

Velkommen til HydroCen fagutvalgsmøte

6. – 7.april 2022 – Trondheim
Senterleder Liv Randi Hultgreen



Program 6.april

Tidspunkt	Program	Foredragsholder
12:15	Velkommen og HydroCen status	Liv Randi Hultgreen
12:30	Smaksprøve fra årets masterstudenter: 5 x 5 minutter	
	Ombygging til pumpekraftverk	Marianne Aske
	Effektutbygging i Hallingdalsystemet	Håkon Veivåg Tveit
	Kontroll av Francis turbiner	Lena Rostad
	Generic Life-prosjektet	Helle Backer
	CFD-analyse av Francis-turbiner	Fabian Camillo Eitzen
13:00	Resultater fra forskninga: 4 x 15 minutter	
	DeGas	Ludwig Kuhn
	eDNA	Frode Fossøy
	FishPass & USA/Canada samarbeid	Ana da Silva
	Metoder og utstyr for holdbarhet av vannkrafttunneler	Henki Ødegård
14:10	Pause	
14:35	Resultater fra forskninga fra brukerpartnerens perspektiv: 2 x 10 minutter	
15:00	Kunnskapsbanken	Liv Randi Hultgreen
15:10	De nye prosjektene fra 2022: 7 x 8 minutter	
16:15	Kahoot og avslutning av faglig program	Liv Randi Hultgreen
18:00	Middag	

Program 6.april del 2

Tidspunkt	Program	Foredragsholder
12:15	Velkommen og HydroCen status	Liv Randi Hultgreen
12:30	Smaksprøve fra årets masterstudenter: 5 x 5 minutter	
13:00	Resultater fra forskninga: 4 x 15 minutter	
14:10	Pause	
14:35	Resultater fra forskninga fra brukerpartnernes perspektiv: 2 x 10 minutter	
	Verktøy for estimering av startkostnader hos Statkraft	Fredd Kristiansen
	Implementering og testing av ledegjerde hos Agder Energi	Svein Haugland og Inge Lines
15:00	Kunnskapsbanken	Liv Randi Hultgreen
15:10	De nye prosjektene fra 2022: 7 x 8 minutter	
	KELT2SEA – Nedvandring av vinterstøinger (kelts) – ny kunnskap for nye løsninger	Ana da Silva
	HydroFai - fair og inkluderende markeder med vannkraft	Michael Belsnes
	Markedspriser med forbedret beskrivelse av usikkerhet	Birger Mo
	Måltall for bærekraftig fleksibilitet fra vannkraft	Ellen Krogh Aasgård
	TwinLab II – Accelerating Digitalization of Hydropower Research	Ingrid Vilberg
	Digital overvåking av turbin og generator	Ole Gunnar Dahlhaug
	InSpillyFish - Øking av flomløpskapasitet med bedre vandringsløsningar for fisk	Leif Lia
16:15	Kahoot og avslutning av faglig program	Liv Randi Hultgreen
18:00	Middag	

Program fagutvalgsmøte 7.april

Tid	Tema			
08:30	Fagutvalgsmøte WP1 Vassbygget rom 315 Leif Lia	Fagutvalgsmøte WP2 Scandic Lerkendal Arne Nysveen	Fagutvalgsmøte WP3 SINTEF Energi Gløshaugen Birger Mo	Fagutvalgsmøte WP4 Scandic Lerkendal Line E. Sundt-Hansen



Status HydroCen 2022



Prosjekter;
fremdrift,
resultater

Tverrfaglig
arbeid

Open Calls
prosessen
høsten
2021

Fokus
fremover

FME HydroCen nøkkeltall – fra 2016 til 2022

Finansiert av HydroCen

- Masterstudenter: 308
- PhD and Postdoc-er: 26 (+7 nye planlagte), 16 har fullført
- Prosjekter: 22 faste, 35 kortvarige

Finansiert av andre kilder

- PhD and Postdoc-er: ~17
- Assosierte prosjekter: +41

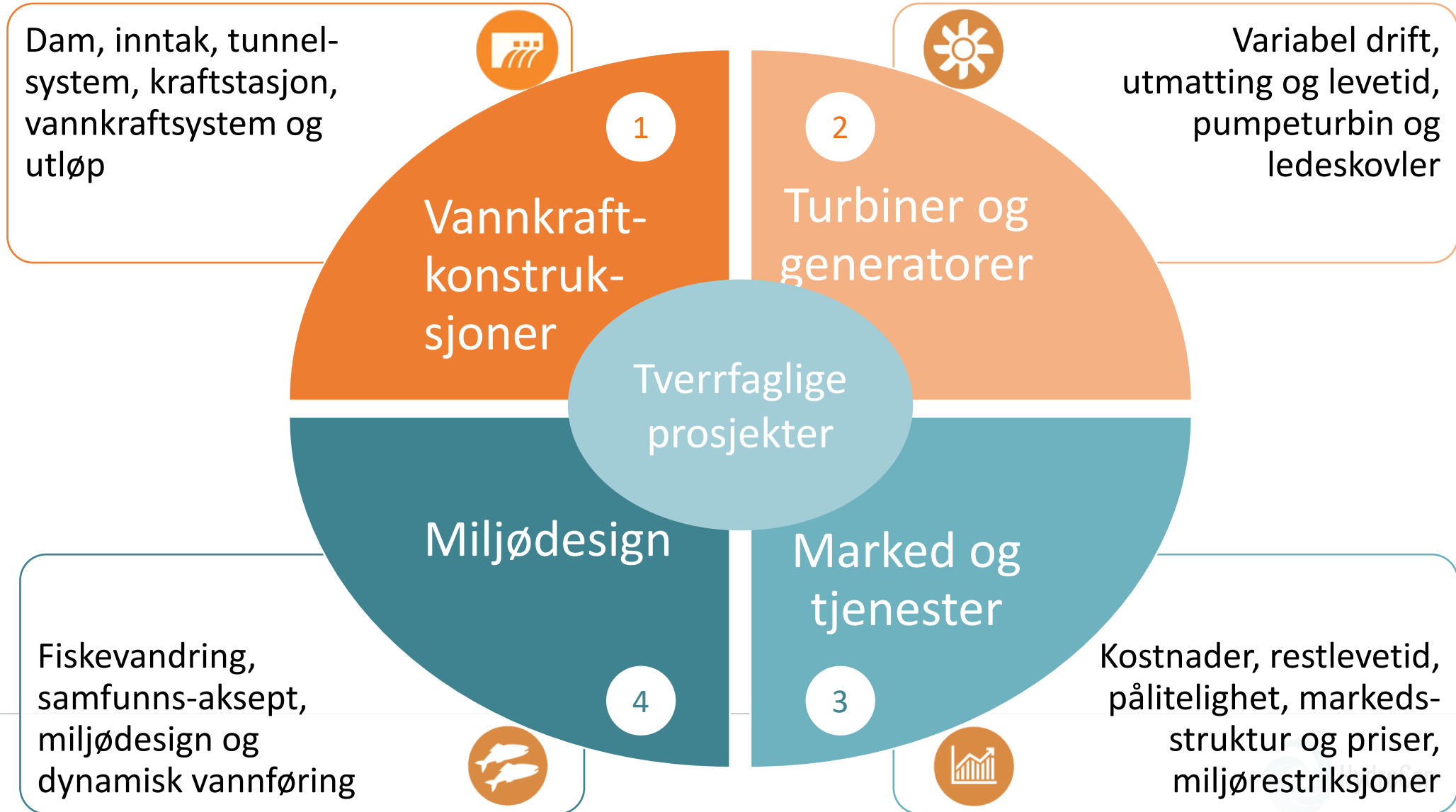
Publikasjoner

- Vitenskapelige publikasjoner: 123
- Konferanse-publikasjoner: +75
- Innlegg i offentlige media: +430
- PhD-avhandlinger: 12

