

TERMO

FRAMTIDENS VÄRME OCH KYLA



Energimyndigheten

Termodagen 2023

Torsdag 19 oktober 2023

Index

Bild 3:

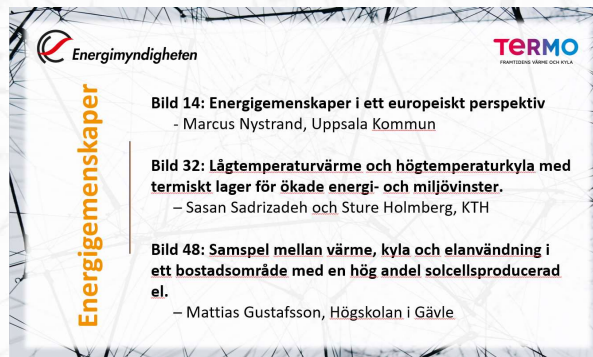


Energimyndigheten TERMO
FRAMTIDENS VÄRME OCH KYLA

**Värme och kylas roll i energiomställningen:
Scenarier 2040– 2045**

Åsa Forsum, Energimyndigheten

Bild 12:



Energimyndigheten TERMO
FRAMTIDENS VÄRME OCH KYLA

Energigemenskaper

- Bild 14: Energigemenskaper i ett europeiskt perspektiv
– Marcus Nystrand, Uppsala Kommun
- Bild 32: Lågtemperaturvärme och högtemperaturkyla med termiskt lager för ökade energi- och miljövinster.
– Sasan Sadrizadeh och Sture Holmberg, KTH
- Bild 48: Samspel mellan värme, kyla och elanvändning i ett bostadsområde med en hög andel solcellsproducerad el.
– Mattias Gustafsson, Högskolan i Gävle

Bild 62:




Energimyndigheten TERMO
FRAMTIDENS VÄRME OCH KYLA

Industriell spillvärme

- Bild 64: BODENXT
– Håkan Nordin, Boden Business Agency
- Bild 76: Ett klimatneutralt Kiruna 2025 med hjälp av spillvärme
– Nathalie Fransson, IVL
- Bild 91: Effektivt utnyttjande av industriell spillvärme genom låg temp värmedrivna kraftcykler – en integrerad ansats för Svensk industri
– Björn Palm, KTH

Bild 117:



Energimyndigheten TERMO
FRAMTIDENS VÄRME OCH KYLA

Framtidens fjärrvärme

- Bild 119: Klimatomställning som affärsidé
– Julia Ahlrot, Växjö Energi
- Bild 140: Ranagård med ny 4GDH-teknik
– Heidi Norrström, Högskolan i Halmstad
- Bild 167: Högupplöst GIS mappning av värmekällor för fjärrvärme
– Nelson Sommerfeldt, KTH

Bild 181:



Energimyndigheten TERMO
FRAMTIDENS VÄRME OCH KYLA

Termoprogrammets framtid

Björn Larsson, Energimyndigheten

Bild 205:



Energimyndigheten TERMO
FRAMTIDENS VÄRME OCH KYLA

Hur produktkrav driver utveckling

Carlos Lopes och Emma Olsson,
Energimyndigheten

Värme och kylas roll i energiomställningen: Scenarier 2040–2045

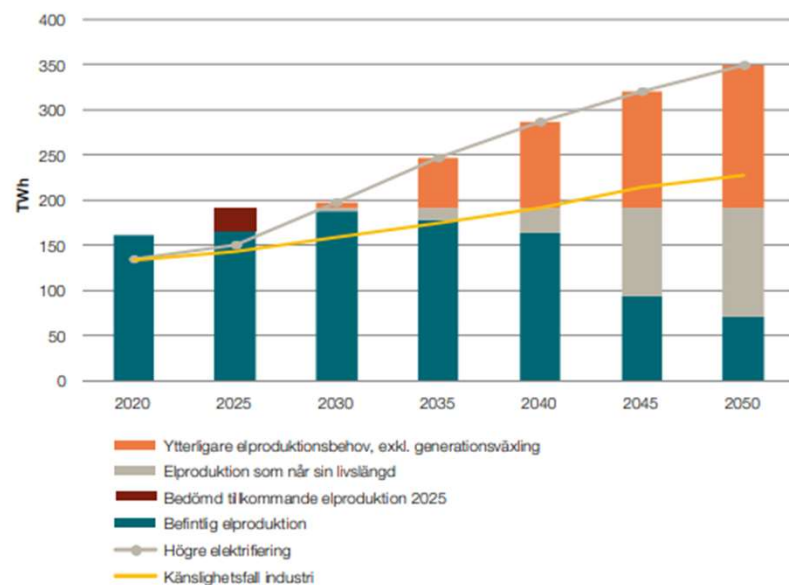
Åsa Forsum, Energimyndigheten

Vår vision

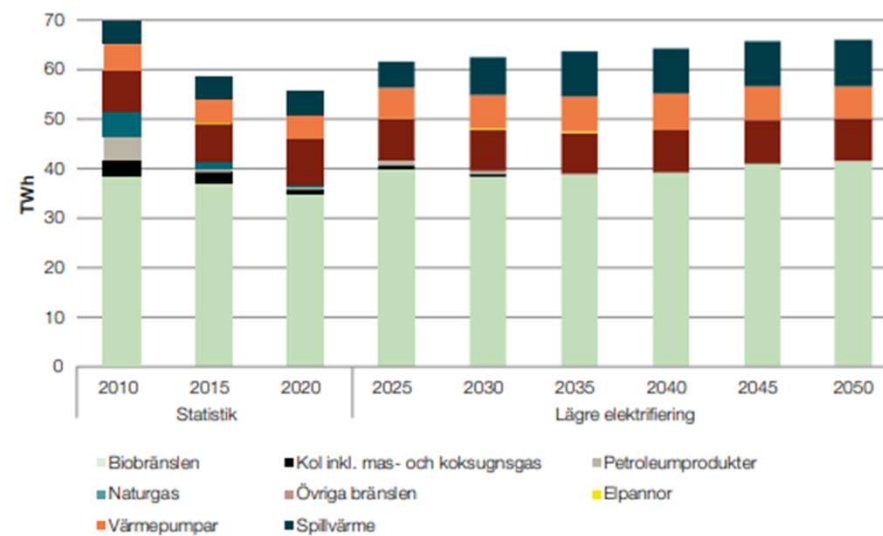
Hållbar energi för alla

Åsa Forsum
Enhetschef hållbara resurser och
system

Långsiktiga scenarier



Figur 27. Ökning av elbehovet till 2050 (utfallsrummet visar skillnaden mellan Högre elektrifiering och Känslighetsfall industri) i jämförelse med befintlig elproduktion, antagande om elproduktion 2025 och ytterligare behov för att nå det högre utfallet.



Figur 32. Tillförd energi för fjärrvärmeproduktion 2010, 2015, 2020 samt för scenario Lägre elektrifiering till 2050, TWh.



Kraft och fjärrvärmestrategin

- **Marknaden fungerar** - På vintern när elpriserna är höga och det är kallt produceras betydligt mer el från kraftvärme vilket tyder på att prissignalen når fram.
- Den **största utmaningen** för kraftvärmeanläggningarna är att **kunna producera el under övriga årstider** när det inte finns samma avsättning för värmen i fjärrvärmenätet.
- Det finns **ungefär 300-500 MW ytterligare effekt** som skulle kunna tillgängliggöras från existerande kraftvärmeanläggningar kalla vinterdagar
- **Långsiktiga spelregler** (Skatter, mothandel, upphandling stödtjänster) behövs
- **EU-direktiv** om energieffektivisering kan få **negativa** och **kännbara konsekvenser för fjärrvärmen** beroende på hur de utformas.
- **Byggreglerna** bör ses över för att säkerställa **teknikneutralitet**
- **SvK kan underlätta för kraftvärmen att delta på marknaden för stödtjänster** – IT-paket och webblösningar etc.
- **Försörjningstrygghet:** Nationellt Ödriftsprogram?, vidare utredning av bränsleberedskap, ökad reparationsförmåga och lagerhållning.



Fokus för det strategiska arbetet i del 2

Effekter av kraftfull
utrullning av CCS

Ökad andel
kraftvärme

Kärnvärme

Sektorskopplingar

Vikten av att
behålla fjärrvärmens
och kraftvärmens

Kvantifiering av
kraftvärmens
(obetalda och
betalda) nyttor

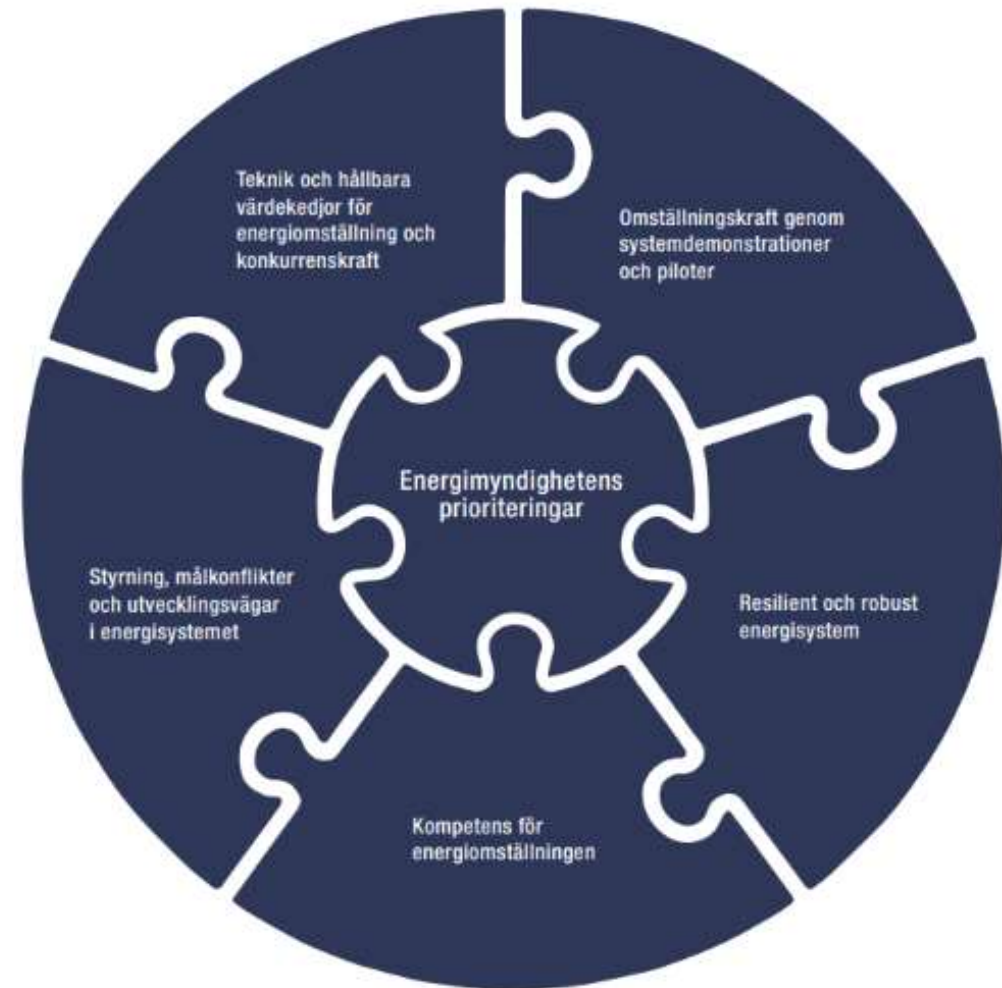
EUs effekt på fjärr-
och kraftvärmens

Andra
intäcksströmmar

Trygg
energiförsörjning

Energiforskningspropositionen

Forskningspolitiska propositionen





Besök oss på
www.energimyndigheten.se





FoFIN utredningen

Vetenskapsmyndigheten

**Myndigheten för strategisk
forskning**

Innovationsmyndigheten



Bild 14: Energigemenskaper i ett europeiskt perspektiv

- Marcus Nystrand, Uppsala Kommun

Bild 32: Lågtemperaturvärme och högtemperaturkyla med termiskt lager för ökade energi- och miljövinster.

- Sasan Sadrizadeh och Sture Holmberg, KTH

Bild 48: Samspel mellan värme, kyla och elanvändning i ett bostadsområde med en hög andel solcellsproducerad el.

- Mattias Gustafsson, Högskolan i Gävle

- Inledning - Energigemenskaper i ett europeiskt perspektiv

Marcus Nystrand, Uppsala Kommun

Energigemenskaper i ett europeiskt perspektiv

Marcus Nystrand

Stadsbyggnadsförvaltningen, Uppsala kommun

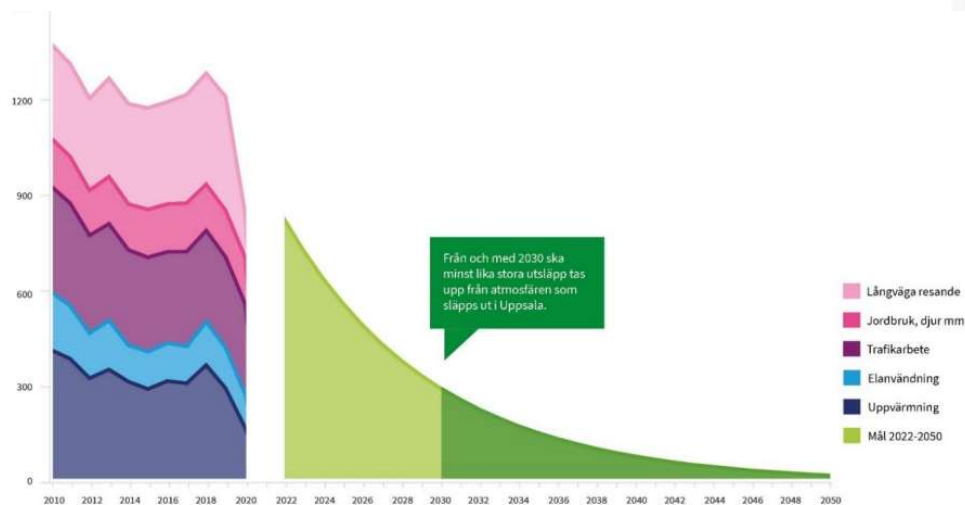
Termodagen – 19 oktober 2023



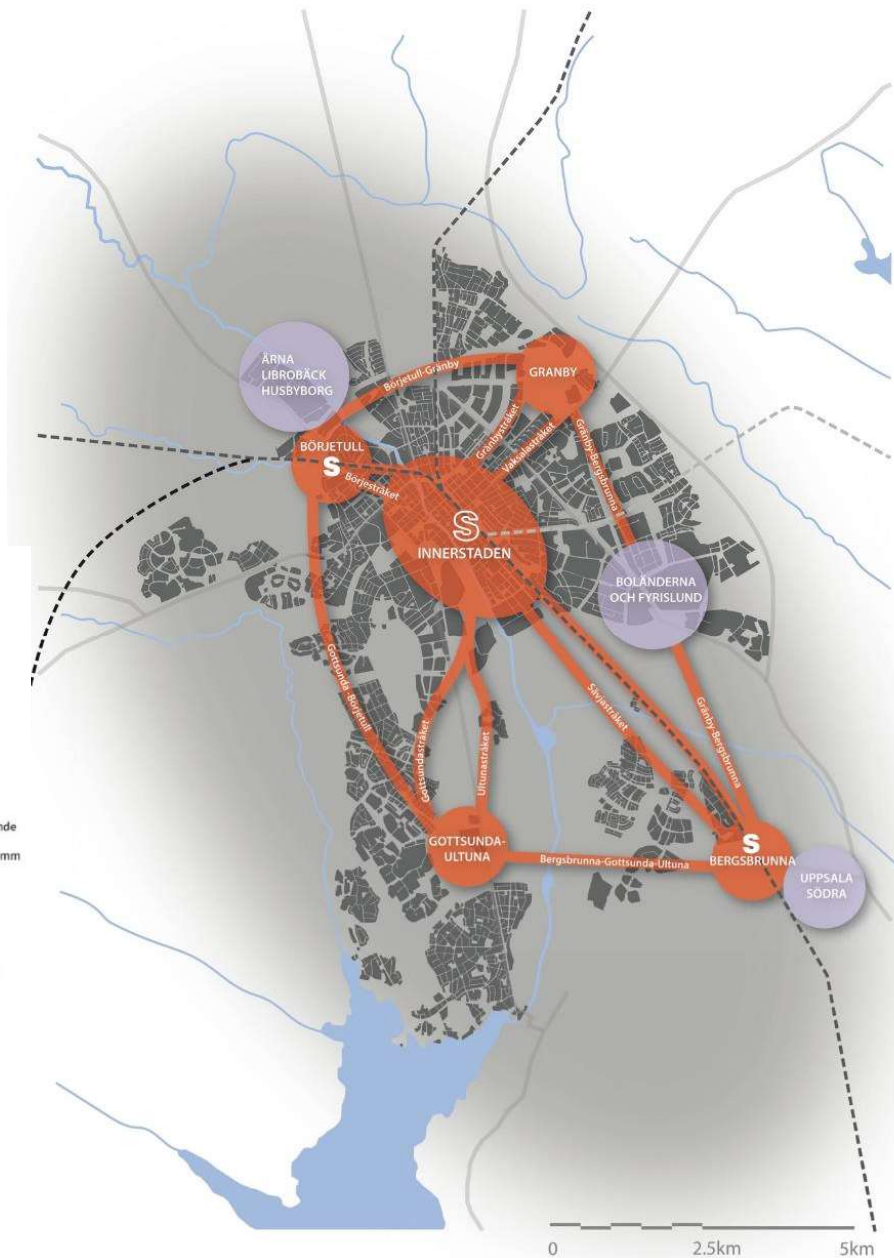
Uppsala

- 250 000 invånare
- 120 000 jobb
- 2 universitet
- 40 000 studenter

Vårt mål: Ett klimatneutralt Uppsala 2030 – för ett klimatpositivt Uppsala senast 2050.

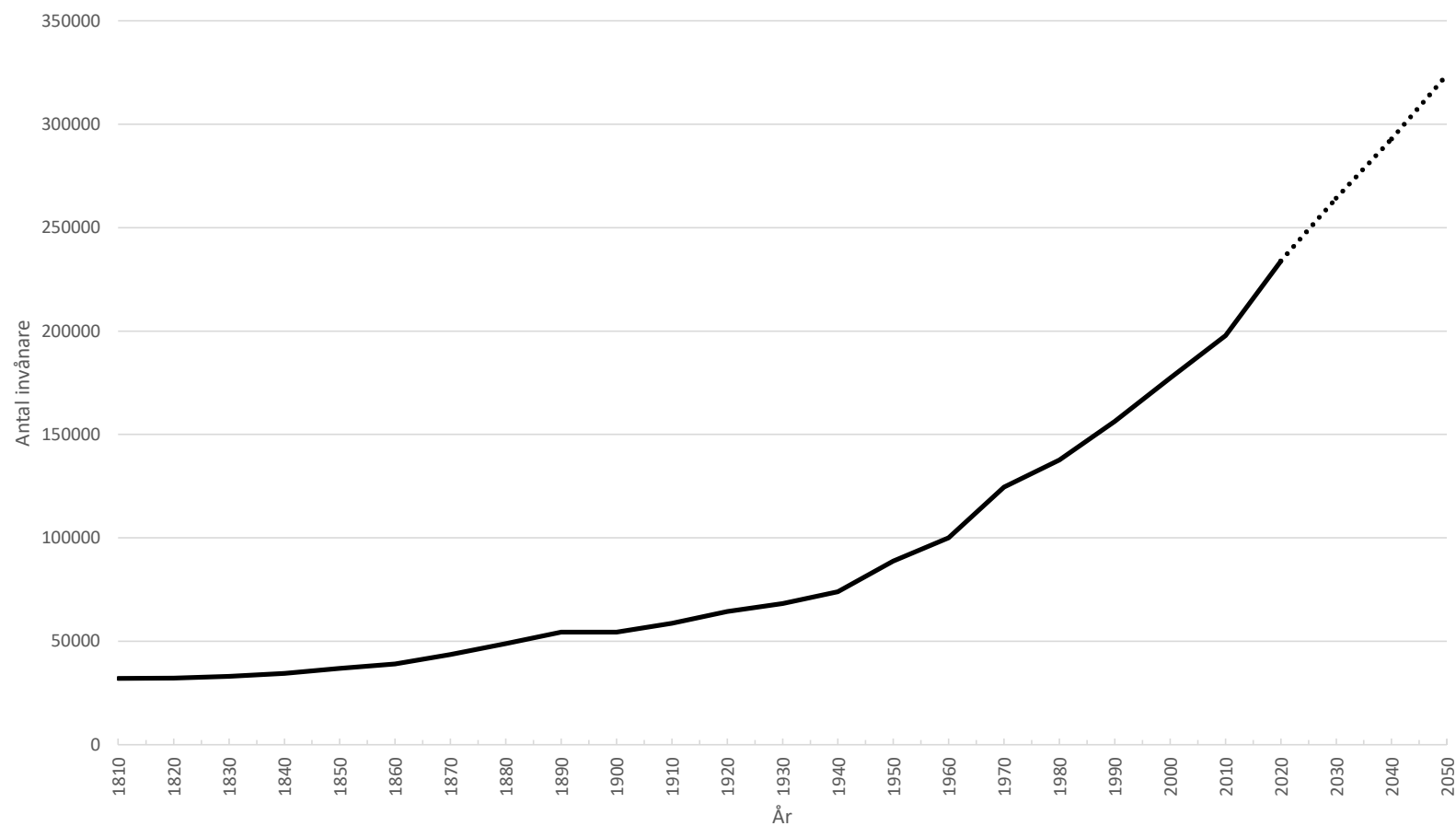


Figur 1. Växthusgaser, tusen ton koldioxidkivalenter från Uppsalas kommungeografi. Grafen visar historiska utsläpp 2010-2019 och mål för utsläppen 2022-2050.



