

Teknologi for (mer) fleksibel vannkraft



Professor Ånund Killingtveit NTNU/CEDREN

CEDREN

Centre for Environmental Design of Renewable Energy



**FM
E**
CENTRE FOR
ENVIRONMENT-
FRIENDLY ENERGY
RESEARCH

Megatrender i 2008 – Utviklingen fram mot 2050

Klimaendringer og mottiltak

- Energisystemet globalt endres - Dekarbonisering
- Kraftsystemet i Europa endres – Fornybart innen 2050?
- Norge påvirkes sterkt – Isolasjon eller Integrasjon?

Miljøspørsmål får økende vekt

- Vanndirektiv
- Vilårsrevisjoner
- Effekt og balansekraft skaper nye utfordringer
- Internasjonalt – økende fokus på «Sustainability issues»

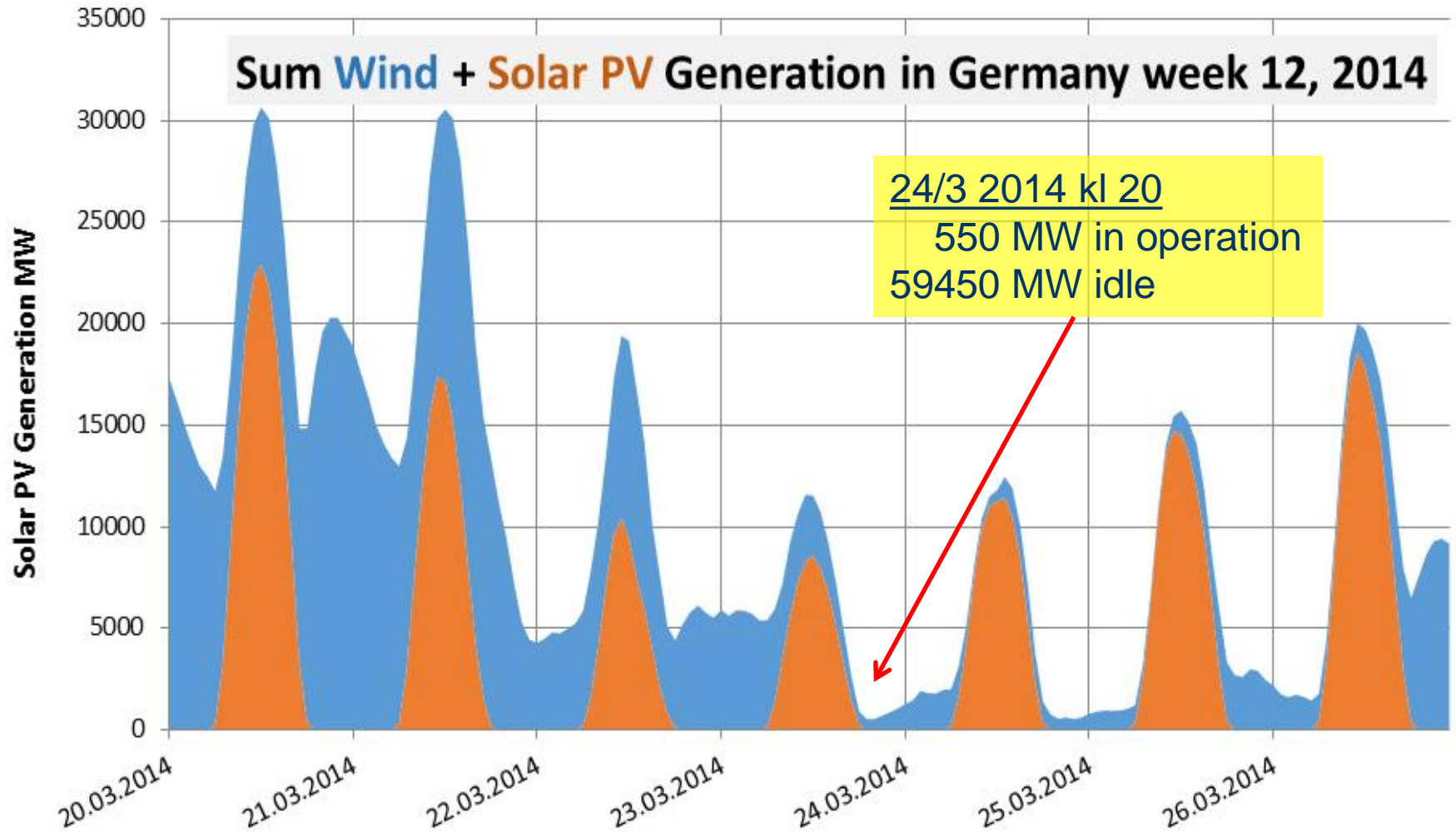
Det norske vannkraftsystemet er aldrende