Aktive forskere

- Forskere: ~90

Prosjekter og arbeidspakker



Kortvarige prosjekter i HydroCen

WP1 Hydropower structures

- MESMERISE
- RockDim
- Erosjonsikring oppstrøms på fyllingsdammer
- Funksjonsforbedring av eksisterende bekkeinntak
- Øking av flomløpskapasitet med bedre vandringssløysingar for fisk

WP2 Turbine and generators

- Peltonturbin Prototyp virkningsgradsmålinger
- Dynamisk belastning i vannkraftsystemer
- Digital overvåking av turbin og generator
- Analyse av lokale stabilitetsproblemer i vannkraftsdominerte systemer

WP3 Market and services

- Priser og modelleringsutfordringer i et 100% fornybart kraftsystem
- Måltall for vannkraftens reguleringsevne
- ✓ Electricity market models: A US-European review
- Penalties in ProdRisk
- HydroFai - fair og inkluderende markeder med vannkraft

WP4 Environmental design

- DynaVann
- ✓ FishPass Collaboration
- ✓ Artsmangfold i magasiner
- ✓ Miljødesign i magasiner
- Gytefisk - Effektivt antall gytefisk i laksebestander
- FishPath
- Nedvandring av vinterstøinger (KELT2SEA)
- Miljø-DNA som nytt verktøy for taksonomisk evaluering

Tverrfaglige prosjekter

- TwinLab I og II
- PotOut
- Digitalisering
- Måltall for bærekraftig fleksibilitet fra vannkraft

Fremdrift og resultater

- God fremdrift i alle prosjekter, forskerne kan reise igjen, forskere fra utlandet kan komme til Norge igjen.
- Flere prosjekter fullføres, og mange PhD-er fullføres.
- 11 nye prosjekter har oppstart i 2022, i alt 7 nye PhD-er og Postdoc-er skal starte i 2022.
- Mye fokus på formidling!

Kraftkaos fordi det grønne skiftet er i puberteten



7. desember 2021

Når vi i disse dager diskuterer strømpris og kraftkabler, må vi huske at vi står oppe i en grønn omstilling som det vil ta



Vannkraftverket Nedre Leirfoss i Trondheim. Foto: SINTEF

Wiki for fiskevennlig vannkraft

Utbygging av vannkraft må skje på naturens premisser. Nylig lanserte forskere fra SINTEF en nettside med tiltak, metoder og verktøy for vannkraft på fiskens premisser.

TEKNISK SETT

Podkast fra NTNU: Hvordan klemme mer ut av vårt fornybare kraftsystem

Det er mer elkraft å hente ved oppgradering av det vi har, litt mer utbygging og stor satsing på havvind.



Kraft: Ole Gunnar Dahlhaug er professor ved NTNU's Fakultet for ingeniørfag og Institutt for energi- og prosesssteknikk. Foto: Odd Richard Samdal

ODD RICHARD VALMØT RØKSTEN 15. DES. 2020 - 14:01

Facebook Twitter LinkedIn

forskning.no Kultur Helse Miljø Samfunn Teknologi Naturvitnen Podcast Nyhetsbrev +



Dimensjonene er store i tunnelssystemene ved Torstad kraftverk, som er Norges største. Det avsettes så mye sand og grus at gravemaskiner og lastebærere må til for å få fjernet sedimentene. (Foto: Kaspar Vereide)

Slik unngår vannkraftverkene sand i maskineriet

Stein og grus som skader turbinene er et stort problem for norske vannkraftverk. En diger felle av betong ser ut til å være et effektivt tiltak.

Følg oss: [https:// www.hydrocen.blogg](https://www.hydrocen.blogg)



Tverrfaglige grupper

- Mandat for gruppene:
 - Øke forskningsaktiviteten innenfor de tverrfaglige temaene
 - Være forum for utveksling av informasjon om de tverrfaglige temaene
 - Generere ideer til nye prosjekter
- God aktivitet i gruppene i 2021, fikk frem flere tverrfaglige prosjekter til Open Calls søknadsrunden.
- Klimagruppen jobber med å ta frem ideer til et nytt prosjekt på klima og vannkraft ilt 2022.
- Tverrfaglige grupper og gruppeledere:
 - **Fleksibilitet:**
Ellen Krohn Aasgård, SINTEF Energi
 - **Digitalisering og drift:**
Maren Istad, SINTEF Energi
 - **Miljøteknologi og miljødesign:**
Line Sundt-Hansen, NINA
 - **Klimaeffekt:**
Tor Haakon Bakken, NTNU

Open Calls prosessen høsten 2021

- Frie forskningsmidler fra «Open Calls» er midler som er satt av til initiering av nye prosjekter med ekstern finansiering i HydroCens 8-års levetid.
- HydroCen hadde søknadsrunde høsten 2021, der 11 søknader av 32 innkomne ble innvilget midler.
- Høringsgrupper var fagutvalgene, Scientific Committee, de tverrfaglige gruppene, WP-lederne og ledergruppen.
- Besluttende vedtak ble gjort av styret i desember 2021.

Vedtatte nye prosjekter fra 2022

Prosjekttittel	Tidsramme	Budsjett kNOK
TwinLab II – Accelerating Digitalization of Hydropower Research	Jan-Des 2022	1 200
Forprosjekt: Effektiv funksjonsforbedring av eksisterende bekkeinntak	Jan 2022-Des 2023	500
eDNA-SUSTAIN - Bruk av miljø-DNA som et nytt verktøy for bred taksonomisk evaluering av bærekraftig system-drift i vannkraftindustrien	Jan 2022 - Des 2023	1 500
InSpillyFish - Øking av flomløpskapasitet med bedre vandringsløsninger for fisk	Jan 2022 – Des 2024	4 600
Digital overvåkning av turbin og generator	Feb 2022 – Jan 2025	3 300
HydroFai - fair og inkluderende markeder med vannkraft	Jan 2022 - Mar 2023	800
Måltall for bærekraftig fleksibilitet fra vannkraft	Jan 2022 – Des 2023	1 000
Nedvandring av vinterstøinger (kelts) – ny kunnskap for nye løsninger (KELT2SEA)	Feb 2022 - Des 2024	3 000
Markedspriser med forbedret beskrivelse av usikkerhet	Jan - Des 2022	600
Analyse av lokale stabilitetsproblemer i vannkraftsdominerte systemer	Okt 2021 - Aug 2022	250
Klima-prosjekt	2022	500