Befolkningsutveckling 1810-2050

Uppsala



Flygbild
Västerifrån

Flygbild
Norrifrån

Flygbild
Nordost

Flygbild
Österifrån

Flygbild
Mitt

2016 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 21104 220507 221008

Split view

Olika sätt att bo



Mobilitetshuset Dansmästaren

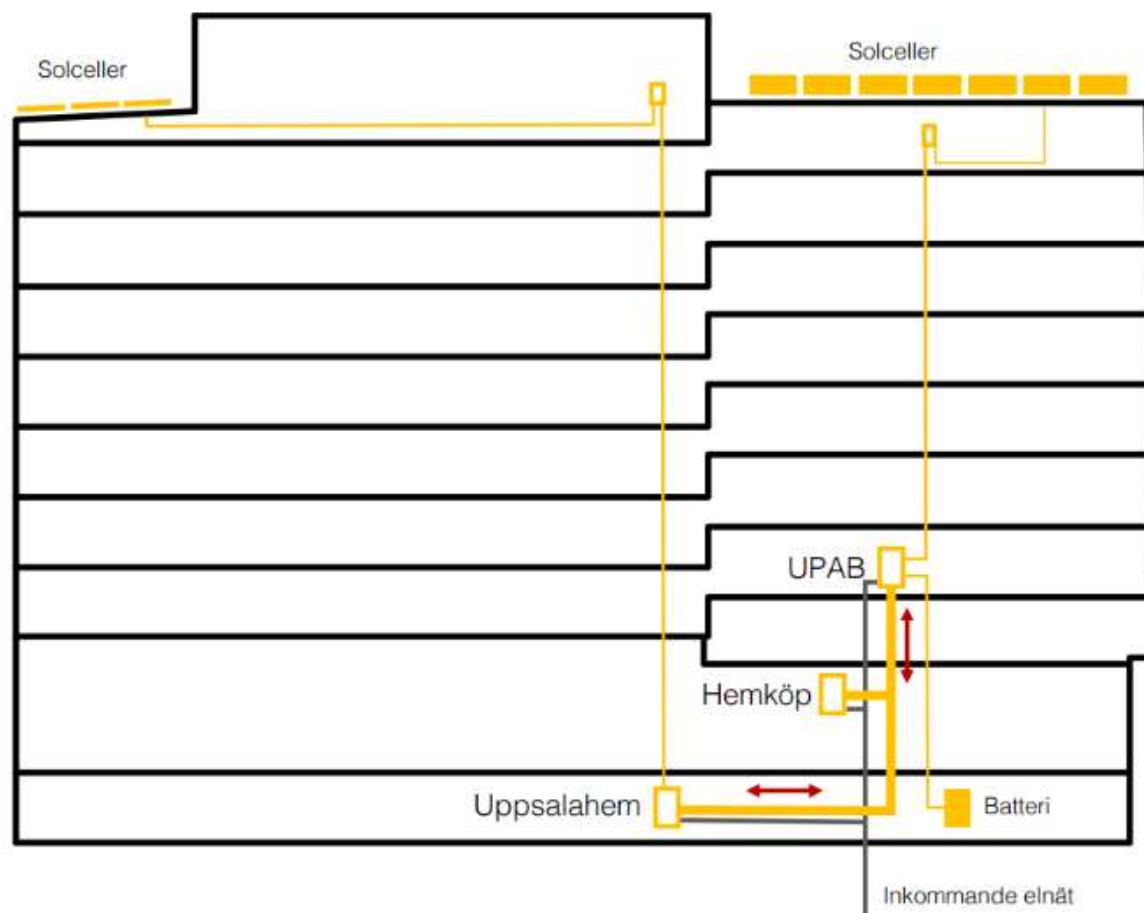


Mobilitetshuset Dansmästaren



Fyra doktorander forskar på detta. Plus en handfull studentarbeten.





Figur 6. Principbild för sammankoppling med likströmslänk

Dansmästaren – tidigare arbeten



UPPSALA
UNIVERSITET

Juridiska institutionen
Vårterminen 2021

Examensarbete i miljörett och energirätt
30 högskolepoäng

Lokala energigemenskaper

En analys av lokala energigemenskaper som en del av EU:s klimatstrategi i Ren energipaketet 2019 samt en diskussion kring Sveriges implementering.

Local energy communities

An analysis of local energy communities as a part of the EU climate strategy through the Clean energy package 2019 and a discussion concerning the Swedish implementation.

Författare: Julia Axelsson
Handledare: Annika Nilsson



Energigemenskap 0.3

Hur kan Dansmästaren förbättra effektsituationen i Uppsala?



Uppsala Parkerings AB



Multidisciplinary Approaches and Software Technologies for Engagement, Recruitment and Participation in Innovative Energy Communities in Europe



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 101096836



Masterpiece

**Multidisciplinary Approaches and Software Technologies for
Engagement, Recruitment and Participation in Innovative Energy
Communities in Europe**



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 101096836



Masterpiece

Spanien



Lärosäte
Huvudkoordinator



Näringslivsrepresentant

Schweiz



PR-byrå

Italien



Näringslivsrepresentant



Innovationssystemet

Frankrike



Civilsamhälle



Forskningsinstitut

Turkiet



Elnätsägare



Università Commerciale
Luigi Bocconi

Lärosäte



Offentlig infrastruktur



Lärosäte



Forskningsinstitut



Elnätsägare



Comune di Berchidda
Civilsamhälle



Näringslivsrepresentant

Grekland



CERTH
CENTRE FOR
RESEARCH & TECHNOLOGY
HELLAS

Forskningsinstitut



Civilsamhälle



Näringslivsrepresentant



Innovationssystemet
Svensk koordinator

Sverige



Abstract *

MASTERPIECE aims at creating a digital coordination and cooperation arena that will facilitate the creation and operation of energy communities throughout Europe. The facilities given to members of the community to contribute to services and other developments will represent the distinction of the solution offered in this proposal, making it participative-by-design.

- i. Develop technical and social innovations to involve consumers
- ii. Create user-centric solutions for citizen's involvement
- iii. Propose new business strategies and incentives
- iv. Construct sound cyber security infrastructure
- v. Demonstrate applicability and replicability
 - 4 pilot cases within different policy frameworks (France, Italy, Turkey, Sweden)

Work packages & responsibilities



★ **WP1 – Management and project steering** 1 PM

WP2 – Energy community requirements at national and EU for different stake- and shareholders

★ **WP3 – Social and sustainable innovations for energy communities** 3 PM

WP4 – Digital platforms and tools for energy communities

★ **WP5 – Integration, demonstration & evaluation** 8 PM

★ **WP6 – Exploitation, dissemination, engagement and impact assessment** 8 PM





Masterpiece



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 101096836



Uppsala
kommun

Lågtemperaturvärme och högtemperaturkyla med termiskt lager för ökade energi- och miljövinster

Sasan Sadrizadeh, KTH



Low-temperature heating and high-temperature cooling
with thermal storage for increased energy and
environmental benefits

In connection with Annex 37:

Smart Design and Control of Energy Storage Systems



Annex 37: Smart design/control of energy storage

Task A: Establishment of the prediction method

- Prediction of renewable energy production, electricity price change, energy demand in building and production in district

Task B: Component and system modeling

- Focus on modeling of the whole building energy system including thermal energy storage, battery, heat pump, heat exchangers, pump, cooling machine, solar collector (if any), and PCM materials, etc.

Task C: Establishment of smart design/integration method

- Smart integration is developed and applied to the components, building, and district levels

Subtask C-1: Building

Subtask C-2: District

Task D: Establishment of smart control/optimization method

- Investigation of an efficient optimization method to obtain cost-effective, clean, and sustainable TES
- Proposal of different control approaches like advanced model predictive controls



International academic partners



東京大学
生産技術研究所
Institute of Industrial Science,
The University of Tokyo



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK



UNIVERSITÉ
Concordia
UNIVERSITY



UNIVERSITY OF
CAMBRIDGE



Politecnico di Bari



UNIVERSITÉ
SAVOIE
MONT BLANC



ENTPE

INSA

INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
LYON

Univerza v Ljubljani



McGill



東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY



Department for
Business, Energy
& Industrial Strategy





School of Architecture and Built Environment

- Department of Civil and Architectural Engineering

- Fluid and Climate Technology





- ✓ Sasan Sadrizadeh (ssad@kth.se)
- ✓ Amirmohammad Behzadi (abehzadi@kth.se)
- ✓ Sture Holmberg (stureh@kth.se)
- ✓ Christophe Duwig (duwig@kth.se)
- ✓ Adnan Ploskic (ploskic@kth.se)





Academic-industrial collaborators in Sweden





KTH research team goal in this project



Period 1: The state-of-the-art investigation

- An extensive literature review of the latest publications and standards in design and management strategies in thermal energy storage systems interacted with LTH-HTC system

Period 2: Perform a series of mathematical modeling to develop smart design and integration (Task C)

- a) Smaller scale: Different scenarios including a heat pump system connected to a building should be studied
- b) Larger scale: a district heating producer that supplies part of an entire society must be considered

Period 3: Propose smart control methods for thermal energy storage in the presence of LTH-HTC system (Task D)

- Various control approaches are applied
- Different control strategies are implemented
- Optimization methods are used

Aim: To minimize the energy/operation costs, and reduce the highest demand while guaranteeing the thermal comfort



The research done so far



A **review article** has been published in **RSER**

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Renewable and Sustainable Energy Reviews

journal homepage: www.elsevier.com/locate/rser



Smart design and control of thermal energy storage in low-temperature heating and high-temperature cooling systems: A comprehensive review

Amirmohammad Behzadi^{a,*}, Sture Holmberg^a, Christophe Duwig^a, Fariborz Haghighat^b, Ryoza Ooka^c, Sasan Sadrizadeh^{a,d}


^a School of Architecture and the Built Environment, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden

^b Department of Building, Civil and Environmental Engineering, Concordia University, Montreal, H3G 1M3, Canada

^c Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, 4-6-1, Komaba, Meguro-ku, Tokyo, 153-8505, Japan

^d School of Business, Society and Engineering, Mälardalen University, 72123, Västerås, Sweden



Download here 

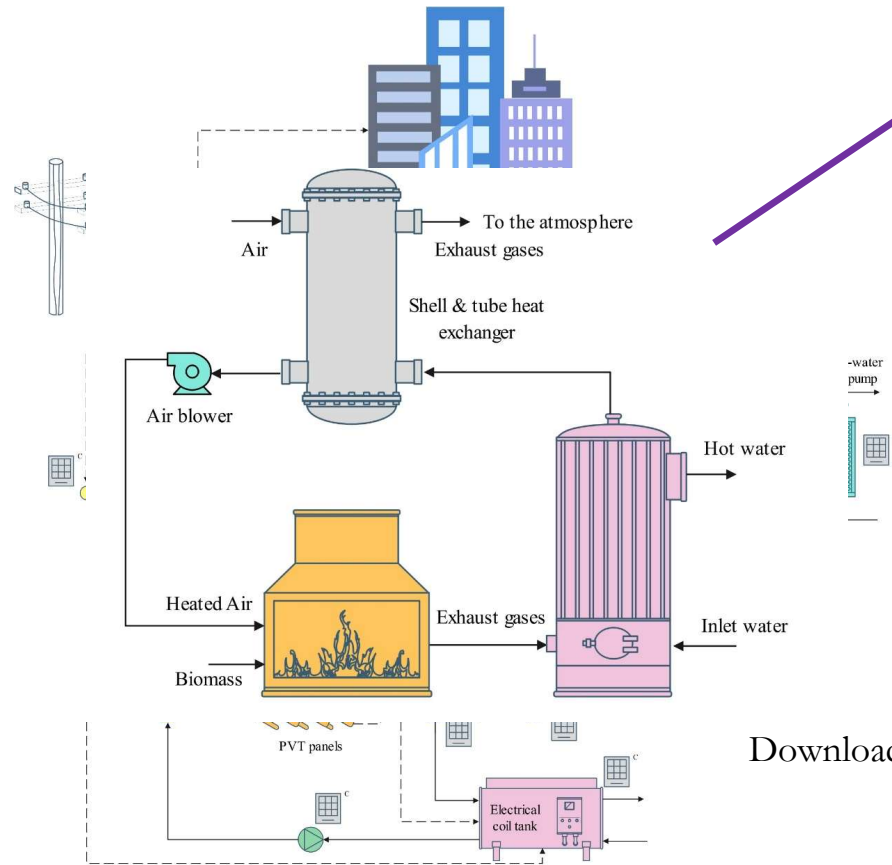


Smart design of **TES** interacting with **HTC** and **LTH** systems:

Country	Control approach/strategy	Optimization method	Objective	Demand-side	Supply-side	LTH	HTC	Reference
Sweden	On/off controller	×	Total annual cost reduction	90 single-family homes	Solar-heated system	✓	×	[160]
Spain	On/off controller	×	Primary energy use and exergy loss mitigation	A residential building complex	Ground source heat pump	×	✓	[164]
Denmark	On/off controller	×	Energy efficiency improvement	A single-family home	Low- and ultra-low temperature district heating networks	✓	×	[166]
Germany	On/off controller	×	Investment cost decrement	108 single-family homes	Solar-assisted heat pump	✓	×	[163]
Sweden	On/off controller	×	Cooling potential increment	Multi-family dwellings	Geothermal-driven system	×	✓	[165]
Canada	On/off controller	×	Peak load shifting	A single-family home	Ground source heat pump	✓	×	[170]
Denmark	On/off controller	GA	Initial cost reduction and energy saving	50 single-family homes	Solar-assisted low-temperature district heating	✓	×	[172]
Norway	Optimal controller	×	Primary energy saving	Hospital	Ground source heat pump	✓	×	[167]
France	Optimal controller	×	Primary energy saving	A single-family house	Ground source heat pump	✓	×	[161]
Austria	Optimal controller	×	Heat lost mitigation	Residential and commercial buildings	low-temperature district heating	✓	×	[171]
Denmark	MPC and rule-based strategy	MINLP	Peak load shifting and energy cost decrement	22 single-family homes	Ultra low-temperature district heating	✓	×	[168]
Denmark	Rule-based strategy	GA	Emission and energy cost reduction	A residential building complex	Solar- and heat pump-driven system	✓	×	[169]
Denmark	Deterministic local strategy	MILP	Peak load shifting and bypass loss reduction	165 single-family houses	low-temperature district heating	✓	×	[162]
Canada	Self-learning predictive controller and rule-based strategy	×	Peak load shifting and cost-saving	Two-story residential building	Electrically-heated floor system	✓	×	[173]

Case 1: A residential neighborhood with 100 houses

- Sources: solar and biomass
- Two-way interaction with the grid
- An AI-driven rule-based control framework



The innovative biomass heater design:
External heater with waste heat recovery unit

Download here →

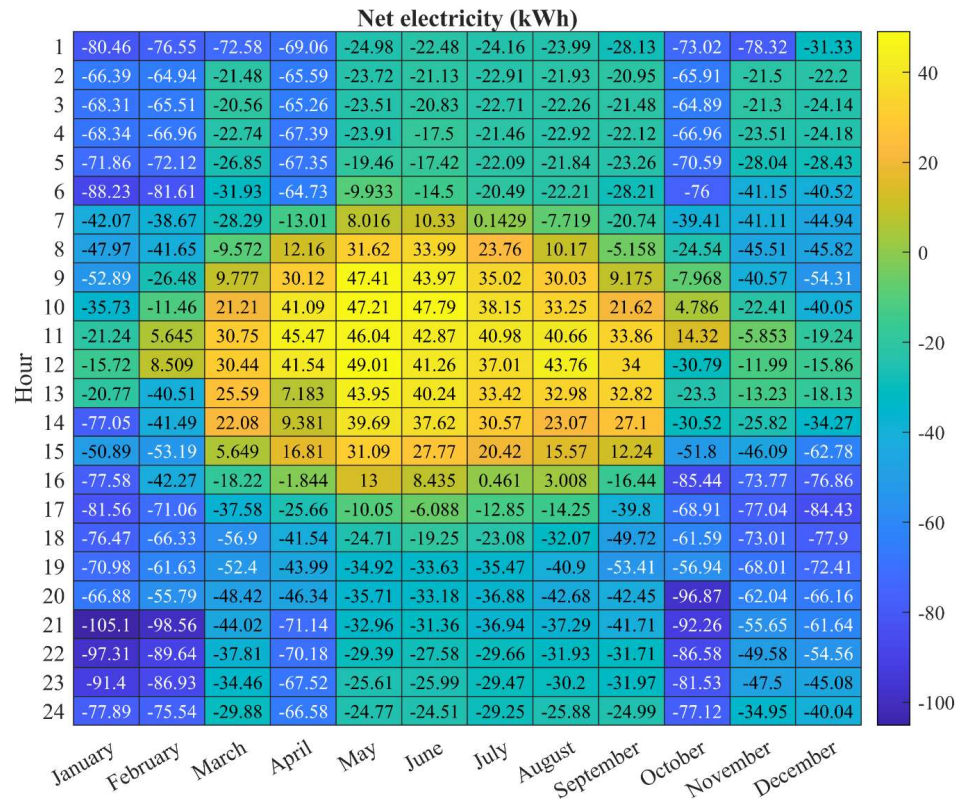




Case 1: A residential neighborhood with 100 houses

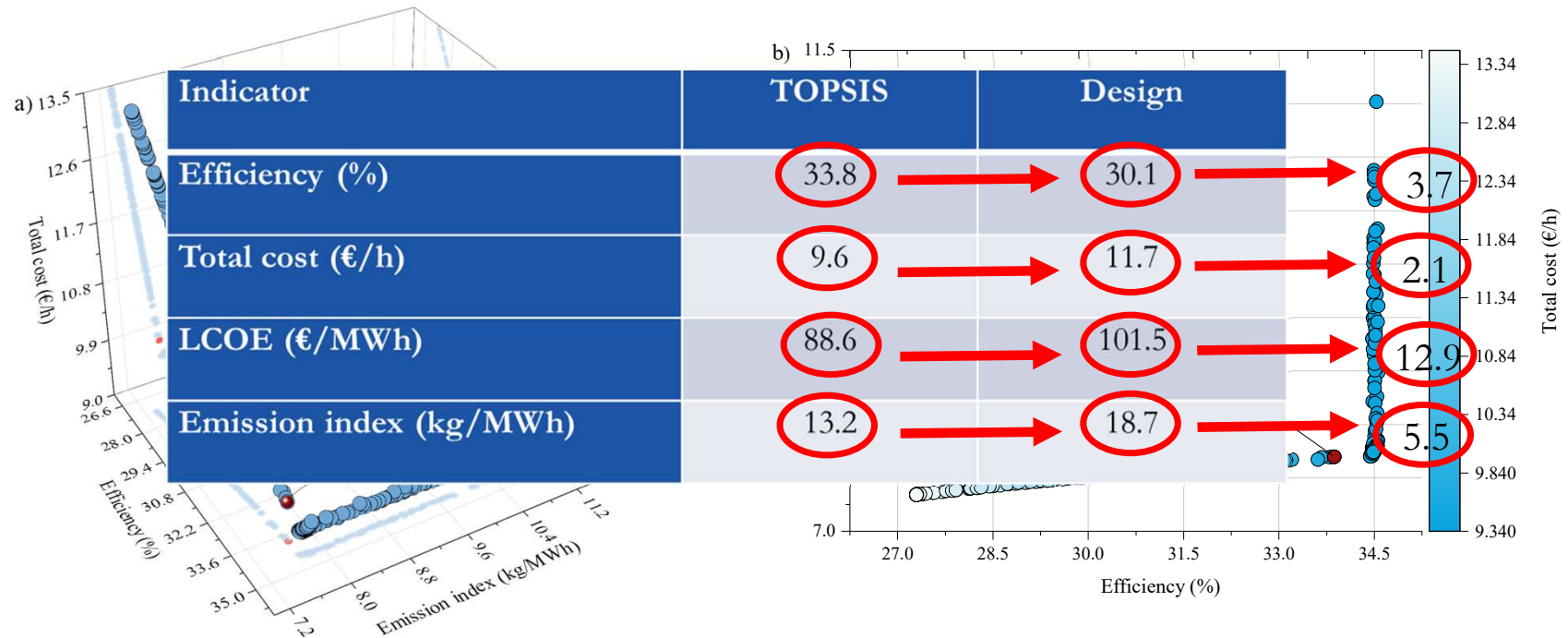


The hourly variation of net electricity sold or bought to or from the network per day per month



