KTH ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY

WP 2.3 Distributed Cold Storages in the District Cooling System

DC optimization opportunities with cold storages combining power-to-cold

Saman Nimali Gunasekara & Viktoria Martin

saman.gunasekara@energy.kth.se,viktoria.martin@energy.kth.se

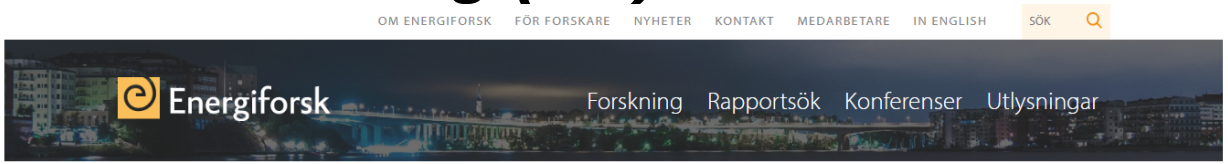
Ted Edén

Ted.Eden@norrenergi.se

Contents

- WP 2.3 Introduction
- WP 2.3 Activity Overview
- Re-cap from previous steps
  - Current state of DC and Cold Storage in Sweden
  - International inspirations of TES for DHC
- Progress:
  - DC network modelling and optimization (Case study: Norrenergi AB)
- Participation at IEA Annex 35 on Flexible Sector Coupling
- Concluding summary
- Upcoming steps

WP 2.3: *Distributed Cold Storage in District Cooling (DC)*



Termiska energilager | Om programmet | Organisation | Stormöte 30 januari | Illustrerande systembilder

PROJEKT

Distribuerade kyllager i fjärrkylanät

En ökad efterfrågan på kyla väntas i hela Europa också i Sverige. Det beror på ett varmare klimat, bättre isolerade byggnader och ett ökat krav på komfort. Vi vänjer oss vid ett behagligt klimat och tolererar inte stora variationer. Det här projektet handlar om hur kyllager ute i fjärrkylanäten kan bidra till en jämn och effektiv produktion av kyla som maximerar andelen naturlig kyla i systemet.

Målet är att med hjälp av modellberäkningar genomföra en utvärdering av hur olika lösningar för kyllager kan möta upp en ökad efterfrågan på fjärrkyla med en begränsad distributions- och produktionskapacitet, kan minimera behovet av reservkapacitet och kan kvalitetssäkra leveranser för prioriterade kunder.

Med hjälp av resultat från modellerna ska en optimal integration och strategier för drift av olika lagringsteknik beskrivas. Nyckelparametrar som används vid utvärdering av alternativen är exempelvis undviken topplasteffekt, antal MWh topplast per dygn och vad kostnaden är för dessa effekter. Vidare ska ett samhälleligt perspektiv undersökas eftersom effektbesparingar kan inverka direkt exempelvis på elsystemet genom kyllagrets möjlighet att absorbera överskottsel i systemet via produktions av kyla frikopplad från kylbehov.

Projektet utförs av KTH i samarbete med Norrenergi. Systemet för Norrenergis fjärrkyla blir är därför i första hand det nät som studeras. Resultaten kommer att presenteras med fokus på generaliserbarhet och flera leverantörer av fjärrkyla kommer att inkluderas i resultatanalys och syntes.

Resultaten ska kunna användas som underlag till strategiska beslut om integration av kyllager i fjärrkylasystem.

Projektet, som utförs av Viktoria Martin projektledare och Saman Nimali Gunasekara som är postdoc på KTH, ingår som ett delprojekt i *"Termiska energilager - lösningen för ett flexibelt energisystem"*, ett projekt som har beviljats medel av inom Energimyndighetens program TERMO. Projektet genomförs också i nära samarbete med övriga