Fordeling av prosjekter på WP og samarbeid

Prosjekt	WP1	WP2	WP3	WP4	Industri-støtte	USA-samarb
TwinLab II					IN IN	
Funksjonsforbedring av bekkeinntak					IN	
eDNA-SUSTAIN					IN IN IN IN	
InSpillyFish					IN IN IN	
Digital overvåkning av turbin og generator					IN IN	
HydroFai					IN IN	US
Måltall for bærekraftig fleksibilitet fra vannkraft					IN IN IN	
KELT2SEA					IN	US
Markedspriser med forbedret beskrivelse av usikkerhet					IN IN	US
Lokale stabilitetsproblemer i vannkraftsdominerte systemer					IN	

Fokus fremover

- Fullføre planlagte aktiviteter
- Formidle resultatene fra forskningen til alle partnerne
- Bygge opp Kunnskapsbanken med resultater – helst i samarbeid med industri-partnerne våre – fokus på nyttiggjøring av resultater
- Sette i gang nye prosjekter i 2022 – fokus på strategiske forskningsområder og tverrfaglig samarbeid

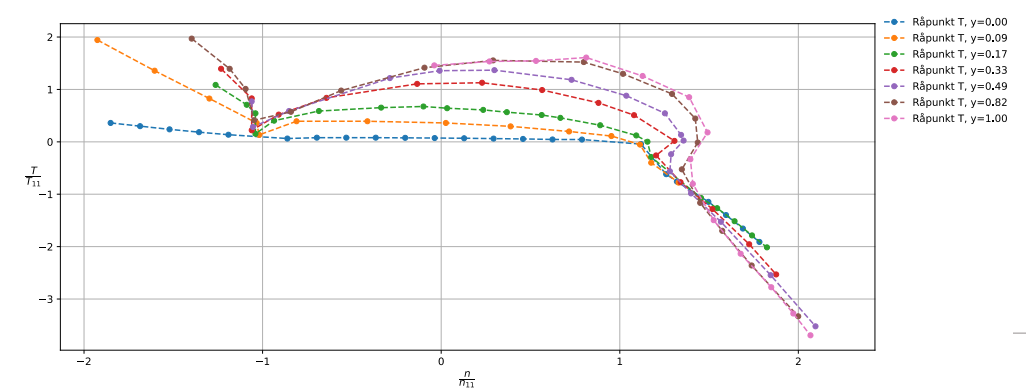
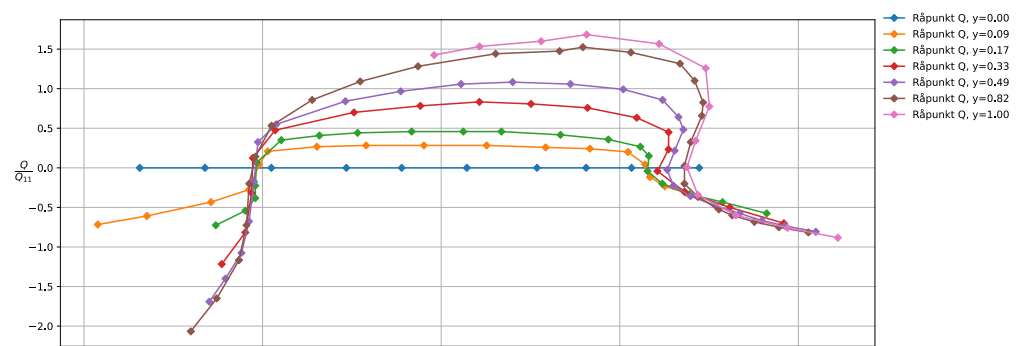
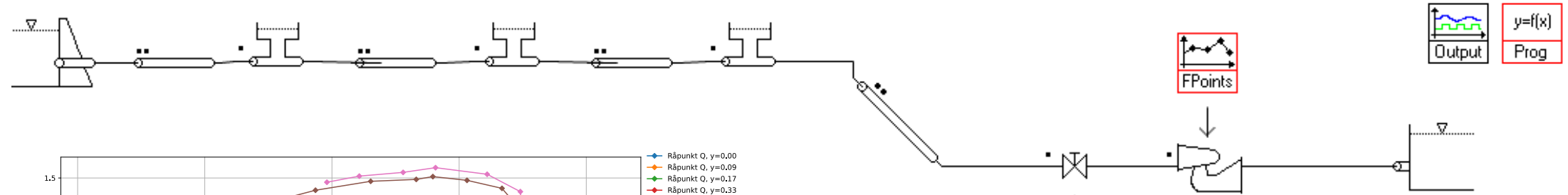


Smaksprøve fra årets masterstudenter

Ombygging til pumpekraftverk, Marianne Aske
Effektutbygging i Hallingdalsystemet, Håkon Veivåg Tveit
Kontroll av Francis turbiner, Lena Rostad
Generic Life-prosjektet, Helle Backer
CFD-analyse av Francis-turbiner, Fabian Camillo Eitzen