Case 1: A residential neighborhood with 100 houses

The comparison of optimization results, total cost rate, and efficiency





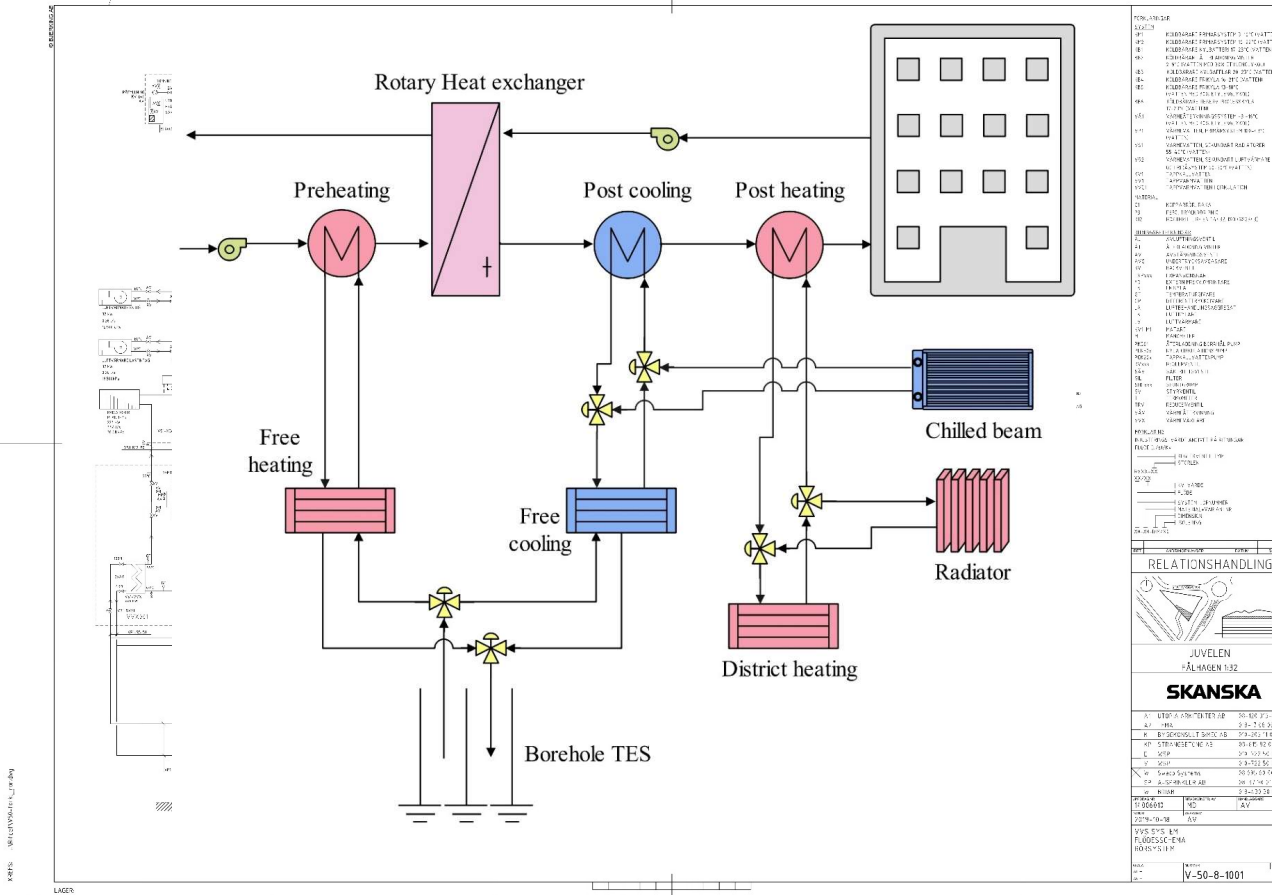
Case 2: A commercial building in Uppsala

Vasakronan

Case system

Uppsala:

- Swede
- Based
- The system
- The system





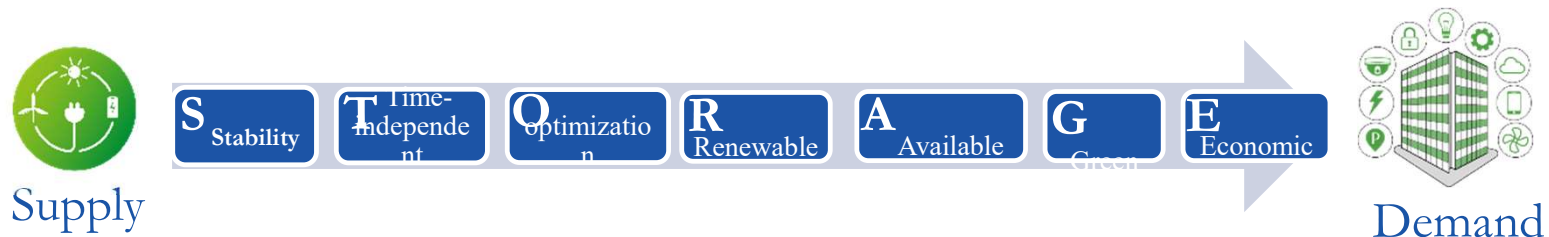
Future work



- Perform a comprehensive techno-economic-environmental assessment (Task C)
- Perform and compare the various optimization algorithms to find the most optimal one (Task D)
- Study the feasibility of adding heat pump and compare with the existing system (Task C)
- Replace the traditional (On-Off and PID) with model predictive controllers (Task D)
- Assess the practicality of the interaction with the 4th generation district heating network (LTH)

The future is green energy, sustainability,
renewable energy by Arnold Schwarzenegger

Questions?



Samspel mellan värme, kyla och elanvändning i ett bostadsområde med en hög andel solcellsproducerad el

Mattias Gustafsson, Högskolan i Gävle

Samspel mellan värme, kyla och elanvändning i ett bostadsområde med en hög andel solcellsproducerad el

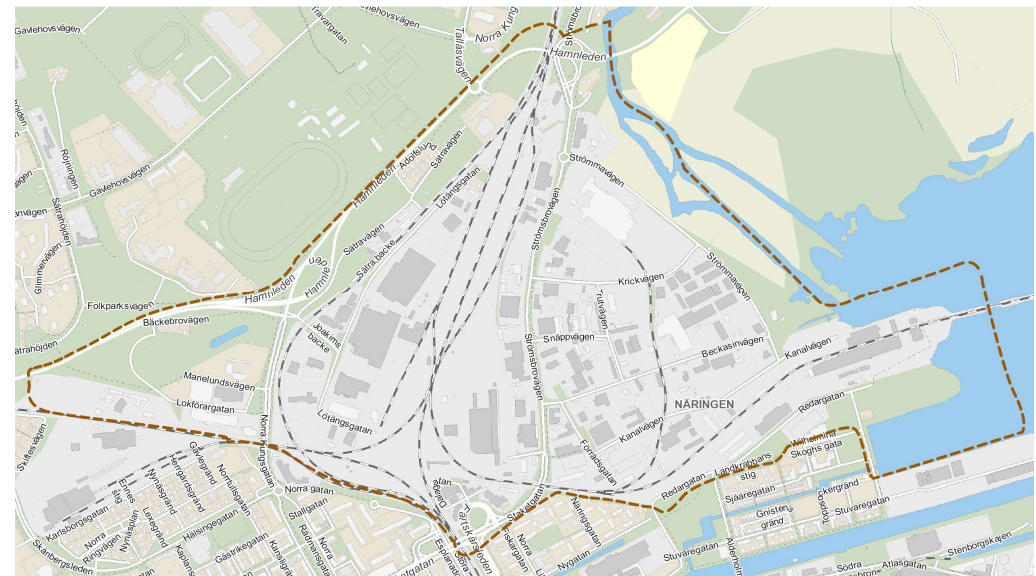
Mattias Gustafsson, 2023-10-19



Bakgrund



- Doktorerat inom området Energisystem
- Lokala och regionala samarbeten
- Området Näringen i Gävle
 - 6 000 nya bostäder och 450 000 kvadratmeter lokalyta
 - En av Europas mest hållbara stadsdelar



Bakgrund

- Projekt: Samspel mellan värme, kyla och elanvändning i ett bostadsområde med en hög andel solcellsproducerad el.
- Samarbete mellan Högskolan i Gävle, Uppsala Universitet, Gävle Energi AB och Gävle kommun.
- Vi har gjort en analys av hela området Näringen.
- Däremot så ändrades etappindelningen och närliggande område, Gävle Strand etapp 3, inkluderades i delar av Näringen etapp1 och är nu första planerade delen av "Näringen".



Metod

- Vad har vi?
- Vad vill vi veta?
 - Uppvärmningsbehov/byggn.
 - Timdata
 - Elanvändning
 - Simulera solcellsanläggningar

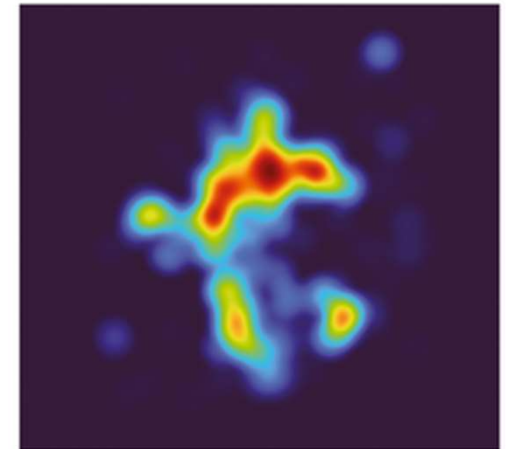


Metod

- Urban Building Energy Modeling
 - Utgår från 3D-karta över byggnader
 - Shoe box models
 - EnergyPlus
 - Validerade och kalibrerade data
 - Enligt BBR och passivhus-standard
 - Värmeanvändning per timme och byggnad med antagen intern last och elanvändning



Urban Building Energy
Modeling for Retrofit Scenarios
Development, Calibration, Validation and
Implementation for Swedish Residential
Buildings



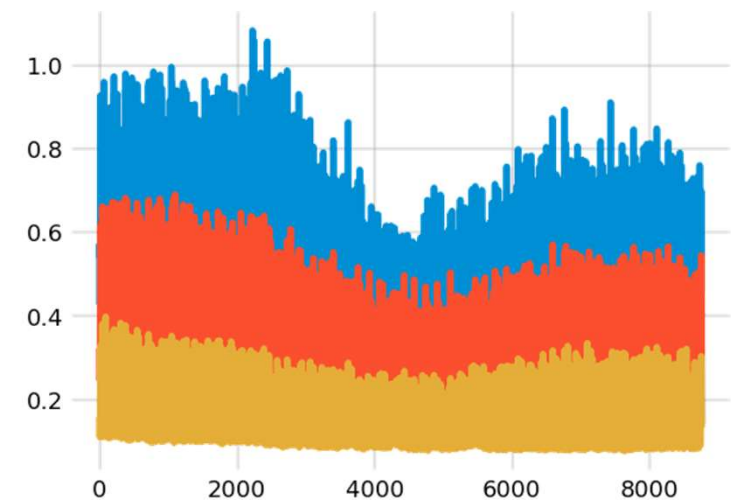
FATEMEH JOHARI



Metod

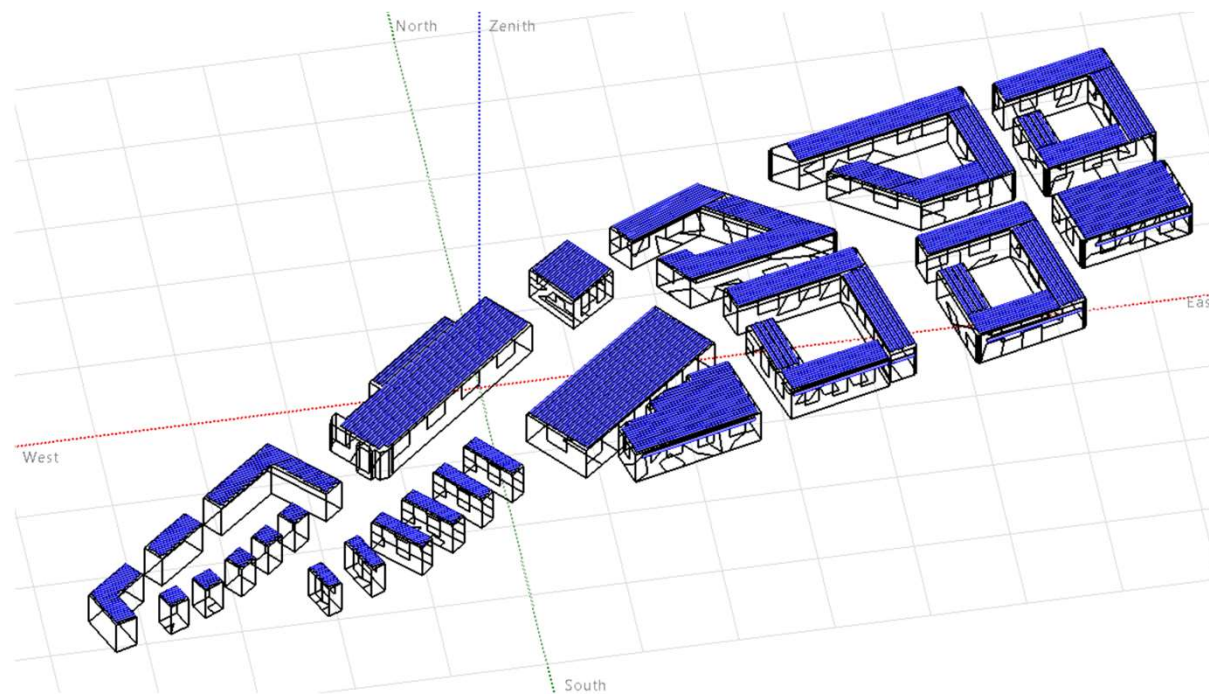
- Elanvändning per timme unika serier??
- Gävle Energi AB och Gavlegårdarna har gett oss tillåtelse att använda uppmätt elanvändning för byggda flerbostadshus efter 1998, varje lägenhets elanvändning och fastighetsel på timbasis – GDPR!
- Hur påverkar en energigemenskaps storlek karaktäristiken på elanvändningen?

Lukas Dahlström, Archetype identification in Urban Building Energy Modeling Research gaps and method development, <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1754574/FULLTEXT01.pdf>



Metod

- Använder PVsyst för simuleringar av solcellstekniken (timbasis)





Vad vill vi analysera?

- Samspel mellan värme, kyla och elanvändning i ett bostadsområde med en hög andel solcellsproducerad el eller ska man vända på titeln lite...

Hur påverkar ett bostadsområde övriga energisystemet vid val av olika tekniker för uppvärmning samt hög produktion av el?

Vad vill vi analysera mer?

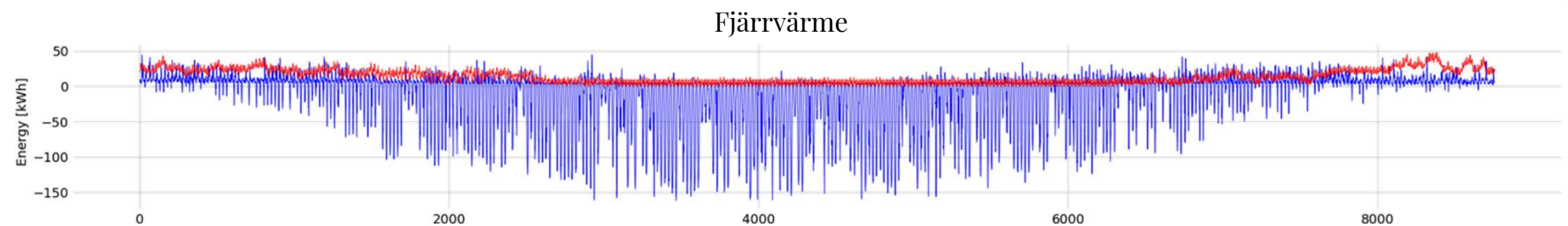
- Vi har gjort beräkningar på temperaturbehov för fjärrvärmesystemet för enskilda fastigheter och för etapp 1 på Näringen.
- Kan man använda "cascading" (returen från "vanliga" systemet som primär källa i ett subsystem)?
- Vad händer med returtemperaturen om cascading används och hur påverkar det övriga fjärrvärmesystemet?
- Vad händer om man lägger till ett kylbehov med olika tekniker?
- Vi ska göra analyser på primärenergianvändning/miljö etc.



Byggnader i moderna stadsdelar

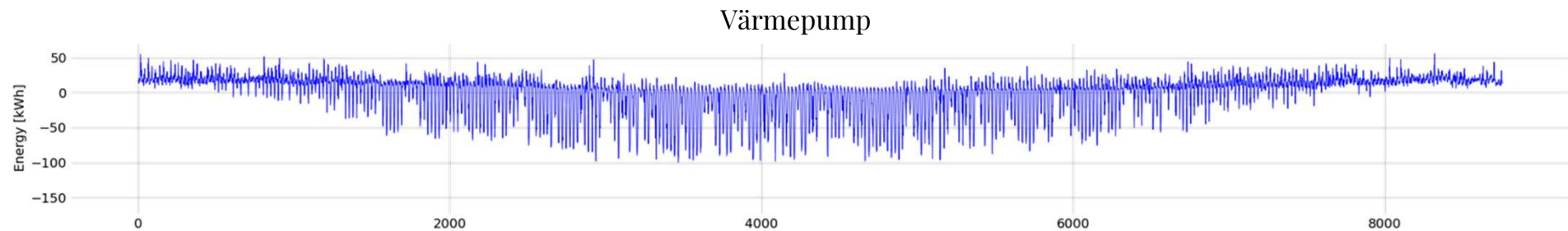
- Dagens BBR är så pass bra så man närmar sig passivhus-standard.
- Uppvärmningsbehovet för "yta" är låg, tappvarmvatten (Sveby 25 kWh/m²,år), hushållsel (Sveby 30 kWh/m²,år).
- Om man ska göra en byggnad energineutral som en del av ett PED (Positive energy district) så ger det intressanta resultat.

