

# NVE-CEDREN møte 19 Jan 2016

*Tekniske utfordringer for mer fleksibel vannkraft  
Noen utvalgte resultater fra prosjektet HydroPeak*

Ånund Killingtveit

**CEDREN**

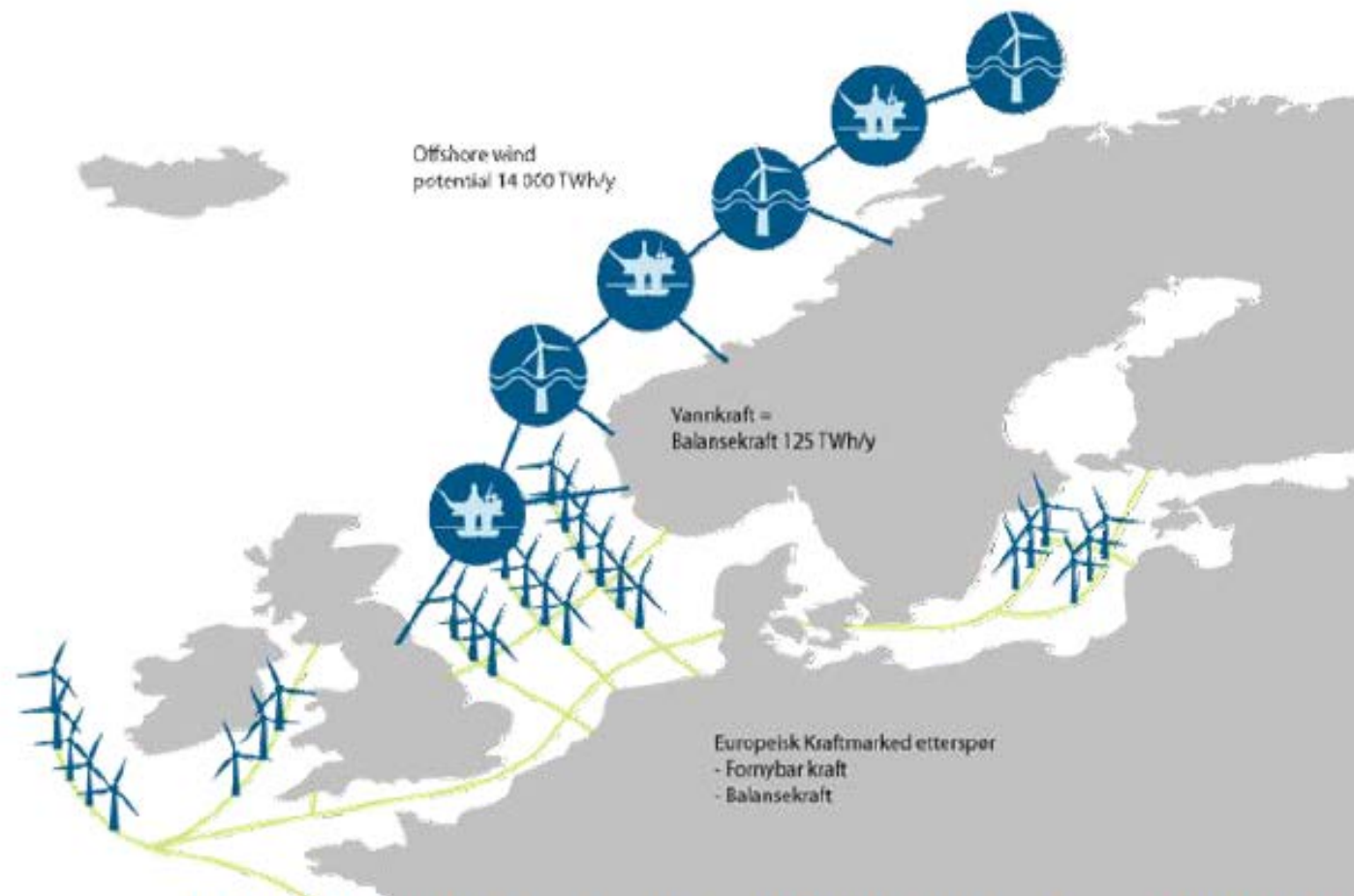
Centre for Environmental Design of Renewable Energy



**fme**  
CENTRE FOR  
ENVIRONMENT-  
FRIENDLY ENERGY  
RESEARCH

# HYDROPEAK

Hydro power development for peaking and load balancing in  
a European system with increasing use of non-regulated renewables



# Work-packages in HYDROPEAK

|                          |                              |                                     |
|--------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| WP1                      | Scenarios and Dissemination  | SINTEF/Solvang<br>NTNU/Killingtveit |
| WP2                      | Hydrology                    | SINTEF/Kolberg<br>NTNU/Alfredsen    |
| WP3                      | Modelling power system       | NTNU/Doorman                        |
| WP4                      | Pumped storage plants        | NTNU/Nielsen                        |
| WP5                      | Frequency and load governing | NTNU/Nielsen                        |
| WP6.1                    | Load fluctuation – Tunnels   | NTNU/Olsen                          |
| WP6.2                    | Surge chambers               | NTNU/Lia                            |
| WP7                      | Load fluctuations – Rivers   | NTNU/Ruther                         |
| WP8                      | River ice – Climate change   | NTNU/Alfredsen<br>SINTEF/Charmasson |
| Project leader HYDROPEAK |                              | NTNU/Killingtveit                   |