Ombygging til pumpekraftverk

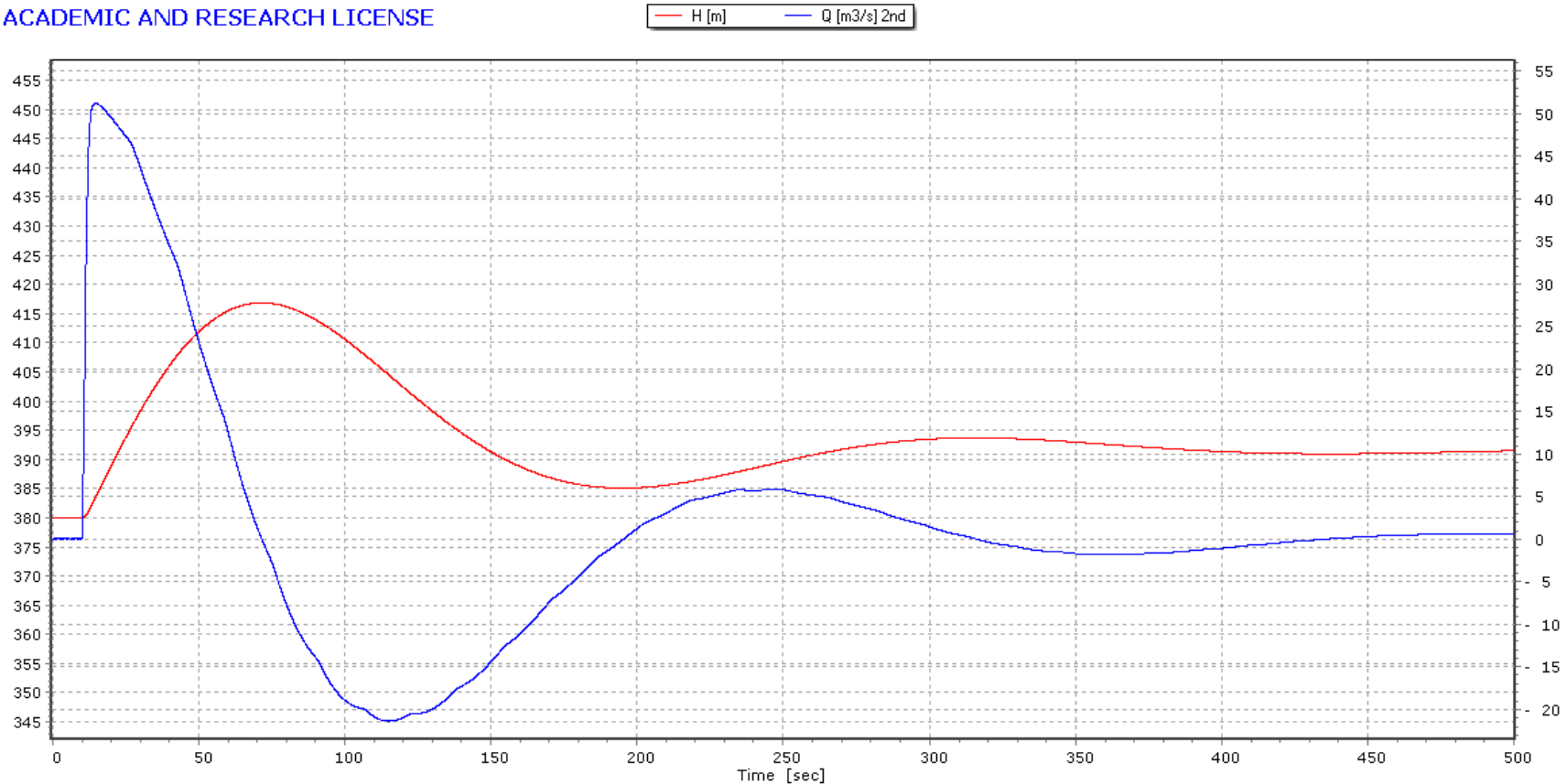
- ved Marianne Aske



Numerisk modellering av reversibel pumpe turbin hvor eksisterende turbin er byttet ut med en reversibel pumpe turbin.

Trykkehøyde og vannføring i svingekammeret i Suldal I

ACADEMIC AND RESEARCH LICENSE

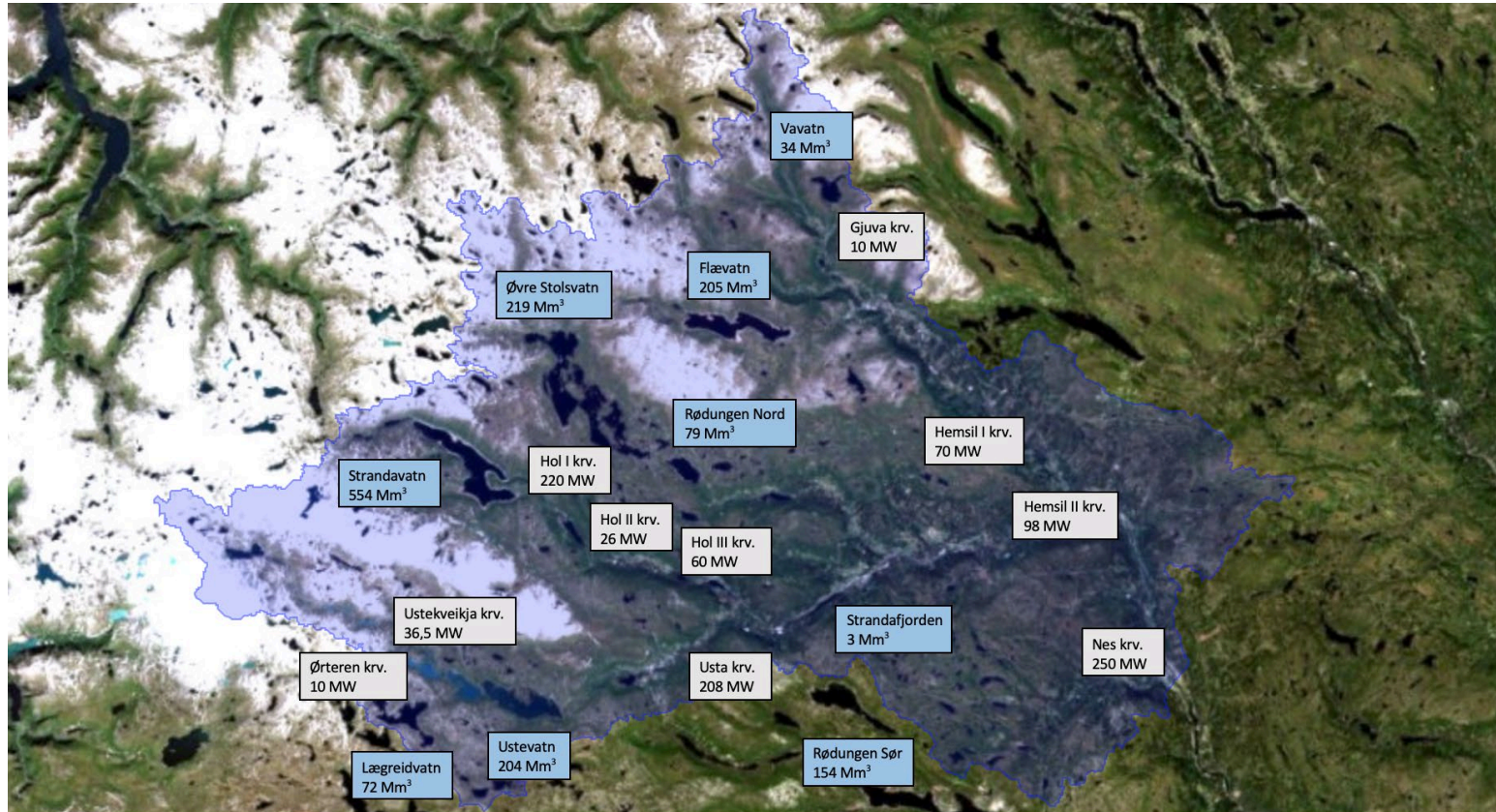


Svingegrense på eksisterende svingekammer er 391 moh, som er 60 m under simulert oppsving.

Utfordringer knyttet til ombygging

- Avløpstunnelen er plassert høyt i nedre magasin
- Løpehjul for pumping er større enn løpehjul for turbin
- Turbinen er ofte ikke dykket tilstrekkelig til å fungere som RPT
- Svingsjaktene ligger ofte for lavt i terrenget til å tåle økning i trykkehøyde grunnet pumping
- Høy brukstid gjør det krevende å gjennomføre ombygging
- Trange tunneler -> høyt falltap dersom ombygging med effektøkning
- Manglende sandfang og svingekammer i nedre tilløpstunnel
- Stor forskjell i løftehøyde og trykkehøyde
 - Vanskelig å dimensjonere turbiner med høy virkningsgrad
- Nedfall i tunnelsystemet pga hyppige trykkendringer

AlternaFuture – Oppgradering av tunnelsystem og vasskraftverk



Håkon Veivåg Tveit
Målet for prosjektet er å oppnå ei tredobling av effekten i vassdraget.