Byggnader i moderna stadsdelar



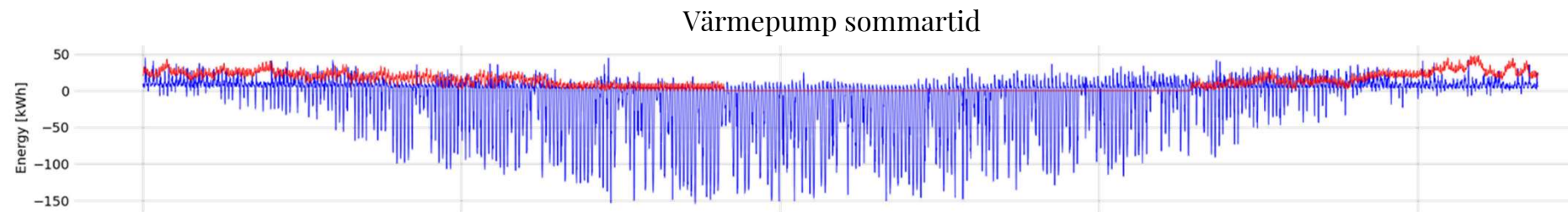
- Exempel på en byggnad som balanserar sin energianvändning på årsbasis med att producera solceller (även fasadmonterad solceller...).
- Fjärrvärme är röd linje (kWh/h), blå linje är elanvändning – elproduktion (kWh/h).
- Mismatch solcellerproduktion vs elanvändning och värmeanvändning

Byggnader i moderna stadsdelar



- Används en värmepump så minskar exporterad "effekt" utifrån att solcellsanläggningen blir mindre för att balansera årlig elanvändning.
- Använd effekt ökar men i mindre grad än vad man kan tro...
- Fortfarande stor mismatch för användning och produktion.

Byggnader i moderna stadsdelar



- Tittar på olika varianter på att flytta och byta energislag.
- Svårt att lösa grundproblematiken (om man ser det som en problematik...)



Kort sammanfattning av läget

- Det är inte helt enkelt att på årsbasis försöka balansera användning och produktion av energi i bostäder.
- Vi vill kunna analysera från första arkitektskiss till olika energiscenarion i dialog med Gävle kommun och Gävle Energi.
- När man ska bygga "En av Europas mest hållbara stadsdelar" så ska man göra det med ett gott "Samspel mellan värme, kyla, elanvändning och solcellsproducerad el".
- Hur??

Bild 64: BODENXT

– Håkan Nordin, Boden Business Agency

Bild 76: Ett klimatneutralt Kiruna 2025 med hjälp av spillvärme

– Nathalie Fransson, IVL

Bild 91: Effektivt utnyttjande av industriell spillvärme genom låg temp värmedrivna kraftcykler – en integrerad ansats för Svensk industri

– Björn Palm, KTH

- Inledning - BODENXT

Håkan Nordin – Boden Business Agency

BODENXT

Den gröna samhällsomställningen
sker här och nu. Här skapas ett samhälle
i tillväxt med smarta och hållbara lösningar.

BODENXT

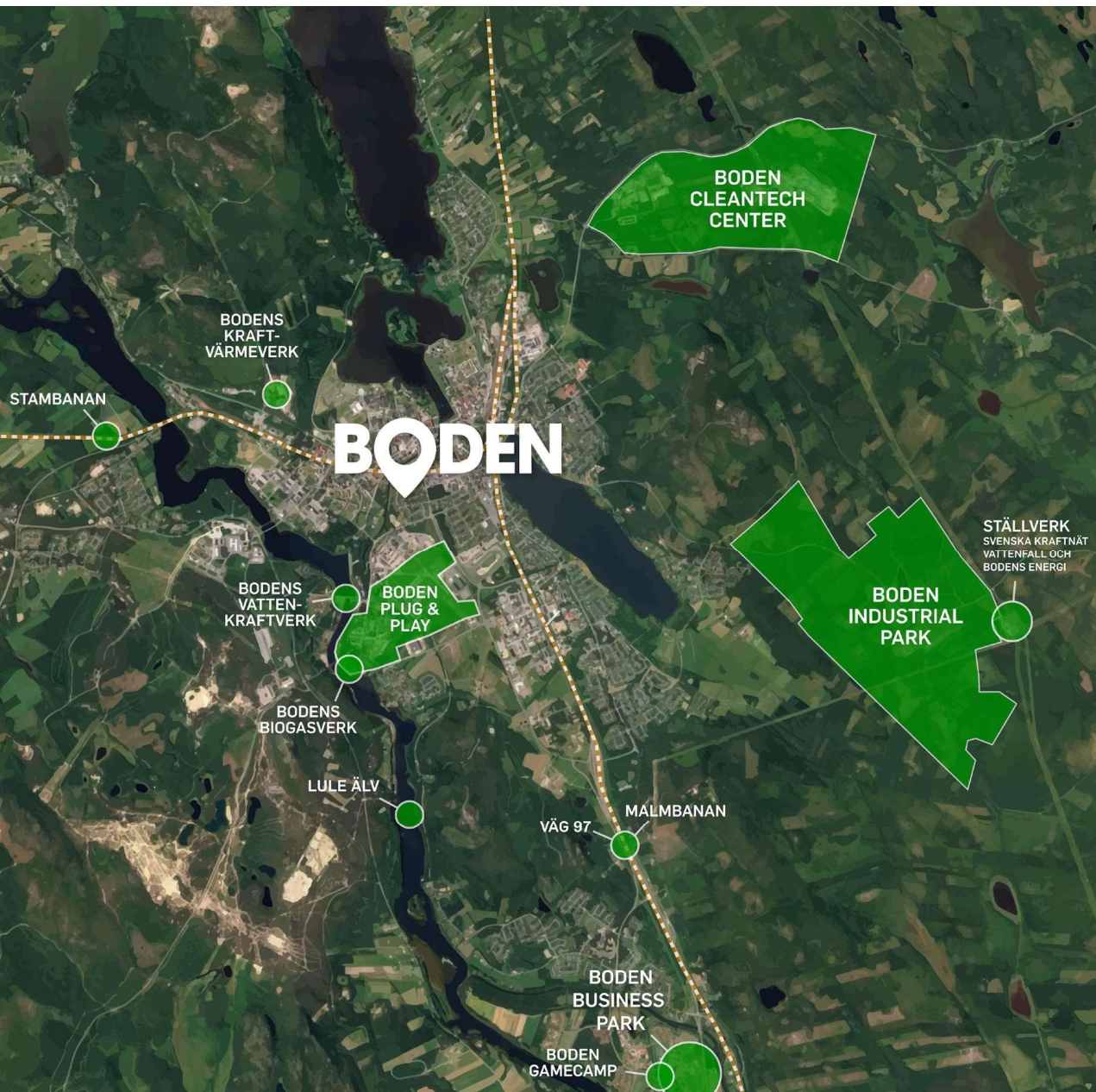
BODENS TILLVÄXTOMRÅDEN



BODENXT

H2 green steel





Industriella utvecklingsområden i Boden

BODENXT



Bodens

kraftvärmeverk

levererar årligen ca

364 GWh fjärrvärme

62 GWh elström

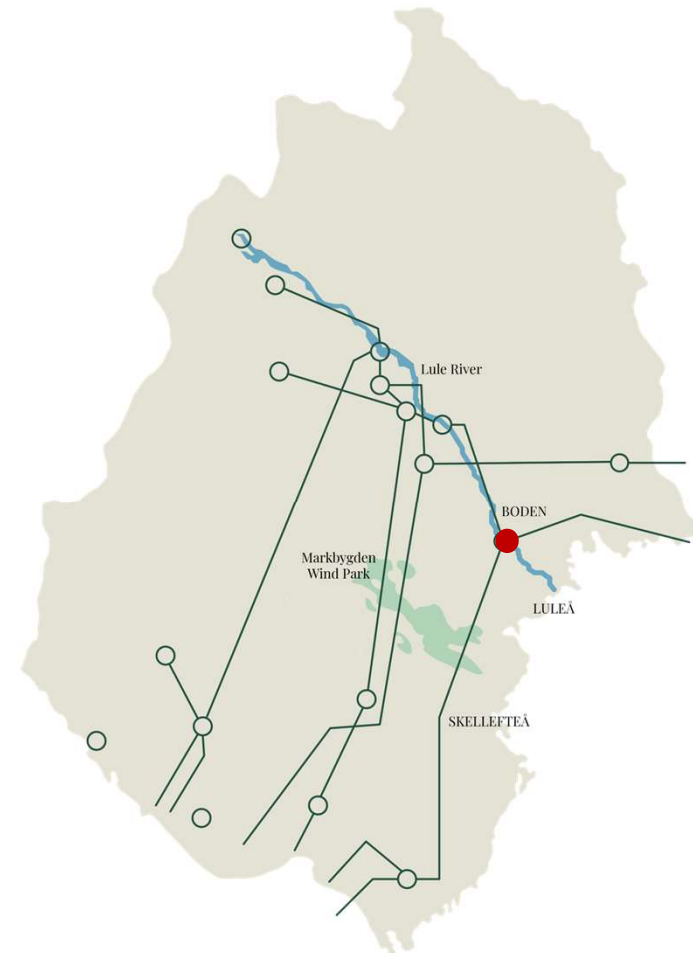
BODENXT

Boden - Strategi nod

- Genom en energidrivnen näringslivsutveckling mha en välutvecklad infrastruktur, byggklar mark samt ett långsiktigt strategiskt samarbete med näringslivet, den akademiska världen och offentligheten så utvecklar vi ett

- flexibelt och robust energisystem med en produktion i världsklass

- effektiv energi- och materialsymbios med nya affärsmodeller



PLUG & PLAY

Utvecklingsområdet

- Industriell symbios med material- och energiströmmar



BODENXT

PLUG & PLAY

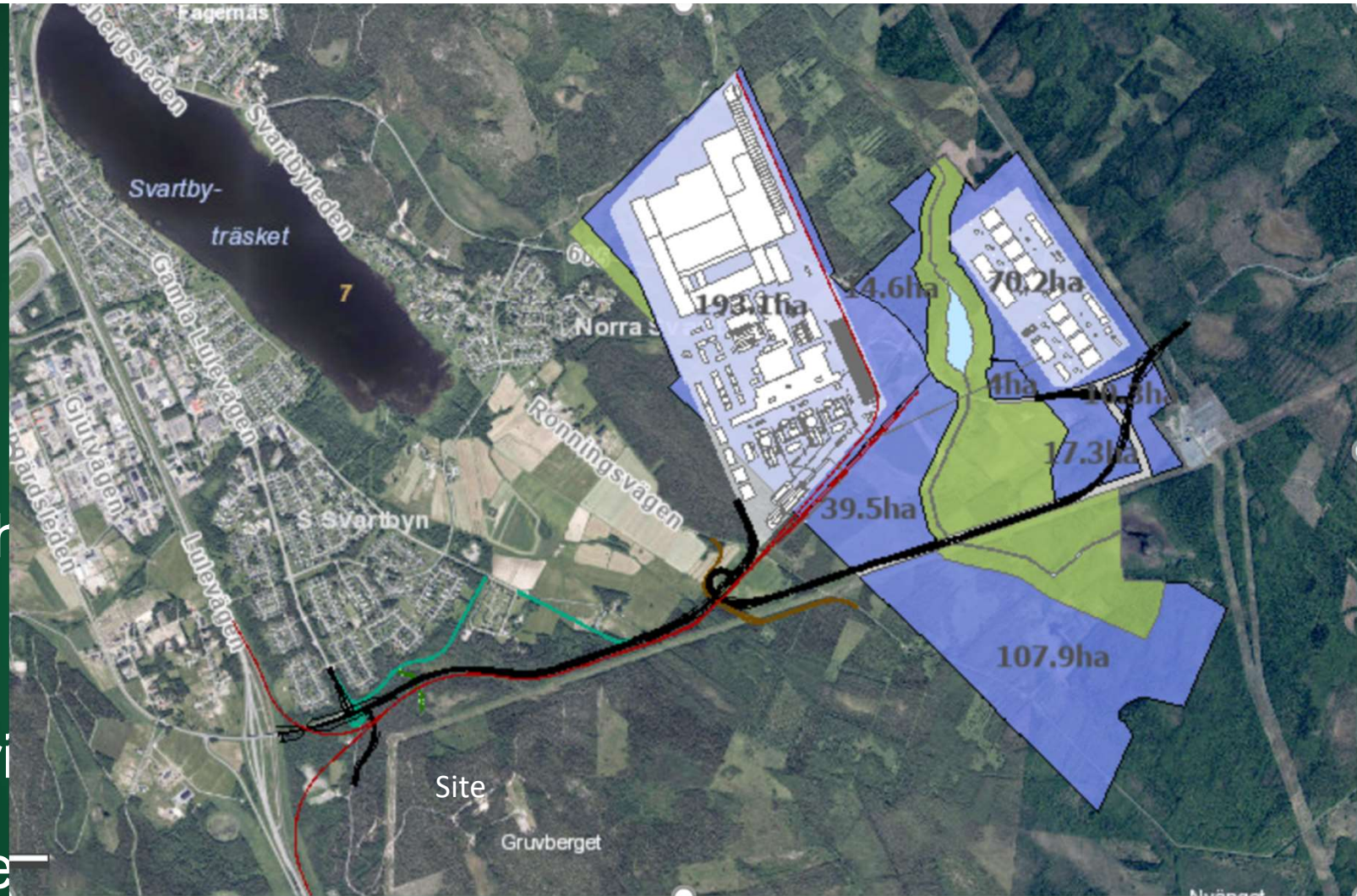
Växthus uppvärmt
av lågvärdig
restvärme från ett
datacenter



BODENXT

BIP – Boden Industrial Park

- Storskaliga möjligheter till energisymbios
- 500 hektar industri
- H2 Green Steels e-



H₂green steel



Storskalig grön stålproduktion mha vätgas

BODENXT

Ett klimatneutralt Kiruna 2025 med hjälp av spillvärme

Nathalie Fransson, IVL



Spillvärme i Kiruna

Nathalie Fransson

Nathalie.fransson@ivl.se



20-25 %







Finansierat av Energimyndigheten inom TERMO-programmet. Jan 2021-Aug 2023.

Optimera restvärmeanvändningen från LKAB

Helhetsbild av restvärmelösningen

Att mer restvärme kommer till användning



Värmekulvert
på plats

1990

2000

2010

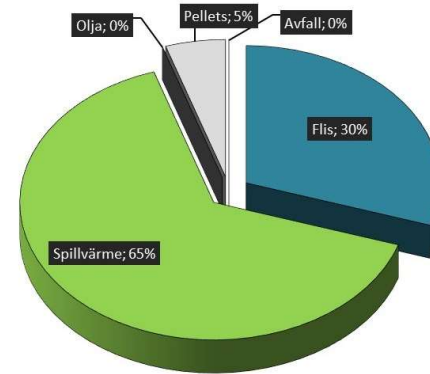
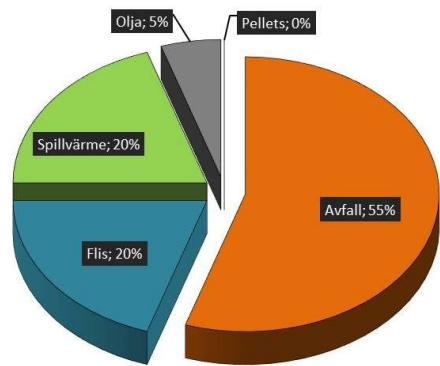
Intentionsavtal 2018

