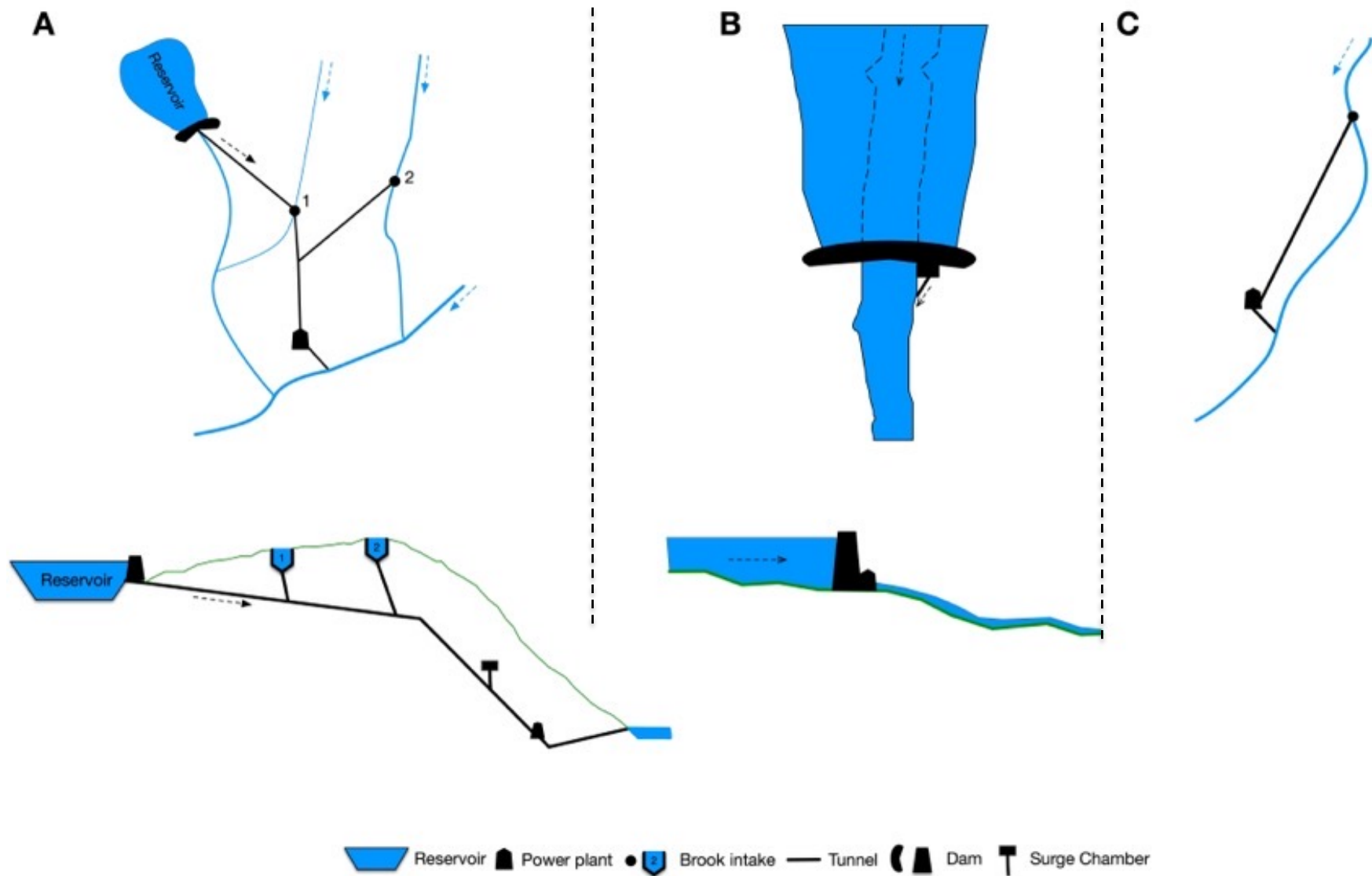




Påvirkning av vassdragsreguleringer med spesielt fokus på effektkjøring

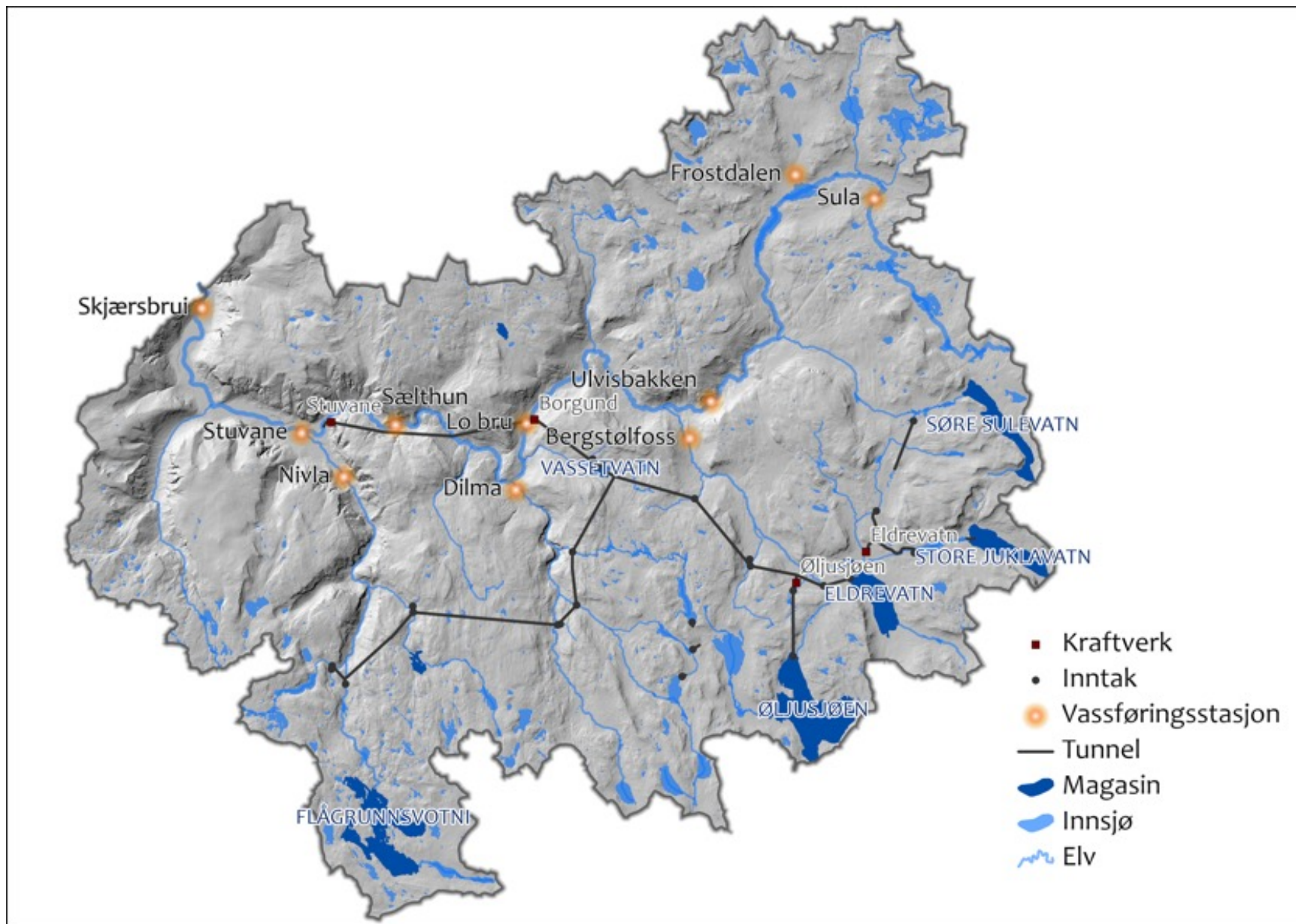
Knut Alfredsen, NTNU

Ulike reguleringar

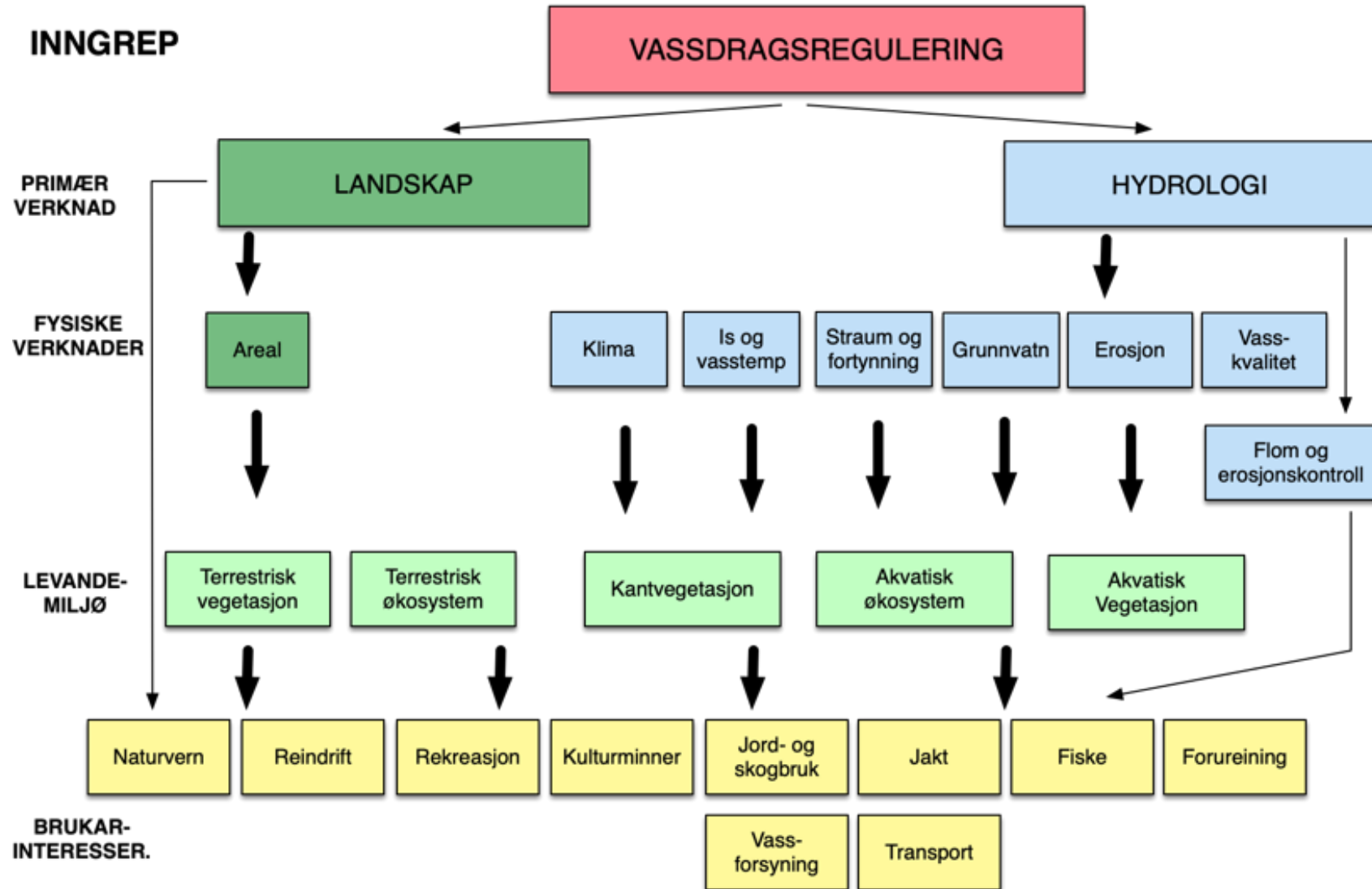


A) Høgtrykksanlegg, B) Elvekraftverk ("ROR"), C) Småkraftverk

Eksempel på høgtrykksanlegg



Miljøverknadar av regulering

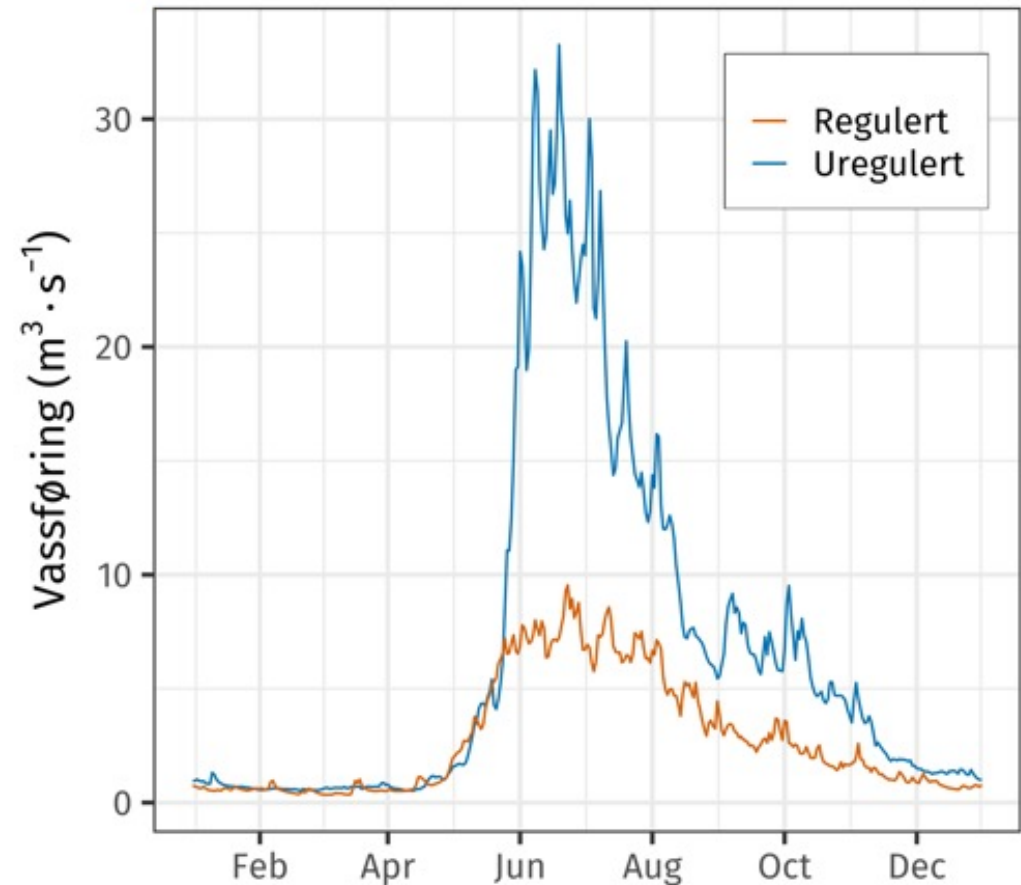


Redusert vassføring/forbitapping

- Nedstraums dam eller inntak
- Permanent redusert vassføring
- Vanleg ved høgtrykksanlegg nedstraums dam eller bekkeinntak.
- Òg vanleg i perioder ved småkraftverk.