Metode

Nyttar «spelekort»

Spelekorta blir delt i fire kategoriar:

- A. Ombygging av eksisterande
- B. Nye pumpekraftverk
- C. Nye effektkraftverk
- D. Nye installasjonar

Forslaget blir simulert i nMag2004.

Kostnadsgrunnlag for vannkraft.

Kategori B – Pumpekraftverk

B.2

Strandavatnet pumpekraftverk - Stor

Designprinsipp: Pumpekraftverk

Byggekostnad: 3090 MNOK

Effekt: $P_{\text{prod.}} = 750 \text{ MW}$

$P_{\text{pump}} = 750 \text{ MW}$

Turbintype: Vertikal pumpeturb.

Brutto fall: $H_0 = 560 \text{ m}$

Eining: 3x290 MVA

Vassføring: $Q_{\text{prod.}} = 150 \text{ m}^3/\text{s}$

Frekvenskonv.: 3x290 MVA

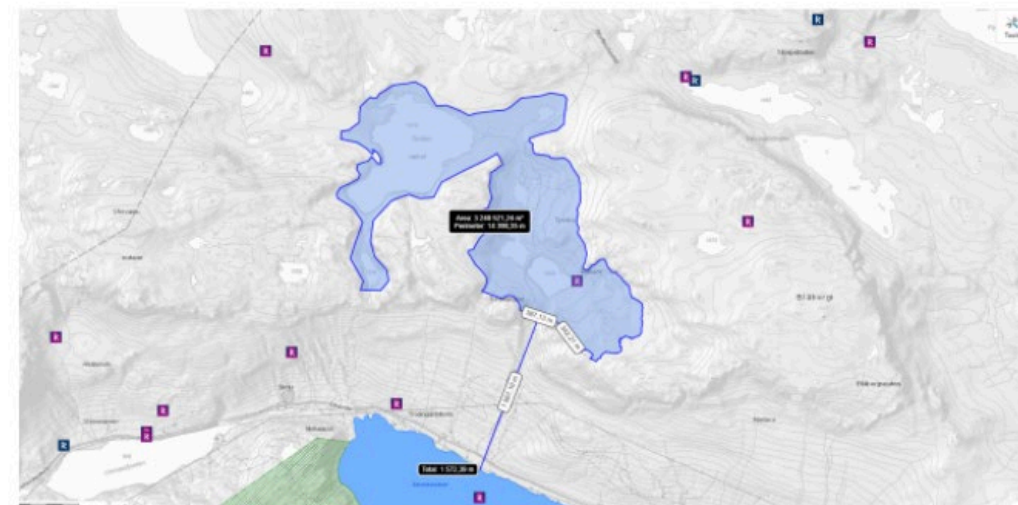
$Q_{\text{pump}} = 142 \text{ m}^3/\text{s}$

Pumpestart: Frekvenskonverterer

Tunnellengde: $L = 1,6 \text{ km}$

Turtal: 375

Tverrsnittsareal: $A = 70 \text{ m}^2$

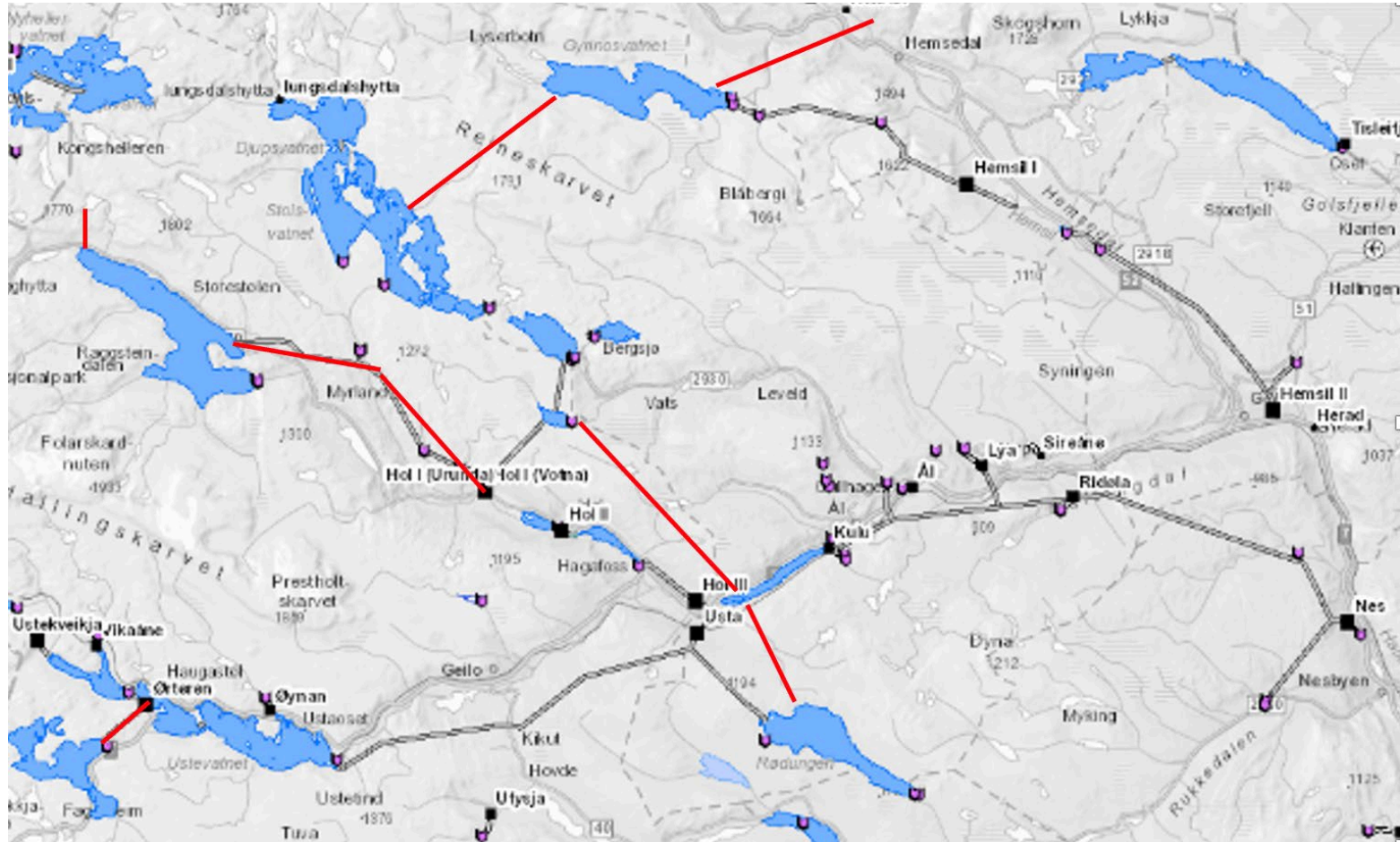


Foreløpige resultat

Ser på 4 scenarier

1. Tredobling i parallell
2. Overføringer til Hol
3. Lya kraftverk
4. Aking av flaskehalsen.

Lovande resultater!