Om projektet

PROJEKTLEDARE
Saman Nimali Gunasekara och Viktoria Martin, KTH

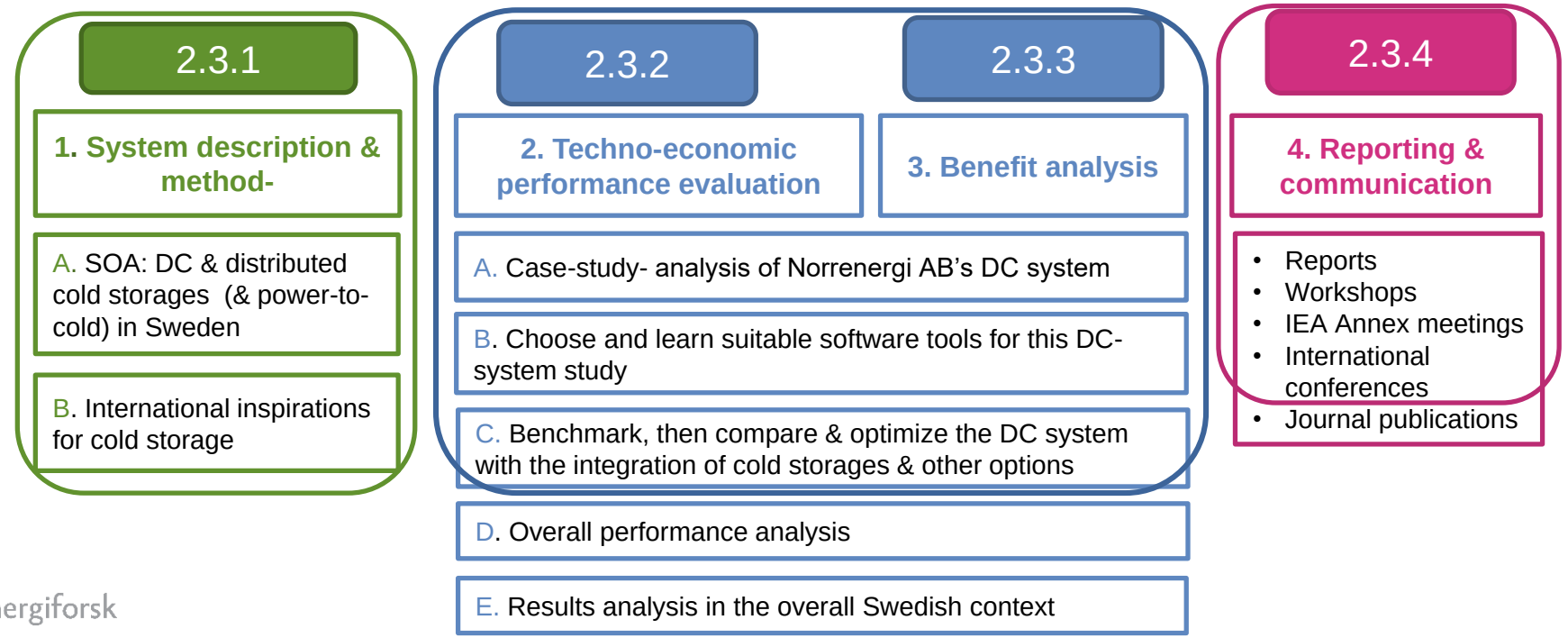
UPPDRAGSGIVARE
Energimyndigheten, Energiforsk och Norrenergi