- Økende behov for oppgradering/opprustning/utvidelse
- Tilpasning til nye markedskrav
- Tilpasning til nye miljøkrav
- Tilpasning til nye HMS-krav

→ Vi må gjøre de riktige tiltakene når vi oppgraderer

Eksempel: Vind + Solenergi produsert i Tyskland uke 13 2014

Kapasitet: 30 000 MW Vind + 30 000 MW Sol PV



Prosjektet HydroPeak – Bakgrunn

Hvordan skal det norske vannkraftsystemet tilpasses til et framtidig nær 100% fornybart Europeisk kraftsystem?

Det ventes

Mer variabel produksjon av andre fornybare teknologier (Vind, sol)
Mindre kapasitet fra «grunnlastverk» (kull, gass, kjernekraft ...)

Ønske om

Mer fleksibel kapasitet fra vannkraft (og gass i en overgangsperiode)
Mer lagringskapasitet for utjevning av produksjon i vind- og solkraftverk
Like god (eller bedre) leveringssikkerhet

Utfordringer Klimaendringer, Markedsendringer, Miljøkrav, Lev.sikkerhet,..

Muligheter Energi? Effekt? Balansekraft? Næringsutvikling? ...

Teknologi Pumpekraft, Magasiner, Vannveier, Dammer, Modeller, ..

Hovedprosjekter under HydroPeak

WP1 Scenarier (utvikling i Europa fram mot 2050)

WP2 Hydrologi (bedre tilsigsmodeller)

WP3 Kraftsystemet (bedre analysemodeller)

WP4 Pumpekraft

WP5 Frekvens og lastregulering

WP6 Økte lastvariasjoner – Virkning i vannveiene

WP7 Økte lastvariasjoner – Virkning i elver og vassdrag

WP8 Is i regulerte vassdrag – Klimaendringer

NTNU's egeninnsats («In kind»)

Klimaendringer - virkning på vannressurser og vannkraftsystem

Hovedresultater fra HydroPeak

Impacts
Resource
cent

Teklu T. Hailegeomis

Ident
distrib
respons
simul
ungar

Doctoral theses at NTNU, 2016:20

Kaspar Vattland Vereide
Hydraulics and Thermodynamics of
Closed Surge Tanks for Hydropower
Plants

Doctoral Thesis

Thesis for
Trondheim
Norwegian
Faculty of
Departm



NTNU
Norwegian University of
Science and Technology
Department of Hydraulic
and Environmental Engineering

NTNU
Norwegian University of
Science and Technology

NTNU
Det skapende universitetet

Nedbørfelt

Rruk av Kirchner (20
fordott hydrologisk f

Sigri Scott B

NTNU – Trondheim
Norwegian University of
Science and Technology

Regional
Generatio

Antoine Cl

NTNU – Trondheim
Norwegian University of
Science and Technology

Pump Storage Hydropower for delivering
Balancing Power and Ancillary Services

A Case Study of Iilvath Pump Storage Power
Plant

Ingunn Norang

Bygg- og miljøteknik
Innløvert: J
Hovedveileder: K
Medveileder: Y

Noregs teknisk-natu
Institutt for vann- og

Hydropower Deve
Submission date:
Supervisor:
Co-supervisor:

Civil and Environmental Engineering
Submission date: June 2015
Supervisor: Årund Killingveit, IVM
Co-supervisor: Leif Lia, IVM

Norwegian University of Science and Technology
Department of Hydraulic and Environmental Engineering

