Hans Christian Teien, UMB
Brit Salbu, UMB

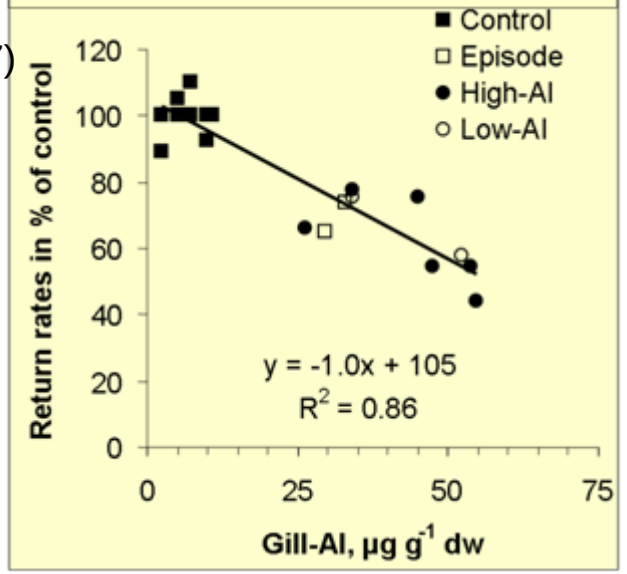
NIVA

Vi vet at kalking avgifter Al, og at Al må reduseres til nivå hvor fiskens helse ikke påvirkes

- Høye doser Al dreper lakseyngel
- Lave doser påvirker smoltkvalitet (Staurnes et al., 1993; Kroglund et al.,1999; 2001)
  - hemmer gjelle Na^+,K^+-ATPase aktivitet
    - Saltbalanse i sjøvann skades og påvirker:
    - Vandringsatferd (Magee et al., 2003)
    - Anti-predator atferd (Jârvi, 1999; Handeland, 2000)
    - Immunologi (Finstad et al., 2007)
    - Sjøoverlevelse (Staurnes et al., 1996; Kroglund et al.,2007)
- den økologiske viktige responsen (overlevelse) er forsinket i forhold til dose

(dose i ferskvann, effekt i saltvann)

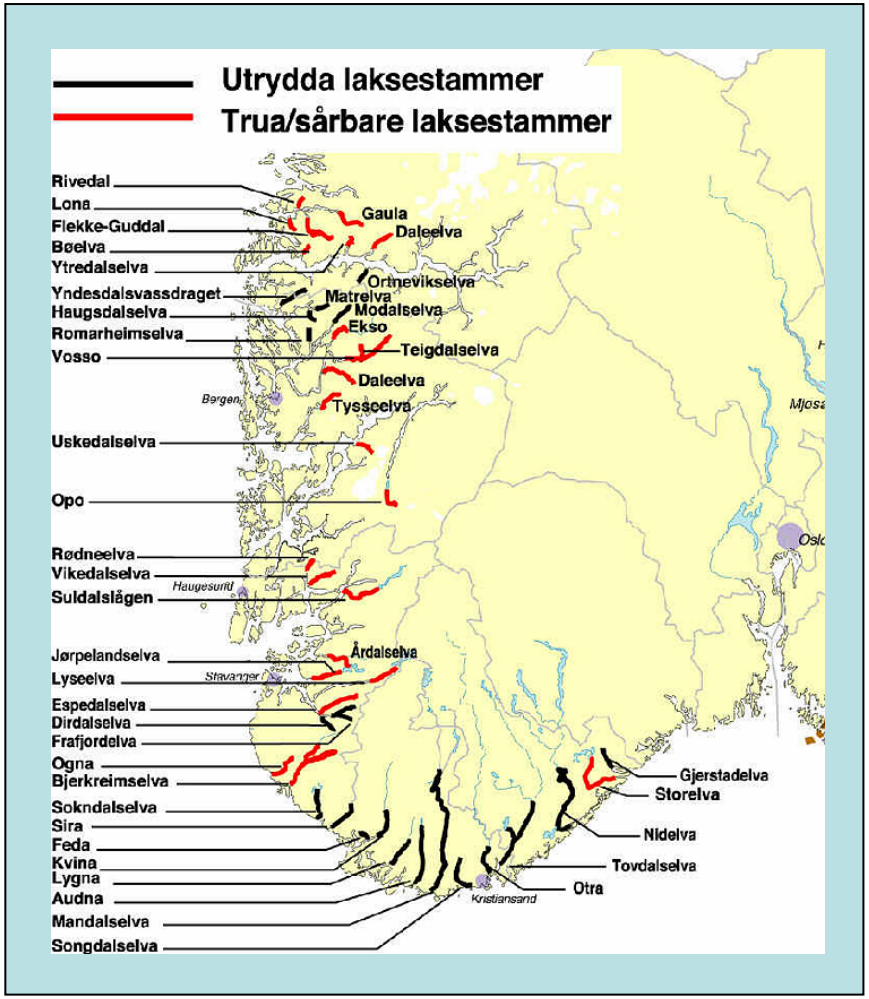




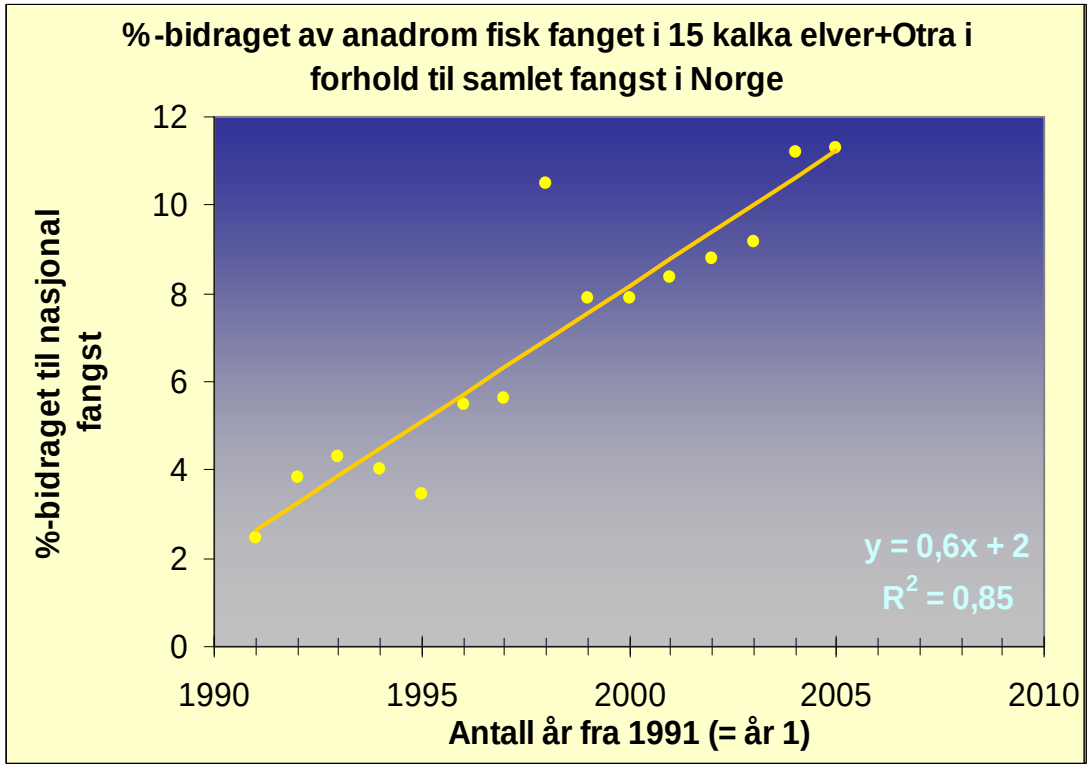
NIVA

LAKS; ferskvann og kalking som tiltak

- Minst 53 laksestammer i Sør-Norge er tapt eller svekket som følge av sur nedbør.
- Kalking er igangsatt i 23 laksevassdrag
- Dette har gitt en eventyrlig økning i laksefangst



Kalking; start på en ny æra for laks i Sør-Norge



…., men enkelte elver har ikke svart til forventningene.
Hva er årsaken til lav fangst av laks i enkelte kalka elver?