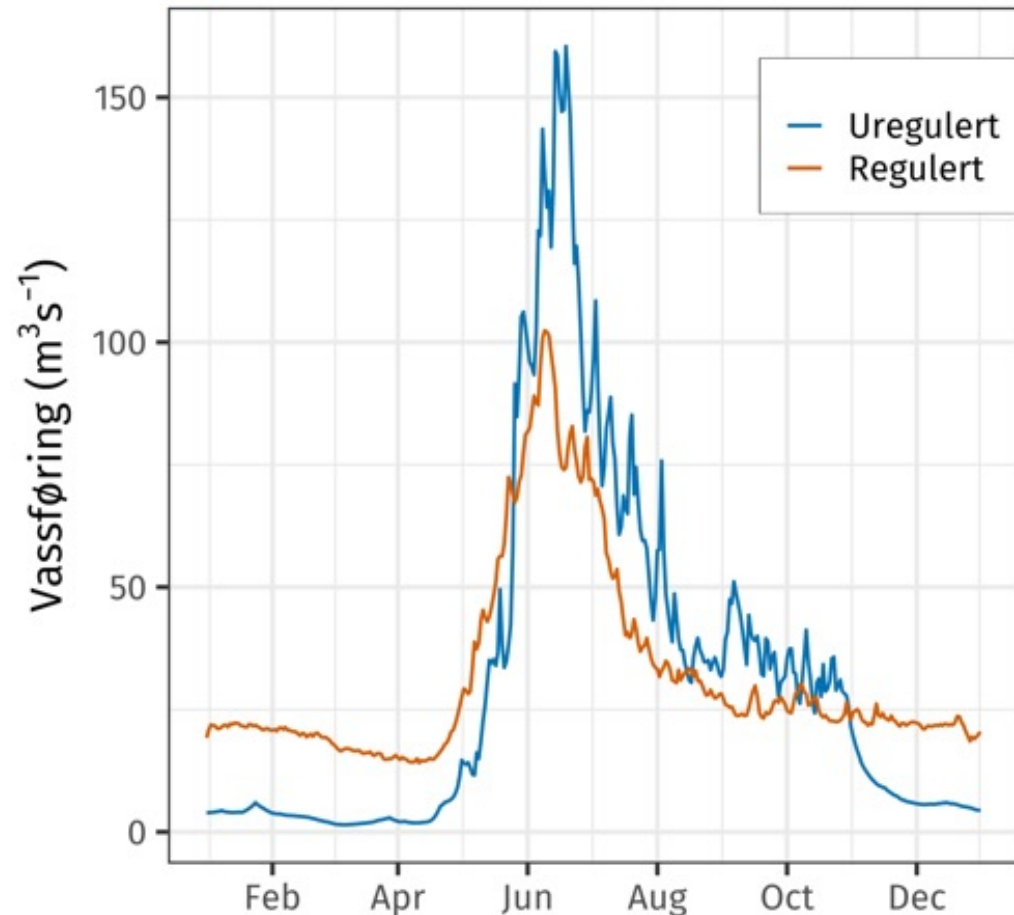
Nivla, Lærdal



Endra vassføring nedstrøms kraftverk

- Gjeld for magasinkraftverk
- Driftsstrategi påvirker korleis vatn vert tappa
- Omfordelt vassføring over året
 - Lærdal, gjennomsnitt:
 - $Q_{\text{Skjærsbrui}} = 31.1 \text{ m}^3/\text{s}$
 - $Q_{\text{Stuvane}} = 32.1 \text{ m}^3/\text{s}$

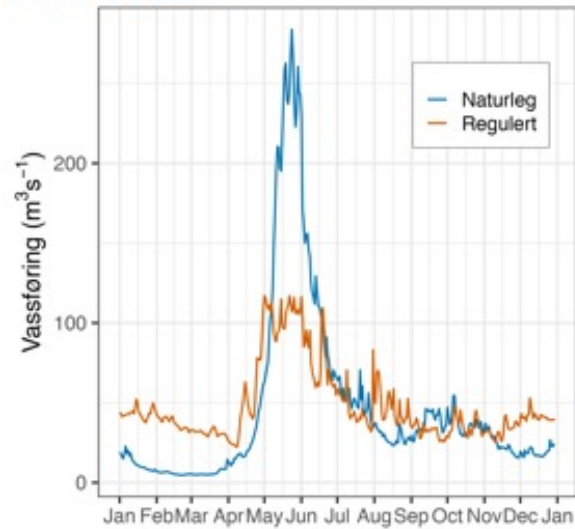
Lærdal, Nedstrøms kraftverk



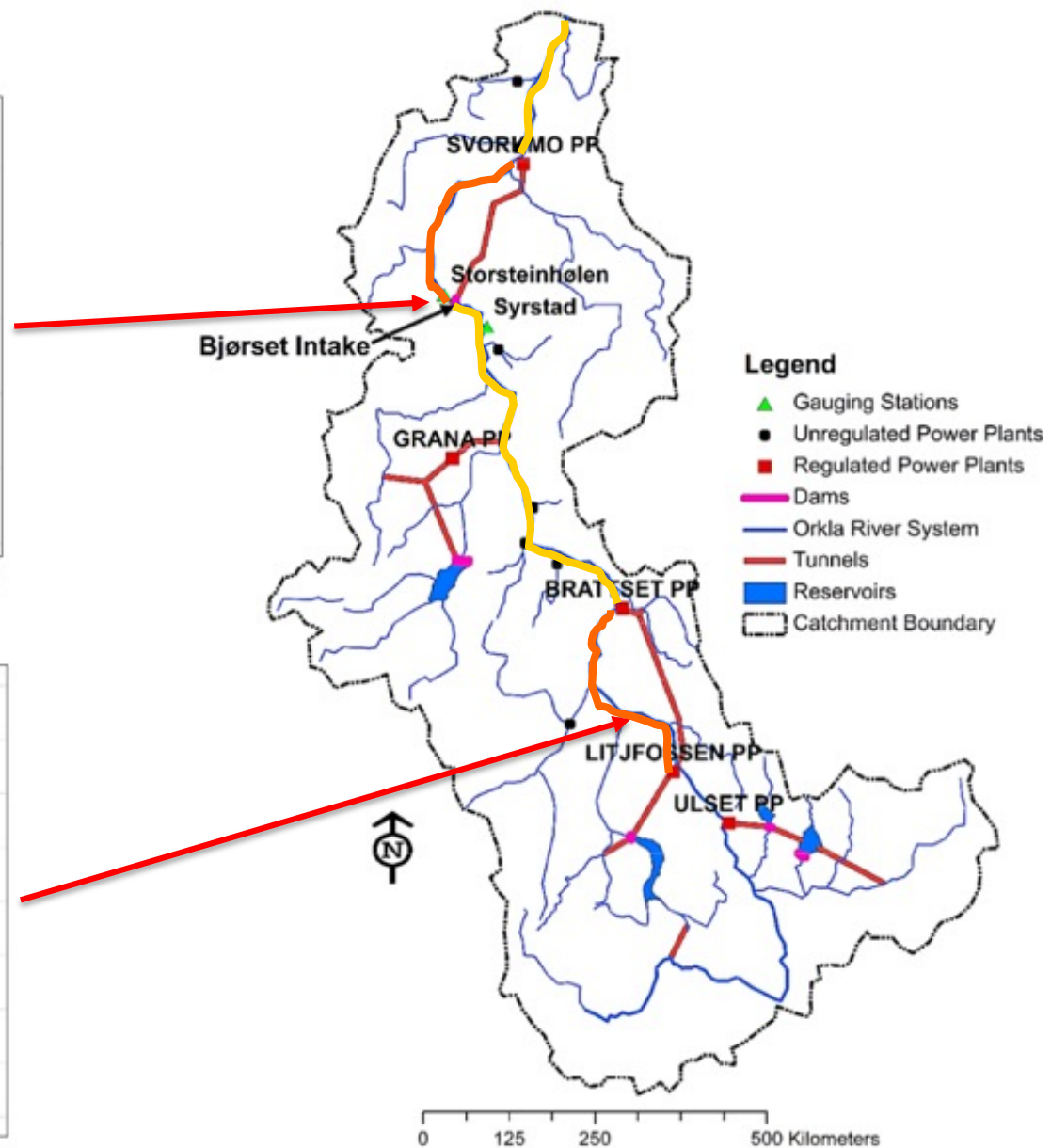
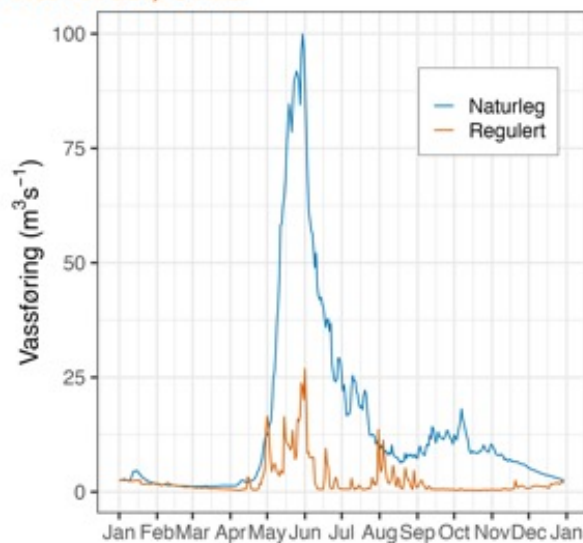
Uregulert: Skjærsbrui, Regulert: Stuvane

Eksempel - Orkla

Bjørset, Orkla



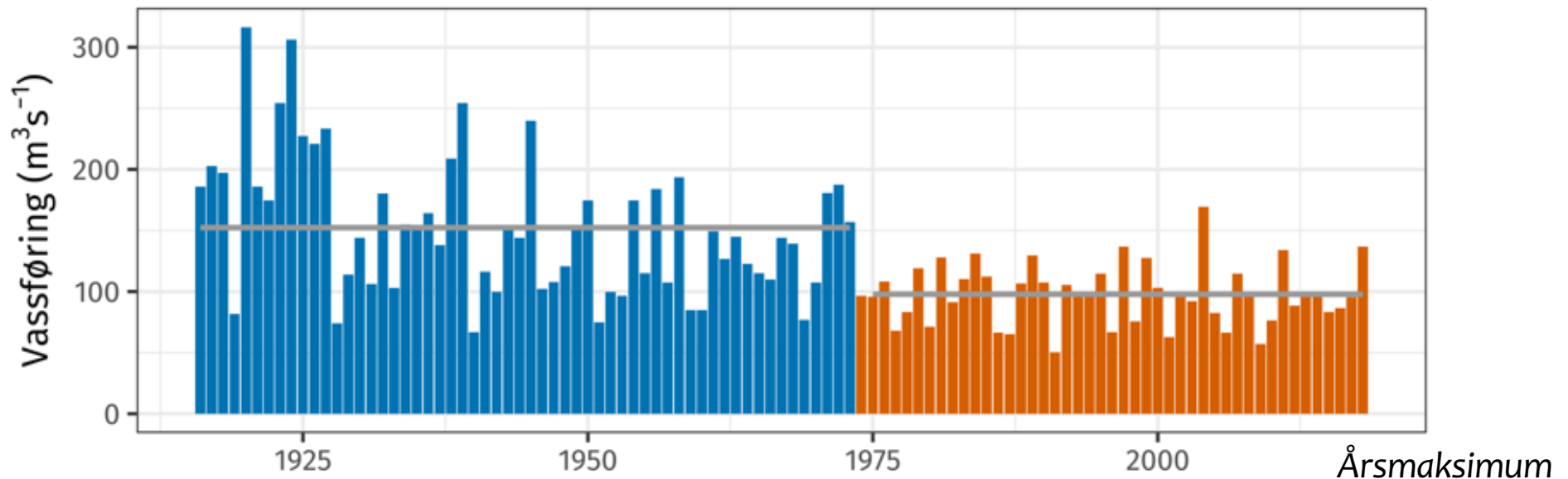
Næverdal, Orkla



Endra flaumtilhøve

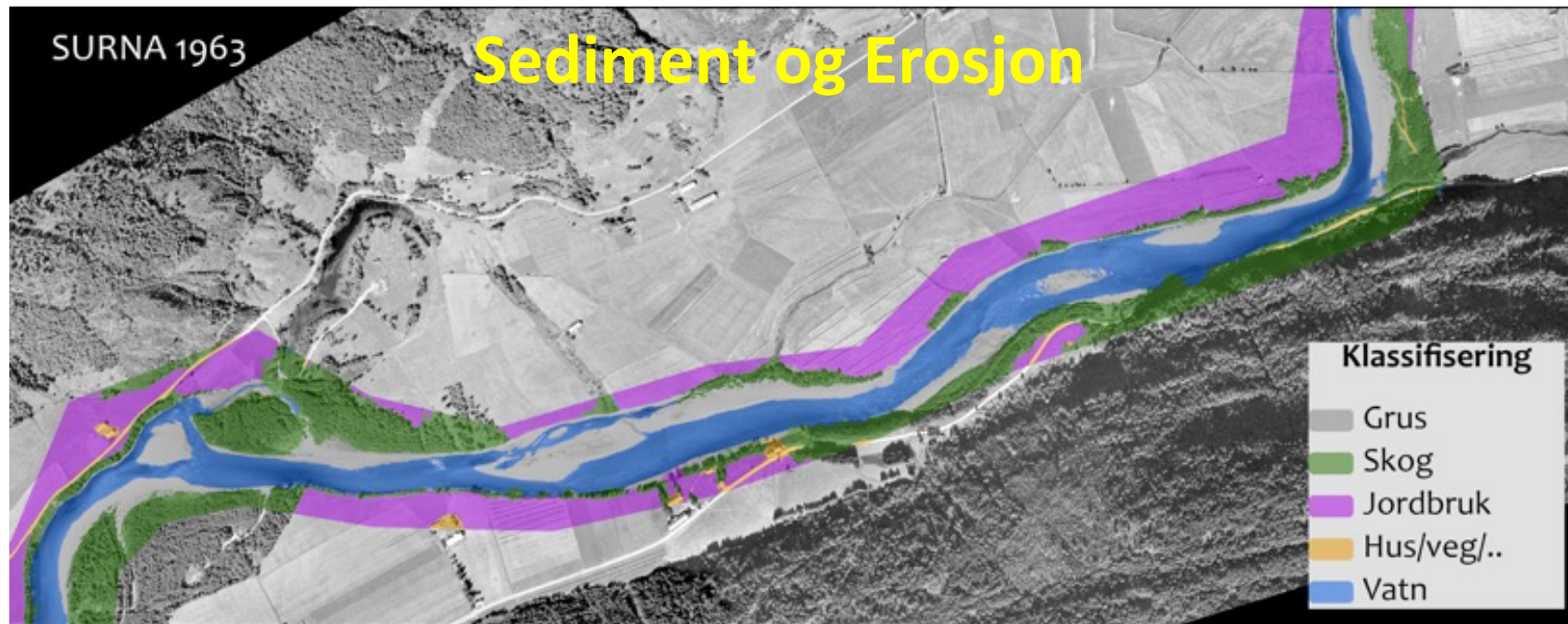
- Redusert flaum pga magasinerings (flomdemping)
 - Redusert erosjonspotensial
 - Redusert massetransport og reingjering av substrat
 - Sjeldnare vatn på flomsletter – auka vegetasjon og gjengroing
 - Reduksjon i skadeflaum
 - Mindre flaumskader, kan gi betre kontroll med ekstremisituasjonar jfr. Hans