6 PhD finansiert i HydroPeak
3 PhD NTNU «In-kind» bidrag
2 PostDocs

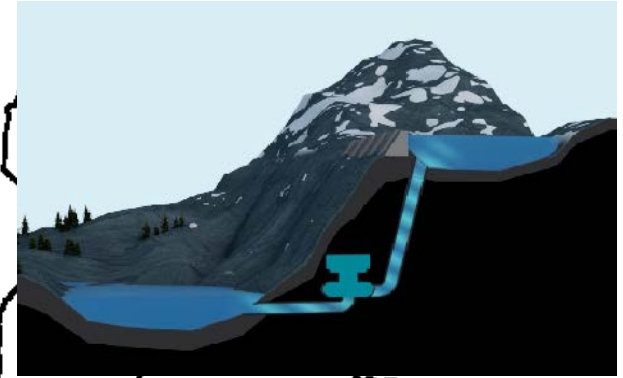
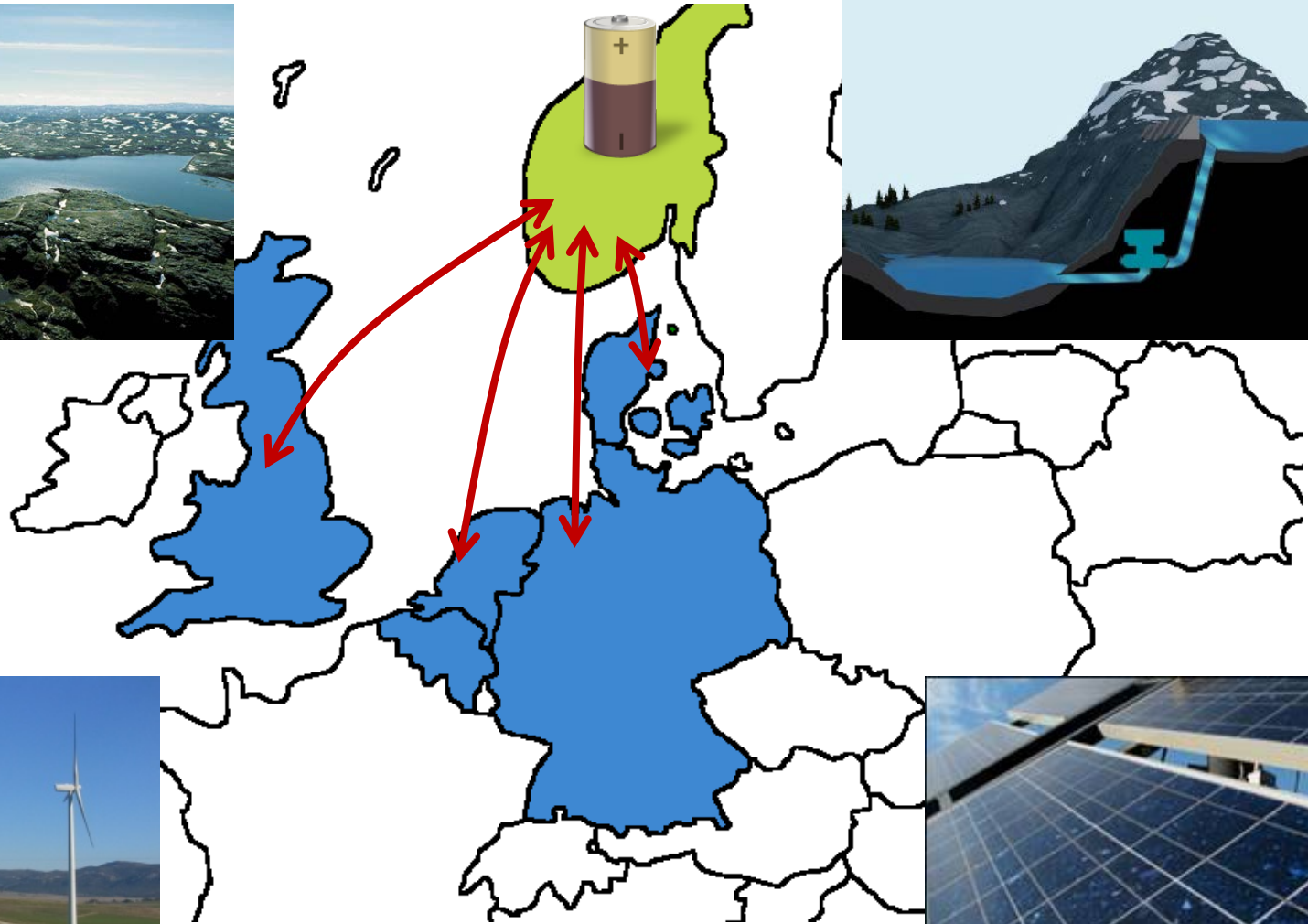
Ca 50 MSc Thesis
Prosjektrapporter

+ mange Rapporter, Papers, Konferanser, Brukermøter ...