NIVA

Kalking gav ikke fangstøkning

- **Forventet økning i fangst av laks uteblir**
  - Avvikende resultat fra andre kalka elver

- **Hypoteser**
  - Ikke regional årsak (utvikling i fangst avviker fra andre elver innen regionen)
  - Utilstrekkelig kalking; episoder (smolthelse fortsatt svak)
  - Lav fangstinnsats
  - Gjedde (Storelva)
  - Lakselus (Vosso)
  - Måker, sel og andre predatorer
  - Gudene vet hva!



NIVA

Kan aluminium i brakkvann skade laksesmolt?

- Blandsoner i elver kan ha dødelig vannkvalitet til tross for at pH er god (Rosseland et al., 1992)

- Når surt ferskvann blandes med saltvann øker pH. Oppstår det da (estuarine) blandsoner?
  - Er disse dødelig, som vist i ferskvann?
  - Påvirker disse preging til heimelv/fjord?

- **Erfaringer fra oppdrett**
- **Erfaringer fra smolt eksponert i bur**
- **Forsøk på noen konklusjoner**

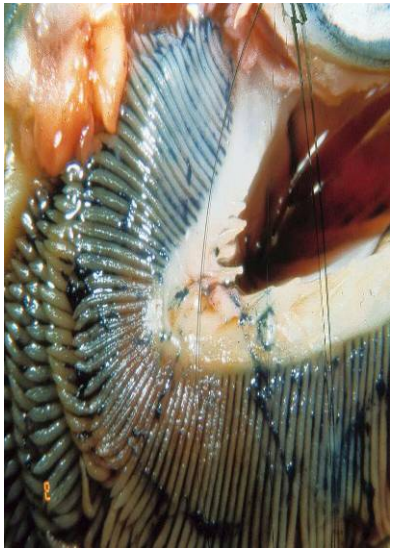
NIVA

Eksempler; Al i brakkvann (3-10 ppt) dreper laks i mærd (oppdrett)



- Laks i fjordmærder døde når salinitet sank (flom i elver)
  - Økte mengder aluminium i brakkvann (*Bjerknes, 1985*)
  - Plutselig endringer i salinitet? (*Bjerknes et al., 1991*)

- Al påvist på gjellene til død laks i fjordmærder
  - 1993: Fedafjorden (*Rosseland et al., 1998*).
  - 1994: Masfjorden (*HI-Bergen upublisert*)
  - 1996: Osterfjorden (*Bjerkens et al., 2003*)
  - >1997: mange anlegg



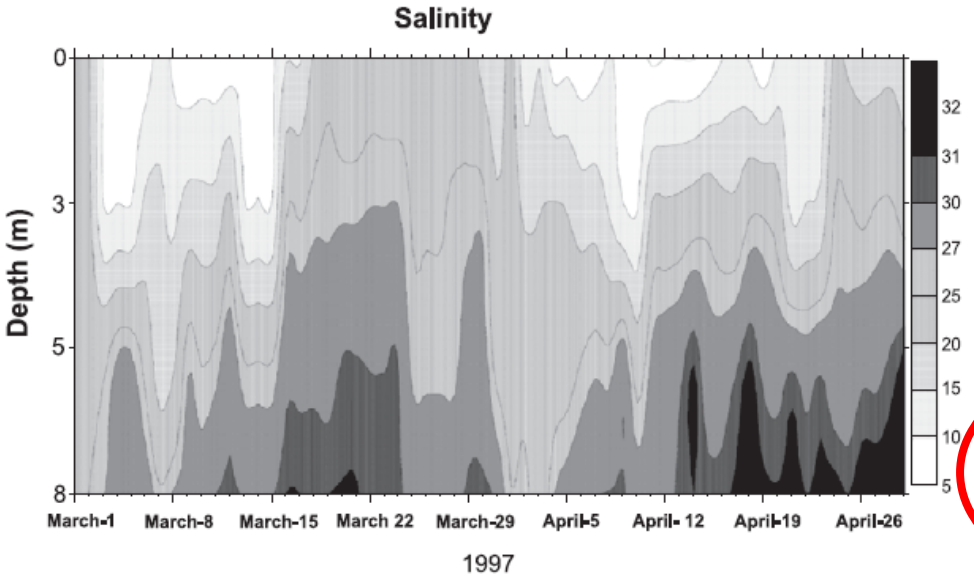
- Stor dødelighet når saltvann blandes inn i ferskvann (*VK-undersøkelsene 1999---nå*)

- **Al i brakkvann dreper laks når den står i mærd eller kar.**

  Vi kan derfor ikke utelukke at også postsmolt kan skades

NIVA

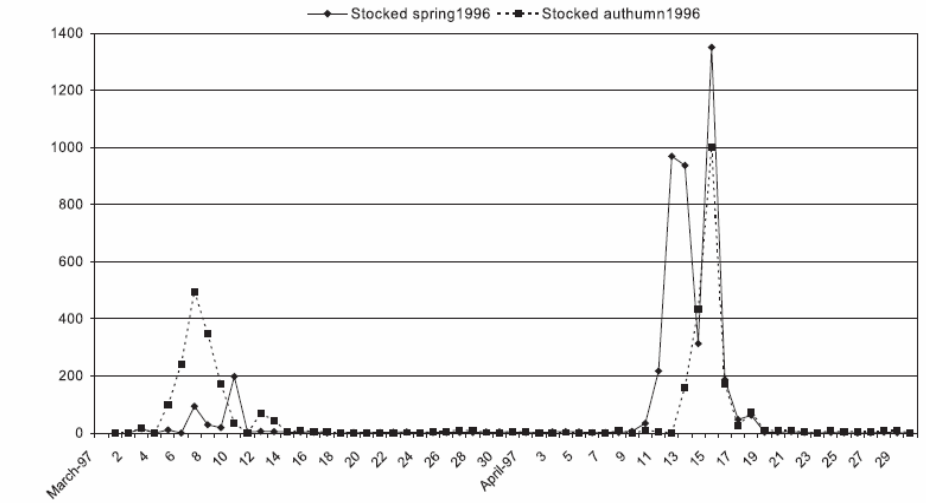
Kilden til Al i brakkvann er Al i elvevann
Når elvene går i flom, øker tilførselen



Laks døde når salinitet i fjorden sank = flom i elvene.

Frisk laks (perioder uten død) hadde **<20 µg Al/g gjelle tv.**

Død laks hadde **>170 µg Al/g gjelle tv.**



Årsaken til fiskedød:
Aluminium på gjeller kvæler fisken.
Død fisk hadde sprengte hjerter

Bjerknes et al., 2003

Aluminium skader biota også utenfor Norge fisk, kreps, østers, tang, korall mm

- **Pulley, 1950.** The effect of aluminium chloride in small concentration on various marine organisms. Texas J. Sci. 3, 405 – 411
- **S. Bhagwant and K.B. Elahee 2002:** Vevsforandringer
- **Galle, C. and Montoroi JP. 1993.** Ecological consequence of high aluminium content in acidified estuarian waters: Acta Oecol. 14, 1.