Lo Bru, Lærdal

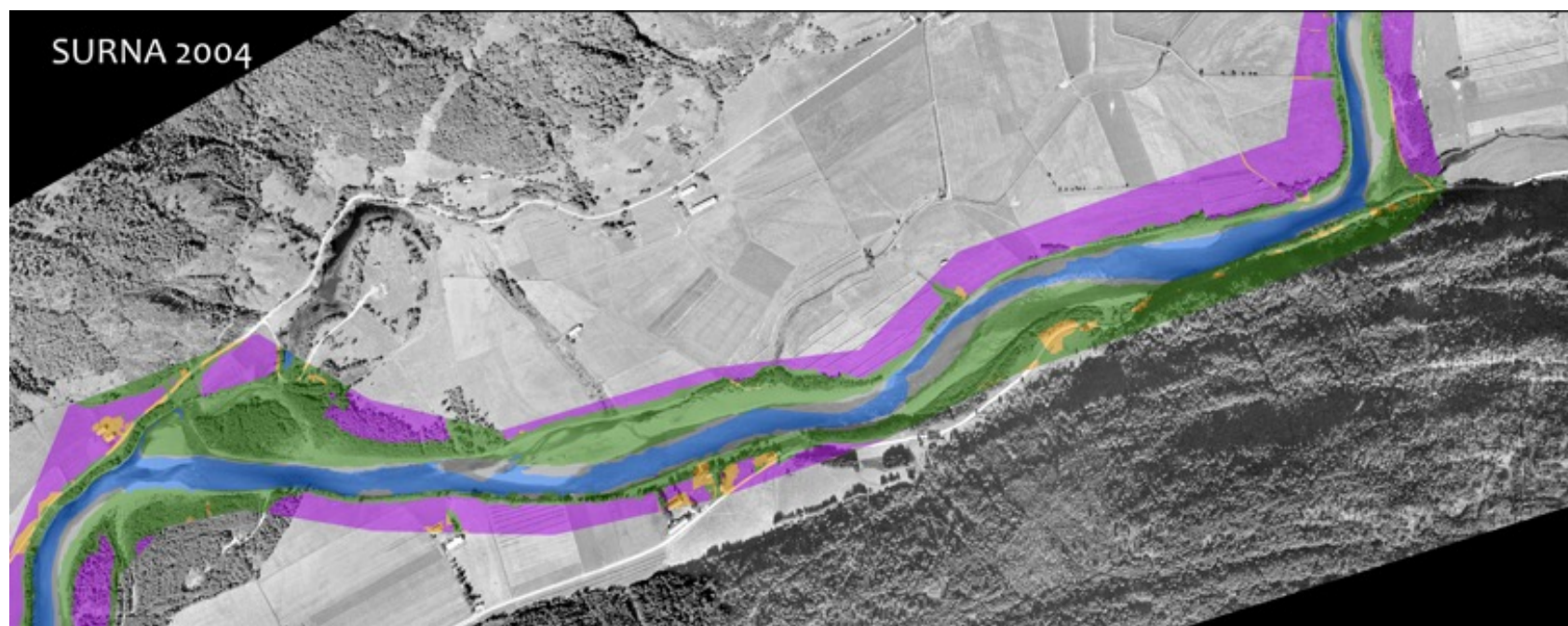


SURNA 1963

Sediment og Erosjon

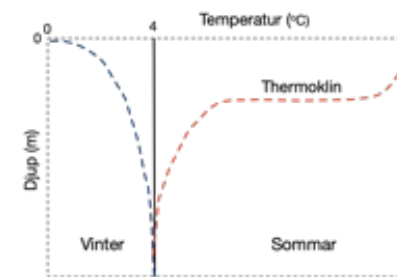
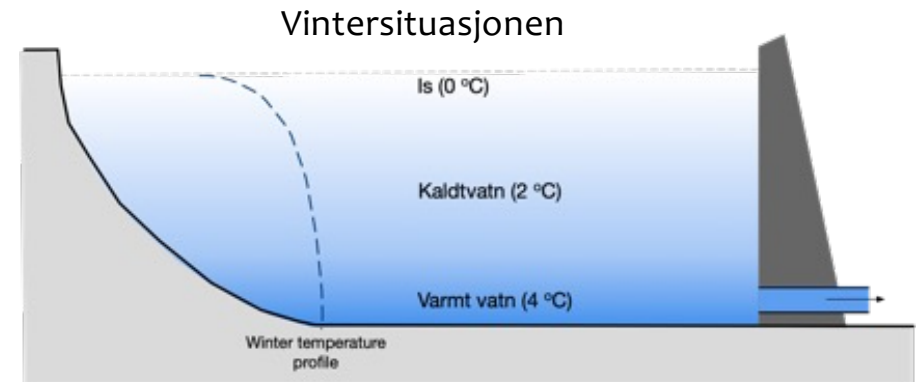


SURNA 2004

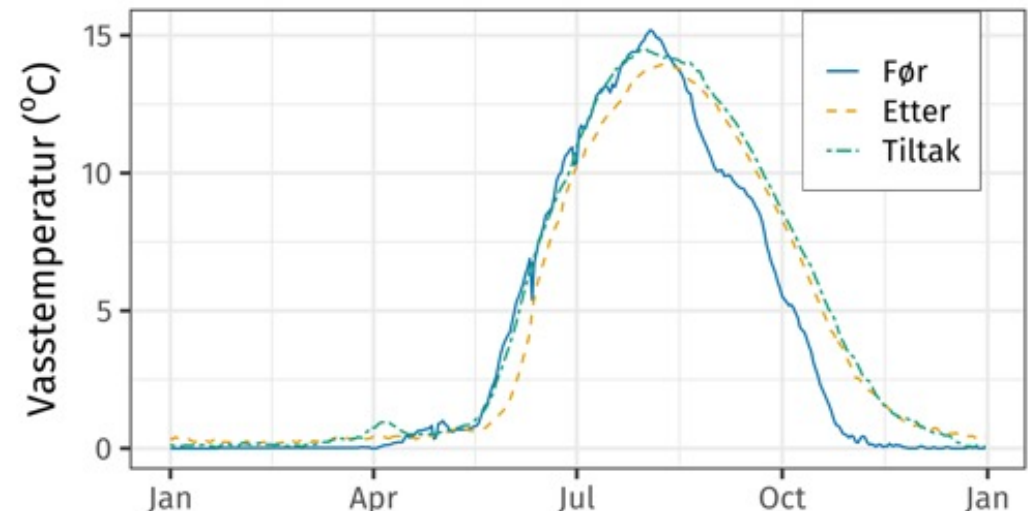


Endra vasstemperatur

- Tapping frå magasin kan føre til endra temperatur nedstraums kraftverksutløp:
 - Høgare vintertemperatur
 - Lågare temperatur på sommaren.
- Mindre vassføring kan gi høgare temperatur i forbitappa strekninganar
- Effekta av dette er påverka av lokale tilhøve som klima og tilhøve i elva i tillegg til plassering av inntak.



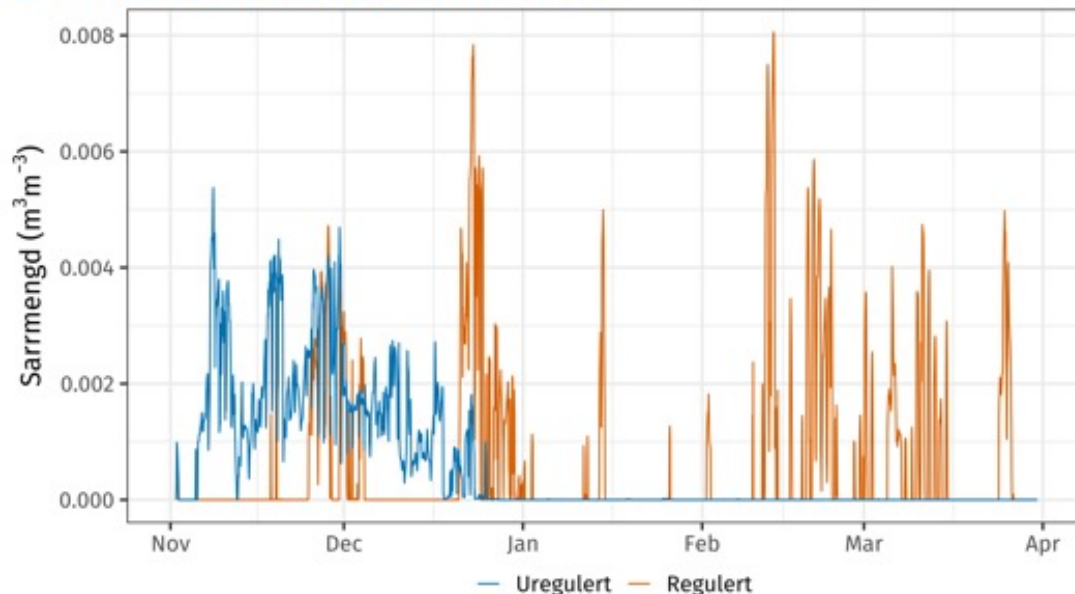
Sautso, Alta



Endra istilhøve om vinteren

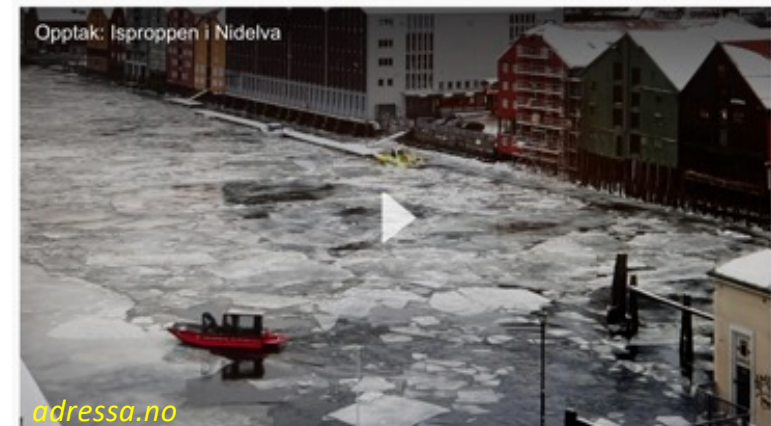
- Heng saman med utslepp av varmt vatn i elva.
- Fjerning av isdekke
- Auke i produksjon av sarr og botnis – potensial for flaum
- Påverkar drift av kraftverk

Orkla, Meldal, simulert sarrproduksjon



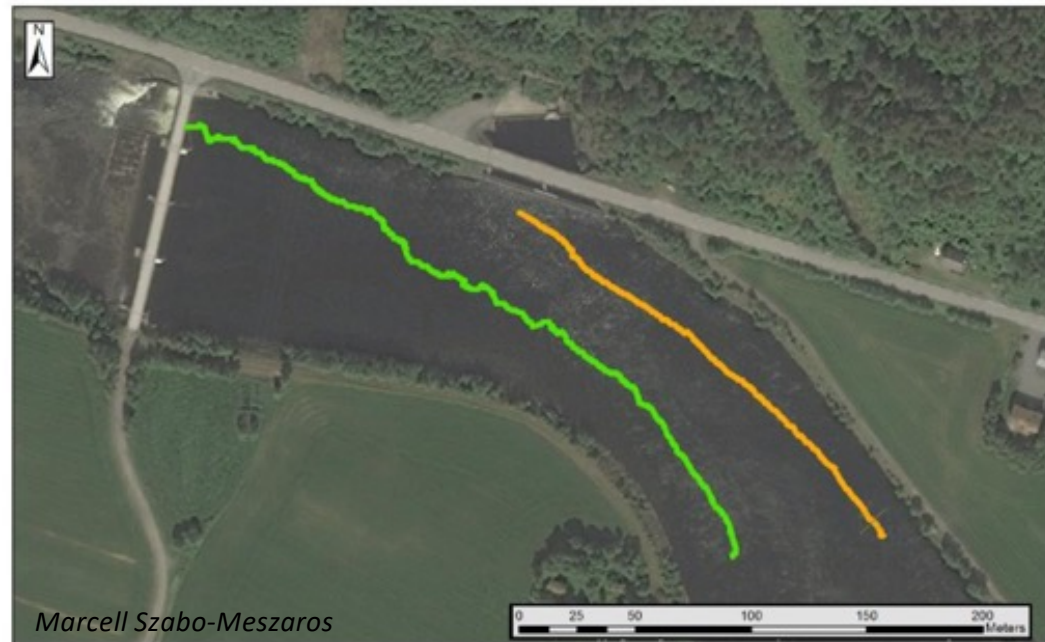
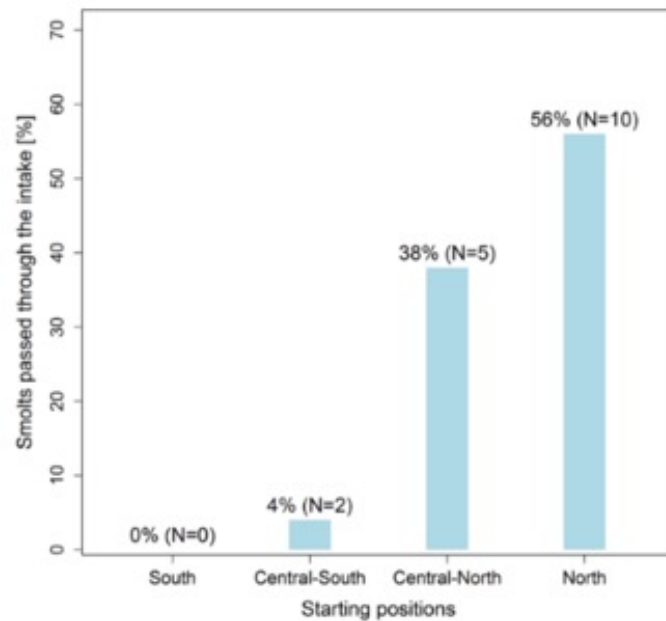
Store isflak flyter nedover Nidelva: - Det er ganske heftig

Brannvesenet har en sterk oppfordring til båteteiere: - Sjekk båten din for isen tar den.



Vandring av fisk

- Smolt og støing kan gå i inntaket til kraftverket under utvandring
- Hinder for oppvandring av fisk:
 - Barrierer i elva i form av inntak/kraftverk
 - Få fisk til å passere utløp av kraftverk i elv

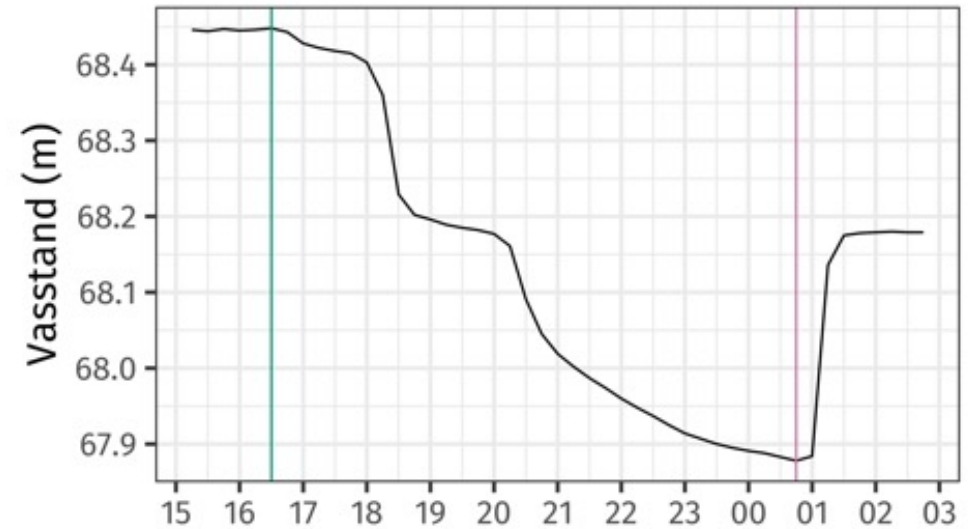


Utfall

- Stopp i produksjon pga svikt i utstyr eller liknande.
- Fører til rask reduksjon i vassføring og vassdekt areal.
- Lengd på tørrlagd periode avheng av korleis slepp av vatn kan gjerast.