Scenarier: Utvikling i Europa fram mot 2050

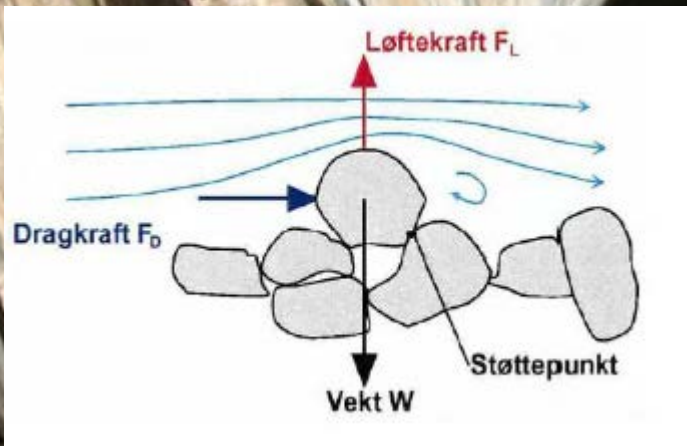
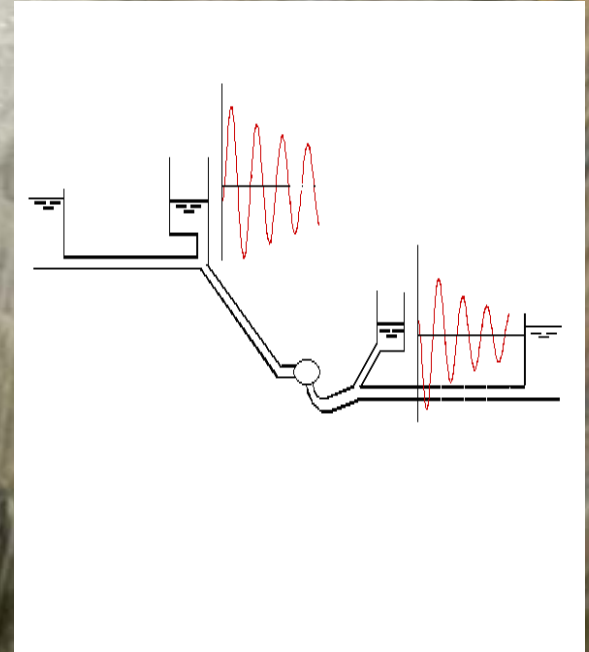
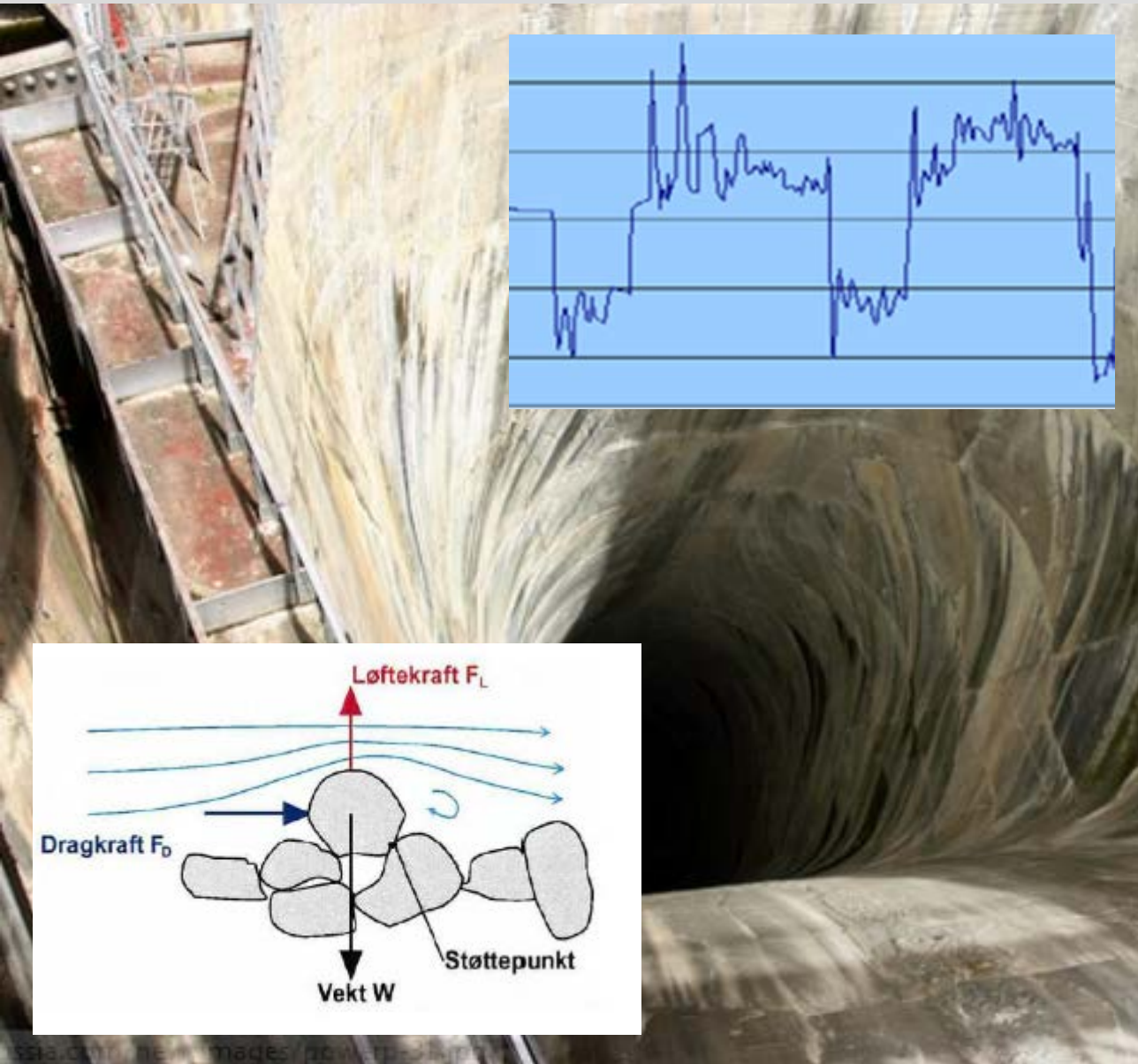