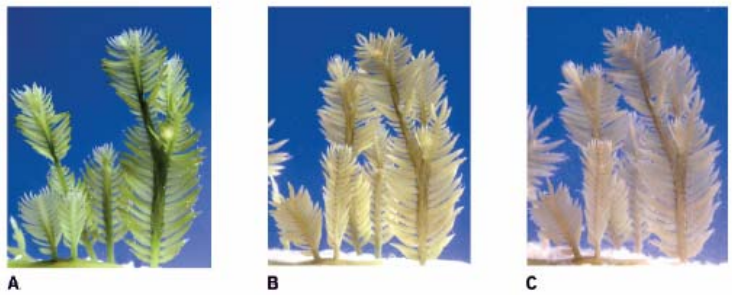


Fig. 3. The appearance of whole plants of *Caulerpa taxifolia* before and after addition of $AlCl_3$. Fig. 3A. *C. taxifolia* plants before addition of 1 mM $AlCl_3$. The plants are actively photosynthesising with bubbles of oxygen clearly visible. Figs. 3B and 3C, *C. taxifolia* 4 h and 24 h after addition. The plants appear yellow and unhealthy after 4 h (photosynthesis has ceased, see Fig. 2B above). After 24 h, chlorophylls have degraded and the plants are dead. (Photographs: Mr R. J. Crundwell, Queen Mary, University of London Media Services Unit).

Thake et al, 2003

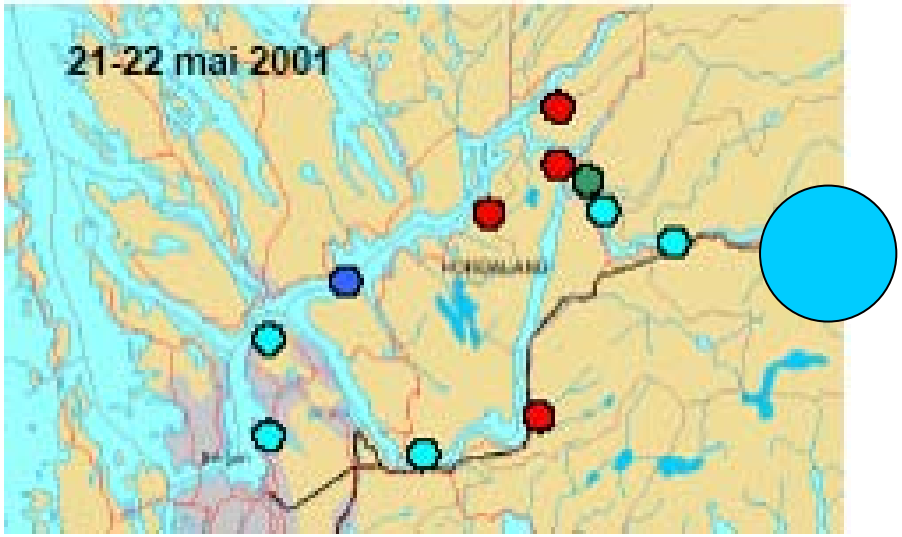


Lærkorall reagerer med å lukke seg

(Chemistry of the aquarium)



Eksempler fra naturlige elver: Vosso



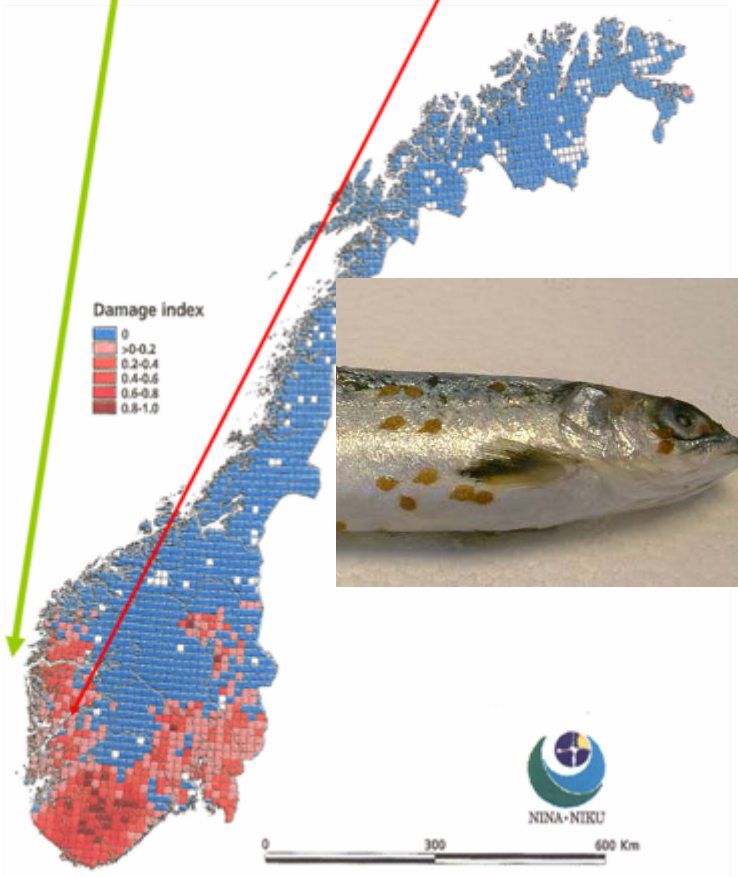
0-10 µg Al g^{-1} gjelle tv
10-20
20-30
30-40
40-50
50-100
>100

000. Nivåene er illustrert med fargede sirkl

Betydelig økning i gjelle-Al i brakkvann, men….

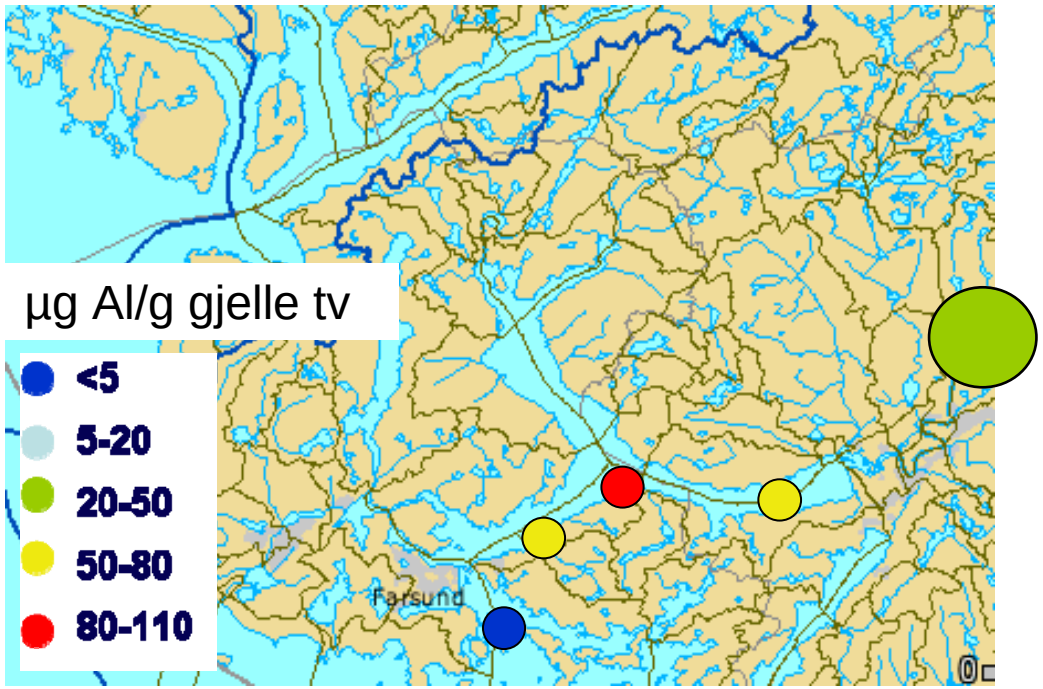
lav fangst av laks kan også skyldes lakselus

Salmon lice or acidification – who is to be blamed?



Kroglund et al., 2005. NASCO conferance, Bergen.

Eksempler fra naturlige elver: Lygna



Villsmolt fra elv

Hadde 20-40 µg Al på gjellene ved fangst

I brakkvann økte konsentrasjonen og varierte med salinitet

I sjøvann (>25 ppt) var konsentrasjonen lav

Ingen lakselus her!

Skyldes lav fangst av laks:
-svikt i kalkingen,
-aluminium i brakkvann
-og/eller økt feilvandring grunnet svak preging?

Eller noe annet?