Kontroll av francisturbiner

Ved Lena Rostad

Implementering av en regulator på Francis-testriggeren ved
Vannkraftlaboratoriet

Veileder: Pål-Tore Storli

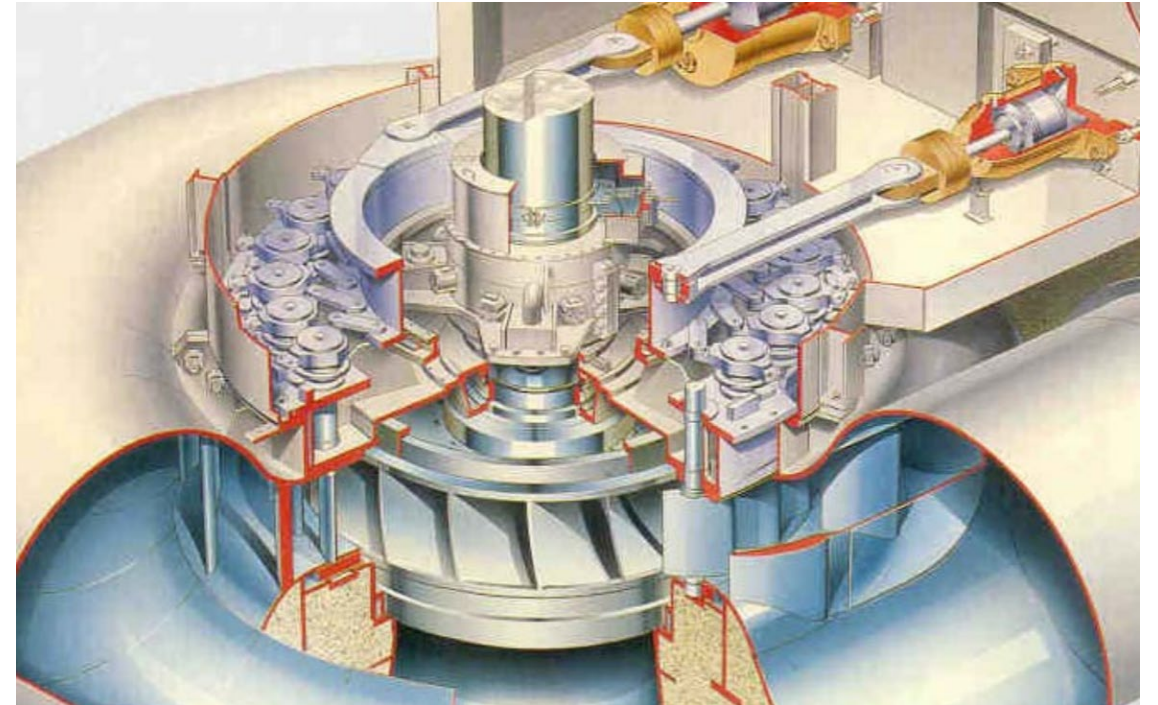
Medveileder: Truls Edvardsen Aarønes

Mål:

Kunne bruke francisturbinen på Vannkraftlaboratoriet som en francisturbin i et ekte vannkraftverk.

Regulering av francisturbin

- Regulator ønsket for å endre vanngjennomstrømning automatisk
- Lineær aktuator i dag, manuell
- Må produsere mengden effekt som trengs, og holde frekvensen stabil
- Høykvalitets regulering
- Regulatoren endrer ledeskovlåpning
- PID, trykkoljeanlegg og servomotor koblet til ledeapparatet



Optimalt tidspunkt for utskiftning av turbin

Målet er å finne optimalt investeringstidspunkt for en turbinutskiftning ved bruk av realopsjonsanalyse under pris- og sviktusikkerhet.



Helle Backer
Industriell økonomi og
teknologiledelse

Strategi &
Energi og miljø



Maria Fjelltun Dalvik
Industriell økonomi og
teknologiledelse

Finans &
Energi og miljø



Sølvi Herabakka
Industriell økonomi og
teknologiledelse

Finans &
Energi og miljø

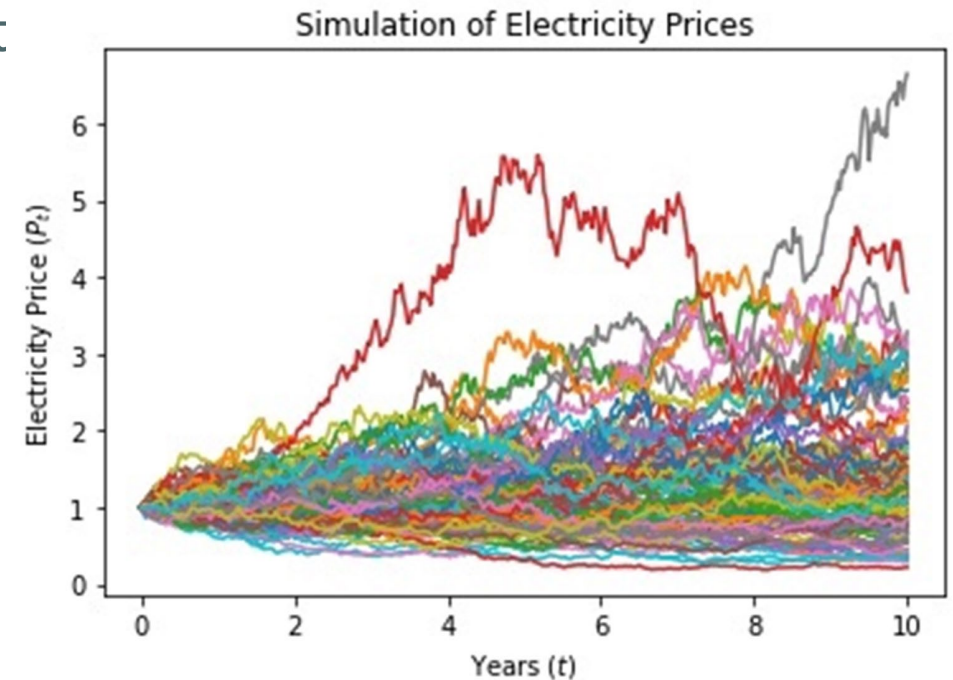
Optimalt tidspunkt for utskiftning av turbin

Bakgrunn

- Økt etterspørsel av elektrisitet og fleksibilitet
- Mye av dagens vannkraft er bygget på 60-80-tallet
- NVE¹: Bytte av turbinene fra 1970 → 2,1 TWh
- Uforutsett svikt er svært kostbart