# Velger å fokusere på to hovedtema:

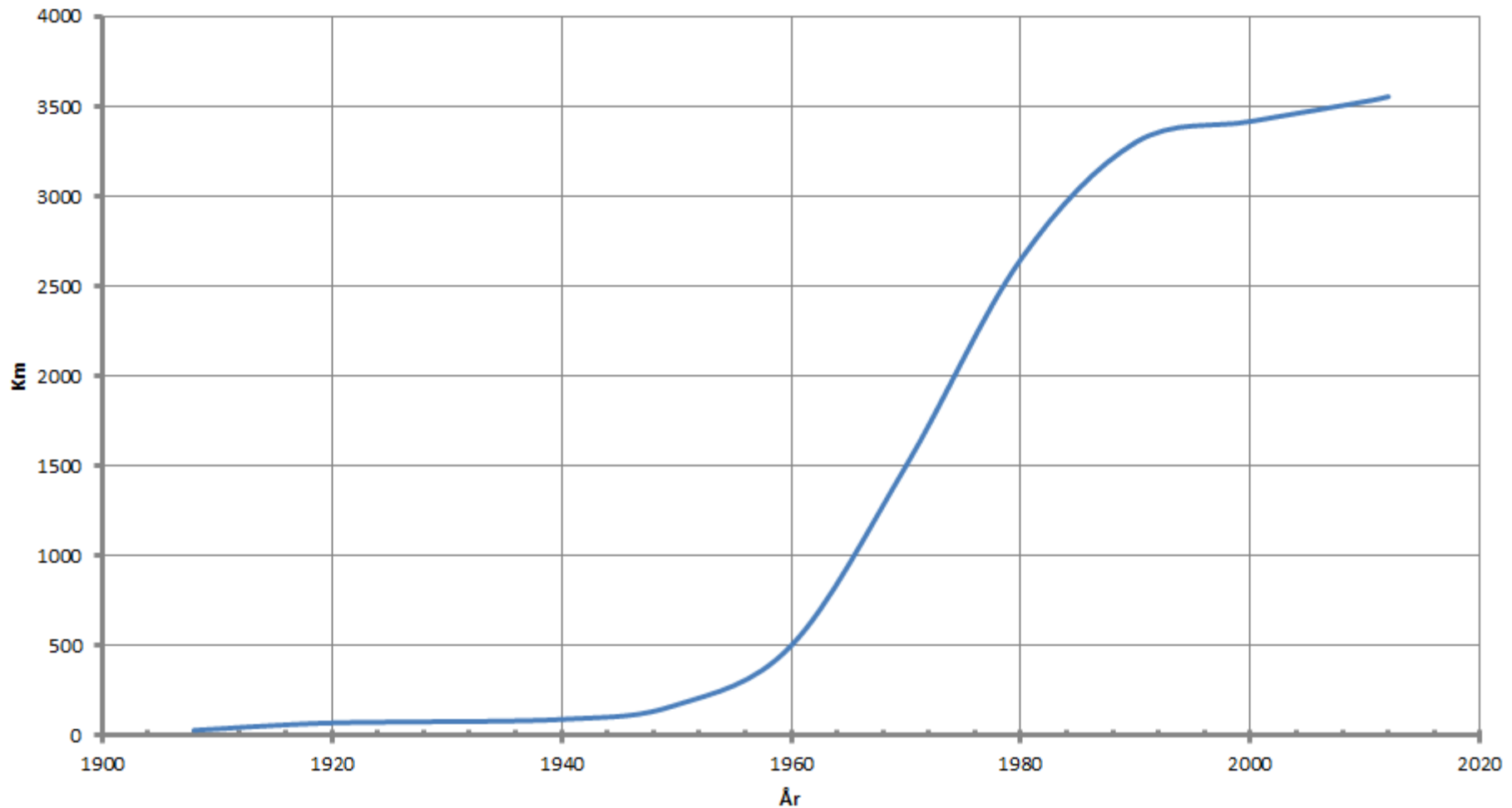
Vannveiene og samvirke med turbin –  
Utfordringer ved mer effektkjøring og mer pumpekraft  
(WP4, WP5 og P6)

Is i vassdrag –  
Utfordringer ved mer effektkjøring og klimaendringer  
(WP8)