NIVA

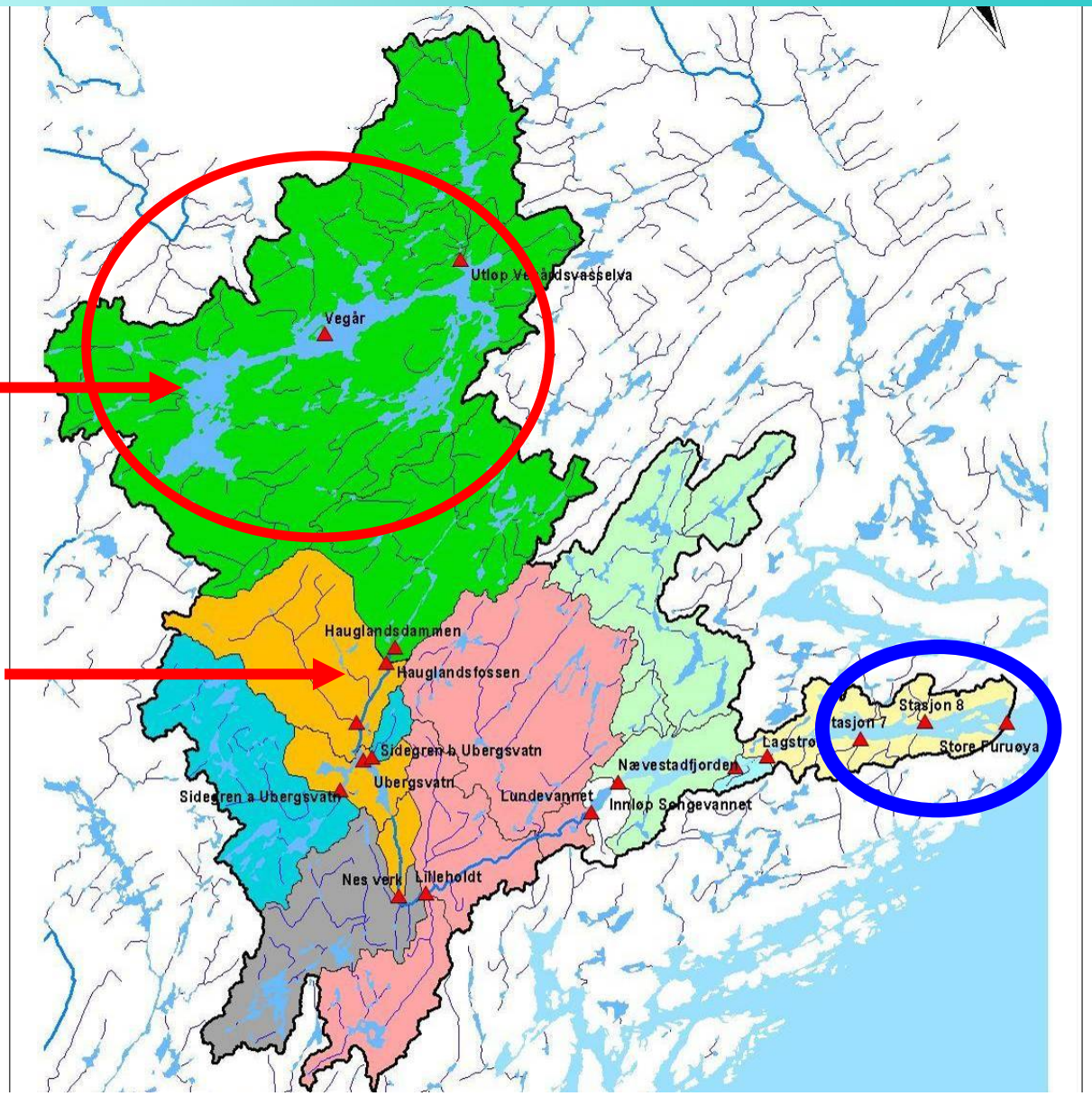
Eksempler fra naturlige elver: Storelva (2003-2007)

Storelva har god vannkvalitet

- deler av året etter kalking av Vegård (1985),

- hele året etter at doserer ble etablert i Hauglandsfossen (1996)

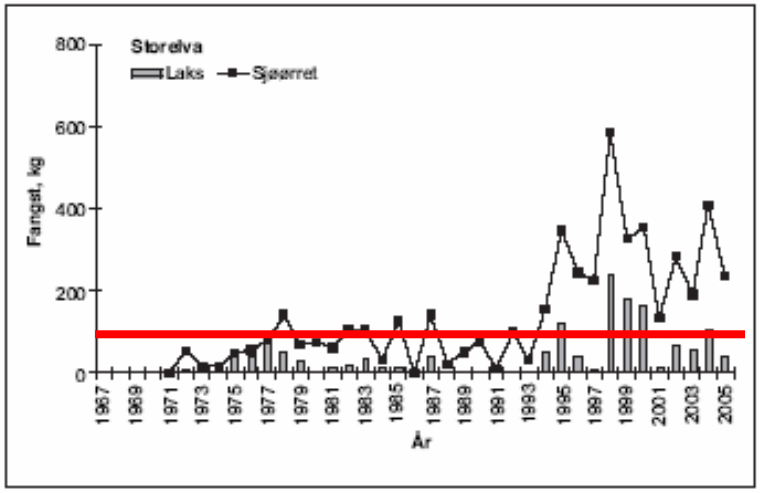
Ingen lakselus her!



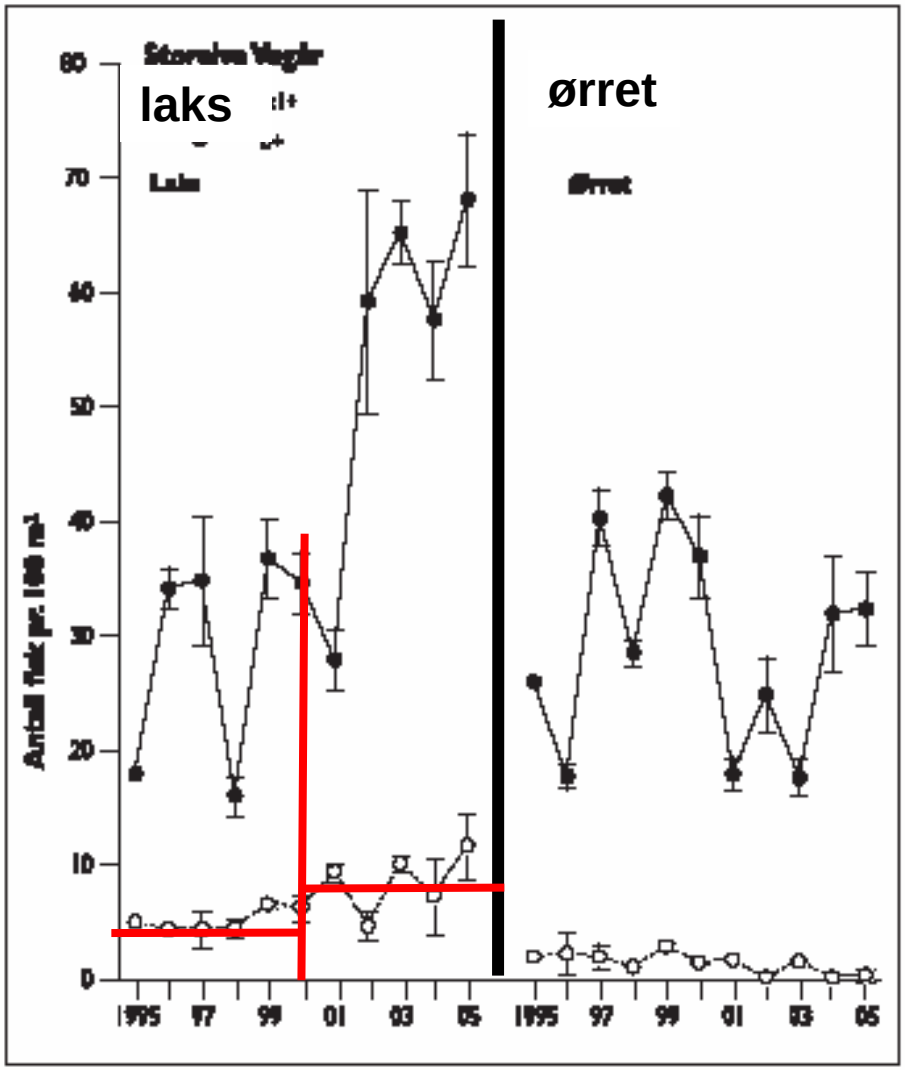
NIVA

Kalkingen av Storelva

- Doseringskalking fra 1996
- Økende tetthet av eldre yngel etter 2000
  - Bestanden var aldri utryddet
- Smålakselv (en-sjø-vinter laks).
  - Smolt i 2001, laks i 2002
- **Men hvor blir laksen av?**