BUDGET
3 562 500 kr

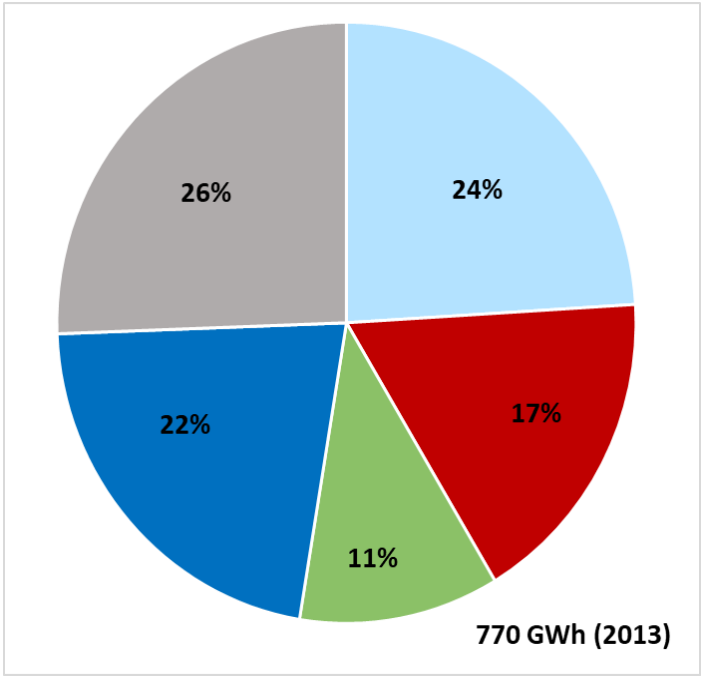
TID
maj 2018 - december 2020

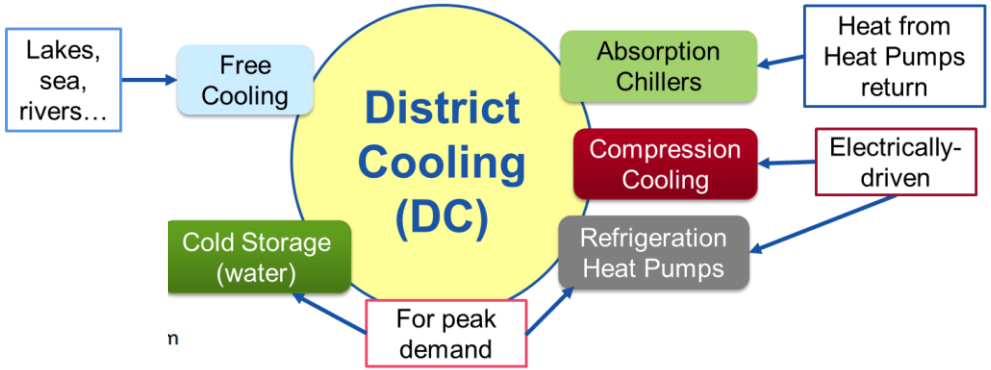
https://www.energiforsk.se/program/termiska-energilager/projekt/distribuerade-kyllager-i-fjarrkylanat/

WP 2.3 Distributed Cold Storage in DC
Activity Overview



Current State of Swedish District Cooling (DC)





- Free cooling
- Compression cooling
- Absorption cooling
- Other cooling solutions
- Heat pumps

Presented @ EUROTHERM

Shares of Technologies to produce DC in 2013

Source: Profu, “Sammanställd statistik över 2012 års fjärrvärmepriser.,” 2013

Cold Storages for District Cooling

	Cold Water Storages	Ice/Snow Storages
Natural caverns	- Stockholm exergy: 50 000 m^3, 55 MW, 0.4 GWh rock cavern storage (Hornsberg) - Feasibility of old rock caverns used for oil storage, e.g. in Stockholm	Sundsvall seasonal snow storage 70 000 m^3 (by 2011) 480 MWh
Other built storages	- Norrenergi AB: Solnaverket- 7000 m^3 (10 MW, 70 MWh) plans to add 15000 m^3 to Sundbybergsverket - …	Industrial ice storages (electrically-driven chillers)…

International Examples - Inspiration

The Pearl of Qatar

- Electrically driven chillers, 457 MW cooling capacity
- Can use water of poor quality (including sewage water)

Nagoya JR Station DHC

- Ice (phase change materials- PCMs) storage of 49 MWh
- Ice macro-encapsulated in plastic balls, 1226 m^3
- PtC peak shaving using night-time cheap electricity
- Adapted to scarce space limitations by design

Climaespaço DHC

- Partially-underground chilled water storage tank
- 15,000 m^3 (from a tri-generation plant), 35 MW cooling
- Less requirements of insulation

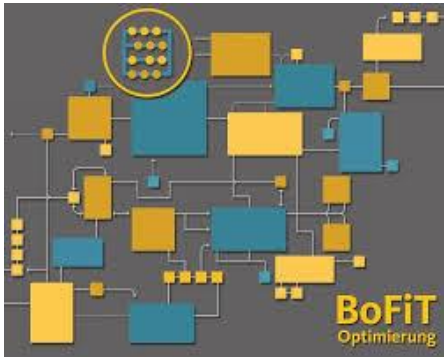
Enerstore PtC Berlin (SaltX-Vattenfall)

- Thermochemical heat storage (TCS) system: $CaO-H_2O$
- 10 MWh capacity, charging/discharging power 1/3 MW
- Using renewable intermittent electricity (e.g. from solar & wind) is expected