# Sammendrag WP4 – WP5 –WP6 : Her prøver vi å forstå og modellere

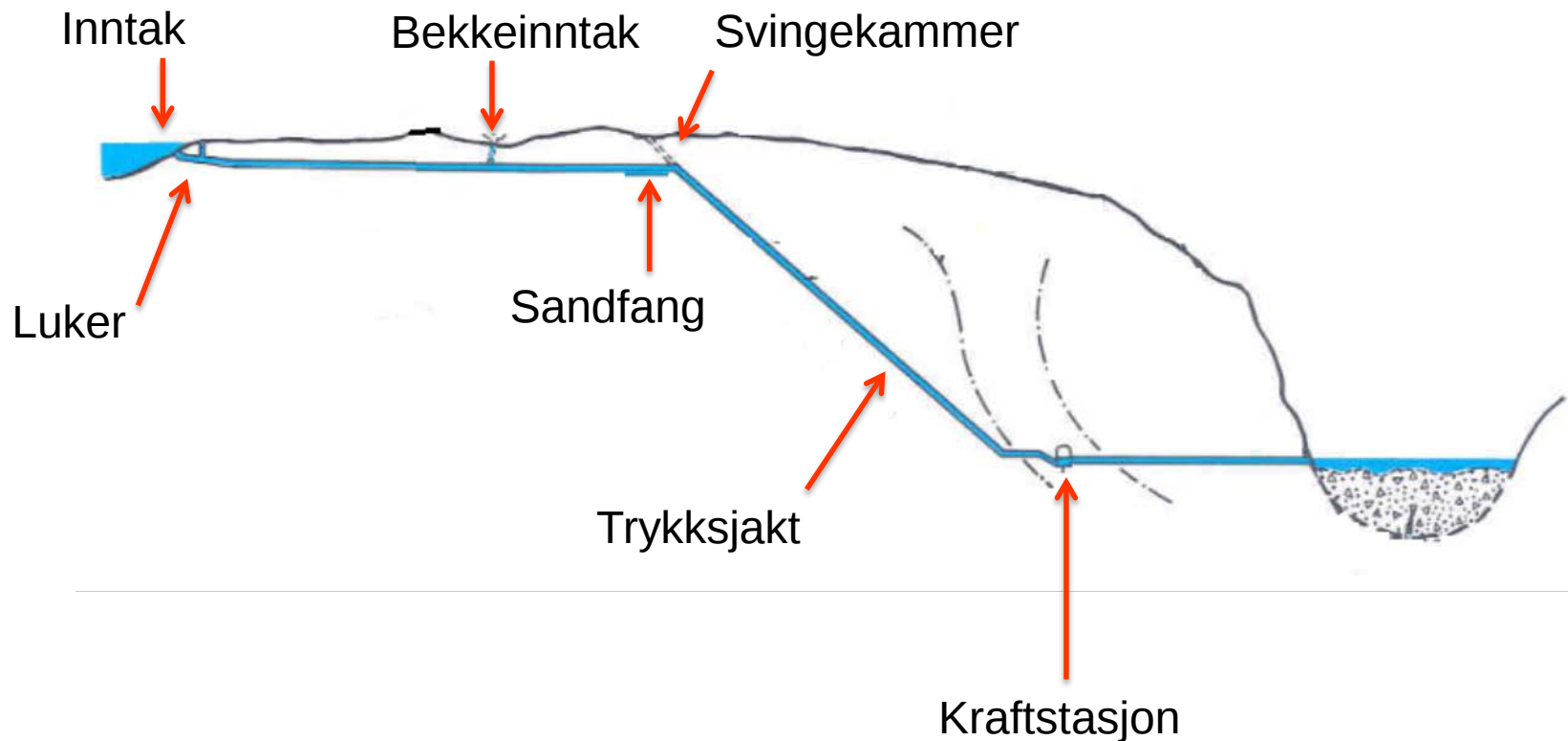
- Samvirke mellom forstyrrelser i nettet og regulering av stasjonene (WP5)
  - Samvirke mellom maskiner og vannveier (WP6.1)
  - Samvirke mellom svinge-kammer og resten av vannveiene (WP6.2)
  - Nye utfordringer ved drift som Pumpekraftverk (WP4)
- 
- Dagens stasjoner er designet for et «roligere» driftsregime
  - Sedimenter i vannveier og sandfang er stabile ved «normal» drift
  - Mer variabel drift kan skape hastigheter > stabilt dekklag
  - Dette kan forklare hvorfor en får erosjon, utspyling, skader
  - Hvor store endringer tåles?
- 
- Ved evt ombygging til pumpekraft vil en få ennå større endringer
  - Hvordan greier vi dette med svært lange tunnelsystemer (opptil 50 km?)
  - Tidsskala fra millisekunder til minutter – kanskje timer
- 
- De tre prosjektene sees i sammenheng og prøver å kobles sammen
  - Nye modelltyper blir tatt i bruk (3D-CFD) for å forstå strømningsregimet
  - Dette krever langt bedre data for vannveiene (geometri, ruhet, ...)
  - Som igjen krever utvikling av bedre målemetoder ...