Usikkerhetsfaktorer

- Strømpriser
- Degradering og levetid

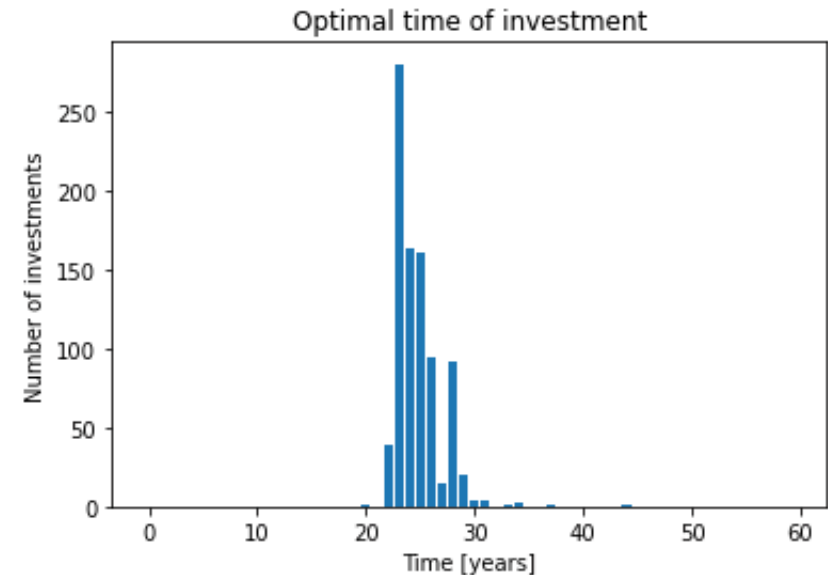


¹ Henriksen, M. E., Wahl, N. M., Veie, C. A., Arnesen, F. (2020) Turbinoppustinger kan øke produksjonen I norske vannkraftverk med fire terawattimer. *NVE Fakta: Teknologianalyser 2020*. Nr. 3/2020.

Optimalt tidspunkt for utskiftning av turbin

Metode

- Simulerer usikkerhetsfaktorene
 - Elpriser: geometric Brownian motion
 - Degradering og levetid: EBL-tilstander + gammafordeling
- Realopsjonsanalyse
 - Vurderer verdien av å utsette investeringen
 - Beregner det numerisk vha Least Square Monte Carlo



Forventede resultater

- Forventer at elektrisitetsprisen påvirker investeringsbeslutningen mest
- Risikoen for svikt vil sette en øvre grense for en reinvestering

Numerisk strømningsanalyse av en Francis turbin under nedstenging

Målet:

- Kartlegge utvikling av turbulent strømningsfelt og den dynamiske belastningen på skovlene ved bruk av CFD



Fabian Camillo Eitzen

Produktutvikling og produksjon

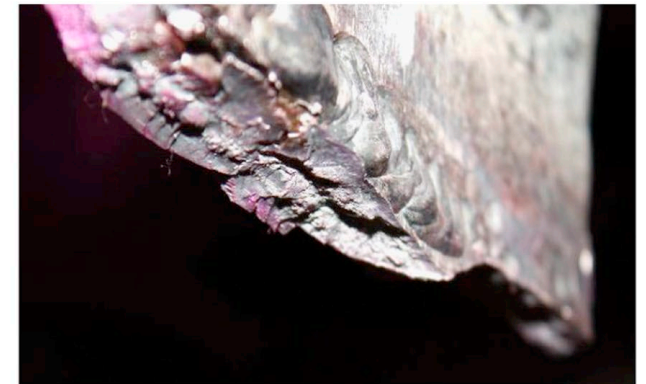
Industriell mekanikk

Veileder: Chirag Trivedi, NTNU

Numerisk strømningsanalyse av en Francis turbin under nedstenging

Bakgrunn

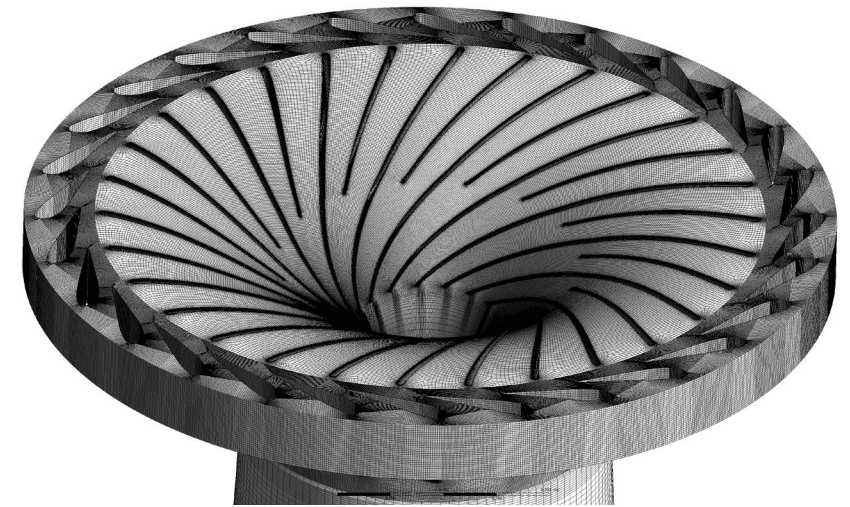
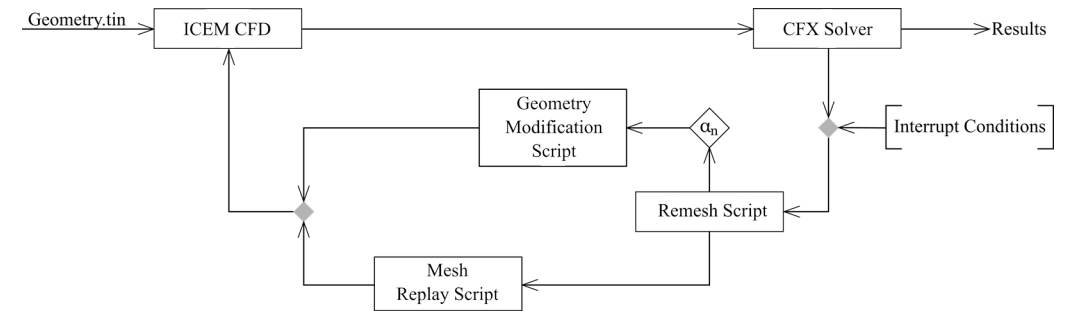
- Økning i turbinoperasjoner utenfor best punkt
- Dynamisk lastpåkjenning fører til utmattelsesbrudd
- Ønske om optimaliserte nedstengingsprosedyrer for å redusere lastpåkjenningen.