Norge som grønt batteri for Europa?

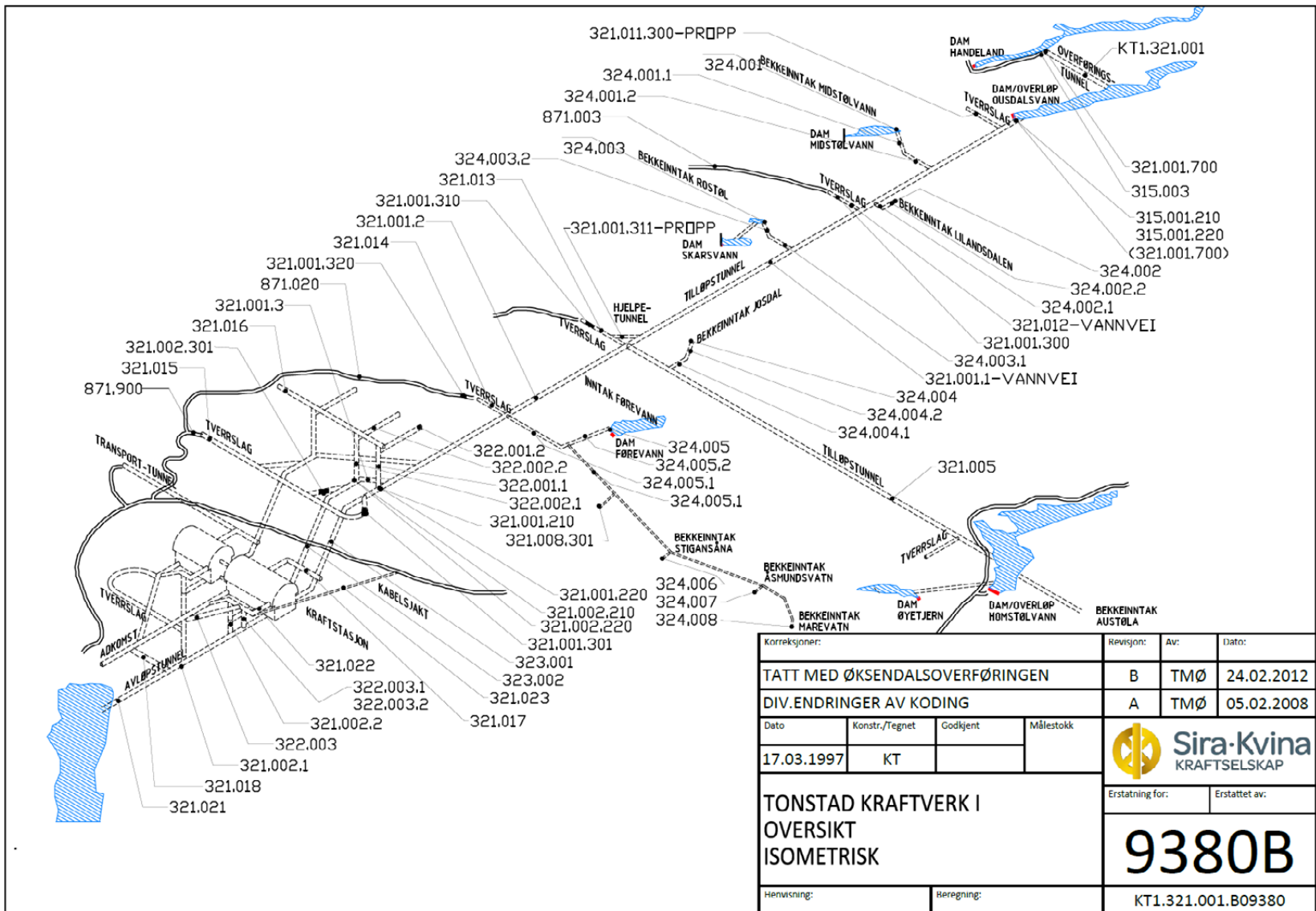


HydroPeak scenarier → HydroBalance forprosjekt → HydroBalance hovedprosjekt

Vannvegene – Hvordan tåler de økt variabilitet?