# Vannkraft-tunneler i Norge - Historisk utvikling



# Kritiske konstruksjonselement

*v/ PhD Kari Bråtveit*



# Noen eksisterende driftsutfordringer

## 1) Luft

- Utblåsingar
- Falltap

## 2) Nedfall/ras

- Produksjonsstopp
- Falltap
- Auka sedimentproblem

## 3) Sedimenttransport

- Slitasje mekaniske delar

## 4) Reguleringssvikt –luker

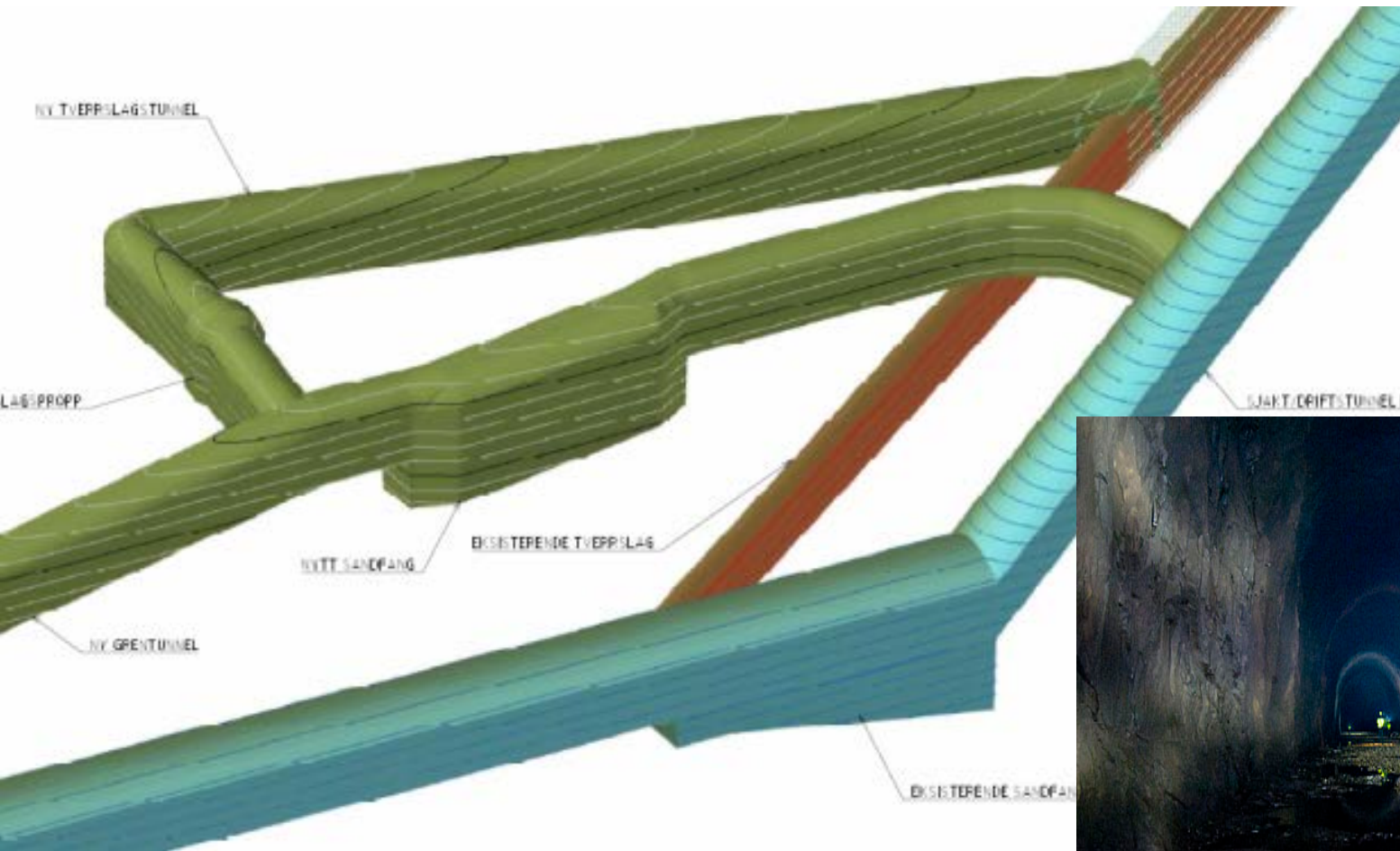


# Nye typer instrument for overvåkning

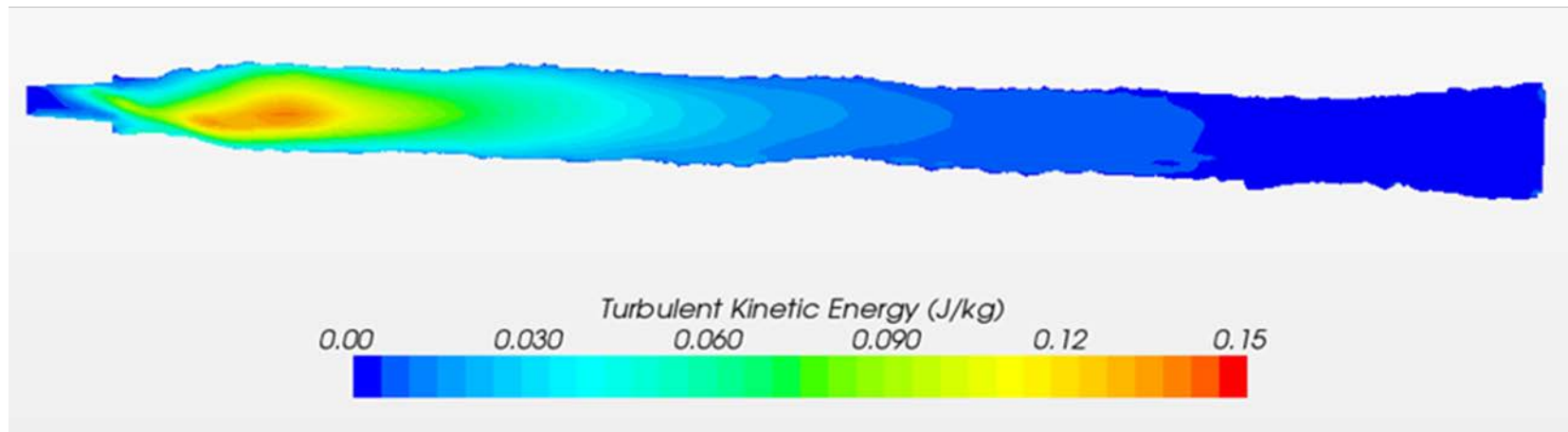
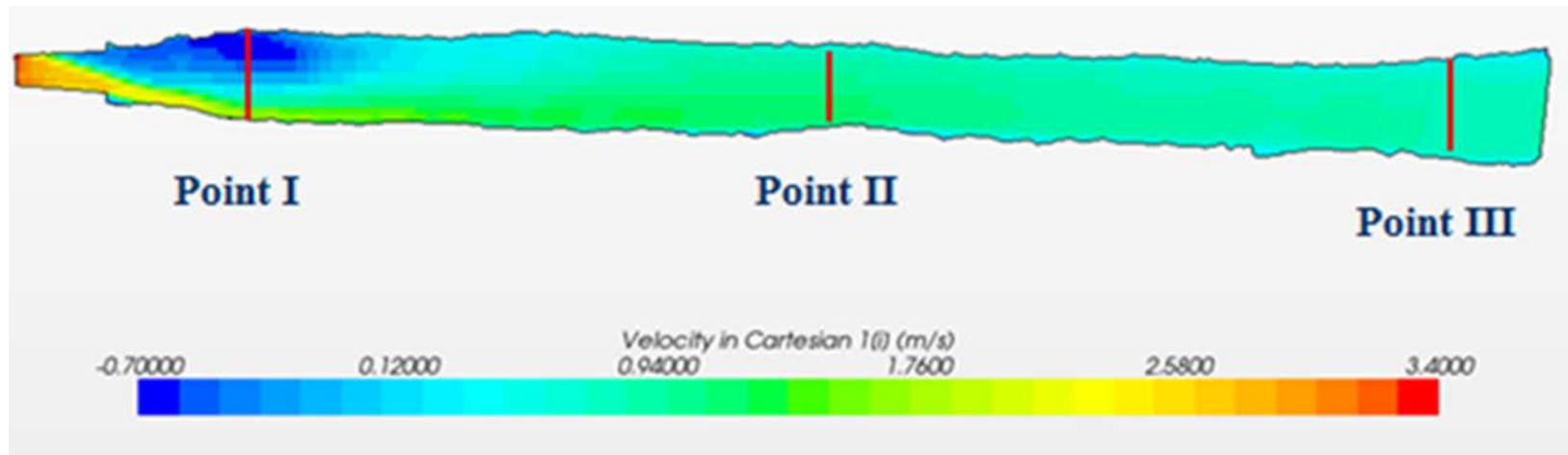
- ADCP
  - Vannføring
  - Trykk
- Laser scanner
  - Geometri
  - Ruhet
  - Fare for nedfall