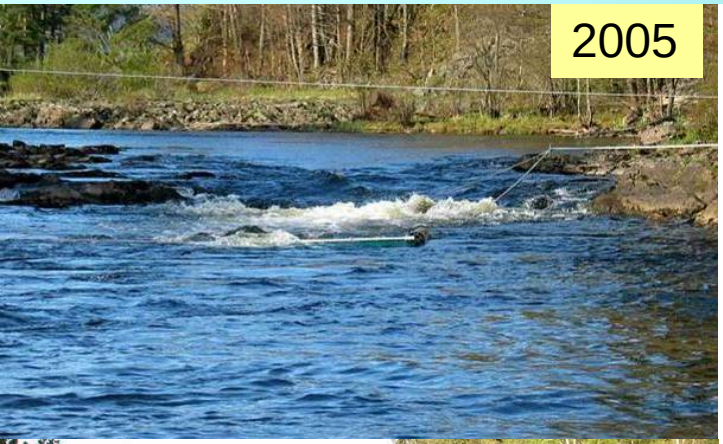
- **Ulike hypoteser vurdert og forkastet. Al i brakkvann gjenstår**



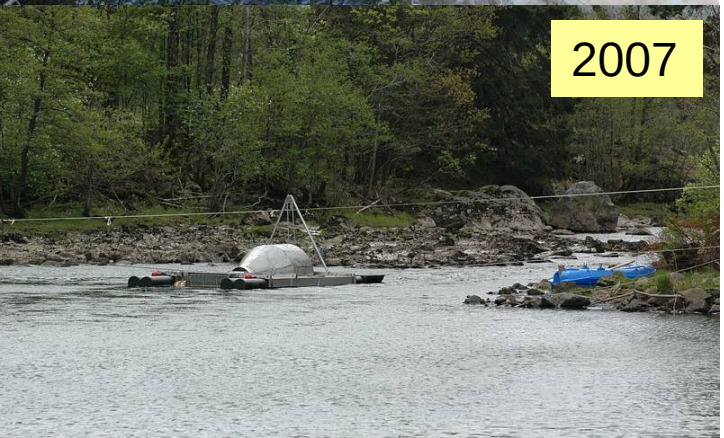
Figur 3.2. Tetthet pr. 100 m² av laks- og ørret i lakseførende del av Storelva i 1995-2005. Data fra 1995: Kaste et al. (1998).

NIVA

Var det smolt i elva? Smoltfelle gav svaret



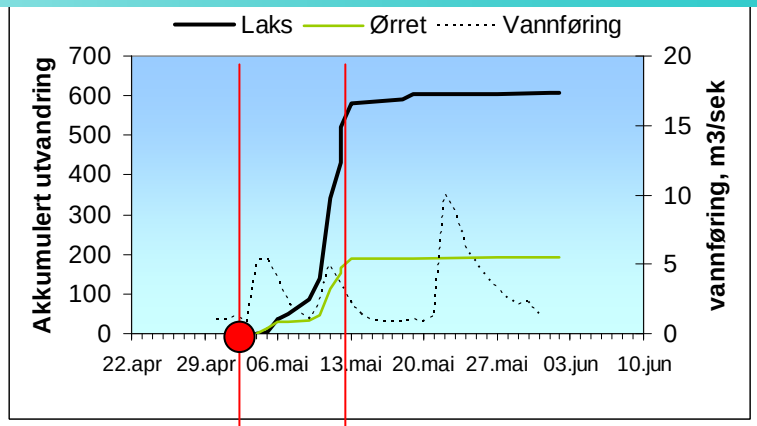


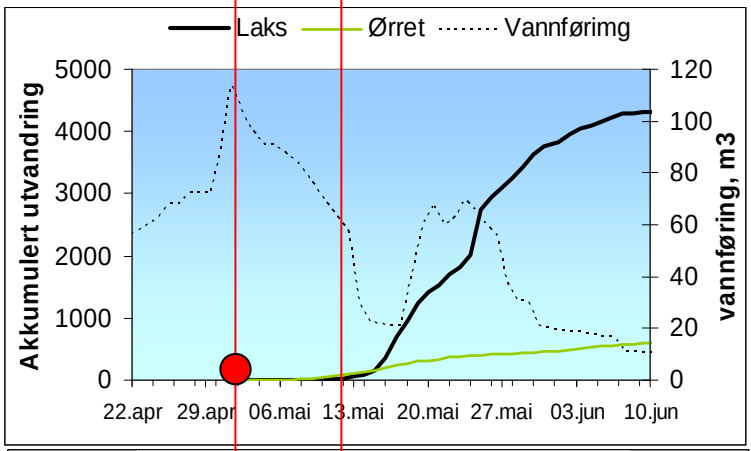


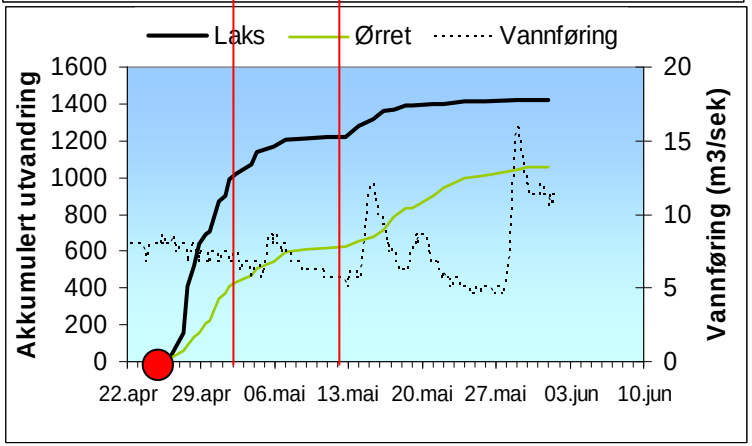
Det er smolt i elva

Smolten kommer seg forbi trusler i ferskvann (gjedde)