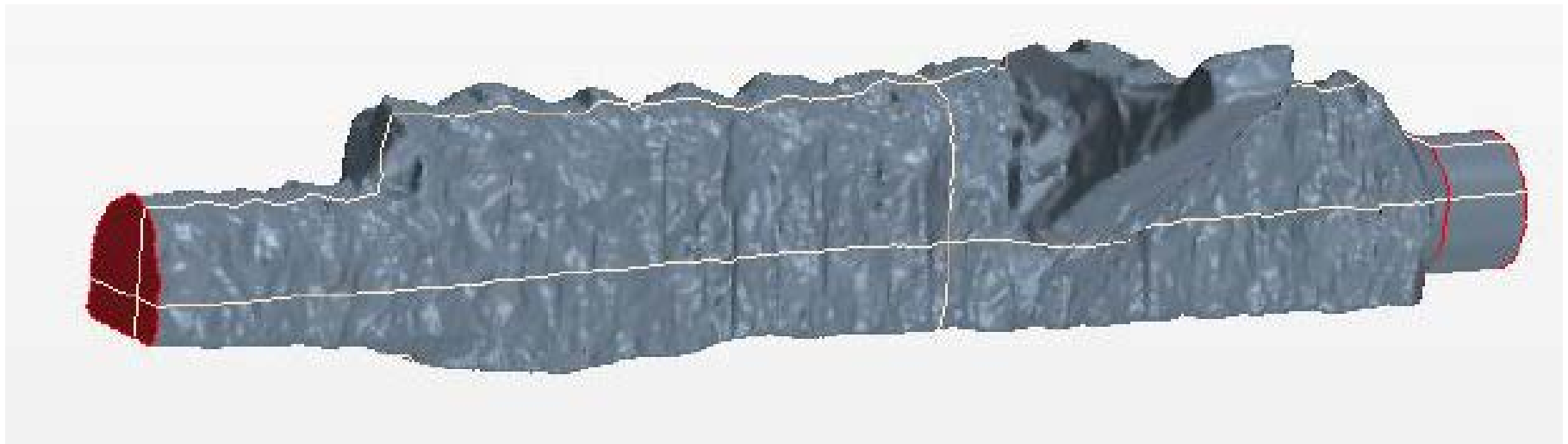
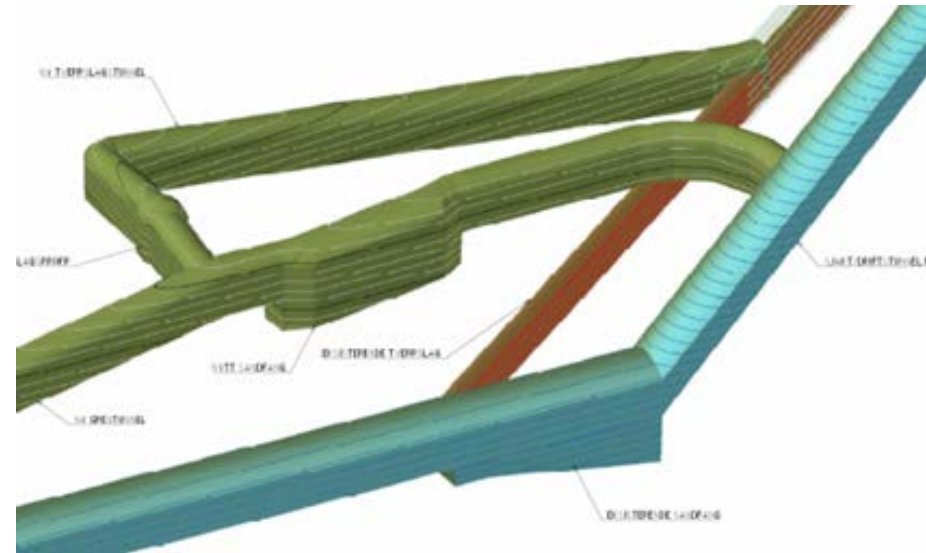