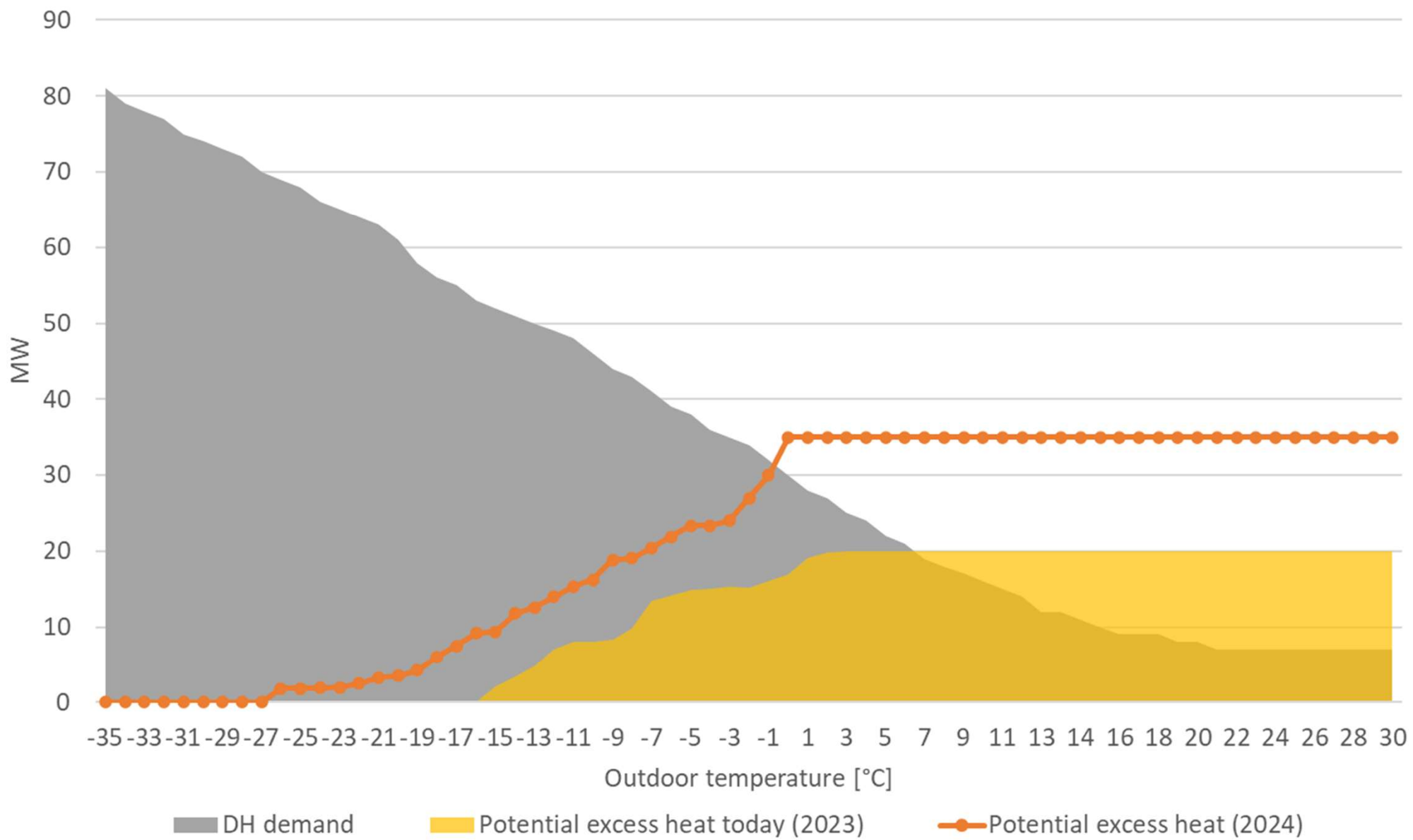
2020

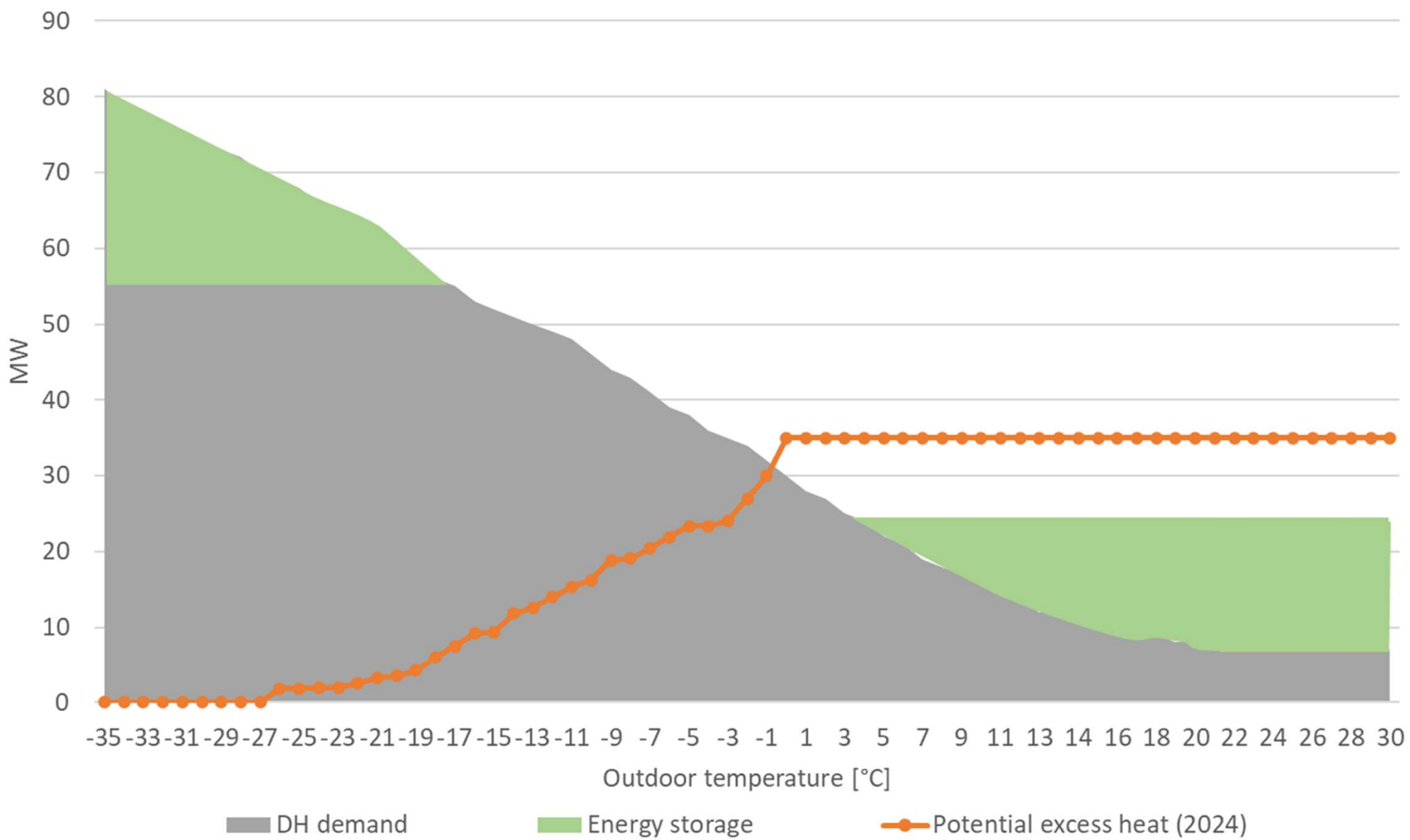
Nu: Behov av säsongslager

Mer värme tillgänglig – utökat
samarbete 2007/2008

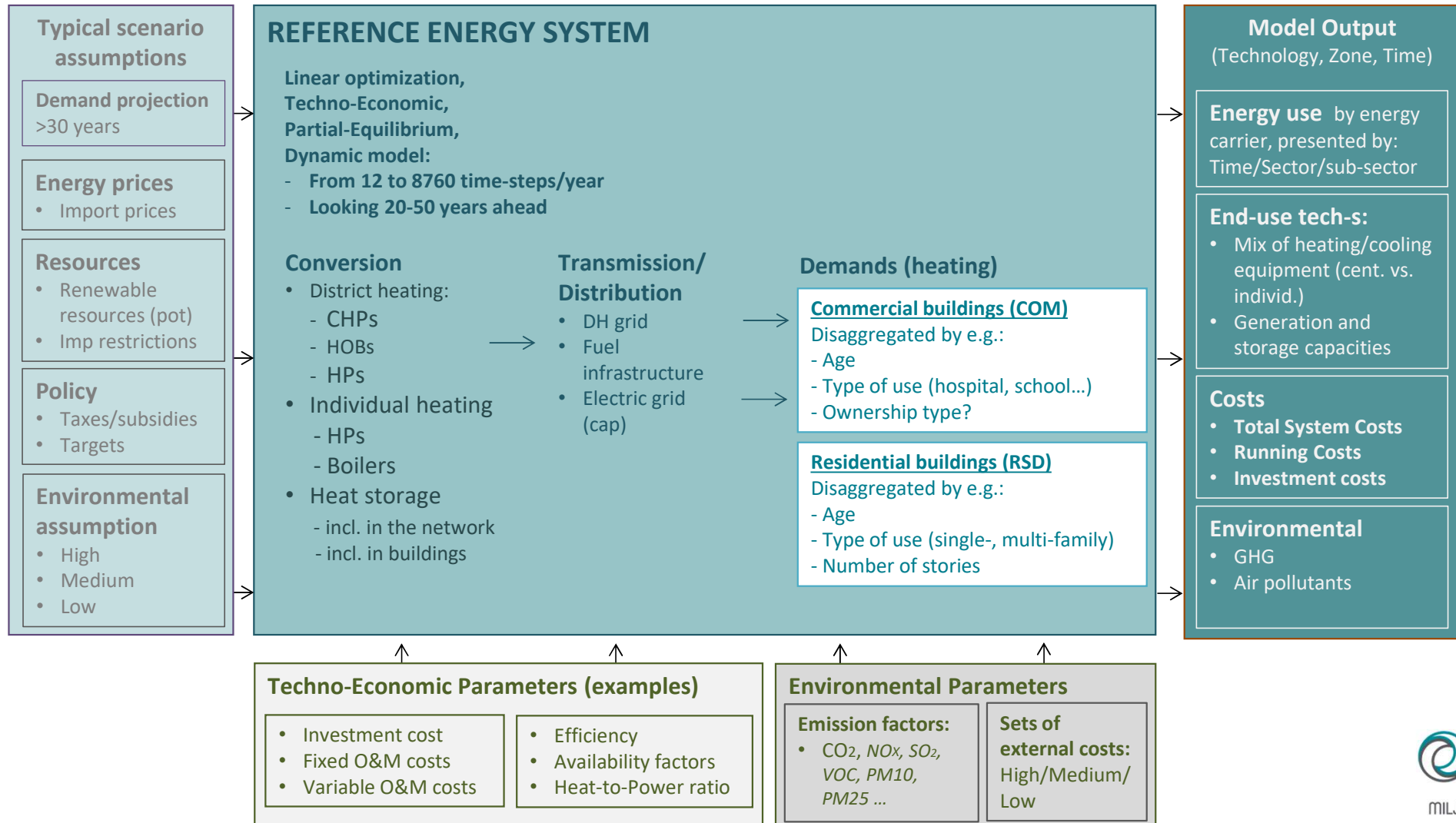
Beslut om utvidgat
samarbete 2021



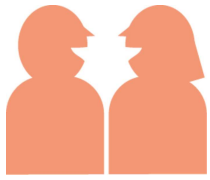




TIMES model structure









Luossajärvi

Luossavaara

NORRMALM

Kiruna

ÖSTERMALM

GLACIÄREN-SOLVINDEN

Kirunavaara

Kiruna flygplats

Tack!

Nathalie Fransson - nathalie.fransson@ivl.se

Projektet finansieras av Energimyndighetens TERMO-program

Effektivt utnyttjande av industriell spillvärme genom låg temp värmedrivna kraftcykler – en integrerad ansats för Svensk industri

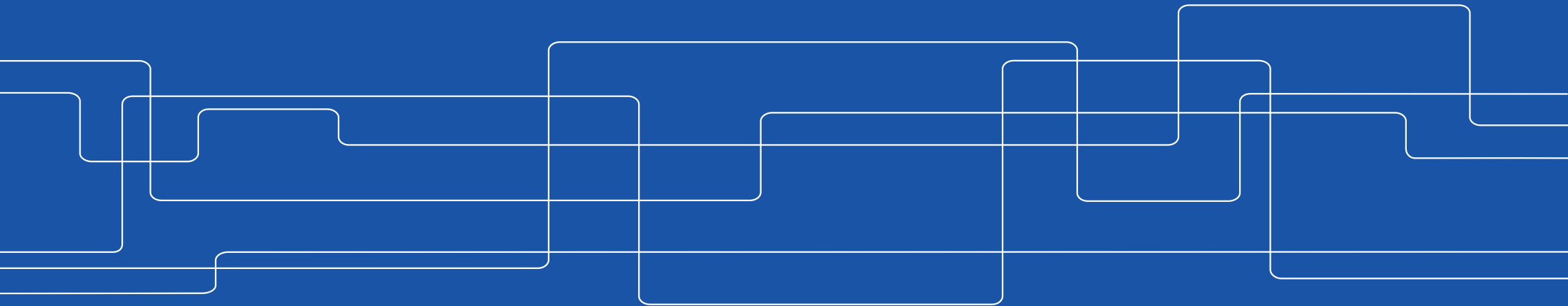
Björn Palm, KTH



Effektivt utnyttjande av industriell spillvärme genom låg temp värmedrivna kraftcykler – en integrerad ansats för Svensk industri

Björn Palm

Termodagen 19 oktober 2023





Kraftcykler = värmemotor

Omvandling av en temperaturdifferens till mekanisk energi kan ske med olika processer

Eriksson

Carnot

Otto

Diesel

Rankine

Joule Brayton

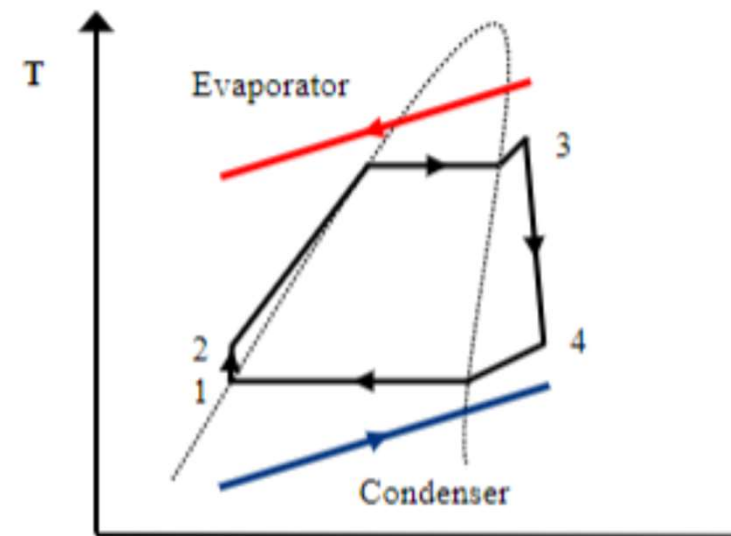
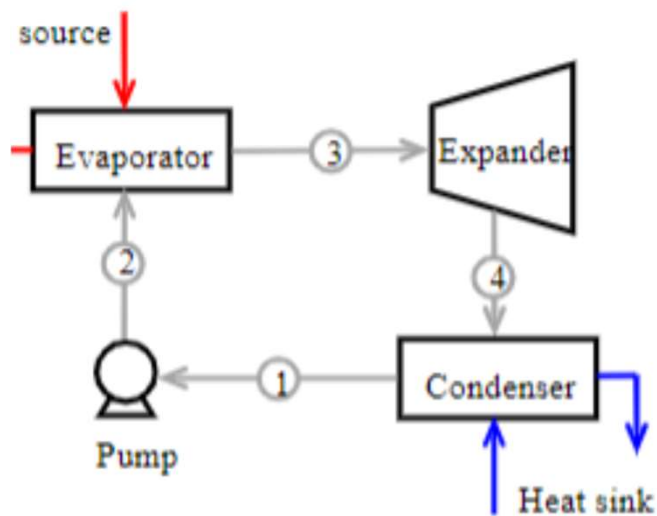
Stirling

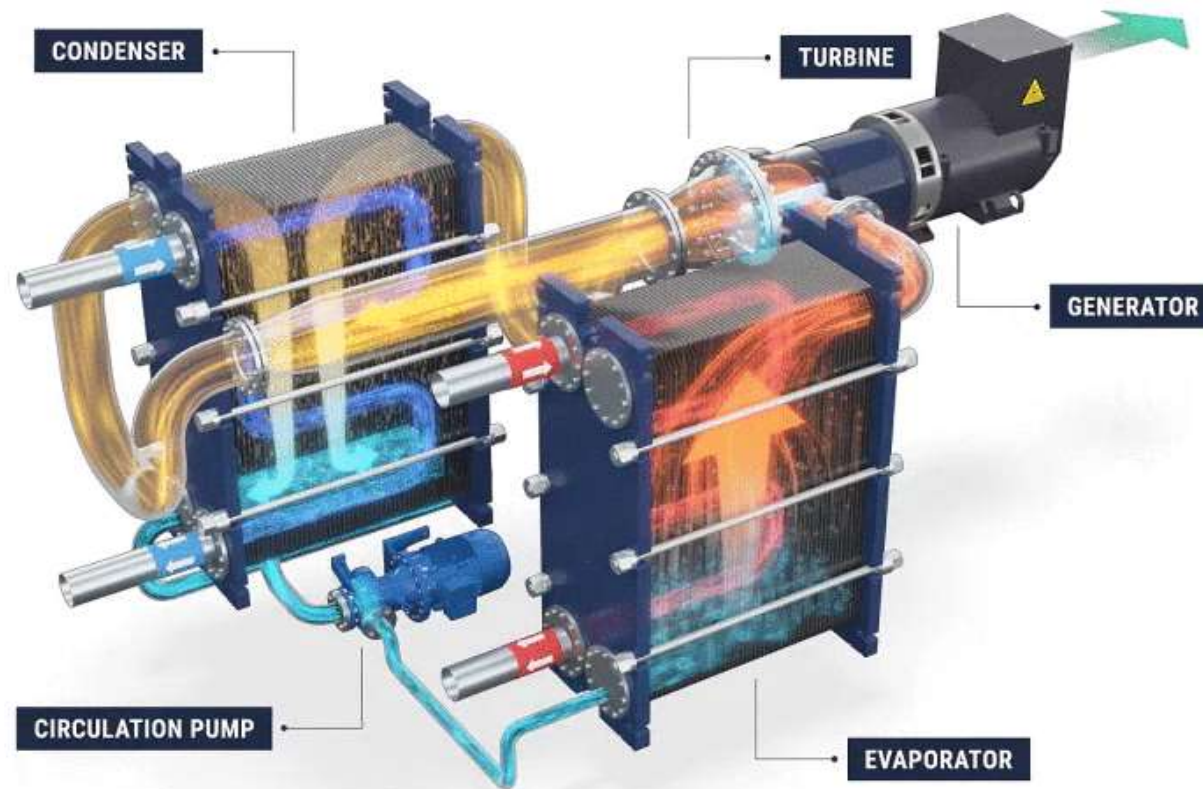
Hur omvandla spillvärme till el?

ORC = Organic Rankine Cycle

Ångkraftcykel med annat arbetsmedium än vatten

Vid låga temperaturer skulle vatten ge låga tryck och stora volymer





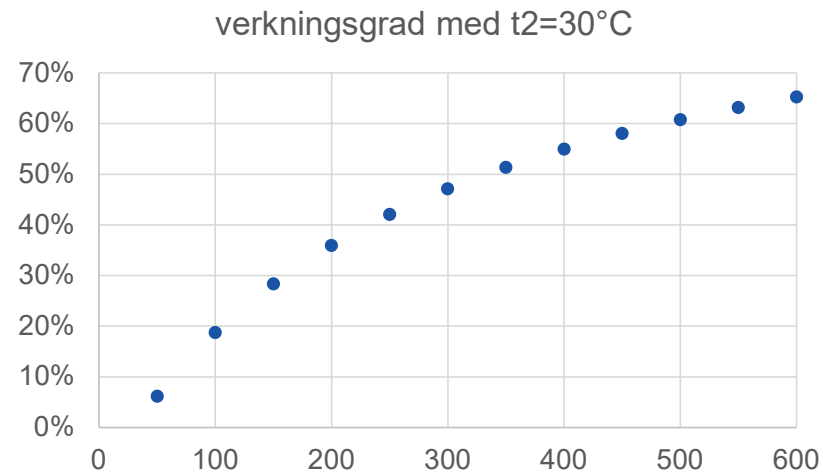
Från [The Climeon Heat Power System - How does it work?](#)



Begränsningar för omvandling av termisk energi

Carnotprocessen anger högsta möjliga verkningsgrad för en värmemotor:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

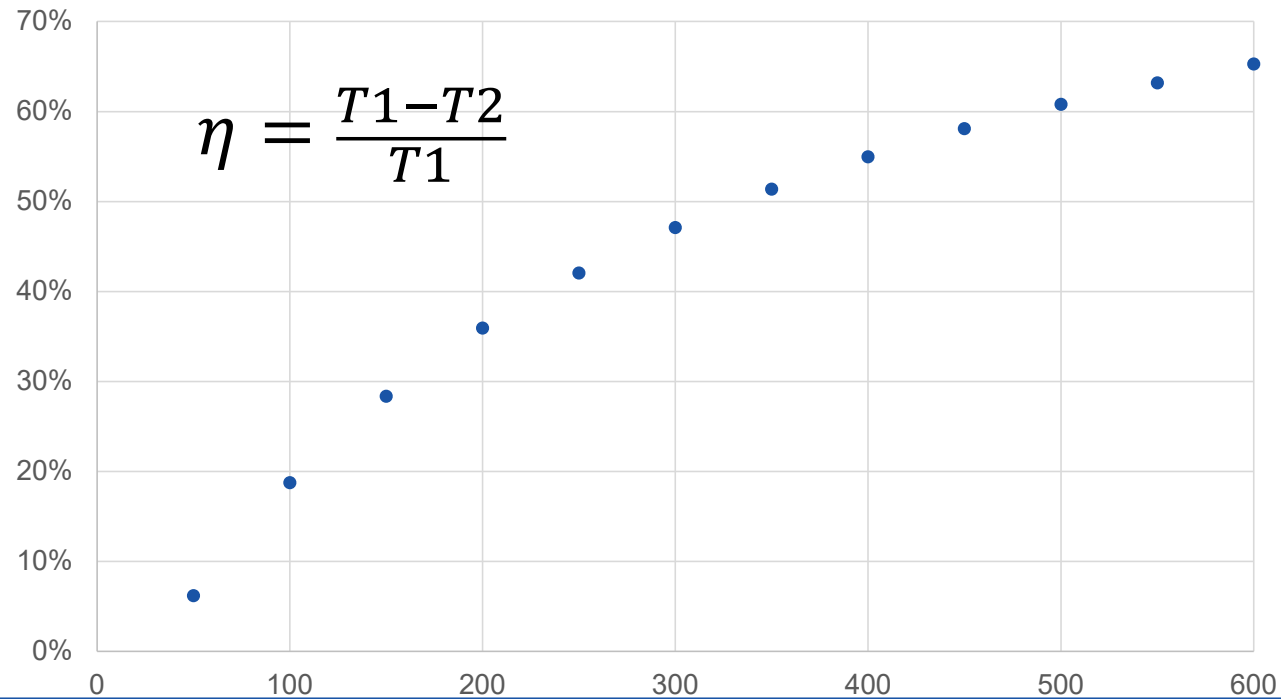




Begränsningar för omvandling av termisk energi

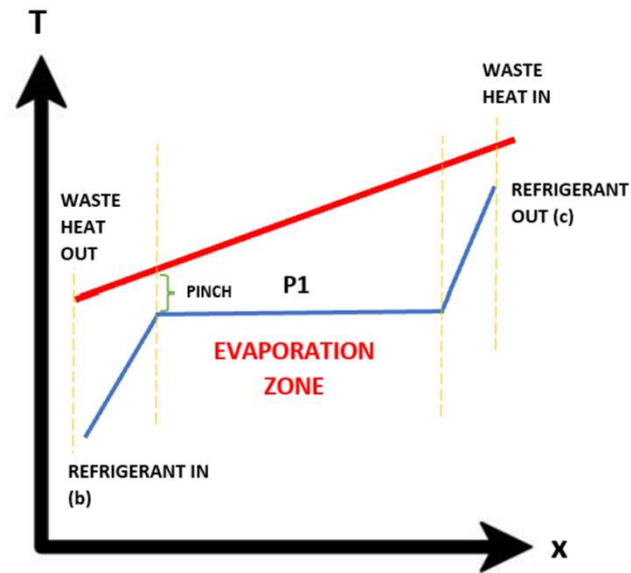
Carnotprocessen anger högsta möjliga verkningsgrad för en värmemotor:

verkningsgrad med $t_2=30^\circ\text{C}$



Temperaturändringen på spillvärmen påverkar verkningsgraden

Processens förångningstemperatur är alltid lägre än spillvärmemetemperaturen





Arbetsmedier lämpliga vid olika temperaturer på spillvärmekällan

Mest HFC (hydro-fluoro-carboner) men även ett par kolväten
Propan, isobutan, isopentan