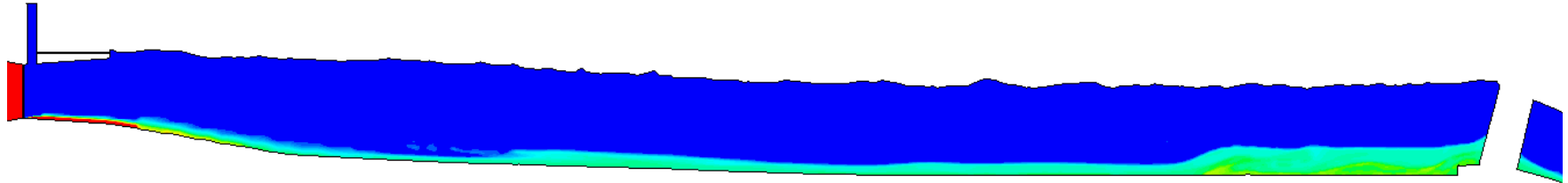
# Simuleringsverktøy – 3D beregning



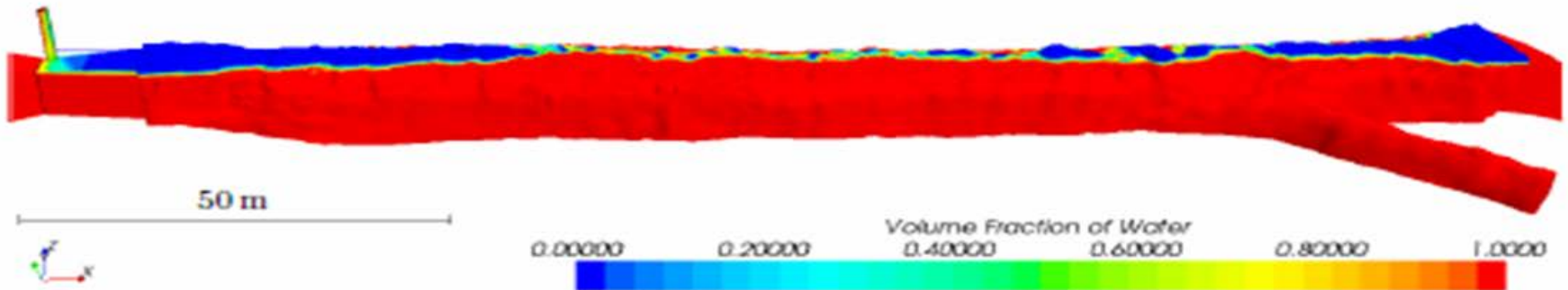
# Strømningsforhold i sandfang



# Vurdering av luftmengder

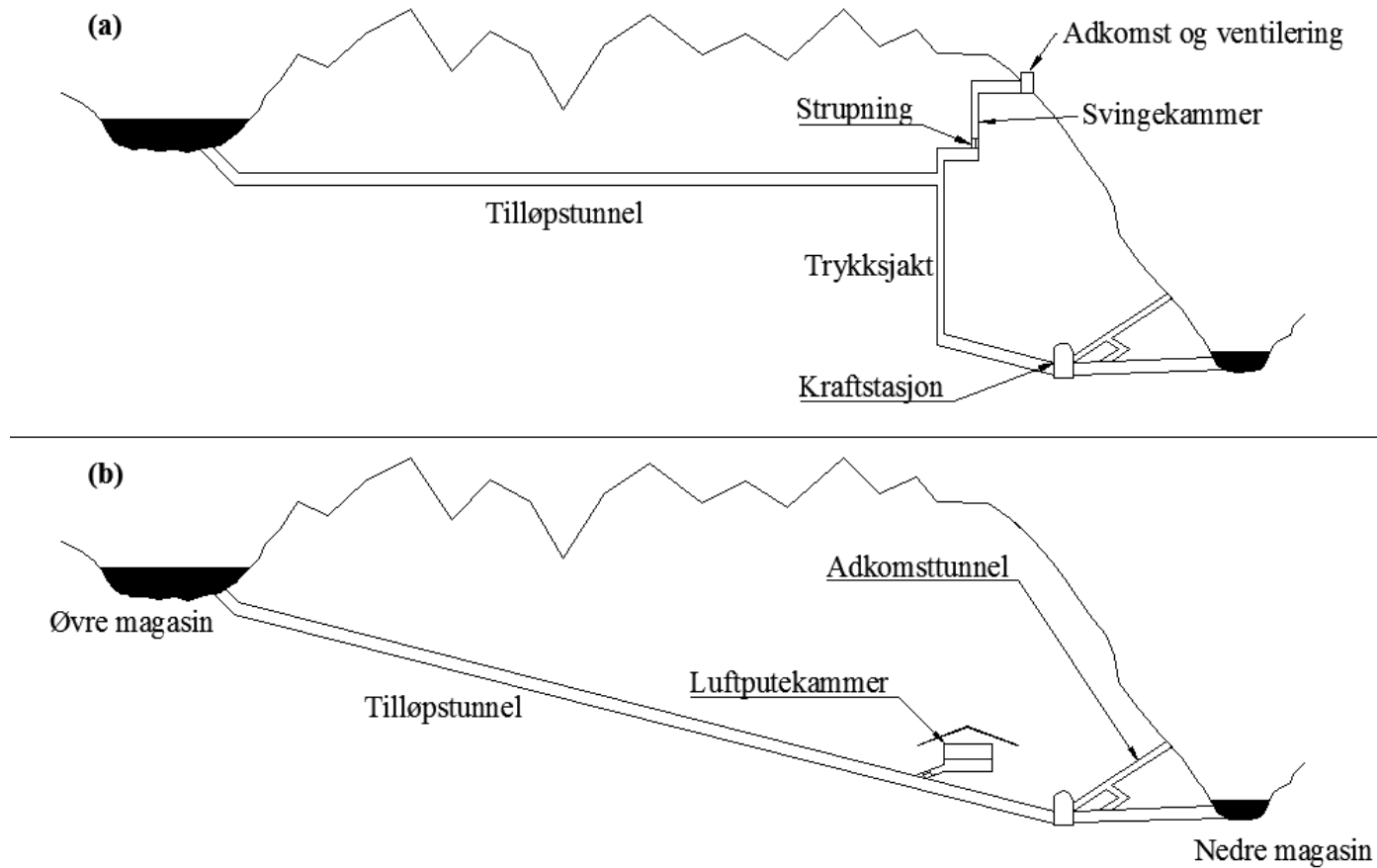


Iteration 24596  
Solution Time 48.65 (s)  
Time Step 4919



# Svingekammer/Luftputekammer

*PhD kandidat Kaspar Vereide*



# Luftputekammer

- En «støtdemper» i tunnelsystemet til vannkraftverk
- Reduserer trykkreftene ved hurtig oppbremsing av vannet i tunnelen
- Konstrueres som en fjellhall, og fylles med trykkluft under høyt trykk