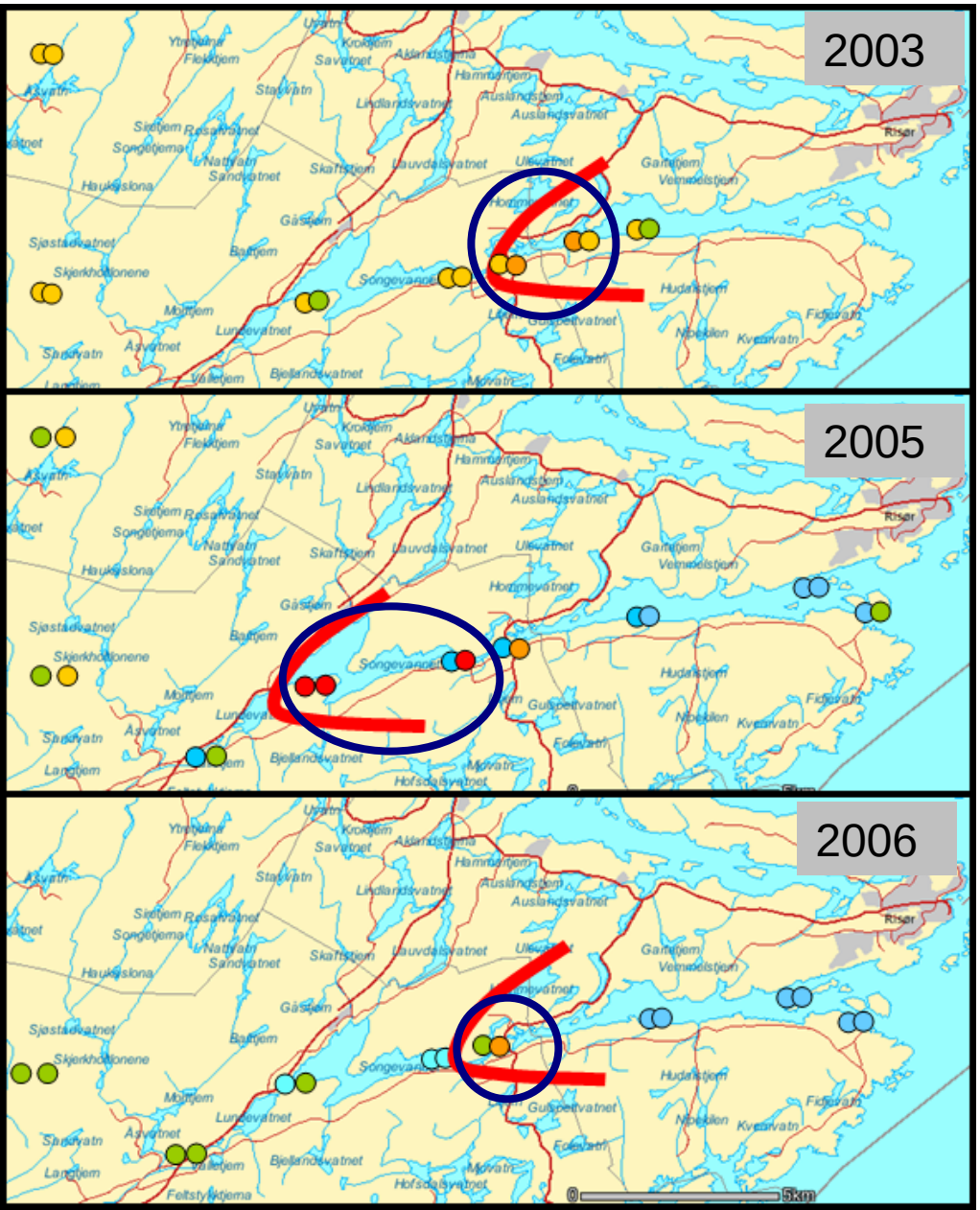
Stor variasjon i når smolten går og mengde







Det er gjellereaktivt Al i brakkvann (Smolt eksponert i bur)



Gjelle-Al i elva var:

2003: Gjelle-Al elv:

2005 : Gjelle-Al elv:

2006 : Gjelle-Al elv:

Stor variasjon i gjelle-Al

- mellom år

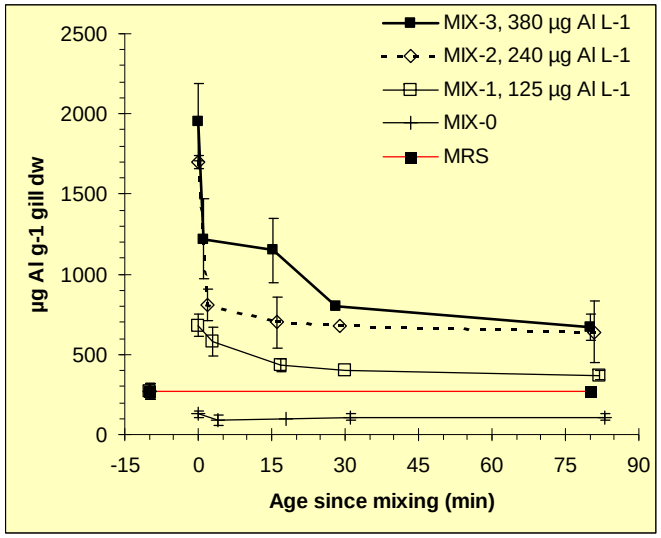
- og hvor konsentrasjon er høy

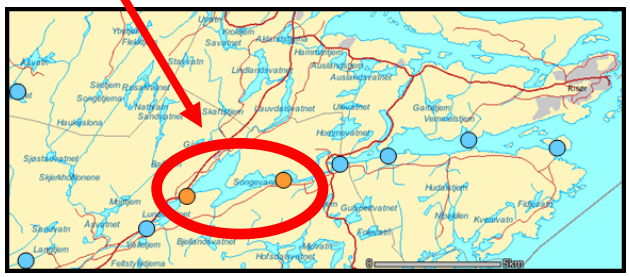
-Konsentrasjon relatert til salinitet (3-10 ppt verst)

	Høy	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Gill-Al; µg/g tv	0-15	15-40	40-80	80-140	>140

Konklusjoner så langt

- Aluminium fra elv blir gjelle-reaktivt i brakkvann
- Mengde Al på gjellene er relatert til Al i elv og salinitet (3-10 ppt verst)
- Forsøk tilsier at Al forblir gjellereaktivt i > 90 minutter etter blanding
- Store arealer i en fjord vil kunne være belastende
- Er dette årsak til lav fangst av laks i enkelte kalka elver?





- **Men:**
  - **En villsmolt står ikke i bur**
  - **Oppdrettsfisk og smolt i forsøk står i mærd (frihetsberøvelse)**
  - **Er da erfaringer fra forsøk og akvakultur overførbare til villfisk?**

NIVA

Forsøk på å komme videre: 2007

- Kjemiske mekanismer (Salinitet og Al)
  - Hva bestemmer salinitet i fjorden
  - Hva bestemmer gjelle reaktivt Al i fjorden
- Gjelle-Al – fiskefysiologi (burfisk)
  - Link mellom belastning og helse
- Effekter på atferd = smoltvandringer
- Modell som kopler kjemi, oceanografi, belastning og atferd