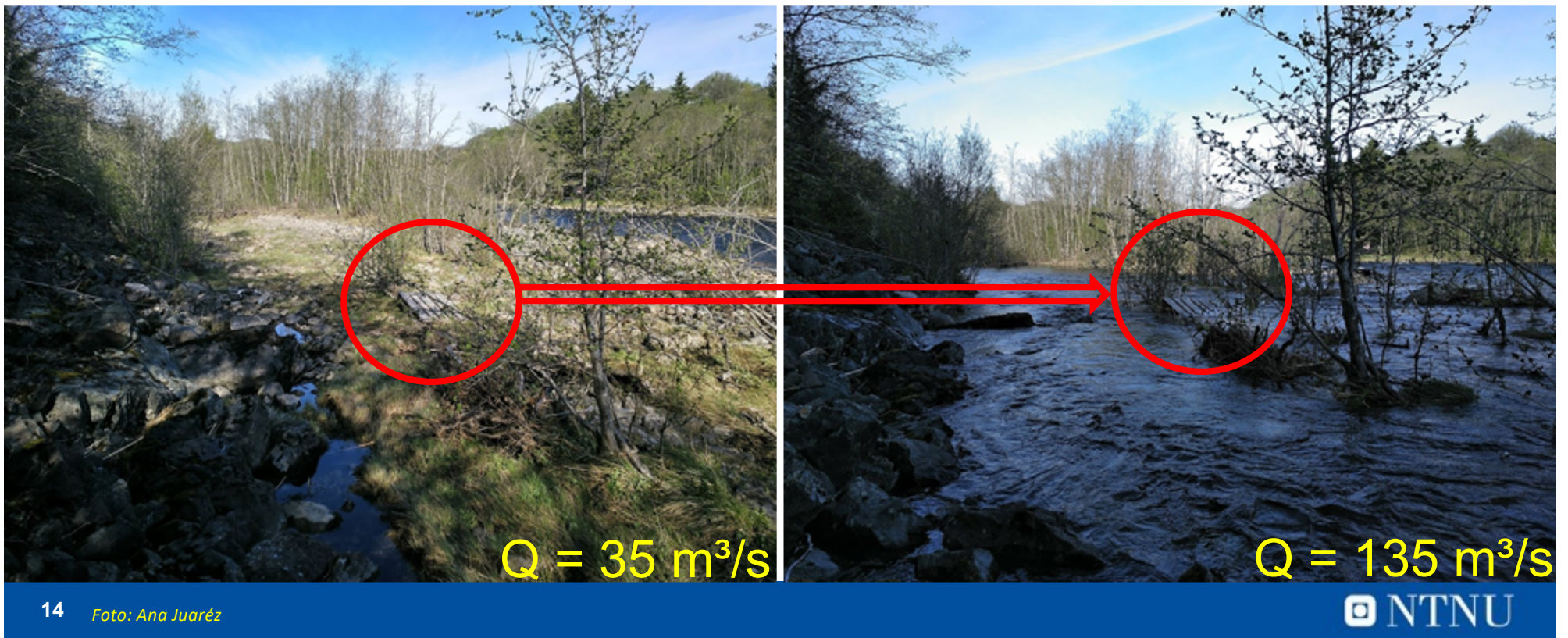


Stuvane, Lærdal



Effektkøyring

- Definerer dette som brå endringar i vassføring nedstraums utløp av kraftverk.
- Typisk vil endring i vannstand vere større enn det som vi kan ha naturleg, og område kan verte raskt tørrlagde.

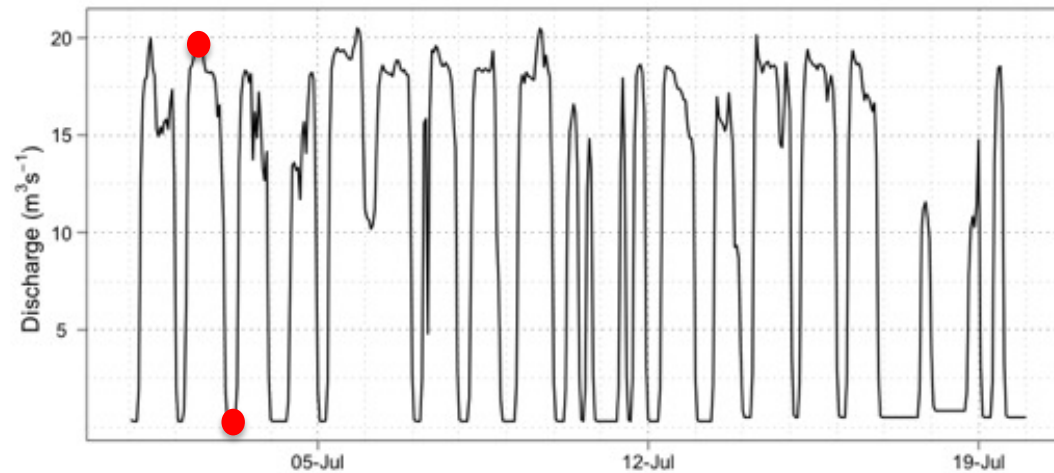
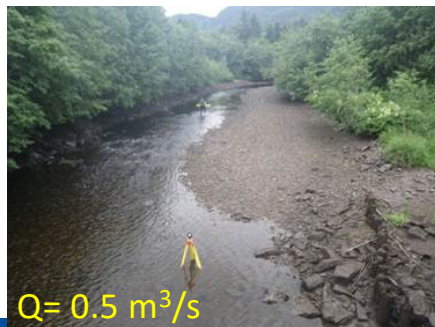
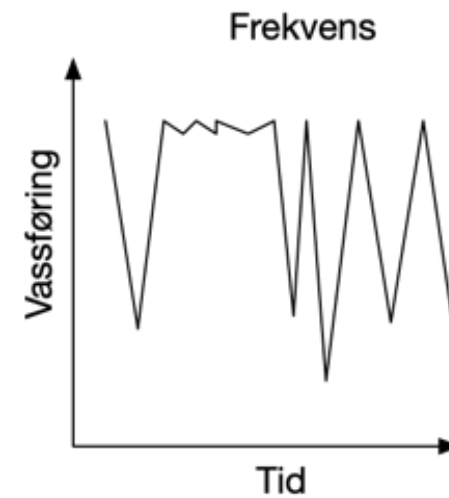
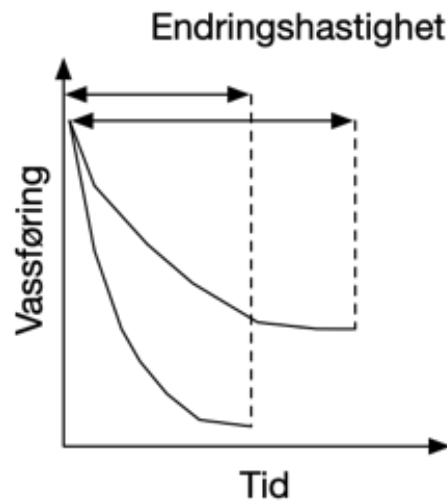
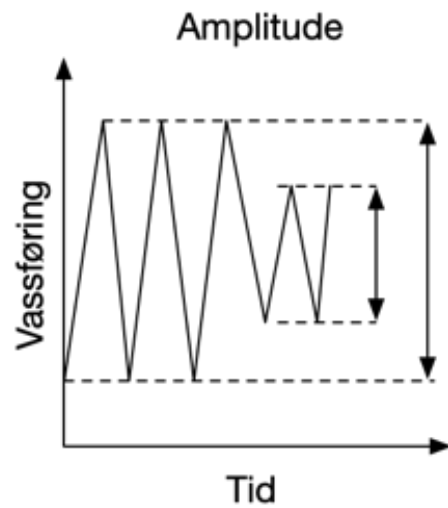


Verknader av effektkøyring

- Hurtig opp og nedkøyring gir raske endring i vassdekt areal.
 - Tørrleggingsrate overskrid det vi ser i naturlege endringar i vassføring.
 - Regelmessige endringar
- «Termopeaking» (Raske endringar i vassstemperatur)
- «Saturopeaking» (overmetta vatn)
- Verknader på økosystemet og bruk av vassdrag:
 - Stranding av fisk og andre organismer
 - Utvasking av organismer
 - Effekt på akvatisk- og kantvegetasjon
 - Tilgang til og bruk av vassdraget til ulike føremål



Definisjonar

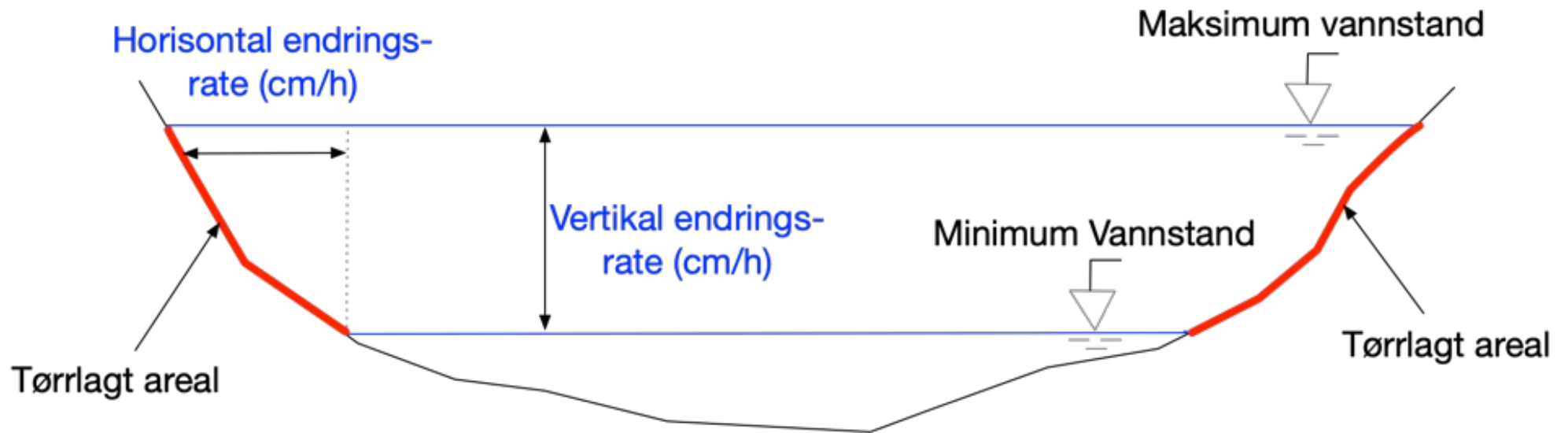


Forholdstal:

$$\frac{20}{0.5} = 40$$

Data frå Lundesokna

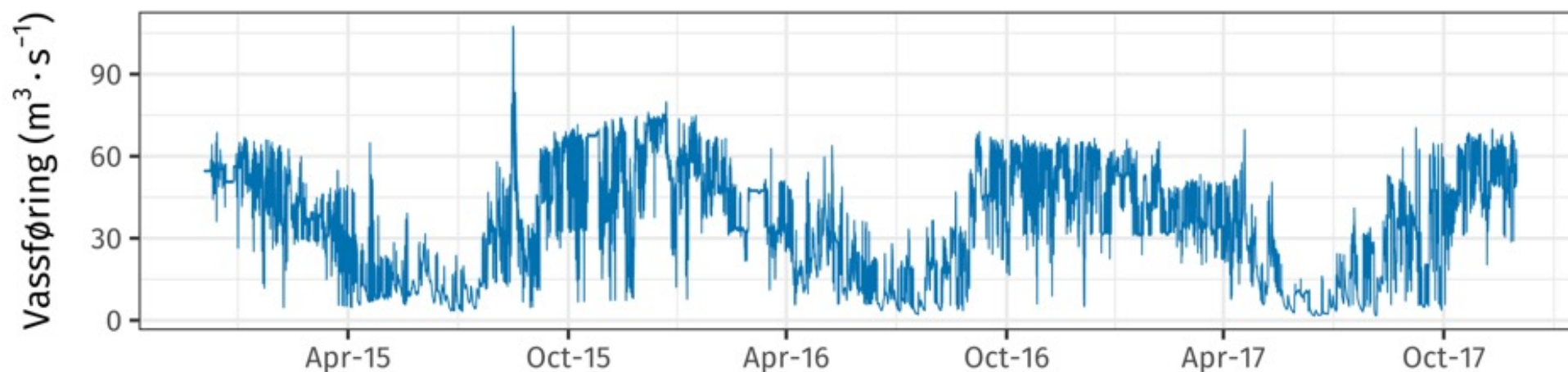
Endringsrater



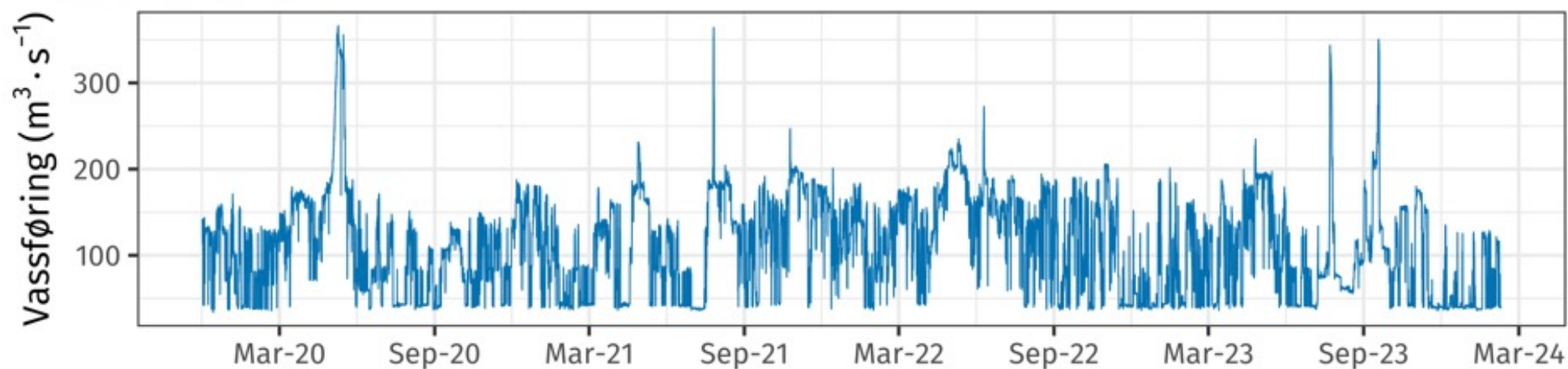
$$Tørrlagt \% = \frac{(Areal_{maks} - Areal_{min})}{Areal_{maks}} \cdot 100$$