- Fungerer likt som støtdemperen på en bil ved å redusere sjokk/dempe svingninger

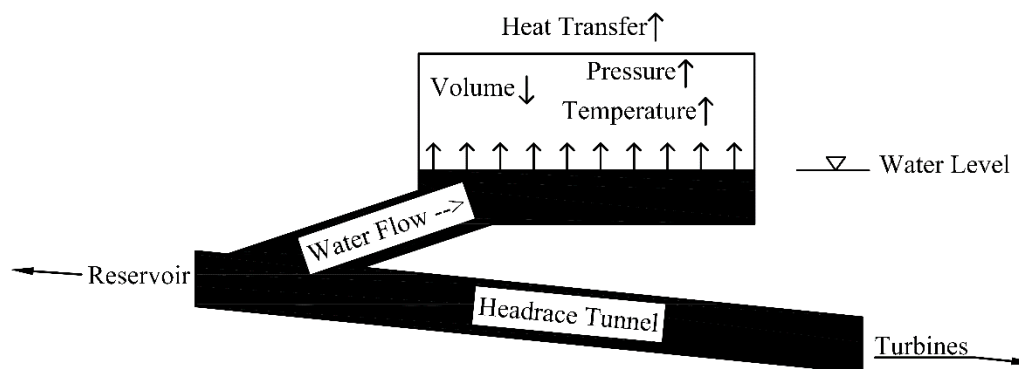
# Resultater (1 av 4)

- En ny metode for nedskalering til fysiske modellforsøk i laboratoriet



# Resultater (2 av 4)

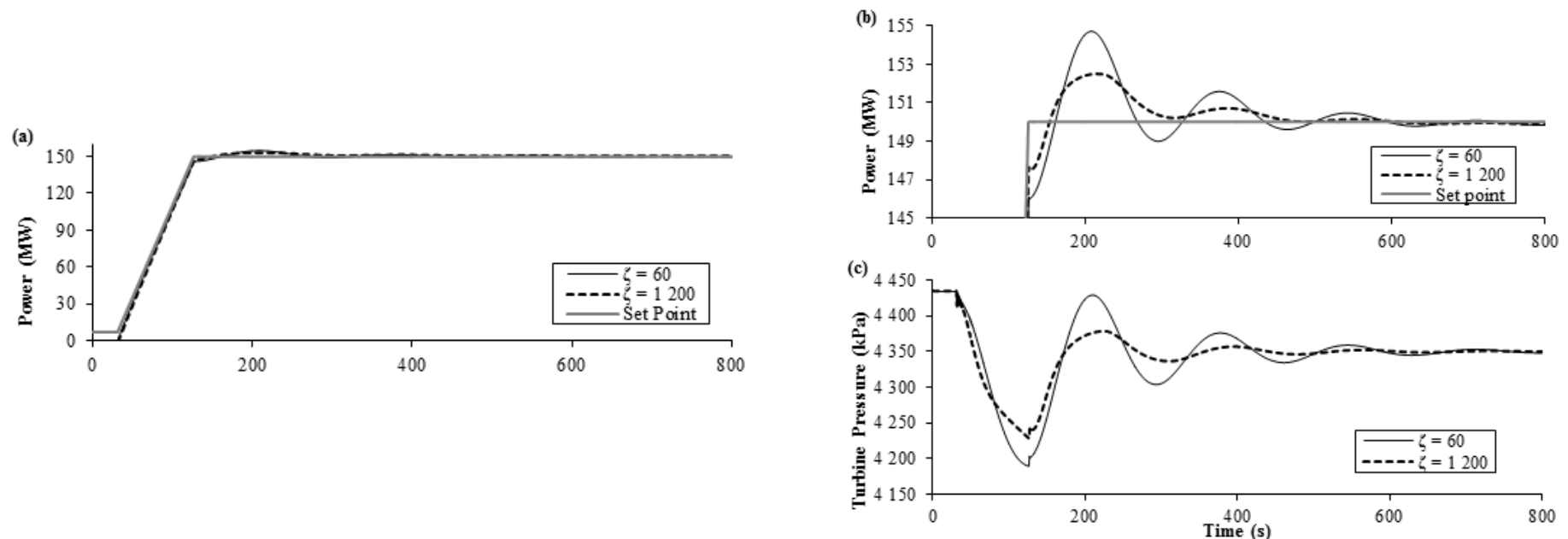
- En forbedret teoretisk modell for beregning av termodynamikken i kammeret



$$dQ = \frac{\text{Nu}_w \lambda_s}{L_w} A_w (T_s - T_w) dt + \frac{1}{\frac{L_r}{\text{Nu}_r \lambda_s} + R_r} A_r (T_s - T_w) dt$$