In situ fraksjonering av Al



Fisk eksponeres i bur



Fisken

Kar-forsøk; mekanismer



Radiomerking av smolt

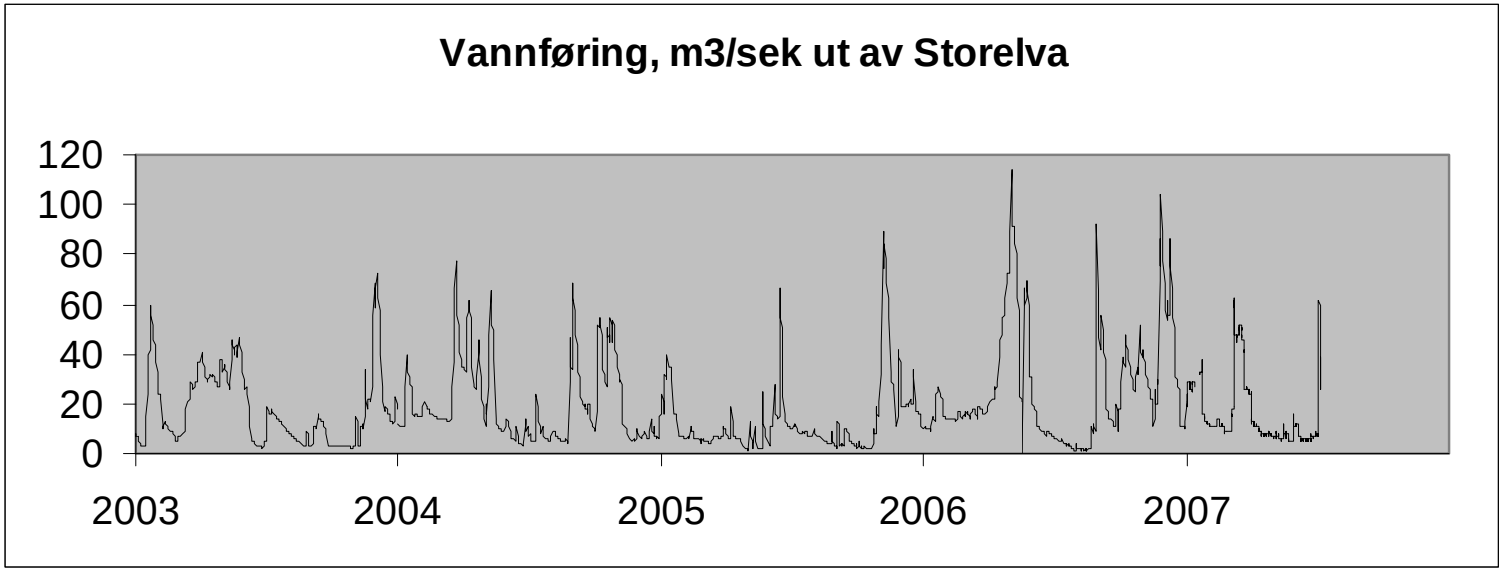


Forskjeller i vannføringen mellom år forklarer forskjeller i salinitet og gjelle-Al

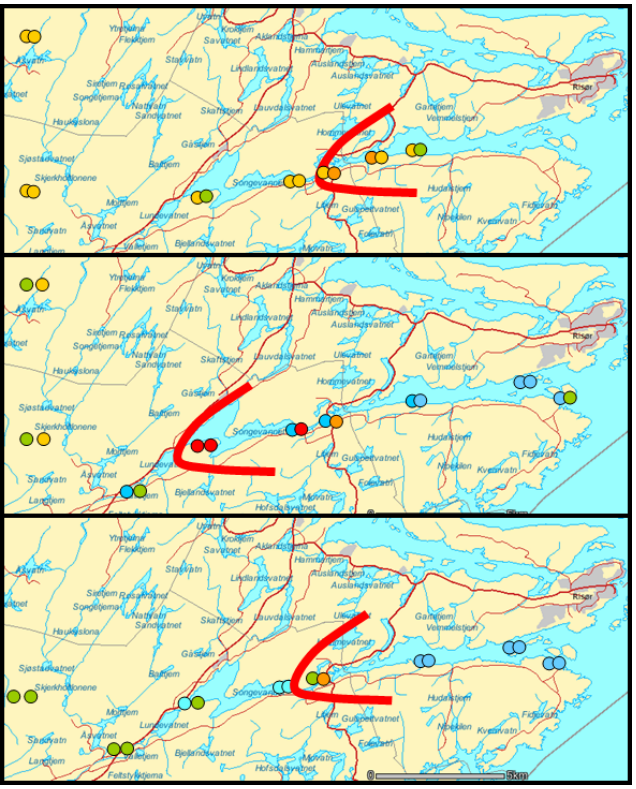
Vannføringen i 2007 likner på situasjonen i 2005

Middelvannføring (m3/sek) i april og mai, 2003 til 2007 (utløp Storelva)

	2003	2004	2005	2006	2007
April	34	36	6	44	9,1
Mai	38	24	6	60	7,2

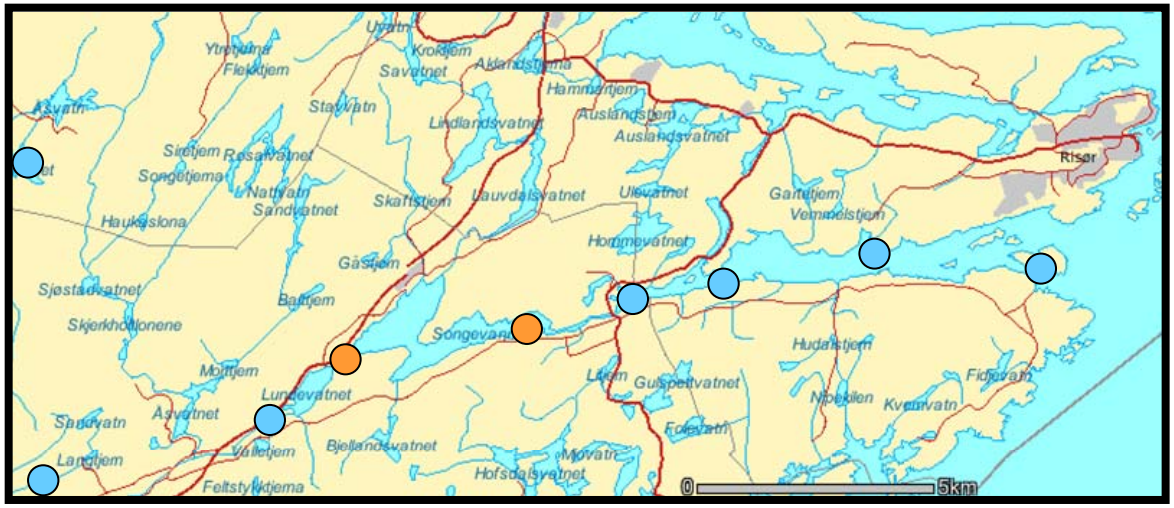


Gjelle-Al i 2007



Gjelle-Al i 2007 likner på situasjonen i 2005.

Betydelig akkumulering i indre fjordbasseng; 3-10 ppt

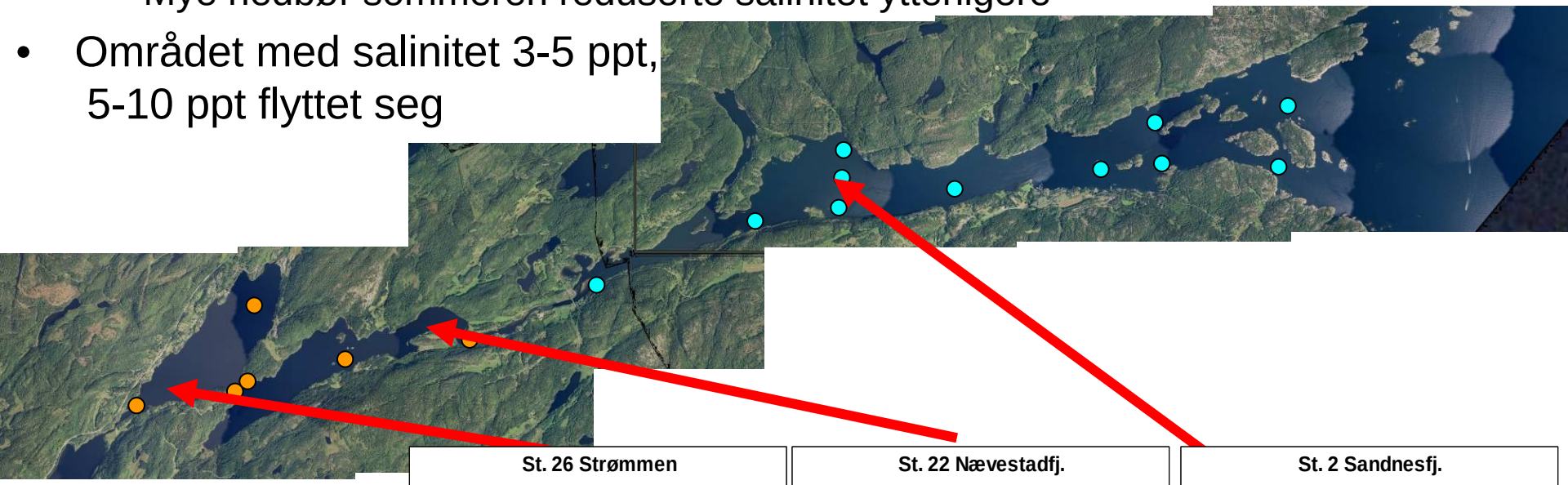


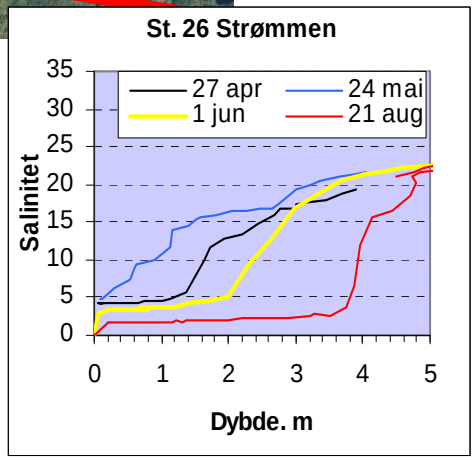
	Høy	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Gill-Al; µg/g tv	0-15	15-40	40-80	80-140	>140