Effektkøyring - vassføring

Storåne, Hallingdal

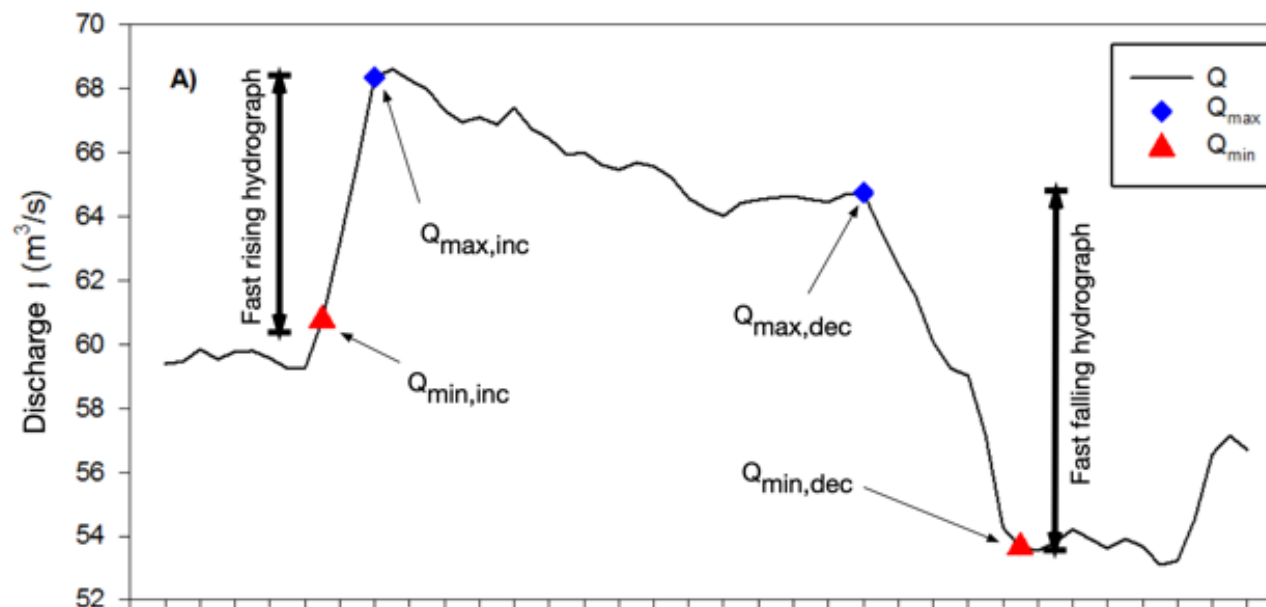


Nidelva, Trondheim

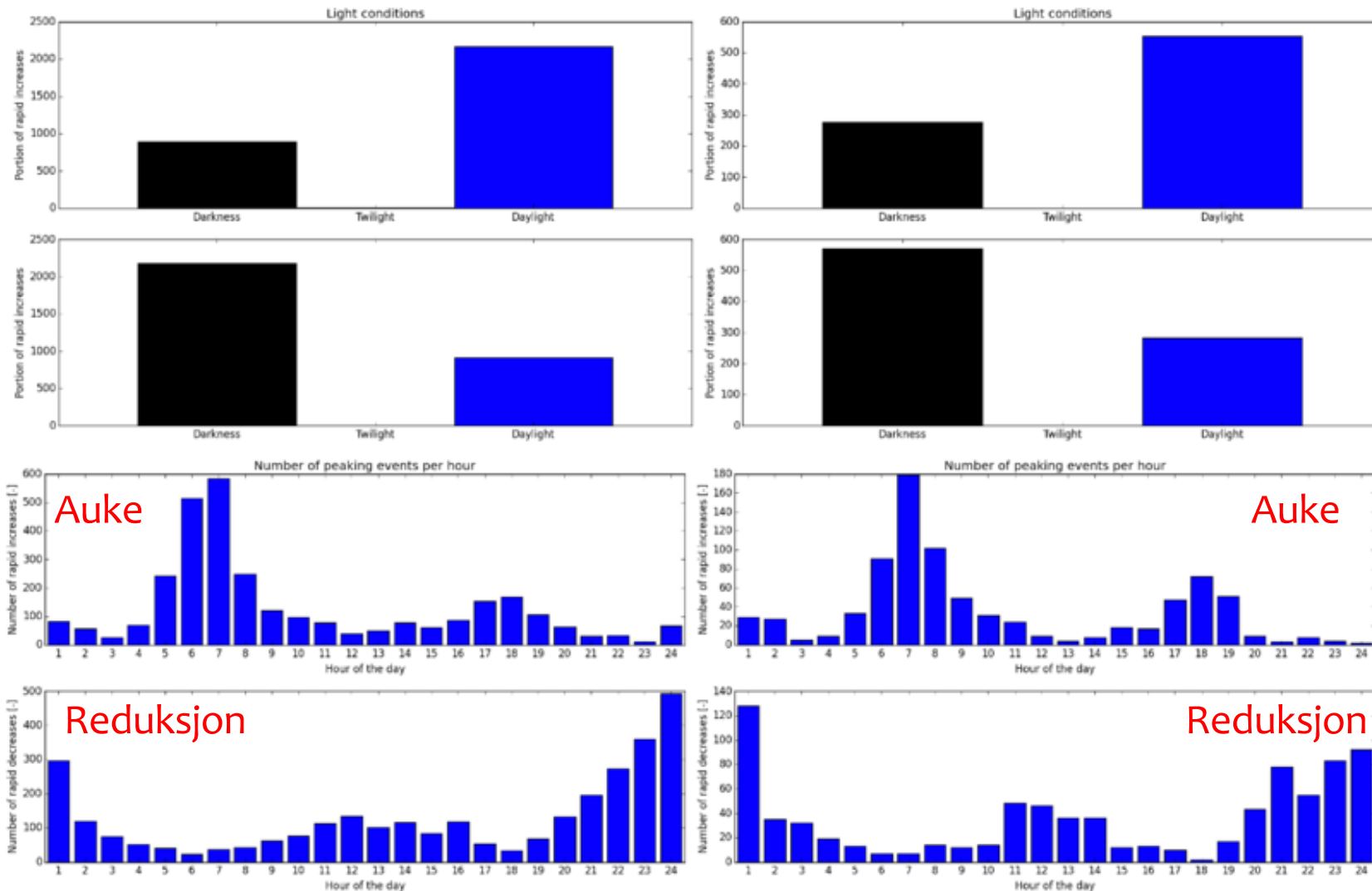


Analyse av hurtige vannstandsendringar

- COSH-Tool. Utvikla av SINTEF Energi, Sauterleute & Charmasson.
- Identifiserer hurtig auke og reduksjon av vassføring eller vannstand. Sesongvariasjon og inndeling i dag/natt.
- Definisjon av hurtig endringar styrt av brukar.



COSH Tool – Storåne, Hallingdal

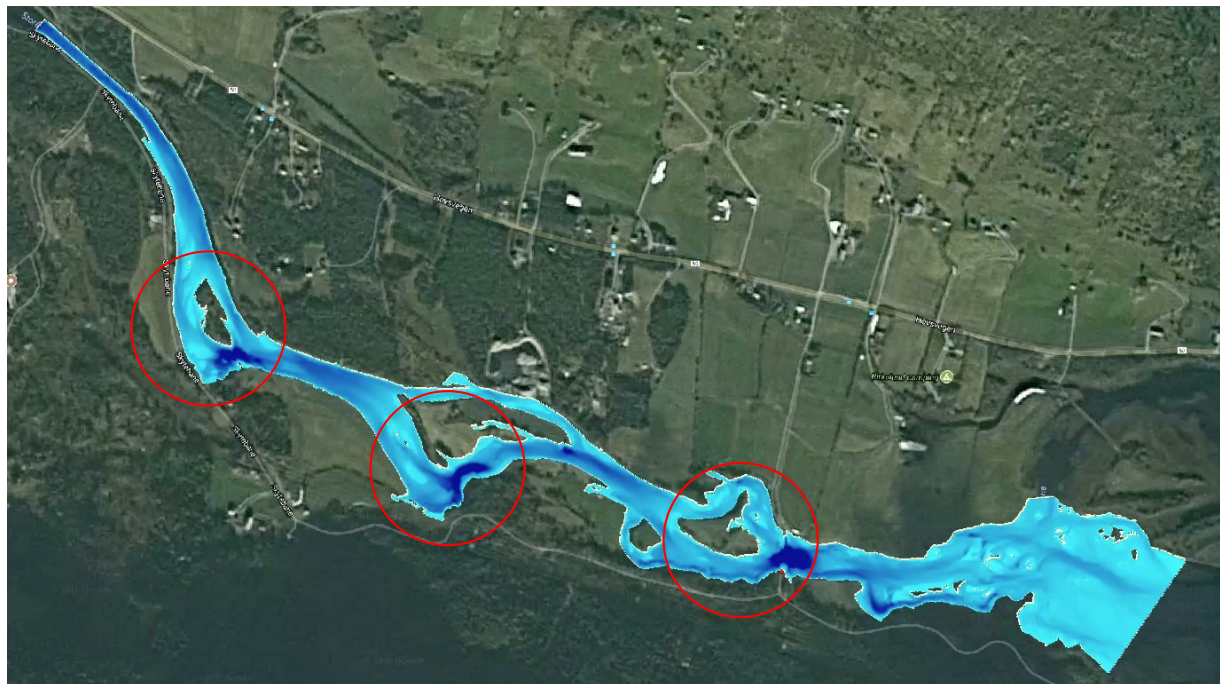


Heile året

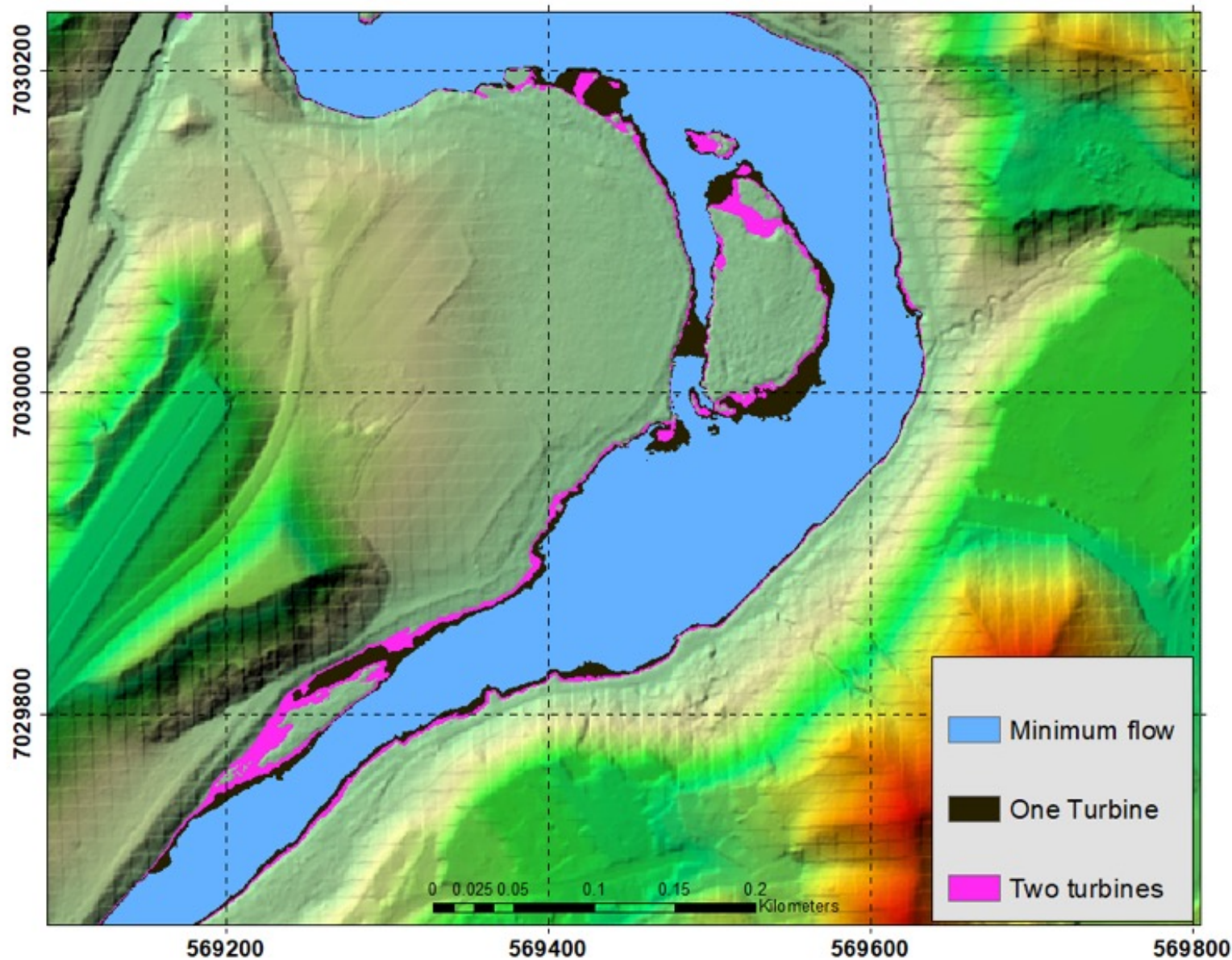
Vintersesongen

Analyse av tørrlegging

- Vertikal endringsrate kan vi finne frå hydrologiske data.
- Tørrlagt areal må vi finne frå arealinformasjon, t.d. bilete frå fly/drone eller frå ein hydraulisk modell.
- For å finne horisontal endringsrate treng vi ein hydraulisk modell med fin tidsoppløysing.