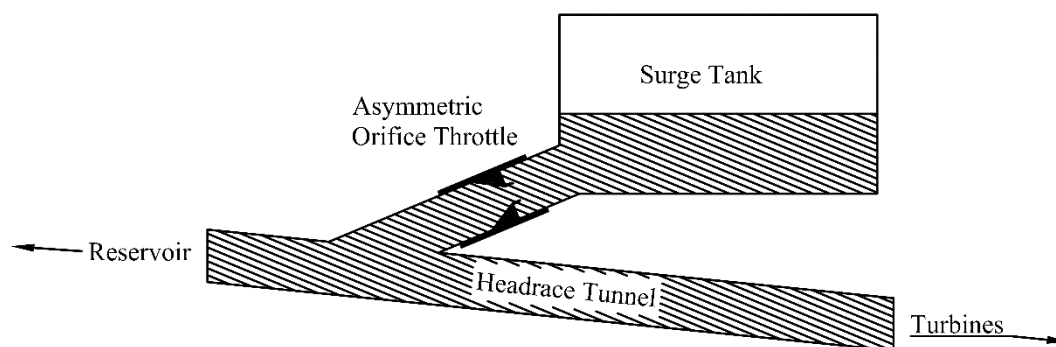
# Resultater (3 av 4)

- En metode for evaluering av reguleringsstabilitet og reguleringssevnen til vannkraftverk



# Resultater (4 av 4)

- Påvisning av positiv effekt av strupning i svingekammeret



# Verdens mest avanserte fysiske modell for testing av luftputekammer?



# Videreføring av arbeidet fra WP4-6

Vannveier er høyt prioritert i ENERGI21: Tre strategiske FoU Tema:

«Videreutvikling av norsk spesialkompetanse på fjellanlegg inkludert boreteknologi for miljøvennlige vannveier, minimere synlige inngrep og optimal opprustning/utvidelser av vannveier for å møte endrede krav til drift og HMS»

«Teknologiske løsninger og systemer for oppgradering av eksisterende pumpekraftverk til døgnpumping (kort sikt)»

«Økt innsikt i turbin- og elektromekaniske belastninger ved økt effektuttak og dynamikk»

Høyt prioritert i søknad til ny FME Vannkraft NTNU/SINTEF/NINA

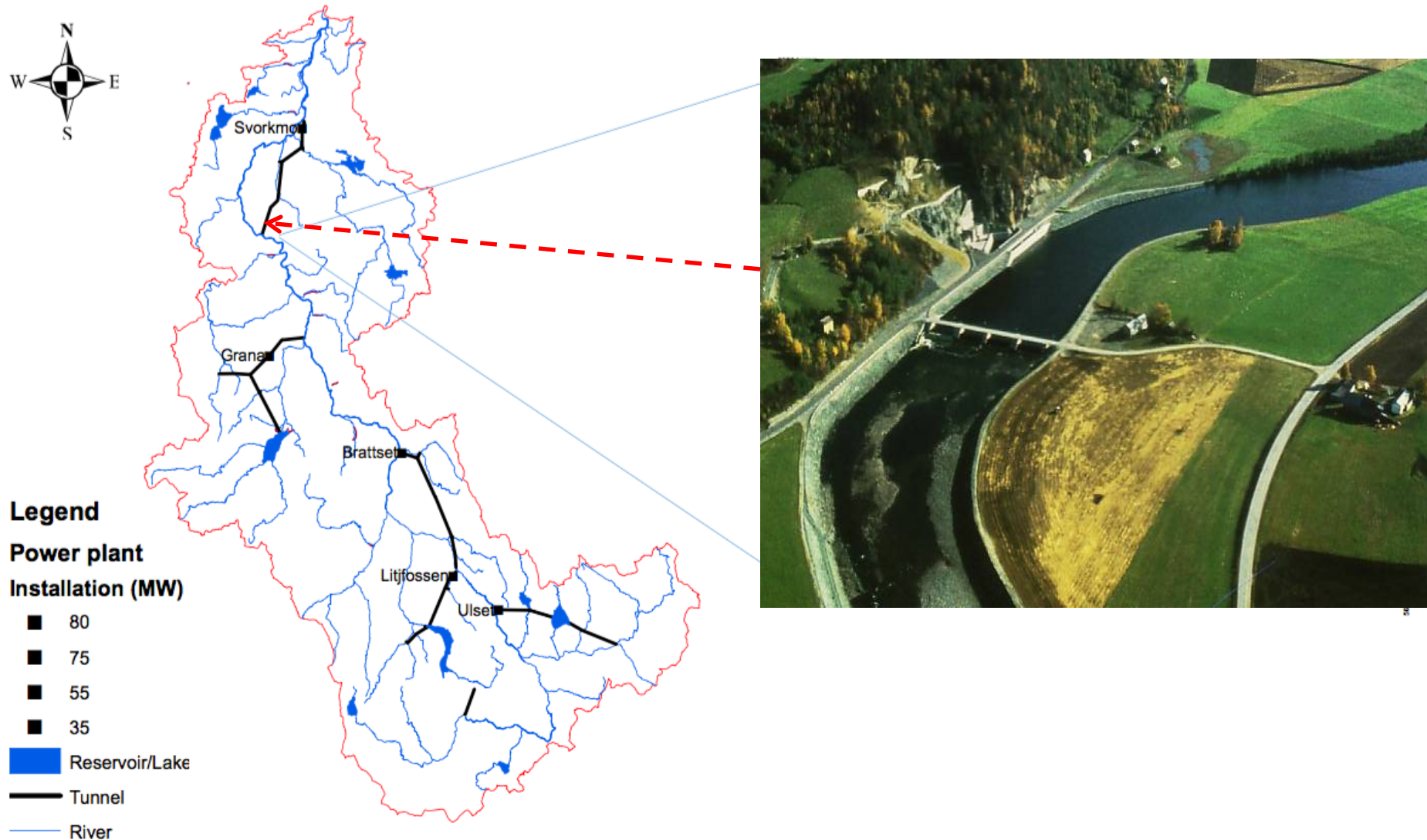
Bekrefter at satsingen under CEDREN HydroPeak var riktig