DC Optimization with Cold Storages (and Power-to-Cold): Case Study-Norrenergi AB

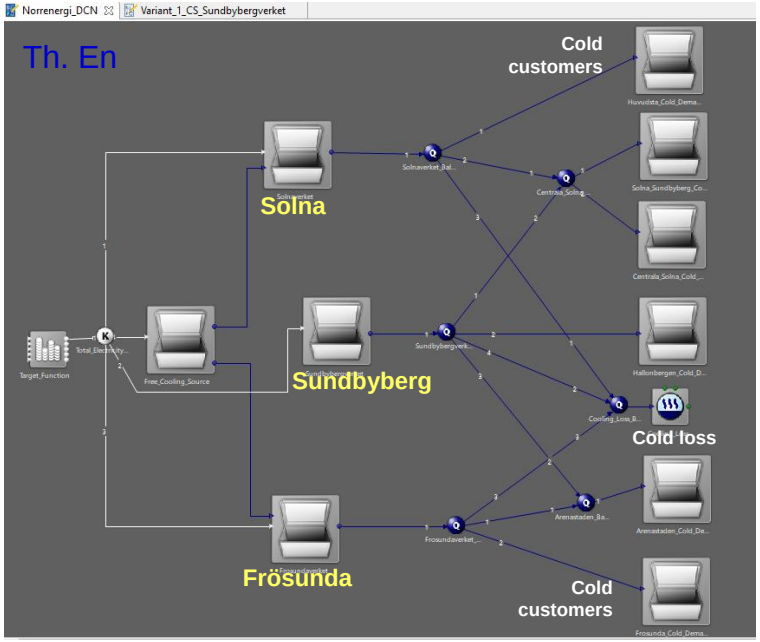
Modelling the DC system of Norrenergi AB

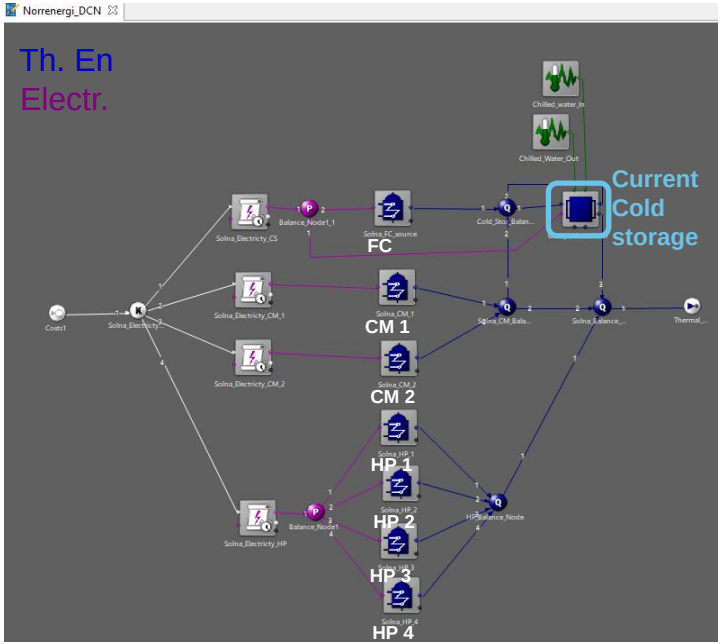
Software tool used:



With the help of the master's thesis student: Yifru Biramo

DC Network Modelling with Cold Storages- Base Case (System as of today)



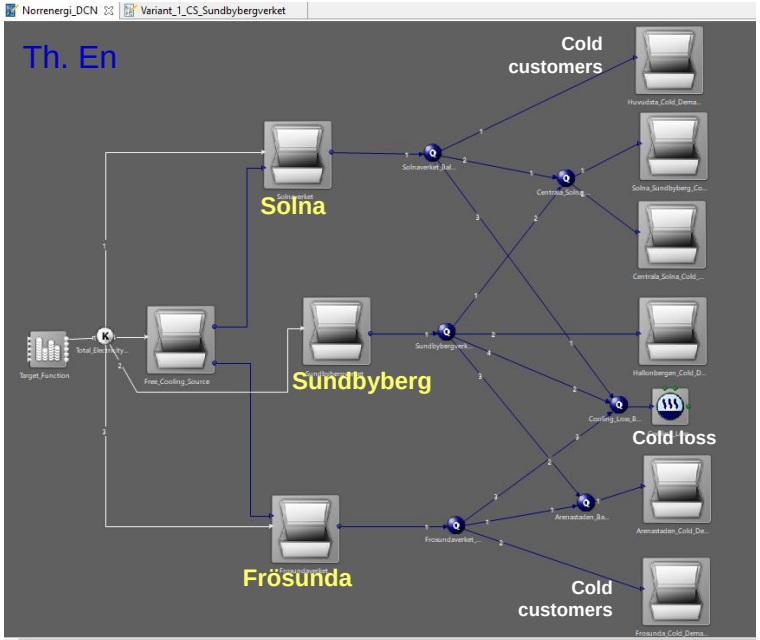


Norrenergi AB's DC network (Base case)
(BoFit - ProCom)