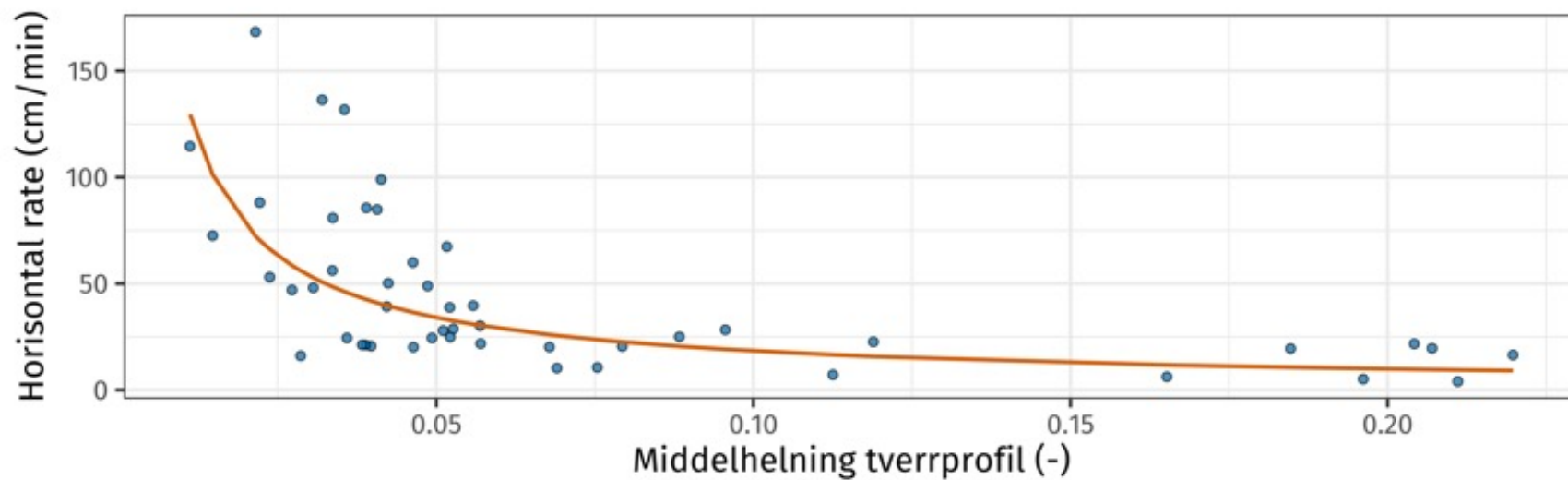
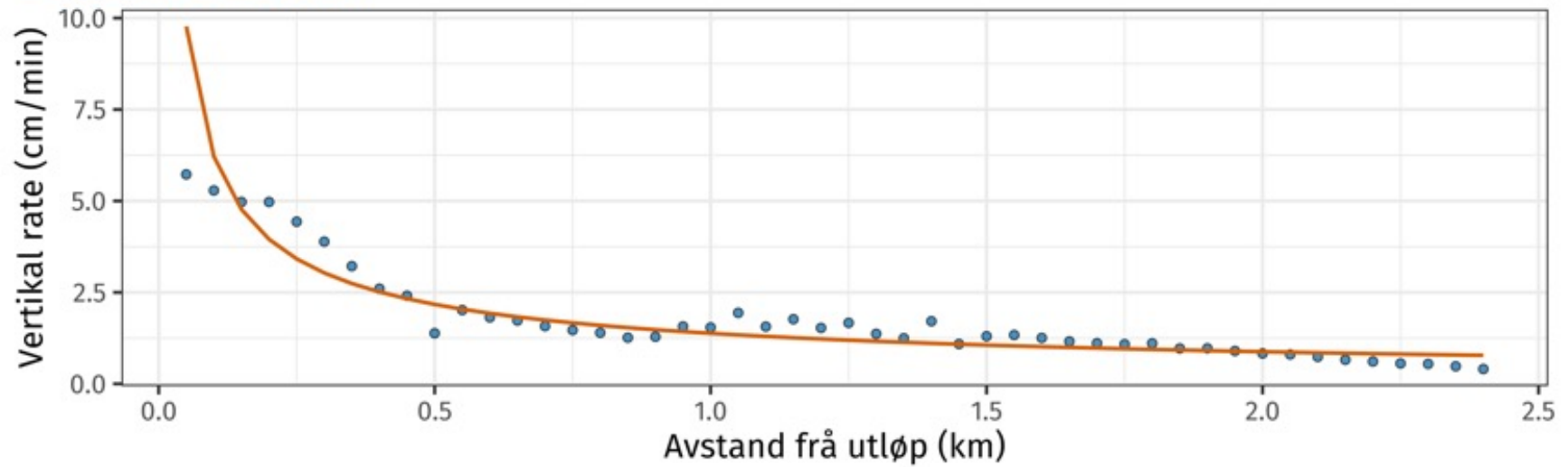


Nidelva, tørrelagde områder

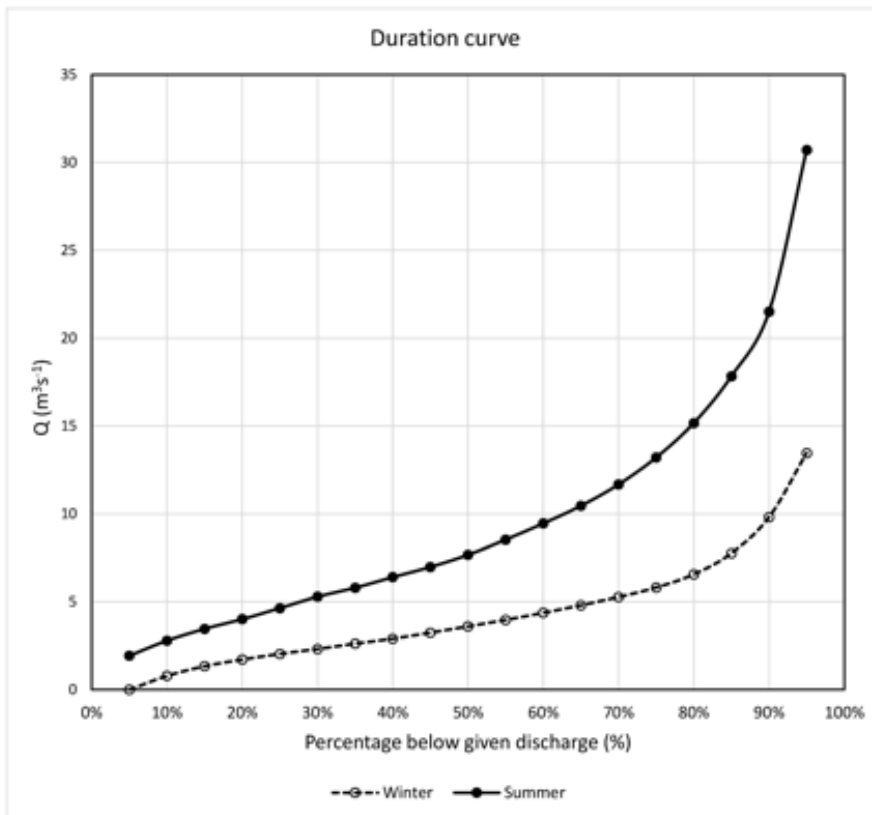


Horisontal og vertikal endringsrate

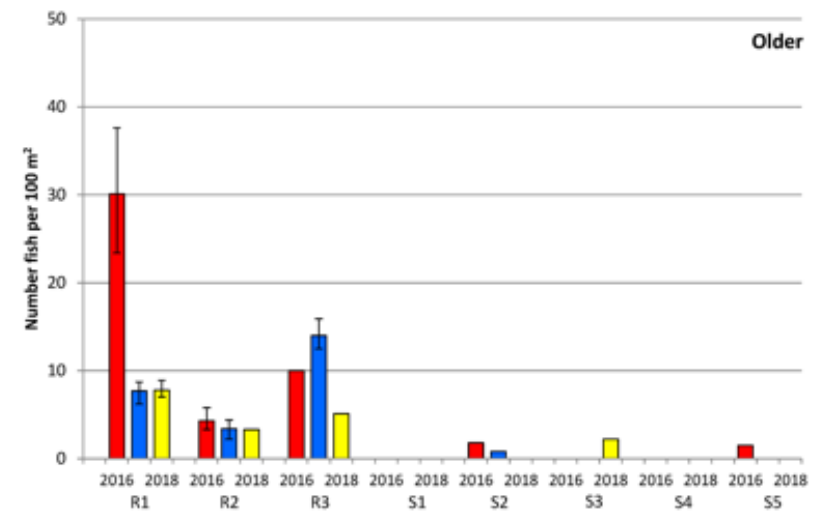
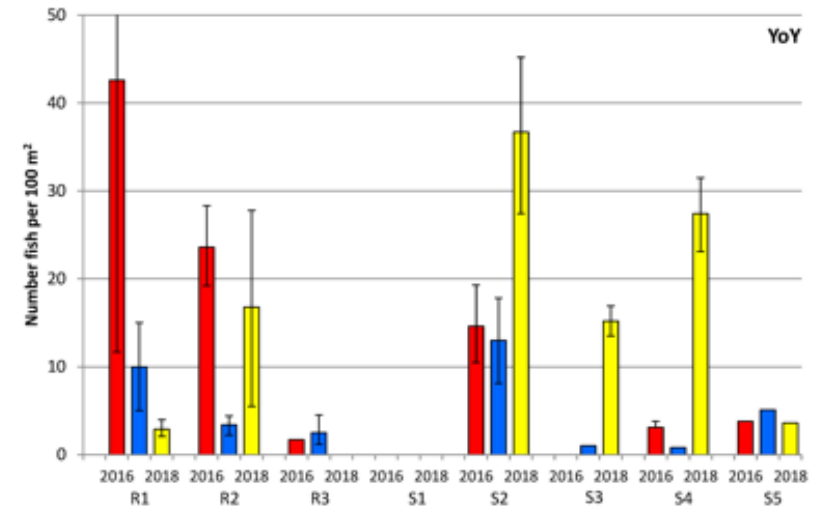
Storåne, Hallingdal



Storåne – effekt på fisk

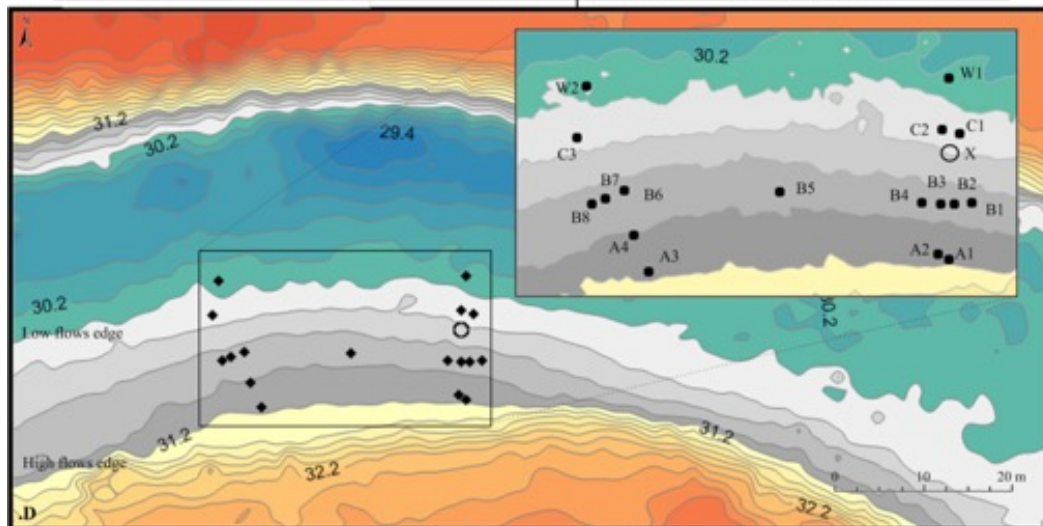
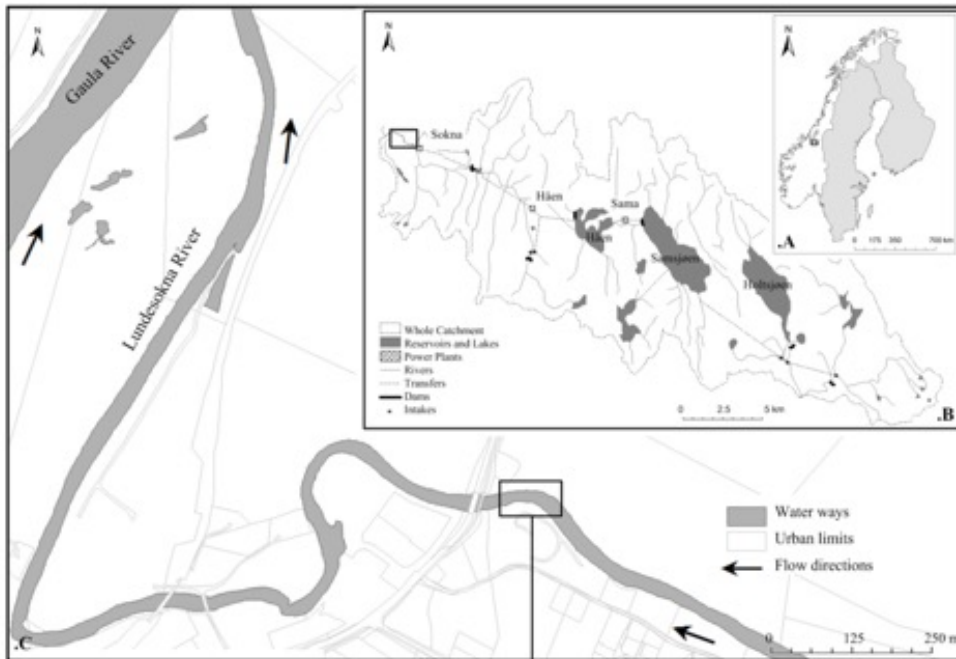


Discharge Storåne – stop in power plant



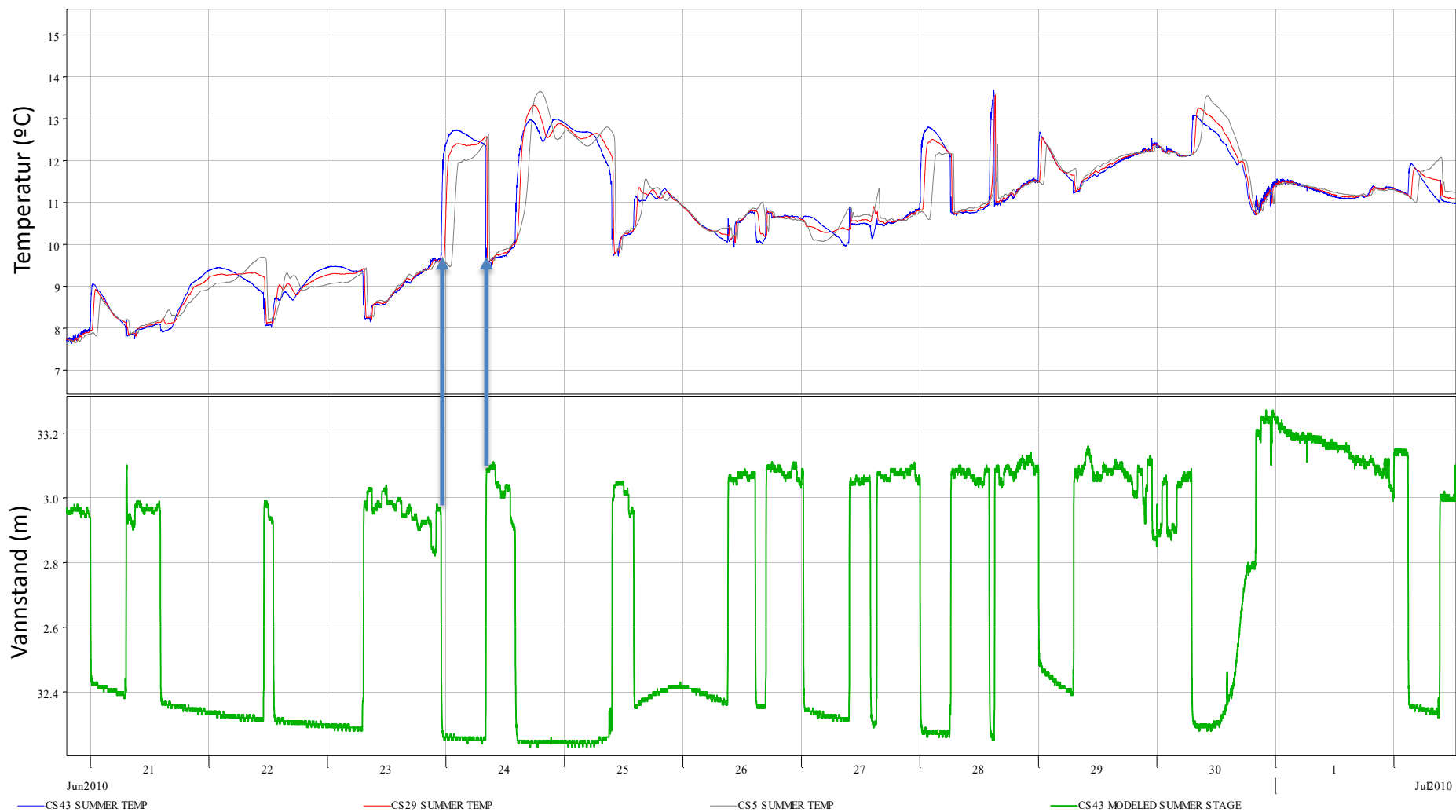
Ørret, S1 – S5 Nedstraums, R1 – R3 Oppstraums