## WP8: Hydropower and its effect on river ice regime in changing climate



# Orkla hydropower system

*Test site for River Ice Model in WP8*

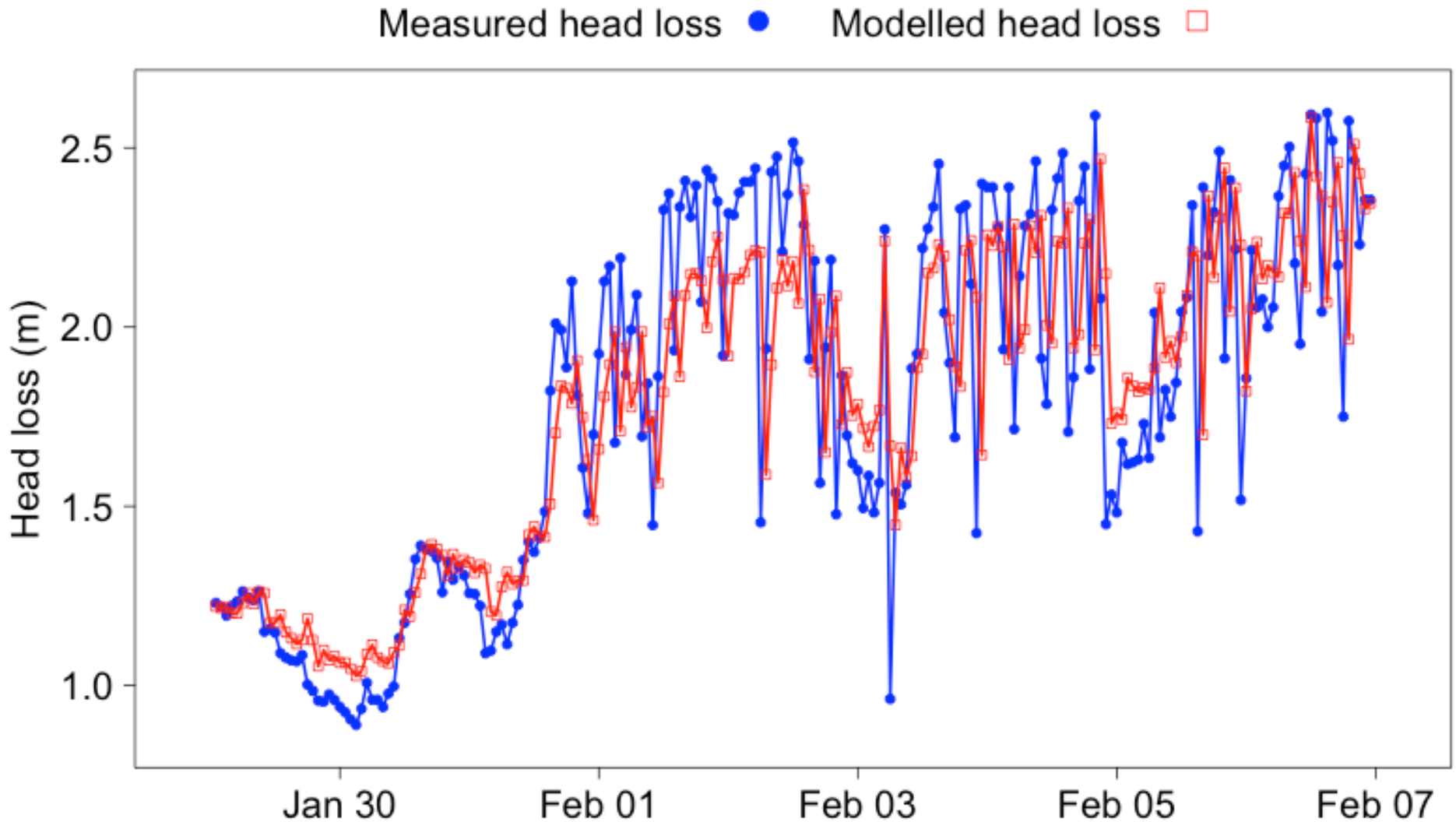


# Ice problems at Svorkmo intake

- Increased head loss through accumulation of ice on the trash rack.
- Current mitigation is:
  - Ice cover on the intake pond
  - Manual removal of ice from the trash rack.
- What drives the events when the rack is clogged?
- Can the ice formation be predicted?
- Using River Ice model developed in WP8



# Results – cold period





[www.cedren.no](http://www.cedren.no)

Contact: [name@institution.no](mailto:name@institution.no)



NATURHISTORISK MUSEUM  
UNIVERSITETET I OSLO