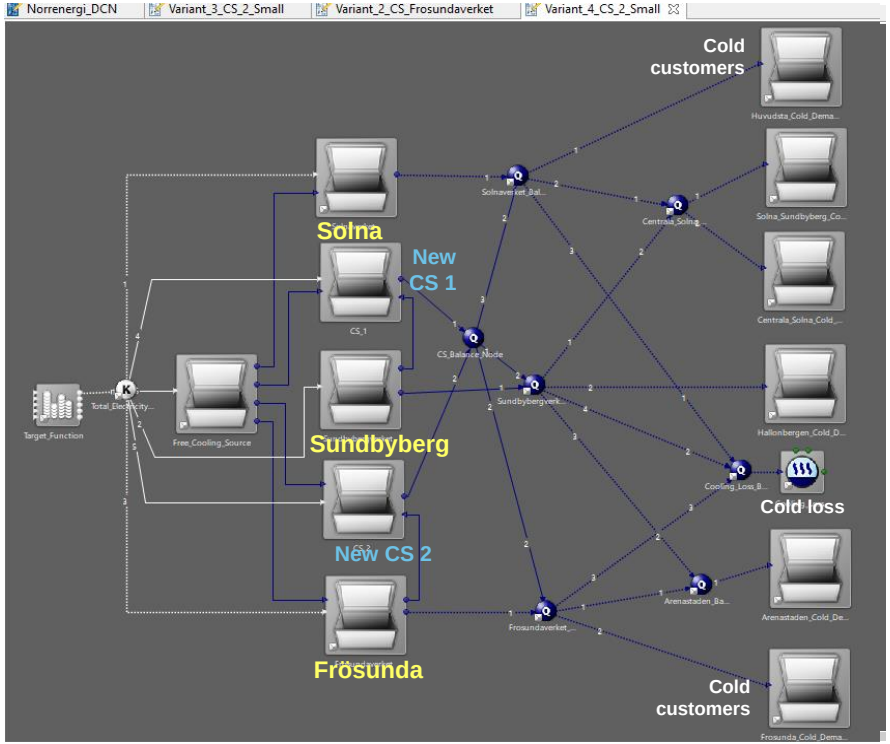
Power-to-cold

Yifru Biramo

DC Network Modelling with Cold Storages- Scenarios



Norrenergi AB's DC network (Base case)
(BoFit - ProCom)