47 °C	83 °C	119 °C	155 °C	191 °C	227 °C
R143a	R22	R152a	R600a	R600	R123
R32	R290	R124	R142b	R245fa	R365mfc
	R134a	CF3I	R236ea	R245ca	R601a
	R227ea	R236fa			R601a
					R141



Inget idealiskt medium: Antingen brännbart eller hög växthuseffekt

Waste heat Temperature	Refrigerant	Atmospheric Lifetime	ODP	GWP	Flammability /Toxicity	Comment	Pressure at P1	Pressure at P2 (15°C)	Critical point temperature
83	R22	11,9	0,034	1760	A1	Freon - Phased Out			
	R290	0,034	0	5	A3	Flammable			
	R134a	13,4	0	1300	A1	Common for HVAC	24,2 bar (at 76°C)	4,9 bar (at 15°C)	122
119	R227ea	38,9	0	3350	A1	Non Flammable			
	R152a	1,5	0	138	A2	Low GWP but flammable	44,1 bar (at 112°C)	4,4 bar (at 15°C)	113
	R124	5,9	0,02	527	A1		29,9 bar (at 112°C)	2,8 bar (at 15°C)	122
	R236fa	242	0	8060	A1				
227	R123	1,3	0,01	79	B1	Toxic	29 bar (at 180°C)	1 bar (at 30°C)	184
	R365mfc	7,7	0	782	A2	Lower flammable	29 bar (at 180°C)	3,5 bar (at 80°C)	187



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Energy Conversion and Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/enconman



Performance of binary zeotropic mixtures in organic Rankine cycles (ORCs)

Mina Shahrooz^{a,*}, Per Lundqvist^a, Petter Nekså^b

^a Department of Energy Technology, KTH Royal Institute of Technology, SE-100 44, Stockholm, Sweden

^b SINTEF Energy Research and Norwegian University of Science and Technology, 7034 Trondheim, Norway

ARTICLE INFO

Keywords:

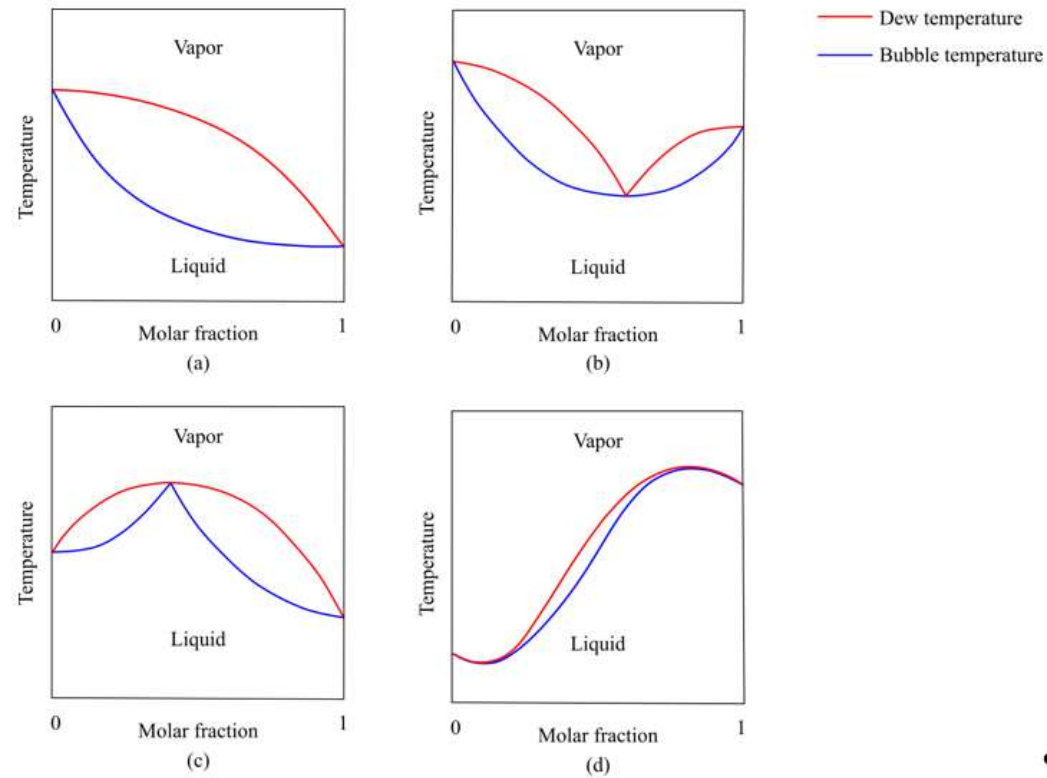
ORC
Rankine cycle
Zeotropic mixture
Binary mixture
Natural fluids
Waste heat recovery

ABSTRACT

Compared to pure fluids, zeotropic mixtures have the potential to lower the irreversibilities in low temperature Rankine cycles by better temperature profile matching of the working fluid with the heat source/sink. However, having a gliding temperature does not guarantee performance boost over pure fluids, as many factors influence the exergy efficiency of the cycle. In this study, 25 pure fluids and 104 binary mixtures of natural working fluids are analyzed in subcritical ORCs with heat source temperature range of 125–300 °C and different condensing conditions and the results are investigated within two frameworks: (1) comparing the mixtures to their pure constituents, (2) comparing the mixtures to the best performing pure fluid. In one behavior type, the performance of the mixture falls between the performance of its pure constituents for all evaporator pressure range, and the mixture provides no benefit. However, some mixtures could provide performance boost in a specific evaporator range. Therefore, the maximum allowable evaporator pressure plays an important role in the performance comparison of zeotropic mixtures to their pure constituents. Mixtures which outperform their pure constituents in the first perspective, are further analyzed in the second perspective. Finally, a screening method is presented to map the binary mixtures with performance boost compared to their pure constituents and high absolute exergy efficiency. This method is based on the key thermophysical properties of the fluids including critical temperature and normal boiling point, as well as working conditions such as heat source and heat sink temperature and PPTD in the evaporator and the condenser.

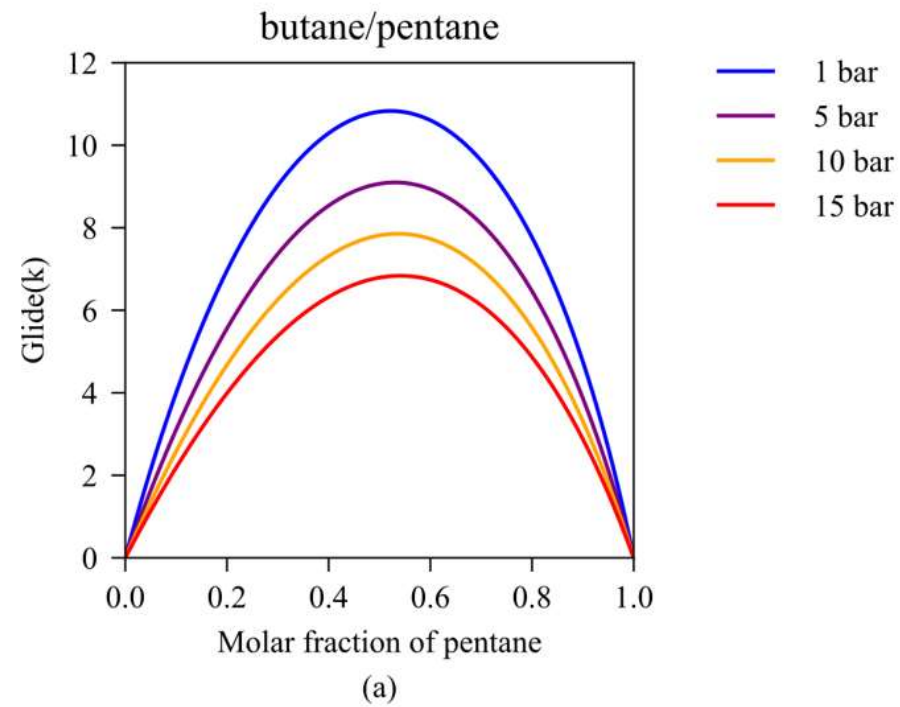
Blandningar av två medier

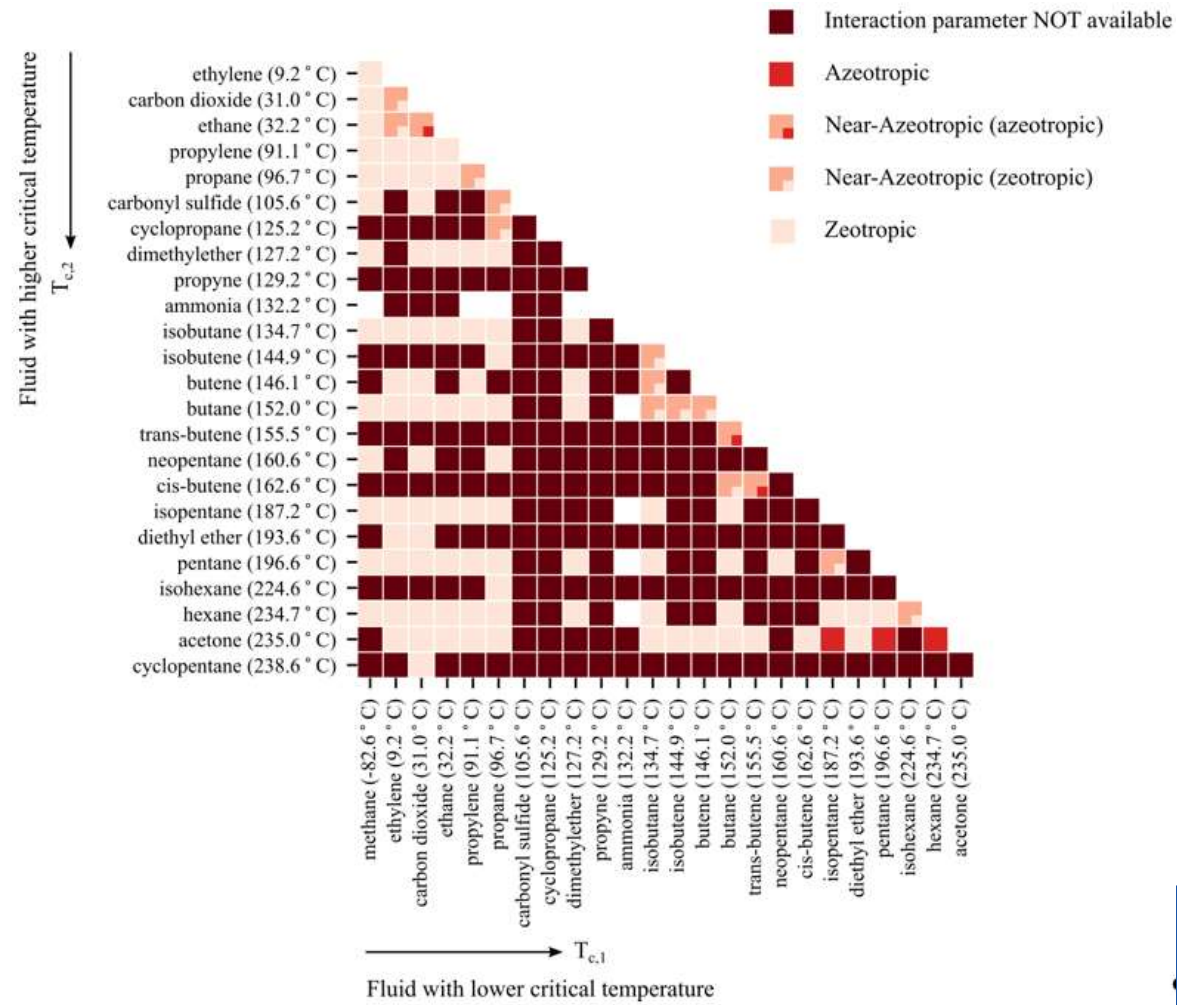
Blandningar av medier har en glidande kokpunkt vilket kan minska exergiförlusterna i förångare och kondensor





Temperatur glide för butan/pentan





Glide för olika kombinationer av arbetsmedier

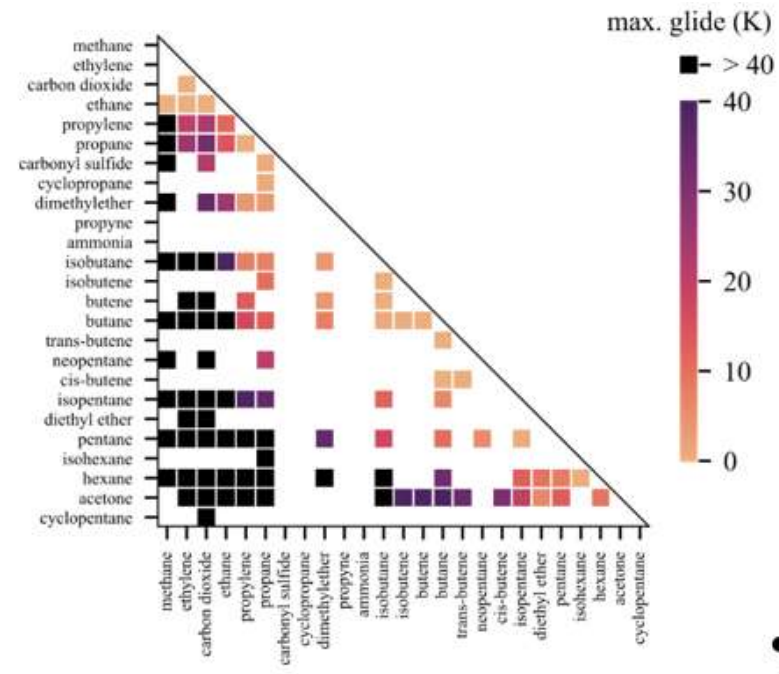
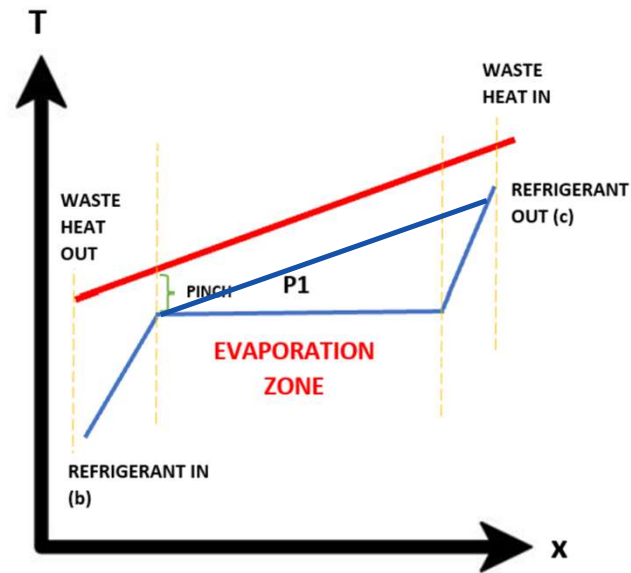


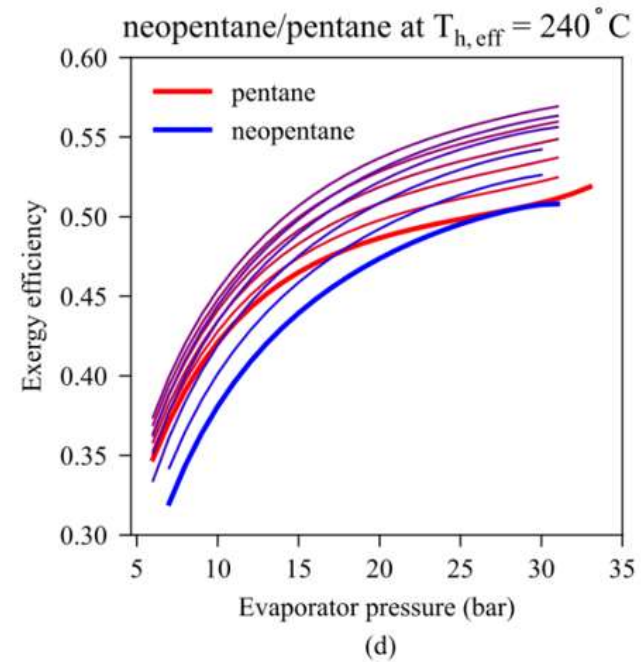
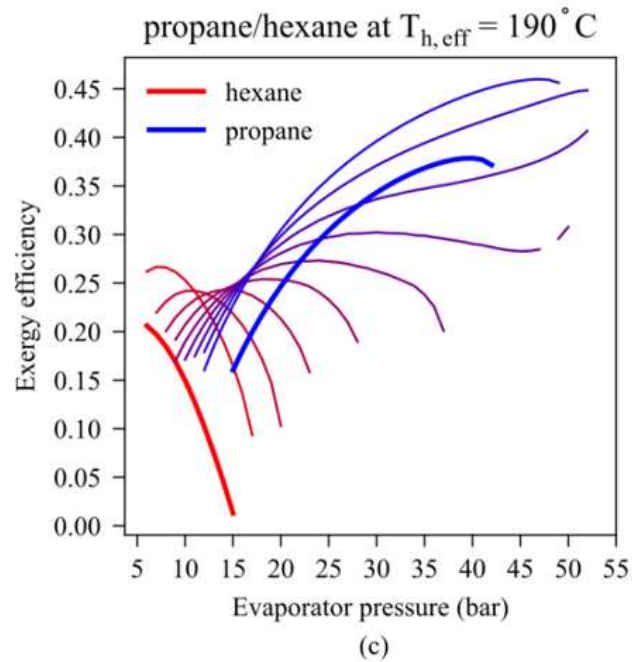
Fig. 11 - Maximum glide for binary mixtures in condenser [size: single column]

Temperaturändringen på spillvärmen påverkar verkningsgraden

Processens förångningstemperatur är alltid lägre än spillvärmemetemperaturen



Blandningar kan ge högre effektivitet än rena medier





Royal Institute of Technology - Kungliga Tekniska Högskolan (KTH)

Organic Rankine Cycles for low-temperature industrial waste heat utilization

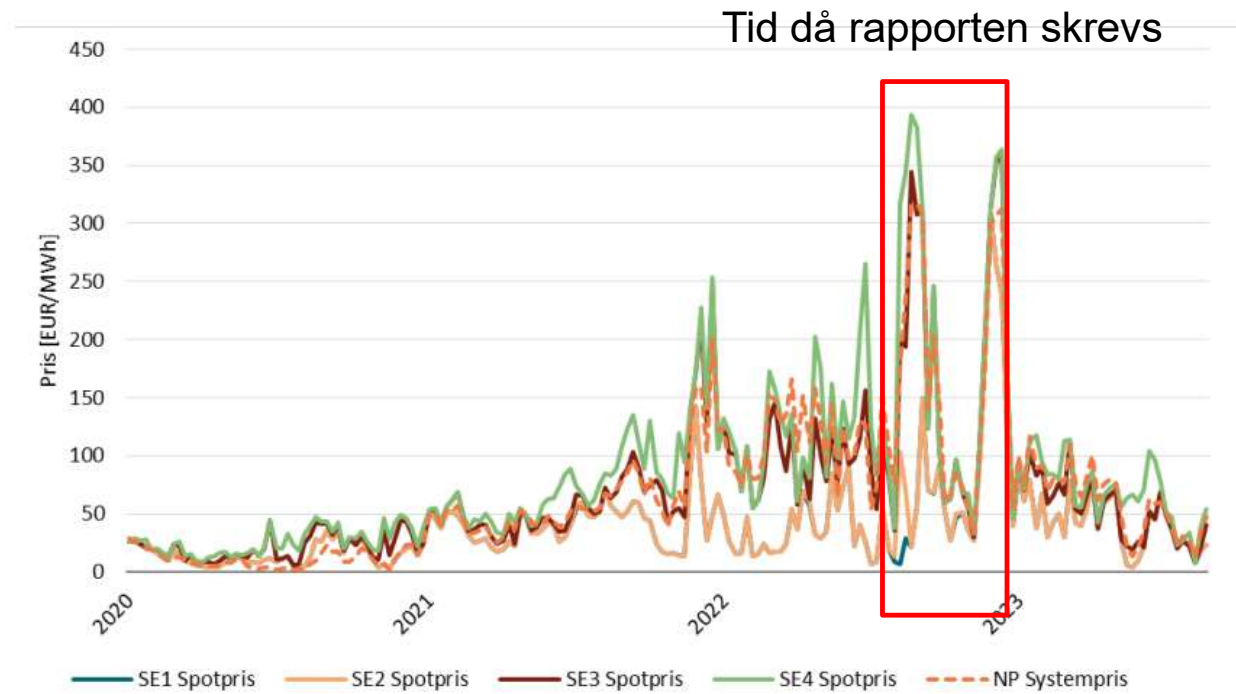


Courtesy of: <https://www.ledgerinsights.com/china-blockchain-platform-for-steel-industry/>