Effekt på egg og plommesekkynge



Photos: Roser Casas-Mulet

Termopeaking Lundesokna



Stranding av fisk ved effektkøyring

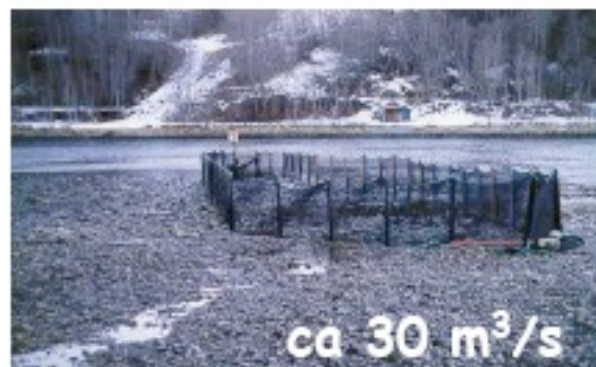


Table II. Details of fish used and physical variability in each experimental series conducted in the enclosure. Median as bold and range in branches () is shown for each parameter

Exp. series	Period	No. of exp. day/night	Species	Year class	Fish length of each group (mm)		No. of juveniles introduced	Habituation time (h)	Dewatering speed total cm/min	Water temp. °C	Comments
					Mean tot. length	St. dev.					
A	18 Nov.–11 Dec. 1997	5/6	<i>S. salar</i>	YoY-hatch	61 (59–108)	6 (5–16)	50 (45–200)	22 (8–118)	1.3 (0.8–1.5)	3.1 (2.8–3.6)	Fish not tagged
B	15 Dec.–16 Dec. 1997	1/1	<i>S. salar</i>	YoY-wild	52	5	42, 95	22–30	1	3.1	
C	17 Aug.–19 Aug. 1998	1/1	<i>S. trutta</i>	YoY-wild	50 (50–53)	4 (4–5)	100	9–26	0.8	12.6 (10.3–13.2)	
D1	5 Oct.–8 Oct. 1998	2/1	<i>S. trutta</i>	YoY-wild	63 (61–65)	6 (5–7)	100	8 (8–11)	0.6 (0.4–0.7)	9.2 (9.2–9.4)	
D2	30 Sept.–6 Oct. 1998	3/2	<i>S. salar</i>	1+-wild	81 (79–87)	5 (4–6)	50	17 (7–69)	0.8 (0.5–1.0)	9.7 (9.2–10.3)	
E1	25 Nov.–16 Dec. 1998	6/4	<i>S. trutta</i>	YoY-wild	61 (59–62)	7 (5–8)	50 or 100	19 (18–47)	0.6 (0.3–1.3)	3.6 (2.0–4.4)	4 exp. mixed salmon/trout
E2	20 Nov.–16 Dec. 1998	7/5	<i>S. salar</i>	1+-wild	83 (80–84)	6 (5–8)	25 or 50	24 (20–73)	same as E1	3.4 (2.0–4.3)	4 exp. mixed salmon/trout
F1	12 April–26 April 1999	6/0	<i>S. salar</i>	1+-wild	80 (78–88)	6 (4–7)	50	52 (43–68)	0.6 (0.2*–0.9)	2.2 (1.7–3.5)	
F2	23 Aug.–26 Aug. 1999	7/0	<i>S. salar</i>	1+-wild	81 (80–88)	5 (4–6)	50	43 (43–69)	0.9 (0.2*–1.0)	3.0 (2.5–4.6)	additional cover
G	26 April–12 May 1999	3/0	<i>S. salar</i>	1+-wild	84	10	50–33	7 (7–13)	–	10.3 (8.6–13.4)	–
H	2 Sept.–21 Sept. 1999	3/0	<i>S. salar</i>	YoY/1+-wild	55/85	3/12	50–37	10 (10–32)	–	12.6 (10.6–15.3)	additional cover

Abbreviations used: *S. salar* = *Salmo salar*; *S. trutta* = *Salmo trutta*; hatch = hatchery fish; wild = wild fish caught by electrofishing.
* Stepwise slow dewatering—see Figure 2.

REGULATED RIVERS: RESEARCH & MANAGEMENT

Regul. Rivers: Res. Mgmt. 17: 609–622 (2001)

DOI: 10.1002/rrr.652

FIELD EXPERIMENTS ON STRANDING IN JUVENILE ATLANTIC SALMON (*SALMO SALAR*) AND BROWN TROUT (*SALMO TRUTTA*) DURING RAPID FLOW DECREASES CAUSED BY HYDROPEAKING

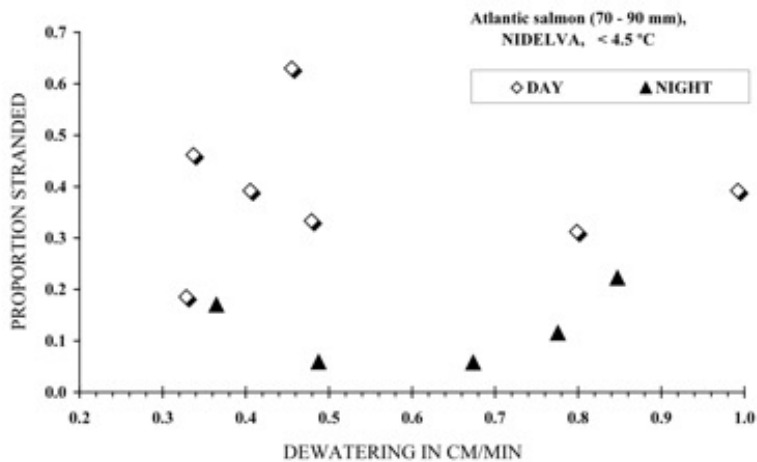
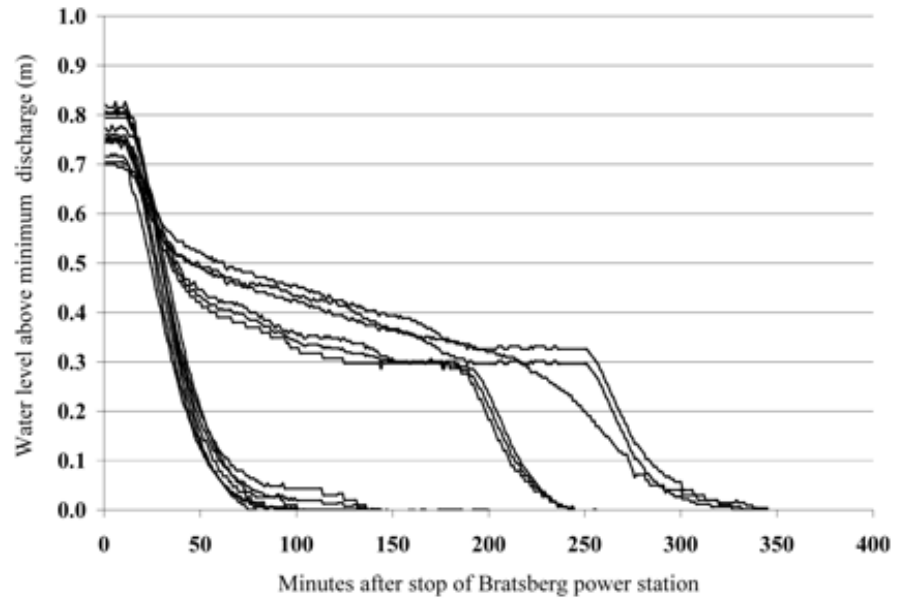
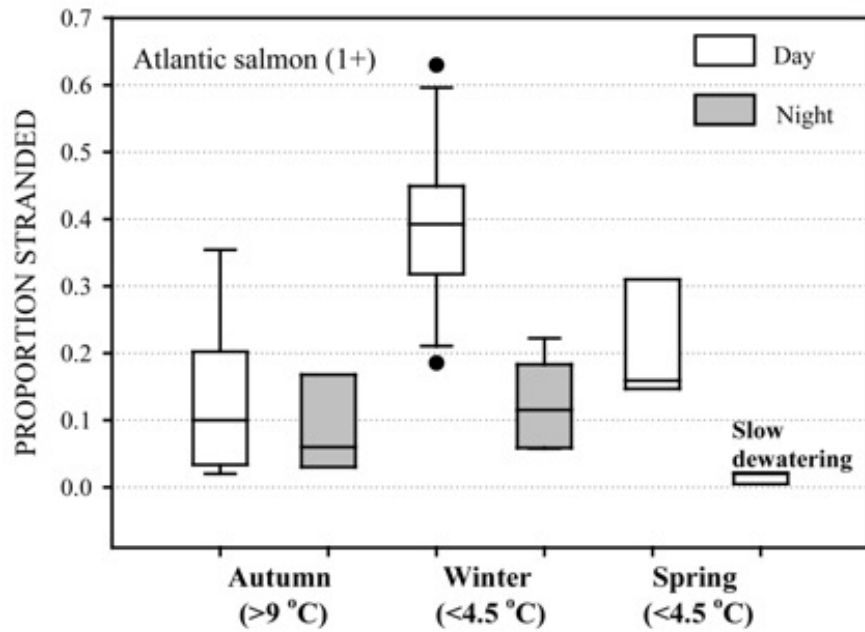
S.J. SALTVEIT^{a,*}, J.H. HALLERAKER^b, J.V. ARNEKLEIV^c AND A. HARBY^b

^a Freshwater and Inland Fisheries Laboratory (LFI), Natural History Museums and Botanical Garden, University of Oslo, Box 1172, Blindern, 0318 Oslo, Norway

^b SINTEF Civil and Environmental Engineering, Department of Water Resources, 7465 Trondheim, Norway

^c Freshwater and Inland Fisheries Laboratory (LFI), Norwegian University of Science and Technology, 7491 Trondheim, Norway

Stranding av fisk - feltstudie



Stranding – labstudie

RIVER RESEARCH AND APPLICATIONS
River Res. Applic. **19**: 589–603 (2003)
 Published online in Wiley InterScience
 (www.interscience.wiley.com). DOI: 10.1002/rra.752

FACTORS INFLUENCING STRANDING OF WILD JUVENILE BROWN TROUT (*SALMO TRUTTA*) DURING RAPID AND FREQUENT FLOW DECREASES IN AN ARTIFICIAL STREAM

J. H. HALLERAKER^{a*}, S. J. SALTVEIT^b, A. HARBY^a, J. V. ARNEKLEIV^c,
 H.-P. FJELDSTAD^a and B. KOHLER^d

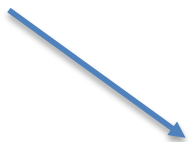
^a SINTEF Energy Research, 7465 Trondheim, Norway

^b Freshwater Ecology and Inland Fisheries Laboratory, University of Oslo, PO Box 1172, Blindern 0318 Oslo, Norway

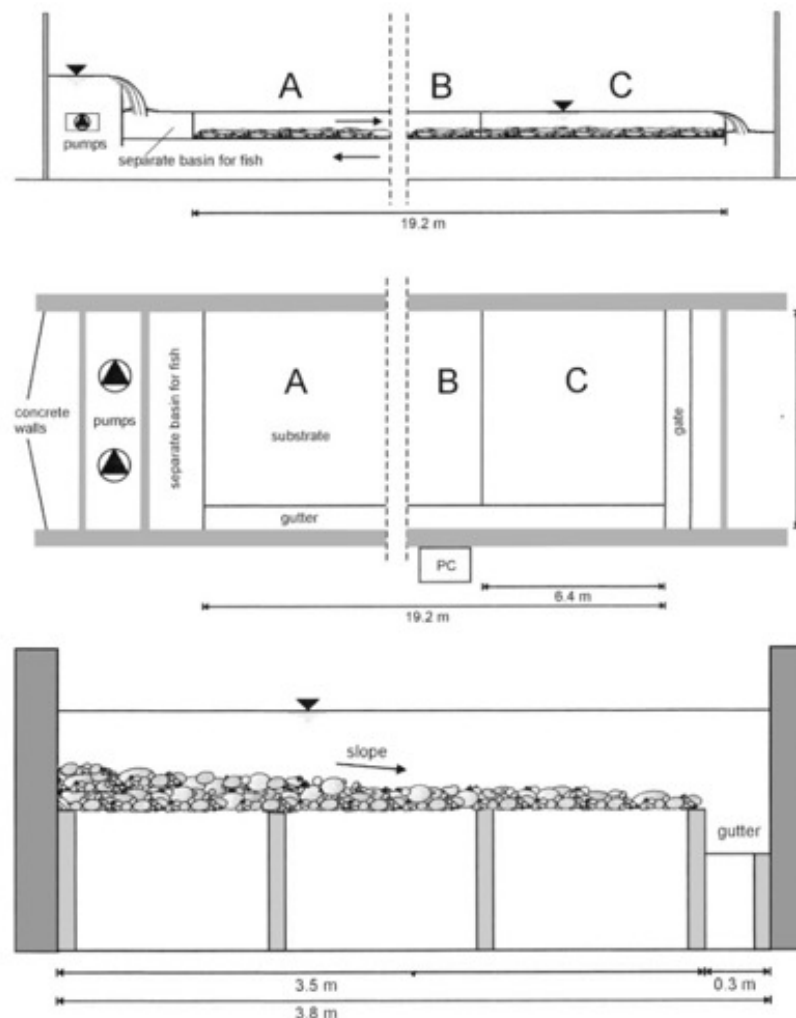
^c Museum of Natural History and Archaeology, Norwegian University of Science and Technology, 7491 Trondheim, Norway

^d Institute of Hydraulic Engineering, University of Stuttgart, Pfaffenwaldring 61, 70550 Stuttgart, Germany

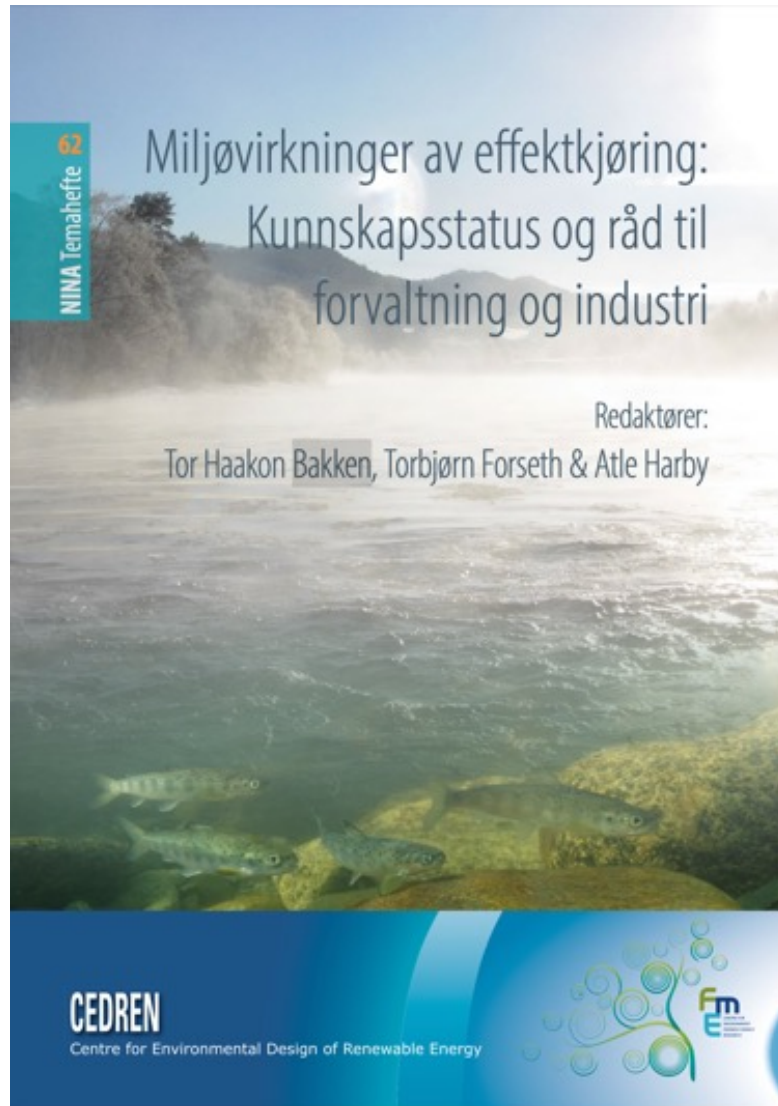
No brukt operativt og i konsesjonar



ditions. **Dewatering in darkness is recommended** to reduce stranding of salmonids at any time of the year combined with **slow ramping rates (10–13 cm h⁻¹)**. For rivers dominated by coarse substrate, ultra-slow ramping rates (<10 cm h⁻¹) must be achieved. Gentle drops in discharge after long stable flow periods are recommended. Allocating increased flows during daytime at low temperatures will prevent juveniles migrating back into critical marginal habitats.