Numerisk strømningsanalyse av en Francis turbin under nedstenging

- Metode

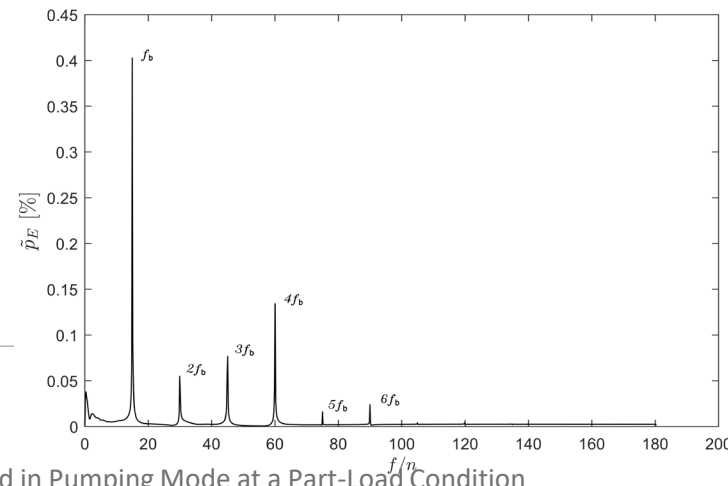
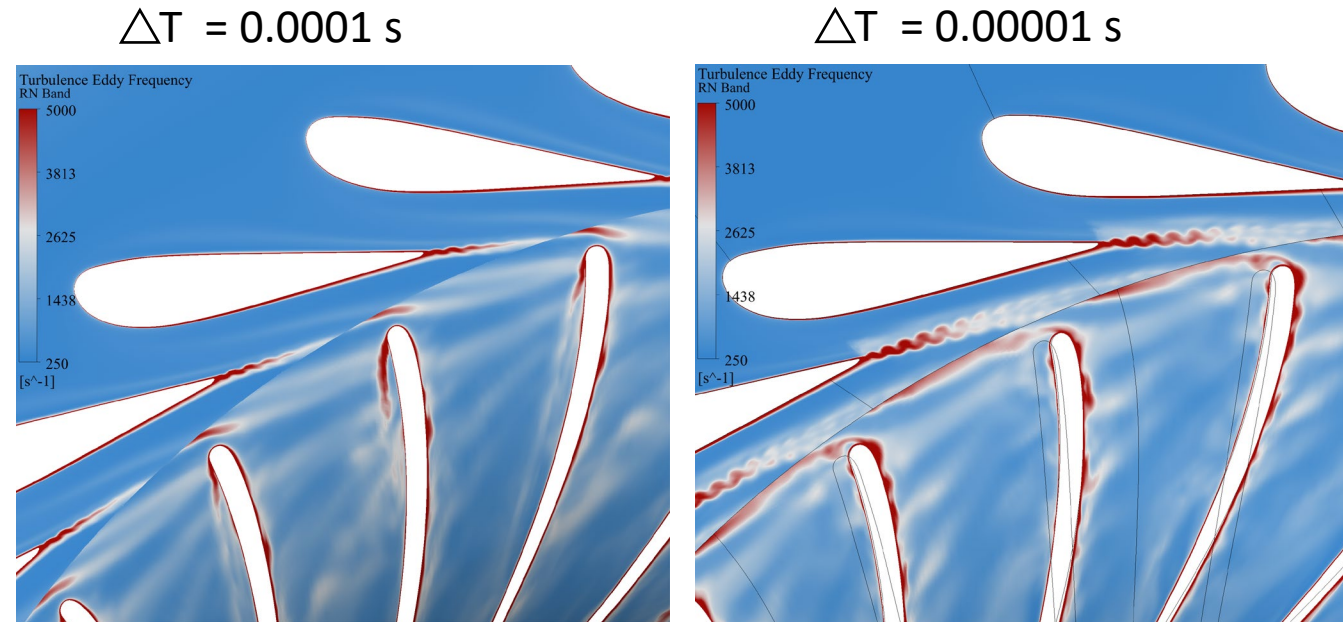
- Numerisk strømningsanalyse ved bruk av Computational Fluid Dynamics
- Transient simulering med dynamisk mesh motion
- Bruk av programkontrollert kode for Remeshing – beholde numerisk nøyaktighet under mesh motion



Numerisk strømningsanalyse av en Francis turbin under nedstenging

Utfordringer og resultater:

- Turbulens modellering – Large Eddy Simulation til Unsteady Reynolds-Averaged Navier Stokes
 - Modellering av kompleks turbulens i turbinen
 - LES Mesh: 600 000 000 000 noder [2]
 - URANS: 2 000 000 – 20 000 000 noder
 - Kalkulasjonstid LES vs URANS
 - Dagens datateknologi
- Effekt av tidsdiskritisering på turbulens modelleringen
- Trykkpulsering fra Rotor-Stator interaksjon
- Strømningsseparasjon



Resultater fra forskninga

DeGas, Ludwig Kuhn

eDNA, Frode Fossøy

FishPass & USA/Canada samarbeid, Ana da Silva

Metoder og utstyr for holdbarhet av vannkrafttunneler, Henki Ødegård

Pause med beinstrekk og kaffe

Vi starter igjen 14:40



Program 6.april del 2

Tidspunkt	Program	Foredragsholder
12:15	Velkommen og HydroCen status	Liv Randi Hultgreen
12:30	Smaksprøve fra årets masterstudenter: 5 x 5 minutter	
13:00	Resultater fra forskninga: 4 x 15 minutter	
14:10	Pause	
14:35	Resultater fra forskninga fra brukerpartnernes perspektiv: 2 x 10 minutter	
	Verktøy for estimering av startkostnader hos Statkraft	Fredd Kristiansen
	Implementering og testing av ledegjerde hos Agder Energi	Svein Haugland og Inge Lines
15:00	Kunnskapsbanken	Liv Randi Hultgreen
15:10	De nye prosjektene fra 2022: 7 x 8 minutter	
	KELT2SEA – Nedvandring av vinterstøinger (kelts) – ny kunnskap for nye løsninger	Ana da Silva
	HydroFai - fair og inkluderende markeder med vannkraft	Michael Belsnes
	Markedspriser med forbedret beskrivelse av usikkerhet	Birger Mo
	Måltall for bærekraftig fleksibilitet fra vannkraft	Ellen Krogh Aasgård
	TwinLab II – Accelerating Digitalization of Hydropower Research	Ingrid Vilberg
	Digital overvåking av turbin og generator	Ole Gunnar Dahlhaug
	InSpillyFish - Øking av flomløpskapasitet med bedre vandringsløysingar for fisk	Leif Lia
16:15	Kahoot og avslutning av faglig program	Liv Randi Hultgreen
18:00	Middag	

Resultater fra forskningen fra brukerpartnerenes perspektiv

Verktøy for estimering av startkostnader hos Statkraft
Fredd Kristiansen

Implementering og testing av ledegjerde hos Agder Energi
Svein Haugland og Inge Lines

Kunnskapsbanken

Juliet Landrø
Liv Randi Hultgreen

www.hydrocen.no

De nye prosjektene i 2022

KELT2SEA – Nedvandring av vinterstøinger (kelts) – ny kunnskap for nye løsninger, Ana da Silva
HydroFai - fair og inkluderende markeder med vannkraft, Michael Belsnes
Markedspriser med forbedret beskrivelse av usikkerhet, Birger Mo
Måltall for bærekraftig fleksibilitet fra vannkraft, Ellen Krogh Aasgård
TwinLab II – Accelerating Digitalization of Hydropower Research, Ingrid Vilberg
Digital overvåkning av turbin og generator, Ole Gunnar Dahlhaug
InSpillyFish - Øking av flomløpskapasitet med bedre vandringsløsninger for fisk, Leif Lia

Kahoot

Med premie!