Group 2 consisting of: *Lorenzo Centonze, I Wayan Sudiasa, Jimmy Lidén, Siddharth Suresh Sumathi, Christopher Pourier*

Stockholm, December 2022

Veckopriser på el fram till sept 2023

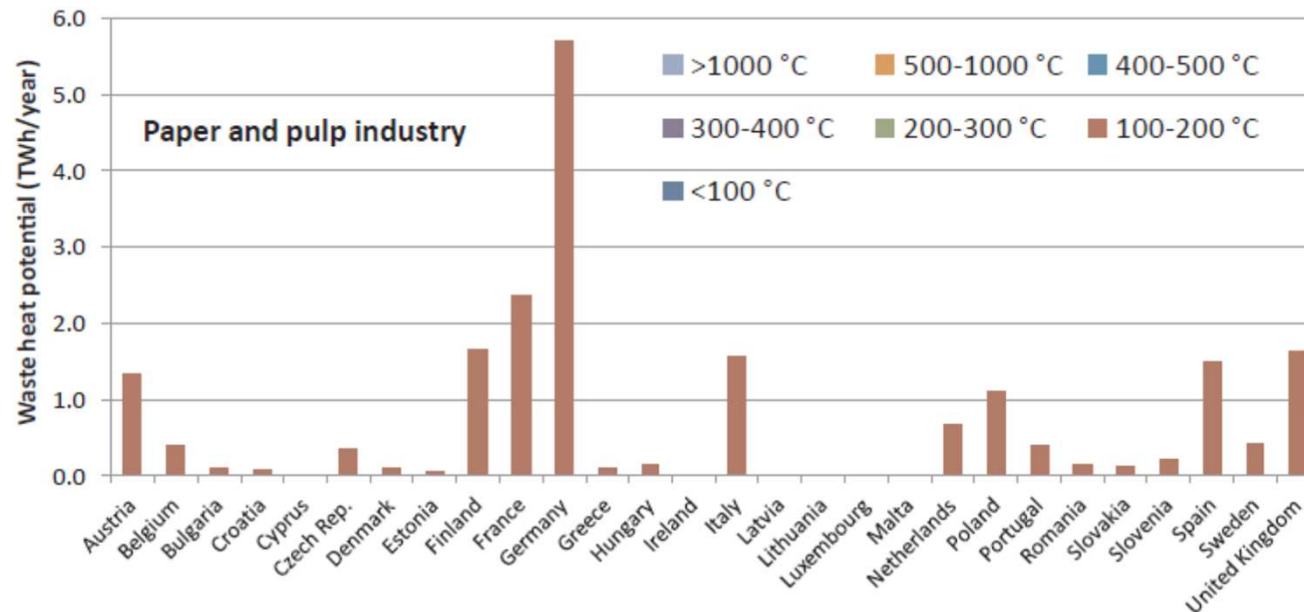


Källa: SKM Market Predictor, Nord Pool

Pappers och massaindustrin

Spillvärme ca 0,4 TWh i området 100 - 200°C

Exempel: Munksjö pappersbruk: 8.3 MW vid ca 150°C



Källa: M. Papapetrou and G. Kosmadakis, "Industrial waste heat: Estimation of the technically available resource in the EU per industrial sector, temperature level and country," *Applied Thermal Engineering*, 2018.



Cementindustrin

Exempel på fördelningen av spillvärmen från EN anläggning:

- Hög: $T > 300\text{ °C}$ 22%
 - Medium: $100\text{ °C} < T < 300\text{ C}$ 12%
 - Low: $T < 100\text{ °C}$ 25%
-
- En större anläggning i Sverige, i Slite
 - 3,9 MW vid 245 °C
 - 6% av Sveriges växthusgasutsläpp; 20% av industrins
 - 40% av utsläppen från bränslet
 - 60% från kemiska reaktioner
 - Uppskattning av spillvärmemängden saknas

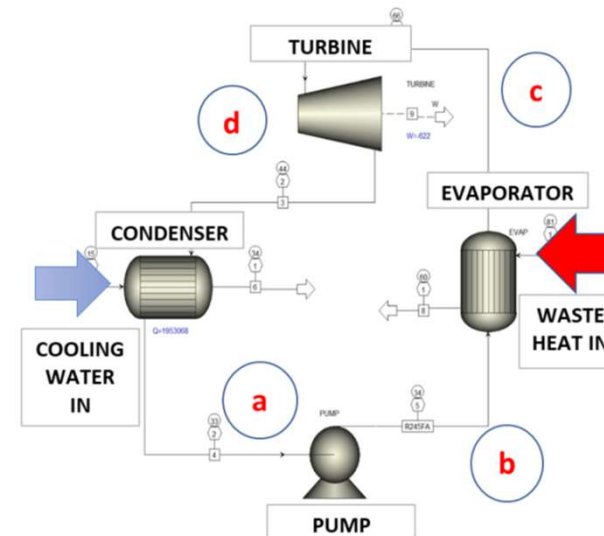


Stålindustrin

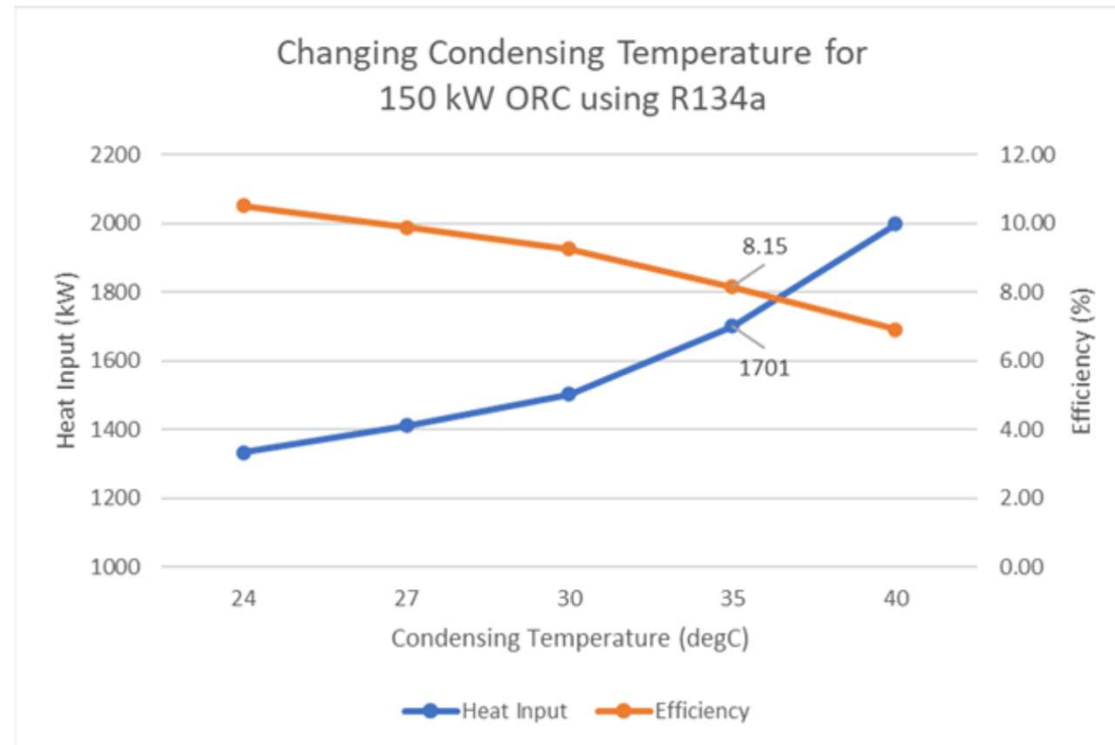
- Spillvärme vid olika temperaturnivåer, även höga
- Många olika processer och process-steg och därmed många möjliga tillämpningar av ORC
- Uppskattning av spillvärmemängden saknas

Modell för utvärdering av ekonomin

- Val av arbetsmedium utifrån spillvärmemetemperatur
- Val av komponenter
- Simulering av processens verkningsgrad
- Uppskattning av tillverkningskostnad
- Uppskattning av driftskostnad
- Beräkning av elproduktionskostnad



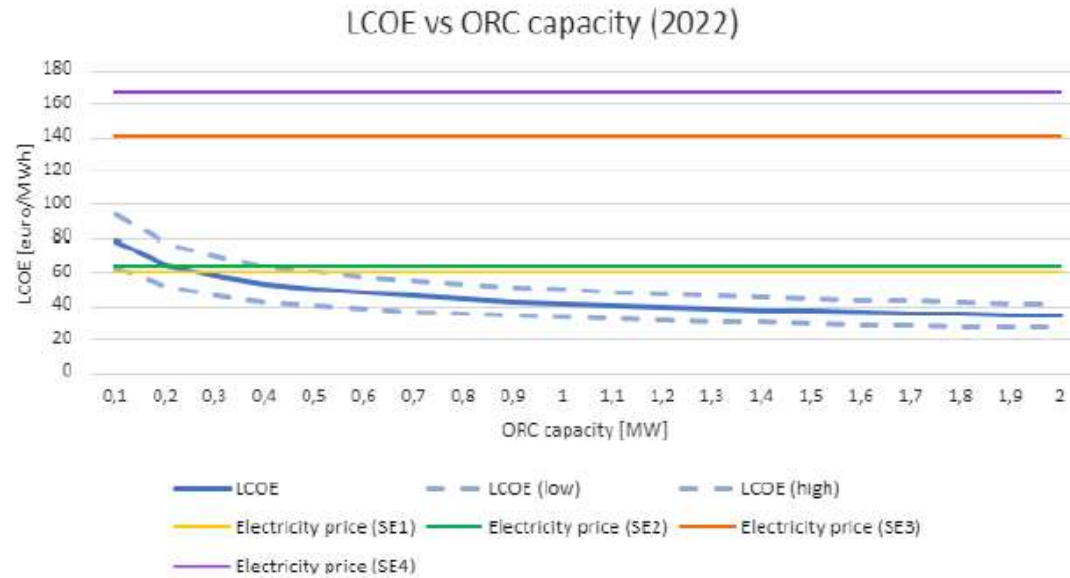
Exempel, optimering, värmekälla 90°C - 70°C





Inverkan av anläggningens storlek

Levelized cost of electricity som funktion av storlek





Slutsatser

- Omvandling av spillvärme till el ger låga verkningsgrader
 - Beror starkt av spillvärmens temperatur
- Med icke-azeotropa blandningar som arbetsmedium kan verkningsgraden ökas något, åtminstone i teorin
- Temperaturnivåer för spillvärme undersöktes för tre industrigrenar
- Produktionskostnad för el uppskattades

- Med 2022 års elpriser var prognosen god, med 2023 års priser betydligt sämre

Bild 119: Klimatomställning som affärsidé

- Julia Ahlrot, Växjö Energi

Bild 140: Ranagård med ny 4GDH-teknik

– Heidi Norrström, Högskolan i Halmstad

**Bild 167: Högupplöst GIS mappning av
värmekällor för fjärrvärme**

– Nelson Sommerfeldt, KTH

- Inledning -

Klimatomställning som affärsidé

Julia Ahlrot, Växjö Energi

Klimatomställning som affärsidé

Julia Ahlrot, chef Strategi och Omvärldsrelationer, Växjö Energi

Växjö Energis huvudprodukter



Elnät



Värme



Kyla



EI



Fiber



IDAG KRAFTVÄRME AV SKOGENS RESTER

NU ÄR
VI HELT

100%

EN DEL AV DIN VARDAG

VEAB
VÄXJÖ ENERGI

A satellite view of the Earth showing the Americas, Europe, and parts of Africa. The image is darkened to make the yellow text stand out. The text is centered in the upper half of the image.

-68%

Fossila koldioxidutsläpp per invånare i
Växjö kommun från 1993 till 2021.



Uppdrag: Att skapa hållbar utveckling i Växjöregionen med affärsmässig samhällsnytta

EN DEL AV DIN VARDAG

VEAB
VÄXJÖ ENERGI

Vår omvärld

VÄXJÖ ENERGI I VÄRLDEN



Det breda sammanhanget

- Hållbar Utveckling
- Affärsmässig Samhällsnytta
- Politik
- Ekonomi
- Samhälle
- Teknik
- Miljö
- Lagar
- Klimatförändringar
- Åldrande befolkning
- Digitalisering
- Elektrifiering
- Urbanisering
- Individualisering
- Globalisering
- Säkerhet

Ekosystemet

- Kunden
- Kundens kund
- Ägaren
- Konkurrenter
- Leverantörer
- Råvaror

Företaget

Resurser, Förmågor
och Relationer

Hållbara Växjö 2030

*Vi skapar hållbar utveckling i
Växjöregionen och affärsmässig
Samhällsnytta*



En del av din vardag
och en annorlunda hållbar framtid

SMÅLÄNDSK FRAMÅTANDA

VÄXJÖ ENERGIS FÄRDPLAN



Vi tillhandahåller robust infrastruktur med ett effektivt nätutnyttjande

Bygga ut och underhålla våra anläggningar i samklang med en växande Växjöregion

Säkra eltillgång och därmed förutsättningarna för fortsatt hållbar utveckling och tillväxt

Ge alla möjlighet att få tillgång till robust och säkert bredband

Erbjuda flexitjänster för att kunna tillhandahålla efterfrågad effekt till alla kunder

Ge alla kunder tillgång till moderna mättjänster

Vi bibehåller och utökar befintliga produktleveranser

Prissätta för utjämning av effekttoppar

Lågtempererad fjärrvärme

Flerfaldiga leveranser av fjärrkyla

Ökat värdeskapande i alla led – alltid attraktiva affärsmodeller

Fjärrvärmesamarbete med Alvesta

2024

2026

2028

2030

2032

Utveckla koncept kring energitjänster

Energigemenskaper – Växjö Energi tar ledande position

Digital plattform för ett smartare samhälle, som IoT, 5G, datalager

Värdeskapande kundgränssnitt

Batterilager i elnätet

Tillhandahålla den laddinfrastruktur som samhället efterfrågar

Stödja och aktivt delta i fortsatt utbyggnad av vind- och solkraft i Växjöregionen

Kondensdrift ACC för ökad elproduktion

Minusutsläpp genom koldioxidinfångning

Producera förnybart drivmedel

Integrerad gaskombicycle för ökat elutbyte (IGCC)

Ersättningsproduktion Sandvik 2

Vi bedriver kundorienterad affärsutveckling i framkant

Vi tar ett ledarskap för en klimatsmart och resurseffektiv Växjöregion

VÄXJÖ ENERGIS FÄRDPLAN

Vi tillhandahåller robust infrastruktur med ett effektivt nätutnyttjande

Bygga ut och underhålla våra anläggningar i samklang med en växande Växjöregion

Prissätta för utjämning av effekttoppar

Lågtempererad fjärrvärme

Vi bibehåller och utökar befintliga produktleveranser

Säkra eltillgång och därmed förutsättningarna för fortsatt hållbar utveckling och tillväxt

Ge alla möjlighet att få tillgång till robust och säkert bredband

Flerfaldiga leveranser av fjärrkyla

2024

Vi bedriver kundorienterad affärsutveckling i framkant

Ökat värdeskapande i alla led – alltid attraktiva affärsmodeller

2026

Energigemenskaper – Växjö Energi tar ledande position

Utveckla koncept kring energitjänster

Fjärrvärmesamarbete med Alvesta

Ge alla kunder tillgång till moderna mättjänster

Erbjuda flexitjänster för att kunna tillhandahålla efterfrågad effekt till alla kunder

2028

Värdeskapande kundgränssnitt

Digital plattform för ett smartare samhälle, som IoT, 5G, datalager

Batterilager i elnätet

Ersättningsproduktion Sandvik 2

2030

Stödja och aktivt delta i fortsatt utbyggnad av vind- och solkraft i Växjöregionen

Tillhandahålla den laddinfrastruktur som samhället efterfrågar

Kondensdrift ACC för ökad elproduktion

Producera förnybart drivmedel

Integrerad gaskombicykel för ökat elutbyte (IGCC)

2032



Minusutsläpp genom koldioxidinfångning

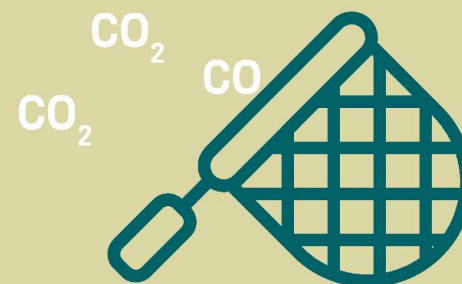
Vi tar ett ledarskap för en klimatsmart och resurseffektiv Växjöregion

Nu satsar vi på koldioxidinfångning

Kan ett lokalt energibolag som Växjö Energi vara en del av lösningen på jordens klimatproblem? Ja, det menar vi. Vi producerar redan 100 procent förnybar el och värme på Sandviksverket. Nu tar vi nästa steg och satsar på koldioxidinfångning. Genom att vara kund hos Växjö Energi är du med och bidrar till en mer hållbar framtid.

Tillsammans för minusutsläpp

Läs mer på veab.se



MINUSUTSLÄPP!