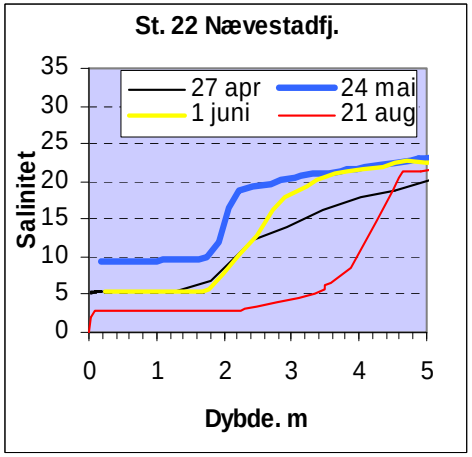
NIVA

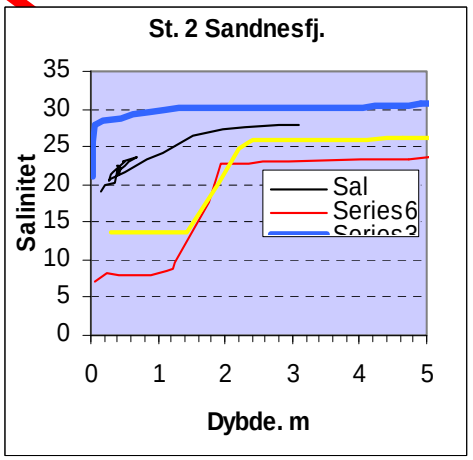
Saltnivåer i fjorden i 2007

- Salinitetsnivået i overflatevannet varierte gjennom våren
  - Overflata ble saltere fra 27. april til 24. mai
  - Nedbør reduserte saltnivået til 1. juni
  - Mye nedbør sommeren reduserte salinitet ytterligere
- Området med salinitet 3-5 ppt, 5-10 ppt flyttet seg



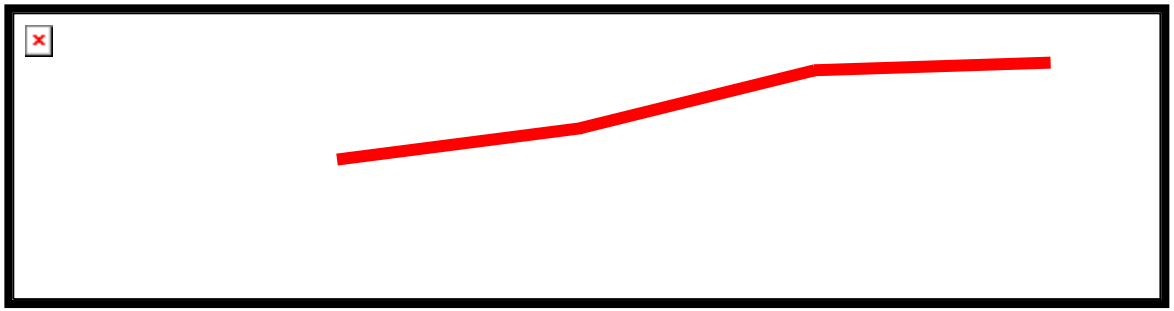






Smoltvandring i fjord

- En smolt er tilpasset et liv i saltvann.
- En smolt skal vandre, uten opphold fra elv, inn i brakkvann og videre til sjøvann.
  - Smolt vandrer aktivt: (Thorstad et al., 2007)
    - Laks: 1.3 kroppslengde/sek (8-10 km/døgn)
    - Sjøørret: 0.7 kroppslengde/sek



15 km fra elv til fjord

- En smolt vandrer i overflata (0-3 m), høyt om natta, noe dypere om dagen
- En smolt burde ikke bruke mange dager fra Storelva til kyststrømmen

NIVA

Påvirker Al i brakkvann smoltvandring?



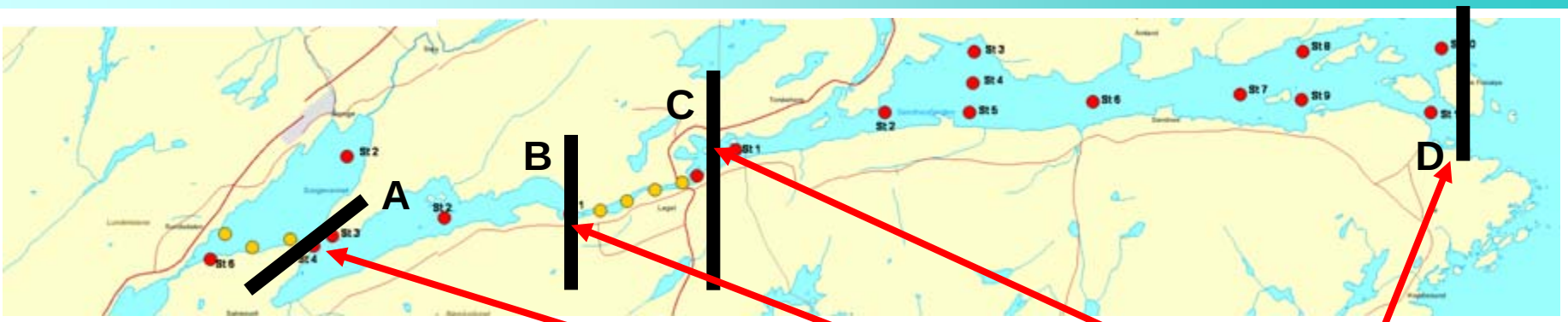






NIVA

Hvor ble smolten registrert?



	Ant merket	Song vt	Nævest. fj.	Lag str.	Sands fj.
Mandal	20	100%	10%	5%	0%
Vill	39	100%	33%	23%	18%
Opph.tid*	Timer	315	92	5	8
	Dager	13	3,9	0,2	0,3

Færre smolt enn forventet kom ut Sandnesfjorden.

Hvorfor forskjell mellom Mandal og Vill?

Mye smolt sto lengre enn forventet i Songevatn

Smolt som kom forbi Lagstrømmen vandret mer normalt. Vandring kan være relatert til gjelle-Al.

Hvorfor forskjell Man vs Vill



NIVA

Konklusjon:

- Smolten oppholdt seg lengre enn ”normalt” i brakkvann; færre enn forventet kom seg ut til havet
  - Redusert antall og forsinket utvandring reduserer smolt-til-laks overlevelse

- Smolt i bur akkumulerte Al på gjellene
  - Det er rimelig å anta at frittlevende smolt også akkumulerer Al på gjellene
    - Hvis effekt på utvandring skyldes Al, synes gjelle-Al konsentrasjoner på ca. 100 µg/g gjelle å være for høye

- Vi kan ikke forkaste at aluminium i brakkvann er årsak til at laksefangst ikke har økt som forventet i enkelte vassdrag
  - Problem-elver har brakkvannsfjorder (som tilføres Al)
  - Suksess-elver mangler brakkvannsfjord (ferskvann og Al fortynnes raskt)

- Hva er kritisk belastning? Hvor mange bestander er påvirket? Hvordan er brakkvannslaget i ulike fjorder?

- Hvorfor blir Al i brakkvann giftig? Neste foredrag……

NIVA