Vurdering av konsekvens av effektkøyring



- Kunnskapsoppsummering om effektkøyring.
- Utgitt av FME CEDREN
 - Finst på www.cedren.no
- Innhold:
 - Verknader av effektkøyring
 - Tiltak mot effektkøyring
 - Hjelpemiddel for miljøtilpassing av effektkøyring

Belastning frå effektøyring

Svært stor	Stor	Moderat	Liten

Faktor	Indikator	Sårbarhet		
		Høy sårbarhet (verdi 3)	Moderat sårbarhet (verdi 2)	Lav sårbarhet (verdi 1)
Bestandsforhold fisk:				
S1 Effektiv bestandsstørrelse	Gjennomsnitt antall hunner siste 5 år	< 25 hunner	25-250	>250
S2 Grad av rekrutteringsbegrensning	Mengde og fordeling av gyteareal	Lite	Moderat	Mye
Virkinger av reguleringen (uten effektkjøring) på produksjonsforhold i vassdraget:				
S3 Lavvannperioder som flaskehals	Endring i laveste ukemiddel vannføring (sommer og vinter kombinert)	Sterk flaskehals	Moderat flaskehals	Ingen eller svak flaskehals
S4 Habitatdegradering	Endring i flomstørrelse og frekvens, sannsynlighet for degradering	Høy sannsynlighet eller dokumentert	Moderat sannsynlighet	Lav sannsynlighet
S5 Redusert vanningtemperatur som gir bestandseffekter	Reduksjon i sommertemperatur og sannsynlighet for bestandseffekter	Stor (>3°C), med sannsynlige eller dokumenterte bestandseffekter	Moderat (1-3 °C), med sannsynlige bestandseffekter	Liten (<1 °C), med små bestandseffekter
S6 Eventuelle andre påvirkninger	Forsuring, forurensning, annen habitatforringelse, sykdom og parasitter osv.	Sterk reduksjon i bestandsstørrelse eller bærekapasitet	Moderat reduksjon i bestandsstørrelse eller bærekapasitet	Ingen eller liten reduksjon i bestandsstørrelse eller bærekapasitet
S7 Prosent berørt strekning av totalstrekning	Lengde (km) på elvestrekning aktuell for effektkjøring i % av totalstrekningen	>40 %	10-40 %	<10 %

Kombinert = \sum faktorar,
 - 3,2 eller 1 avhengig av lavvassføring

Påvirkningsfaktor	Indikator	Kriterium for klasseplassering			
		Svært stor (verdi 4)	Stor (verdi 3)	Moderat (verdi 2)	Liten (verdi 1)
P1: Senkningshastighet	Vannstands-ending, angitt pr time [cm/t]	> 20	13-20	5-13	< 5
P2: Tørrlagt areal	Endring i vanddekt areal ved vannførings-reduksjon fra Qmaks til Qmin [%]	> 20	10-20	5-10	< 5
P3: Størrelse av vannførings-svingningene (amplitude)	Vannføringsforholdet Qmaks / Qmin	> 5	3-5	1.5-3	< 1.5
P4: Frekvens	Årlig frekvens (andel/ antall dager per år med effektkjøring)	>40 % (>146 d)	25-40 % (92-146 d)	10-25 % (37-91 d)	<10 % (< 37 d)
P5: Fordeling		Irregulært over hele året	Irregulært i perioder	Døgn-regulering i flere perioder	Døgn-regulering i inntil to perioder
P6: Tidspunkt	Vannstands-reduksjon i kritiske perioder	I dagslys om vinteren	I mørke om vinteren	Sommer og høst	Vår og forsommer

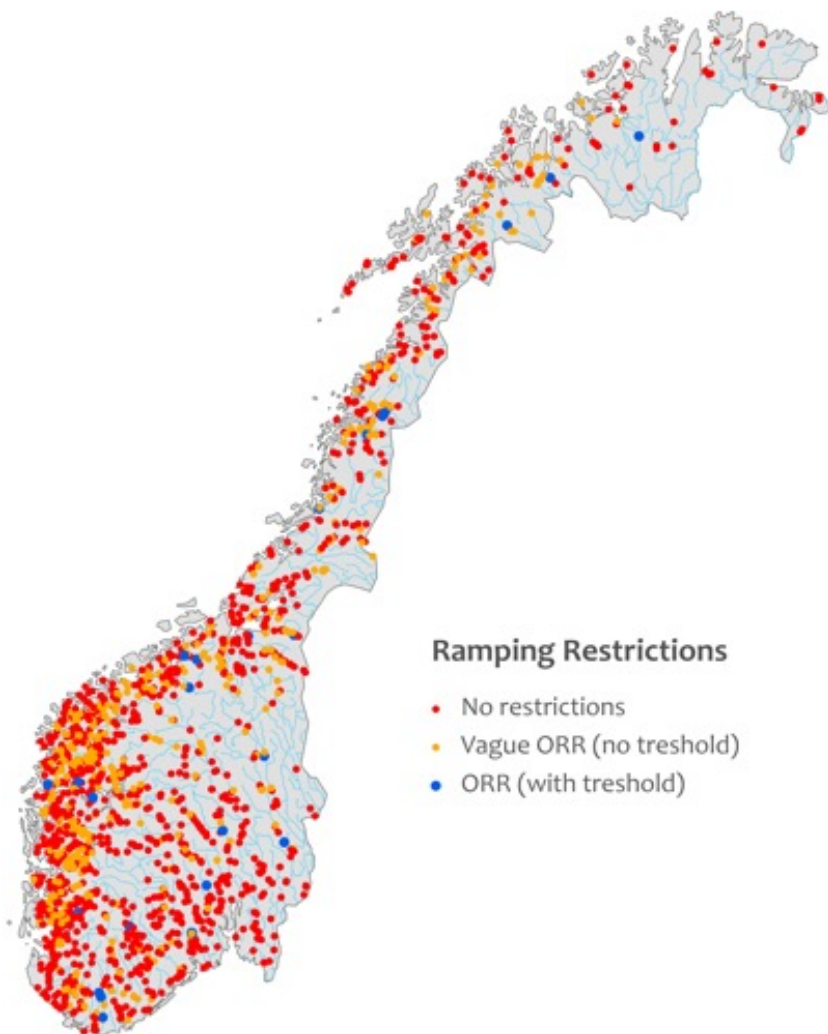
Kombinert = (E1x E2) + E3 + E4 + E5 + E6



		Påvirkning			
		Svært stor 21-32	Stor 15-20	Moderat 10-14	Liten 4-9
Sårbarhet	Høy 16-21				
	Moderat 10-15				
	Lav 4-9				



Tiltak – restriksjonar på nedtapping



Data: Jo H. Halleraker



KONGELIG RESOLUSJON

Olje- og energidepartementet
Statsråd: Tina Bru

Ref.nr.:
Saksnr.: 18/1082
Dato: 5. mars 2021

Revisjon av konsesjonsvilkår for Folla-Vindølareguleringen i Surnadal og Rindal kommuner

Restriksjoner på manøvreringen

Vannstandsreduksjon mellom 50 m³/s til 15 m³/s i Surna målt ved Skjærmo som skyldes Trollheim kraftverk skal normalt ikke overskride følgende verdier:

1. I perioden 15.oktober til 14. mars:
 - a. I dagslys: maksimum 10 cm/time fra 50-30 m³/s og 5 cm/time fra 30-15 m³/s
 - b. Når det er mørkt: 13 cm/t
2. I perioden 15. mars til 14. mai og fra 15. juni tom 14. oktober: maksimum 13 cm/t
3. I perioden 15. mai til 14. juni (swim-up): maksimum 10 cm/t

Dempemagasin

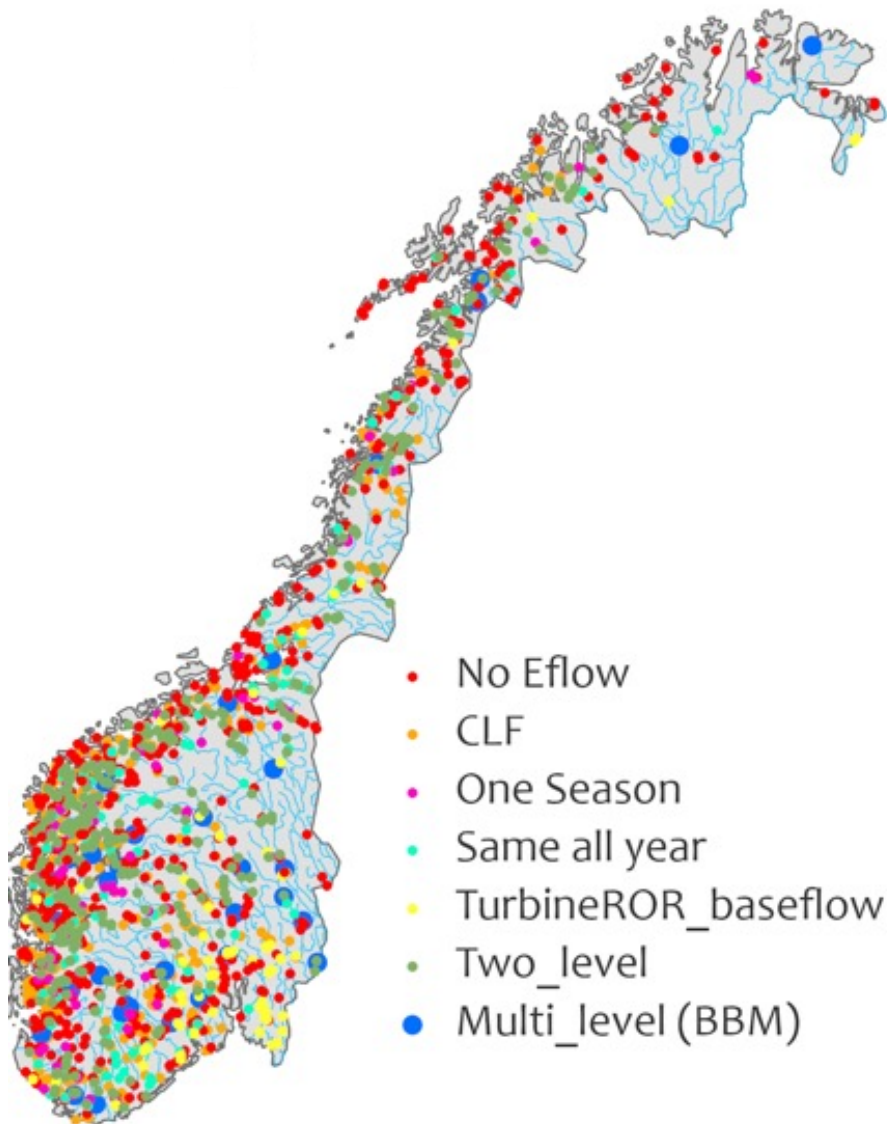


Reindl et al. (2022) Riv.Res.Appl.

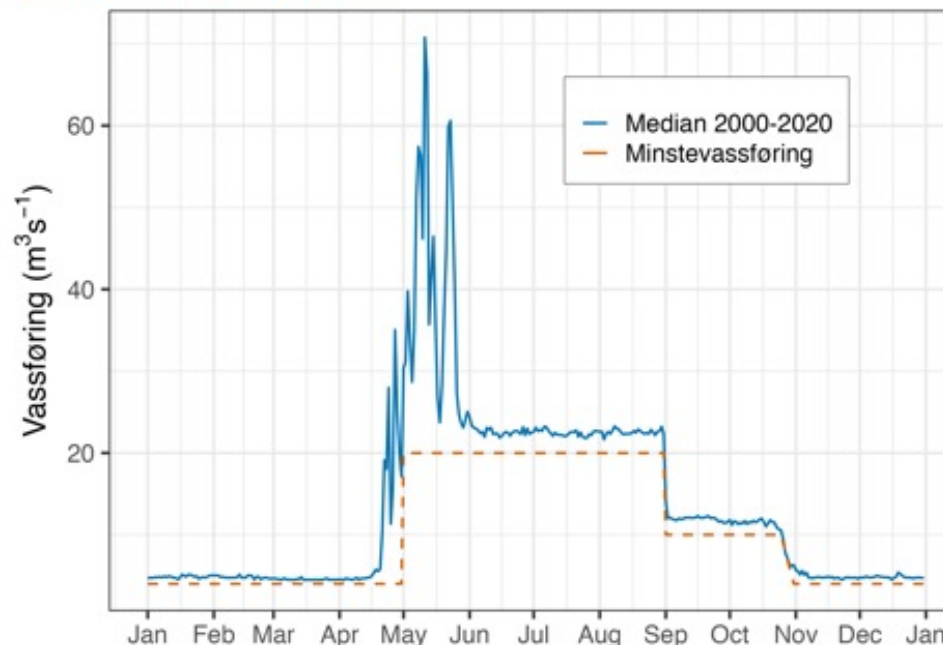


Photo: Dr. Markus Zeh., SNL

Tiltak - minstevassføring



Storsteinhølen, Orkla



I det naturlige elveleiet nedenfor inntaksdammen ved Bjørsset skal det i den del av perioden 1. mai—1. september som faller utenom selve vårflommen slippes en minstevannføring som i gjennomsnitt skal fastsettes av departementet til mellom 20 m³/sek. og 30 m³/sek. I tiden fra 1. september og til gytingen er avsluttet ca. 25. oktober skal minstevannføringen fastsettes av departementet mellom 10 m³/sek. og 15 m³/sek. og kan fra 25. oktober til utgangen av oktober måned trappes jevnt ned til 4 m³/sek. som skal være minste tillatte vannføring i resten av året.

Utbyggerne skal bekoste nærmere undersøkelser for å søke å fastsette den endelige vannføringen i sommer- og gyteperioden.

Inntil endelig pålegg er fastsatt slippes i tiden 1. mai—1. september på samme måte en vannføring på 20 m³/sek. og i tiden fra 1. september og til gytingen er avsluttet ca. 25. oktober er vannføring på 10 m³/sek.

Tiltak – fysiske inngrep i vassdrag

- Terskling – eksempel frå Eksingedalen



- Utgraving
- Sikker vasstilførsel for sideløp
- Blokkering av strandingsområder

Omløpsventil (hovudsakleg ved utfall)