Eksempel: Vannveisystemet til Tonstad kraftverk



Korrekisjoner:		Revisjon:	Av:	Dato:
TATT MED ØKSENDALSOVERFØRINGEN		B	TMØ	24.02.2012
DIV. ENDRINGER AV KODING		A	TMØ	05.02.2008
Dato	Konstr./Tegnet	Godkjent	Målestokk	
17.03.1997	KT			
TONSTAD KRAFTVERK I OVERSIKT ISOMETRISK			Erstatning for:	Erstattet av:
			9380B	
Heravsnng:		Regning:		KT1.321.001.B09380

3D strømningsmodeller for komplekse fjellrom

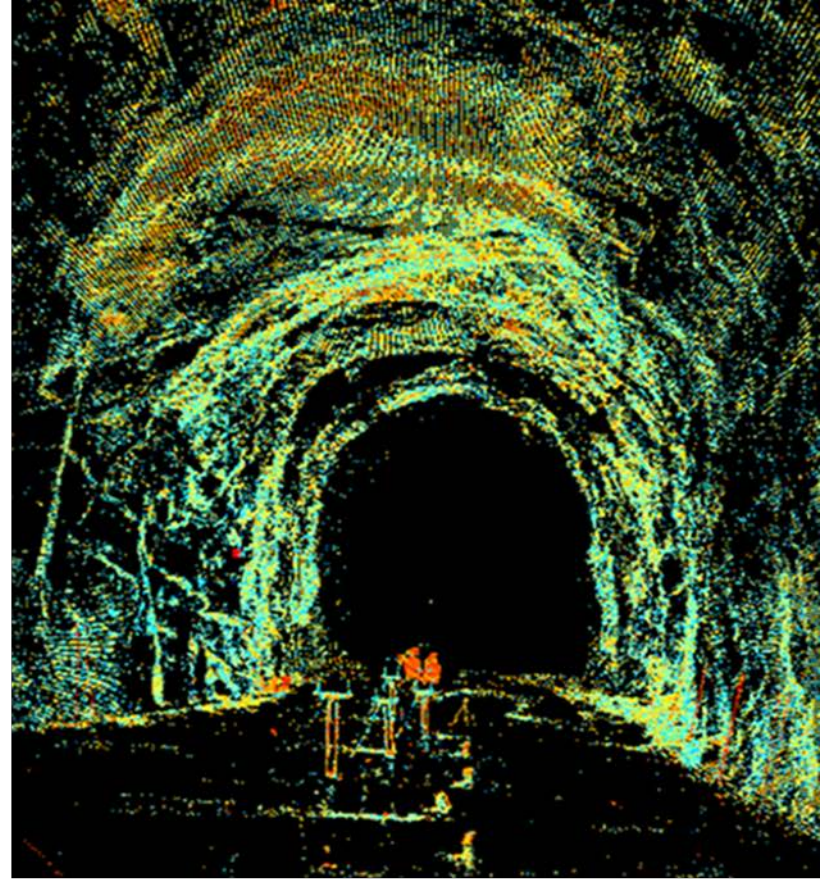
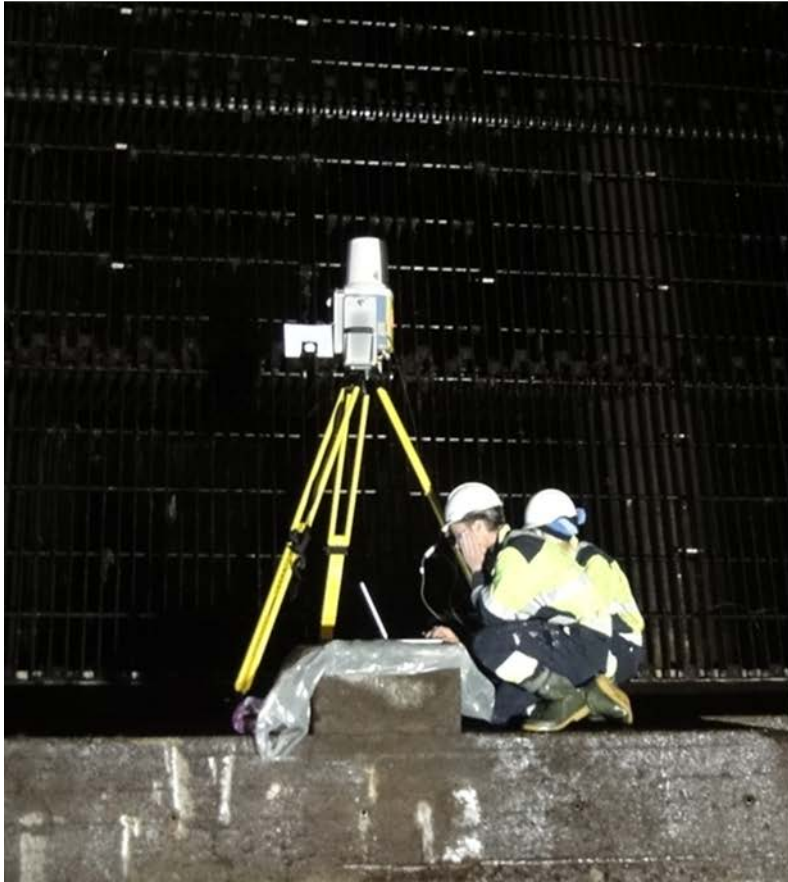