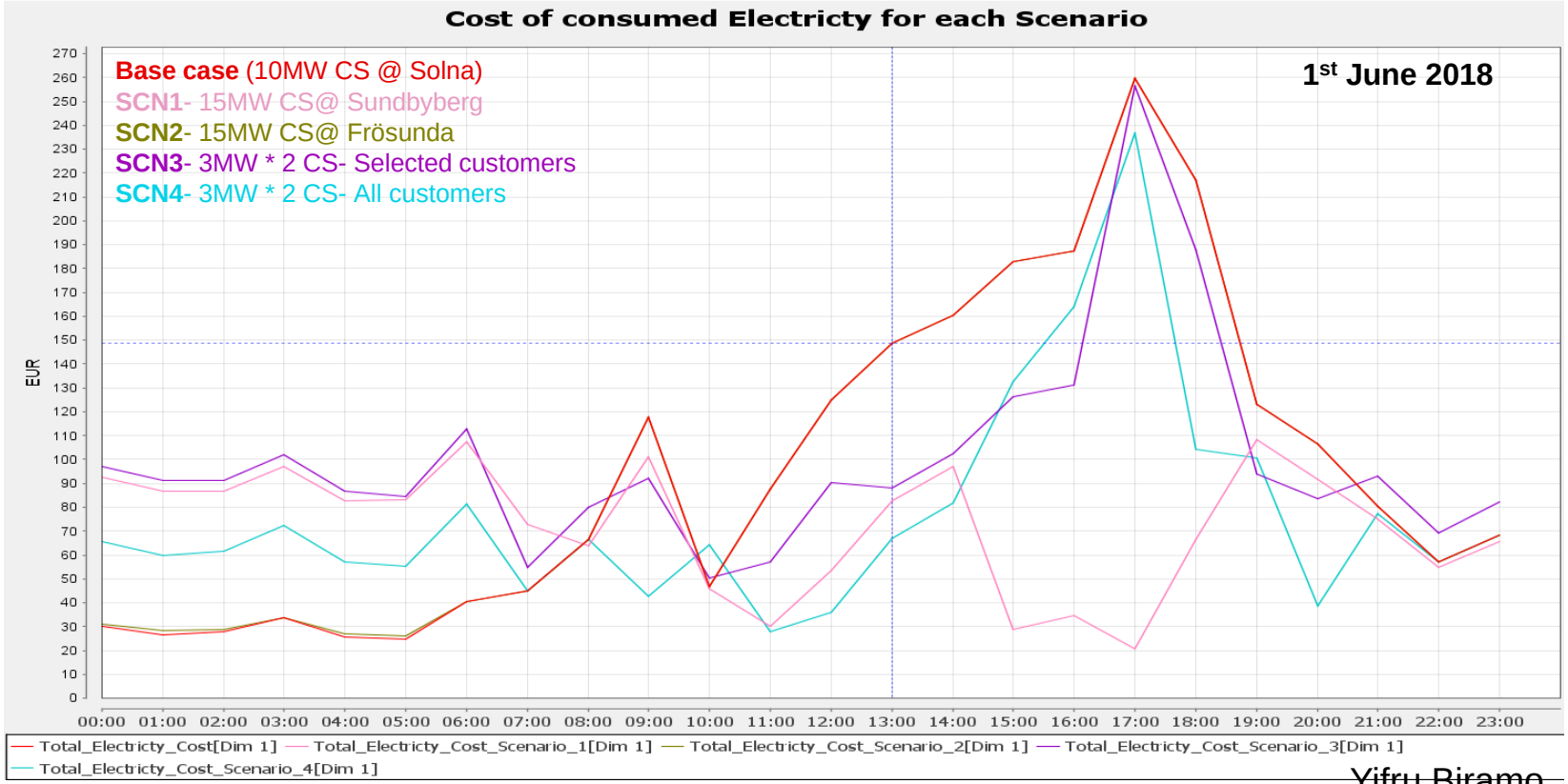
Scenario 4: 3 MW CS*2, All customers

Energiforsk

Swedish Energy Agency

Yifru Biramo

DC Network Modelling with Cold Storages- Scenarios…



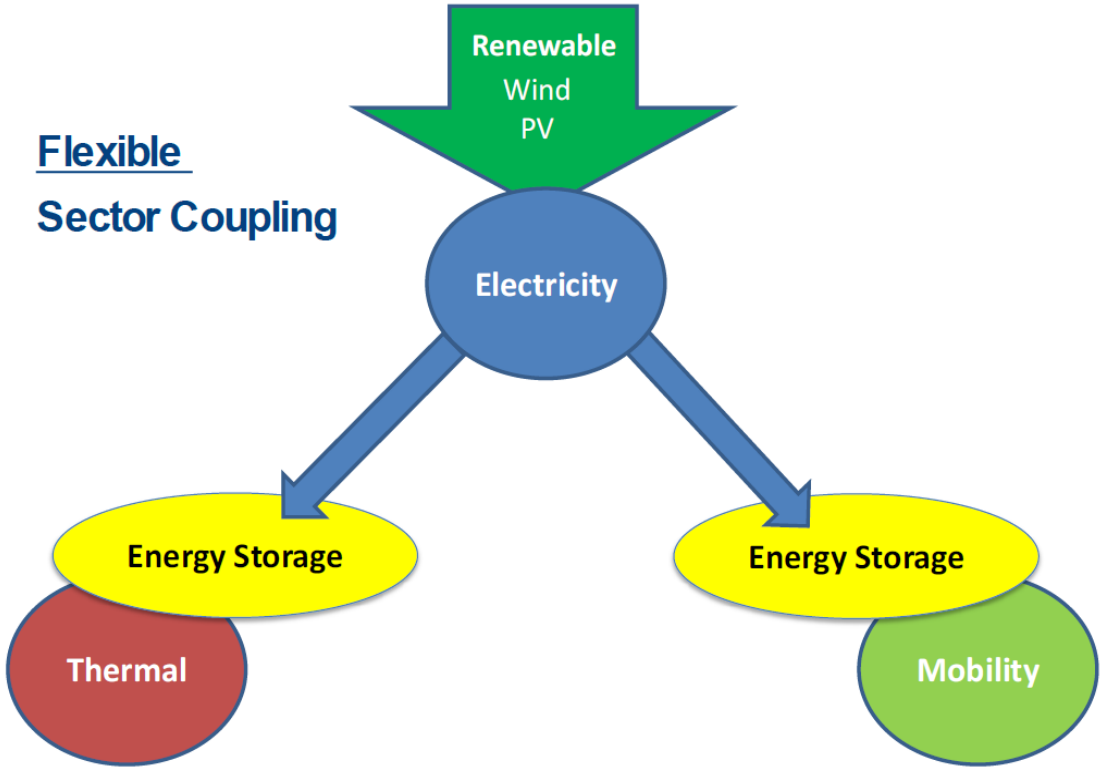
Yifru Biramo

Network Aspects of the Norrenergi DC Grid with Cold Storages

Continuation of the DC grid optimization work involving cold storages and Power-to-cold concept

- Initiated a new Master's thesis project: Zinar Bilek
- Together with Norrenergi AB: Ted Edén and Staffan Stymne
- Particularly on the distribution network aspects
- E.g. Analyze the exact placement of cold storages within the real grid, and their charging/discharging dynamics, possibly in-relation to grid temperatures and pressures
- Aiming to eliminate grid bottlenecks

IEA ECES (Energy Storage) Annex 35



Annex 35

Sources:
Annex 35 draft work plan &
https://iea-eces.org/events/kick-off-meeting-annex-35-flexible-sector-coupling-by-energy-storage-implementation/

IEA ECES (Energy Storage) Annex 35…

Subtask 1: *FSC Concept Development*

- Basic Concept of Flexible Sector Coupling (FSC)
- Put FSC in context of overall energy system transformation
- Distinction from Demand side management and other flexibility measures to emphasize focus on energy storage
- Identify bottlenecks in the legal framework hindering the deployment of energy storage in FSC
- Deliver white paper as living document reporting the progress of FSC concept development

ST1 leader- Coordination

Subtask 2: Configuration related storage technology specifications

- Collect existing and future storage applications in the context of sector coupling
- Characterize FSC storage configurations
- Identify promising applications for scenario analysis

Subtask 3: Local Energy System Design and Operation

- Energy system analysis on a local level (cities, districts/quartiers, buildings).