Bedre modeller for vannveiene krever bedre oppmåling

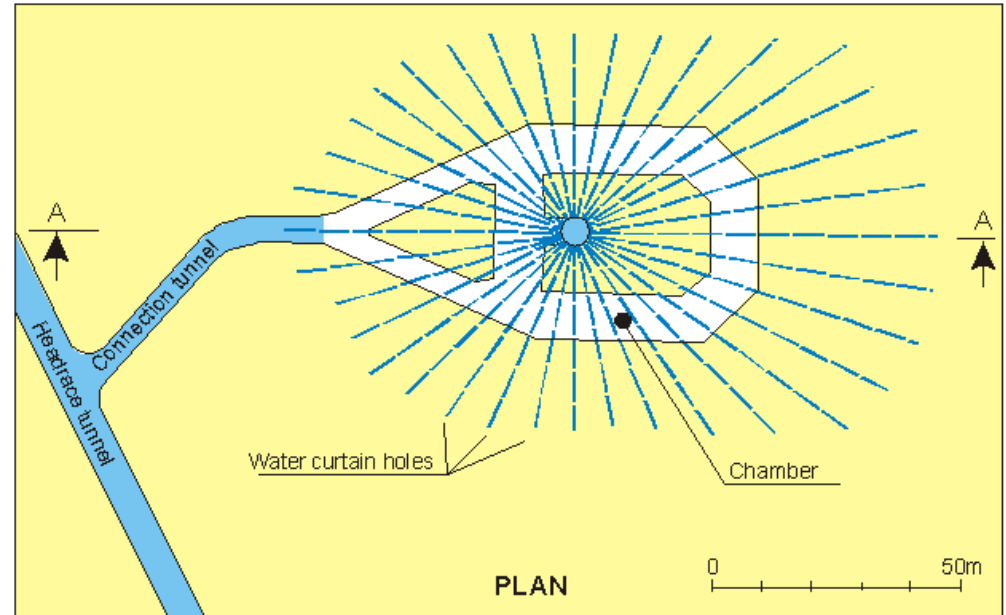
Nye metoder for oppmåling og 3D-modellering av komplekse vannveier

PhD Kari Bråtveit

Hovedcase: Tonstad kraftverk i Sira-Kvina



Svingekammer – Nøkkelen til stabil vannvei



Luftputekammer – støtdemper i vannvegen

Norskutviklet teknologi (fra 80-tallet)

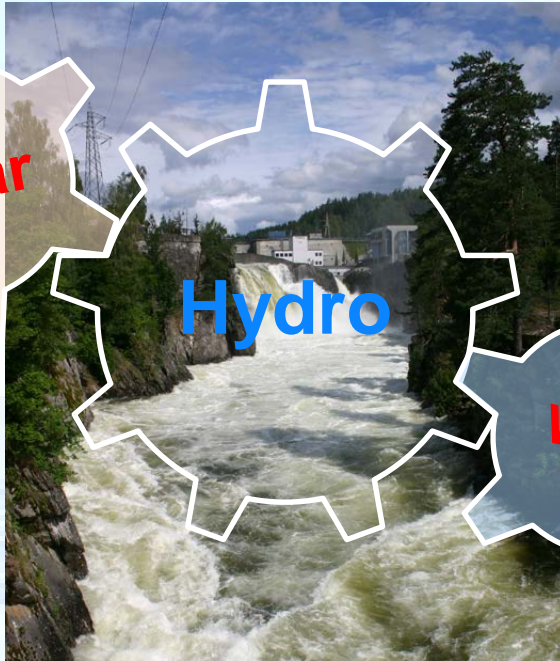
Lite brukt ute i verden hittil

Forskning og dokumentasjon nødvendig

PhD Kaspar Vereide NTNU/CEDREN

Fysisk og numerisk modellutvikling

Hydropower – Supporting other Renewables



CEDREN

Centre for Environmental Design of Renewable Energy

FME
CENTRE FOR
ENVIRONMENT-
FRIENDLY ENERGY
RESEARCH