- Design and operational optimization of storages.
- Evaluation of the potential of flexible sector coupling on a local system level.

Subtask 4: National scale energy system analyses of FSC potential

- National energy system analysis of different scenarios
- Elaborating on the findings for the local level studies (ST 3) to scale up the use and consider a mix of such solutions
- Quantify potential of large scale FSC

e

age

ne

Through WP 2.3 work

Sources:
draft work plan &
g/events/kick-off-
5-flexible-sector-
coupling-by-energy-storage-
implementation/

Concluding Summary

- WP 2.3- Progress
  - Current Swedish status analysis of DC, Cold Storages & international examples
  - Ongoing techno-economic optimization of DC with cold storages (Numerical simulations with BoFit, Yifru Biramo) considering Norrenergi AB's DC grid
  - Next phase of techno-economic optimization focusing the grid-aspects (Numerical simulations, tool to be chosen, Zinar Bilek) considering Norrenergi AB's DC grid

- IEA ECES Annex 35 – Flexible Sector Coupling
  - Kick-off participation
  - Contributions planned through leading the ST1 and with WP 2.3 work to ST3 & ST4

Viktoria Martin
viktoria.martin@energy.kth.se
Saman Nimali Gunasekara
saman.gunasekara@energy.kth.se
Ted Edén
Ted.Eden@norrenergi.se



Upcoming Steps

- Finalization- optimization analysis of Norrenergi AB's DC supply with cold storages + power-to-cold (Yifru Biramo)
- Modelling and optimization of the thermal grid aspects of DC Norrenergi AB case (Zinar Bilek)
- Overall synthesis of the different DC optimization results on system-level and distribution network-level
- Identify and discuss general & overall conclusions
- Communication of findings (conference & journal manuscripts, IEA Annex 35)

Viktoria Martin
viktoria.martin@energy.kth.se
Saman Nimali Gunasekara
saman.gunasekara@energy.kth.se
Ted Edén
Ted.Eden@norrenergi.se