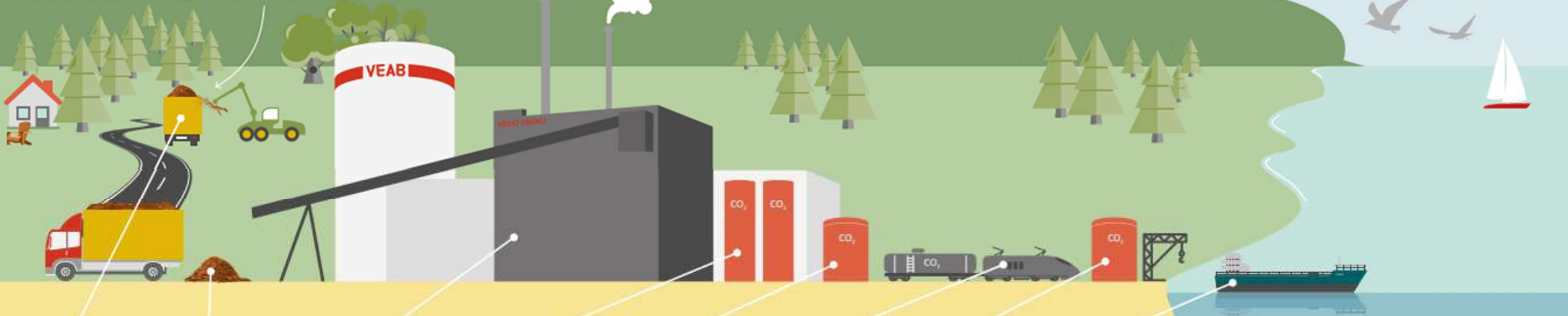


EN DEL AV DIN VARDAG

VEAB
VÄXJÖ ENERGI

KOLDIOXIDINFÅNGNING – BECCS – I VÄXJÖ

Upptag av koldioxid i luften genom skogens fotosyntes



1

Insamling av restströmmar från närliggande skogsbruk, trävaruindustri samt återvinning av rent returträ

2

Lagring av biomassa

3

Energiåtervinning till förnybar el, värme och kyla

4

Infångning av koldioxid från rökgasen

5

Kondensering till flytande koldioxid för tillfällig lagring

6

Transport med tåg

7

Buffertlagring av koldioxid

8

Transport med båt

9

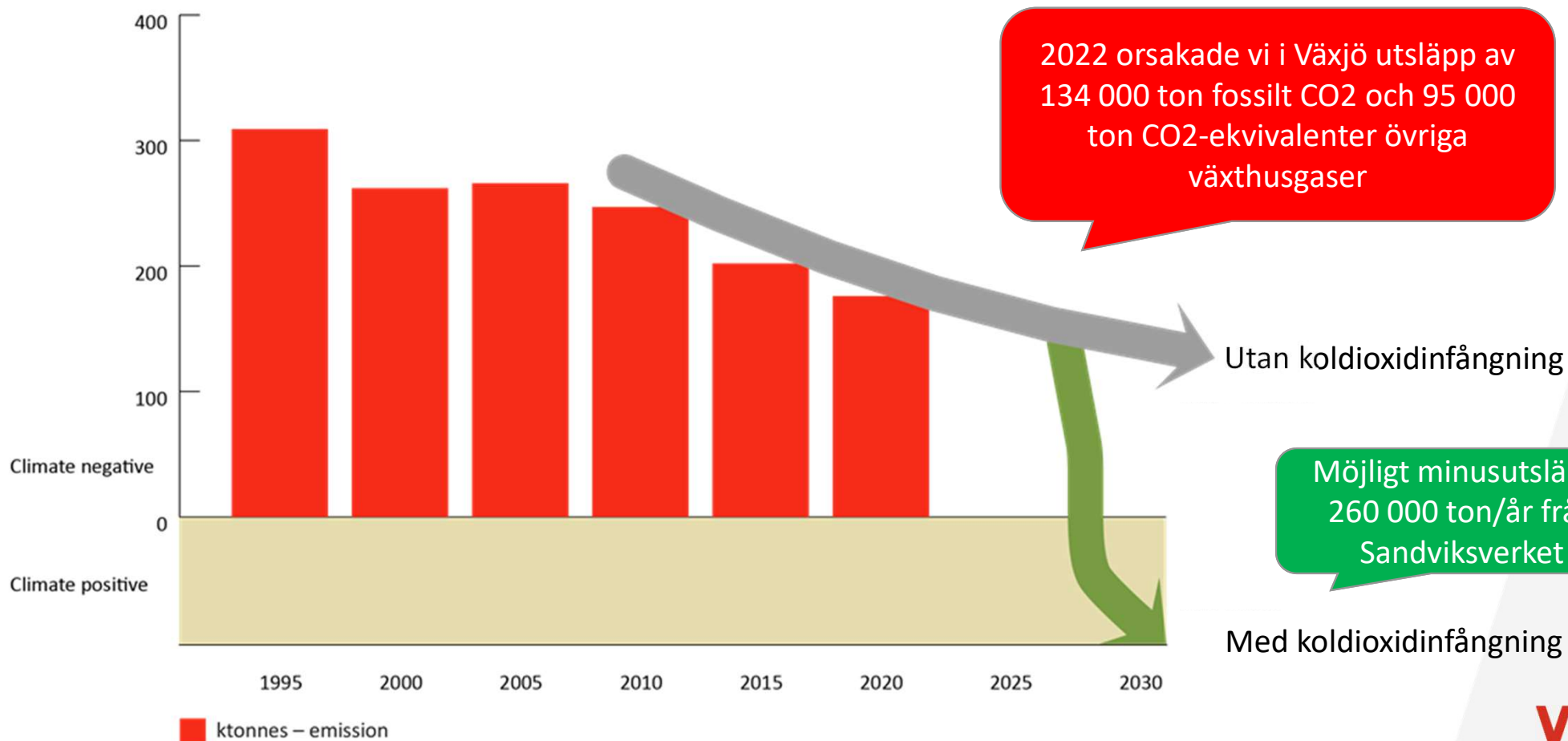
Permanent förvaring/ mineralisering i berggrunden under havsbotten

ca 3 000 m

260 000 ton CO₂/år från Sandviksverket

VÄXJÖS FOSSILA KOLDIOXIDUTSLÄPP

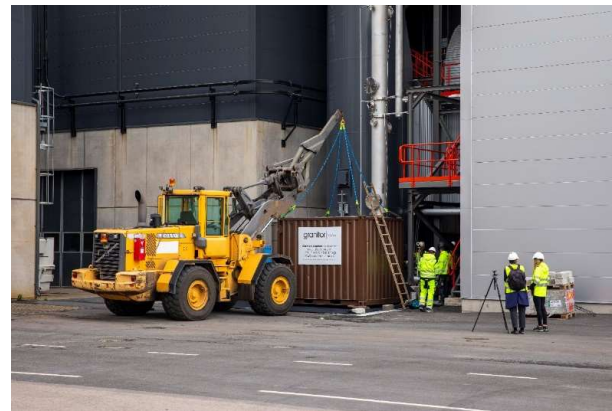
"År 2030 orsakar Växjö ingen negativ påverkan på klimatet"



PILOTPROJEKT FÖR KOLDIOXIDINFÅNGNING MED LUNDS UNIVERSITET

Subsidied by
 **Swedish Energy Agency**

 **Finansieras av Europeiska unionen**
NextGenerationEU



Aminteknik
AMP/DMSO

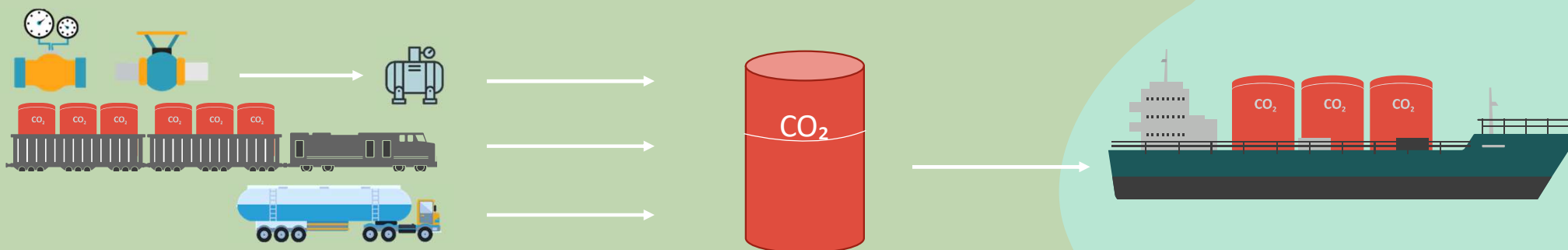


CNetSS

CARBON NETWORK SOUTH SWEDEN

Subsidied by
 **Swedish Energy Agency**

 **Finansieras av Europeiska unionen**
NextGenerationEU



VEAB
VÄXJÖ ENERGI

ÖRESUNDS KRAFT  kraftringen

e-on NORDION ENERGI

kemira

CTP
COPENHAGEN MALMÖ PORT

Höganäs 

SYSAV

 **StoraEnso**

EN DEL AV DIN VARDAG

VEAB
VÄXJÖ ENERGI

VÄXJÖ ENERGIS FÄRDPLAN

Vi tillhandahåller robust infrastruktur med ett effektivt nätutnyttjande

Bygga ut och underhålla våra anläggningar i samklang med en växande Växjöregion

Prissätta för utjämning av effekttoppar

Lågtempererad fjärrvärme

Vi bibehåller och utökar befintliga produktleveranser

Säkra eltillgång och därmed förutsättningarna för fortsatt hållbar utveckling och tillväxt

Ge alla möjlighet att få tillgång till robust och säkert bredband

2024

Flerfaldiga leveranser av fjärrkyla

Ökat värdeskapande i alla led – alltid attraktiva affärsmodeller

2026

Energigemenskaper – Växjö Energi tar ledande position

Utveckla koncept kring energitjänster

Fjärrvärmesamarbete med Alvesta

Erbjuda flexitjänster för att kunna tillhandahålla efterfrågad effekt till alla kunder

Ge alla kunder tillgång till moderna mättjänster

2028

Värdeskapande kundgränssnitt

Digital plattform för ett smartare samhälle, som IoT, 5G, datalager

Batterilager i elnätet

Ersättningsproduktion Sandvik 2

2030

Stödja och aktivt delta i fortsatt utbyggnad av vind- och solkraft i Växjöregionen

Tillhandahålla den laddinfrastruktur som samhället efterfrågar

Kondensdrift ACC för ökad elproduktion

Minusutsläpp genom koldioxidinfångning

Producera förnybart drivmedel

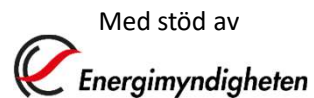
Integrerad gaskombicycle för ökat elutbyte (IGCC)

2032



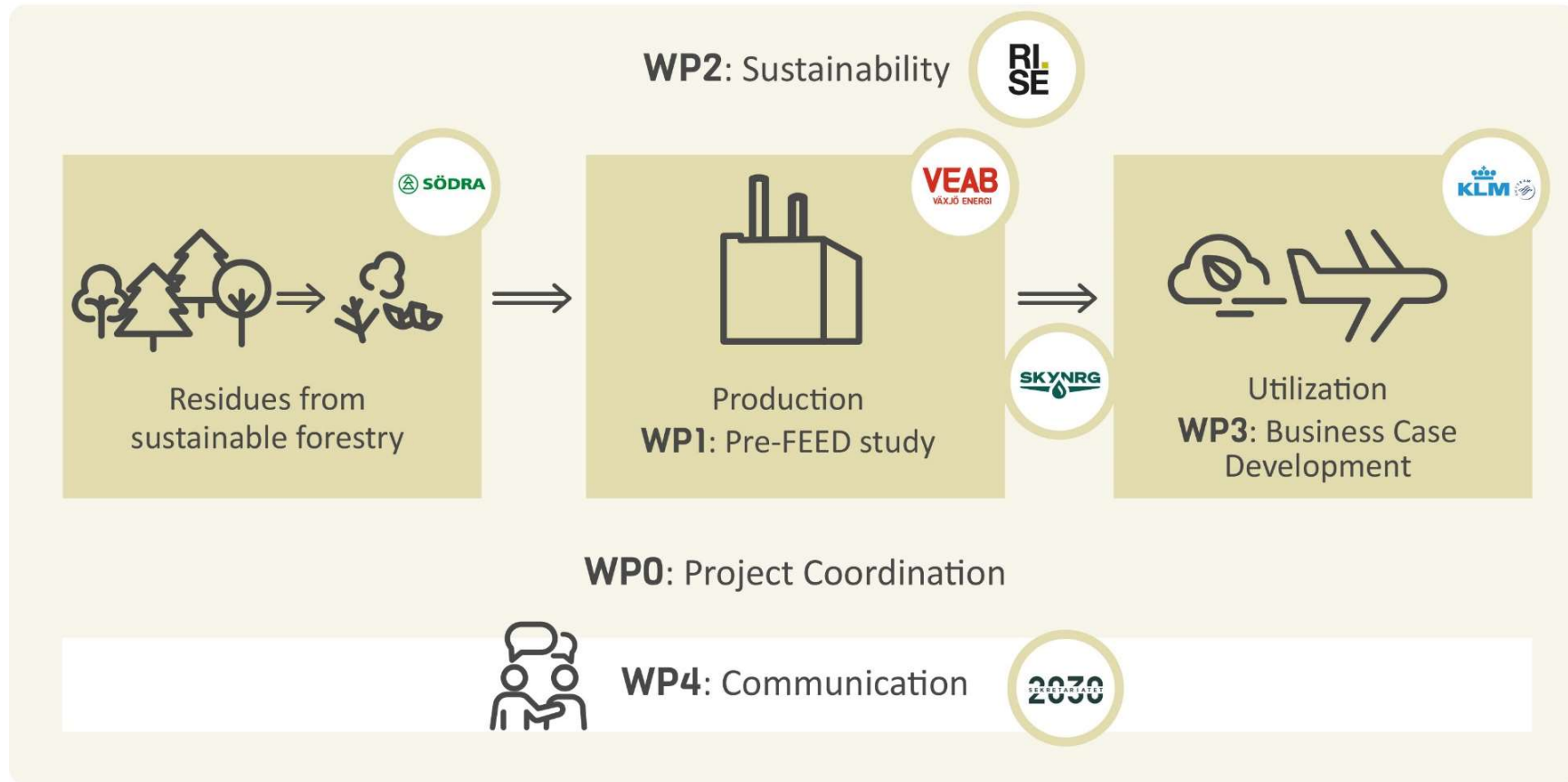
Vi bedriver kundorienterad affärsutveckling i framkant

Vi tar ett ledarskap för en klimatsmart och resurseffektiv Växjöregion

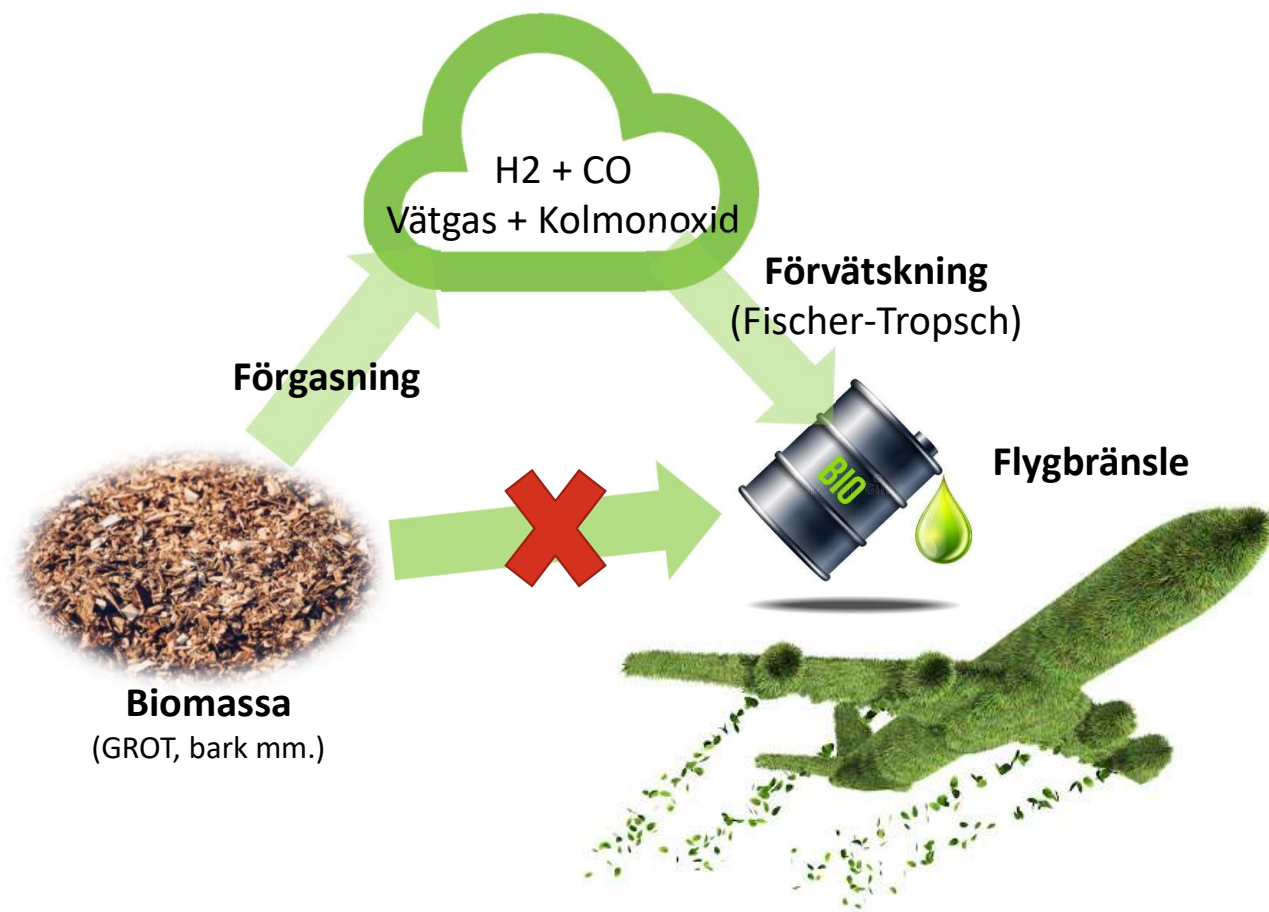


Från skogsrester till hållbara flygbränslen (RE-SAF)





ÖVERGRIPANDE PROCESS





LÄRDOMAR SÅ HÄR LÅNGT

- Positiv syn på bioenergi en förutsättning.
- Nyttja bioråvaran effektivt.
- Värdefullt att ha kunden med i inre kretsen av samarbete.
- Nära samarbete med teknikleverantörer att föredra.
- Hög investeringskostnad och ny teknik – ekonomiska incitament behövs.





Tillsammans gör vi det

Julia.Ahlrot@veab.se

www.veab.se

Ranagård med ny 4GDH-teknik

Heidi Norrström, Högskolan i Halmstad

Ranagård med ny 4GDH teknologi

TERMODAGEN
19 oktober 2023

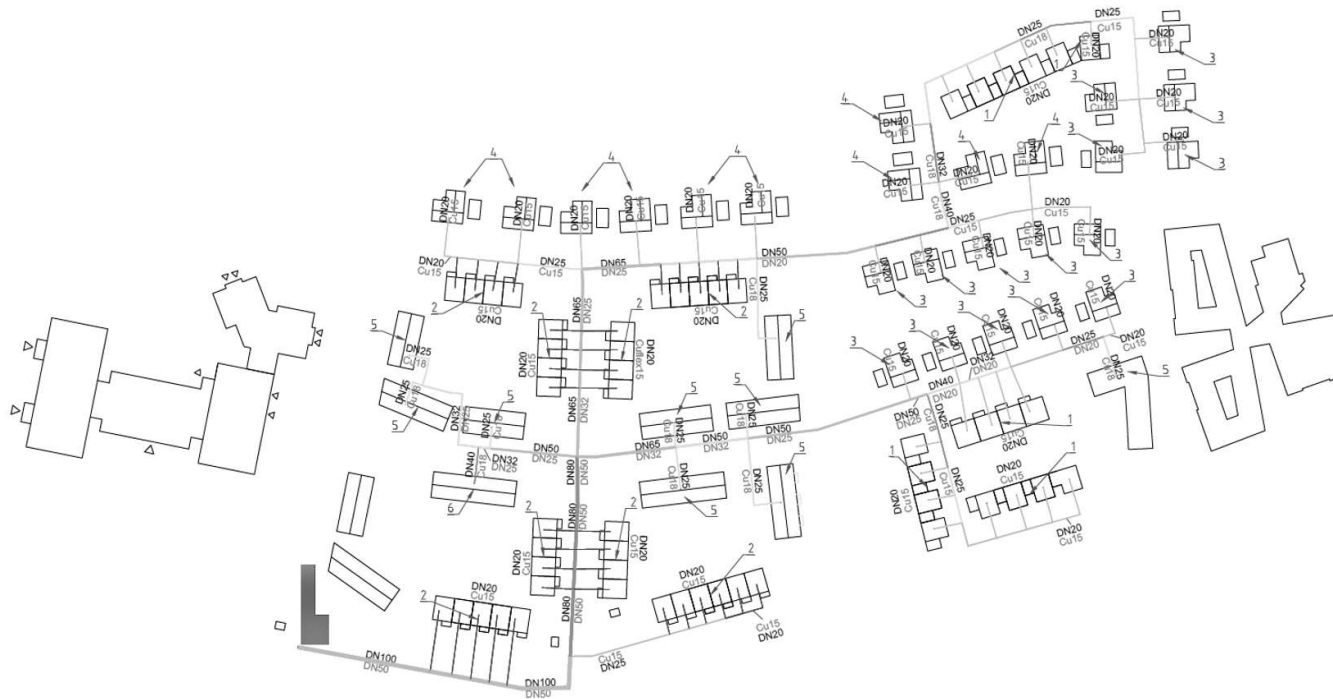
Forskningsprojekt vid Högskolan i Halmstad
och Malmö Universitet, finansierat av
Energimyndigheten

Ranagård med 4GDH teknologi

Projektledare vid Högskolan i Halmstad Heidi Norrström och
forskare Helge Averfalk samt forskare vid Malmö Universitet
Kristian Stålné

Projektledare vid HEM, Halmstad Energi & Miljö, Rolf Strandell

Ranagård med ny 4GDH teknologi



HEM har byggt ut fjärrvärmens för några hundra bostäder

Area 1 showing the buildings and the 4GDH with three pipe district heating grid

Ranagård med ny 4GDH teknologi

Värmebehov för 550 nya bostäder – 4554 MWh

Värme- område	Värme, MWh	Varm- vatten, MWh	Totalt, MWh	Specifikt värmebehov, kWh/m ²
Area 1	1417	547	1964	76,4
Area 2	1333	542	1875	77,5
Area 3	521	194	715	75,6

Heat demand in Ranagård with input from AFRY engineering

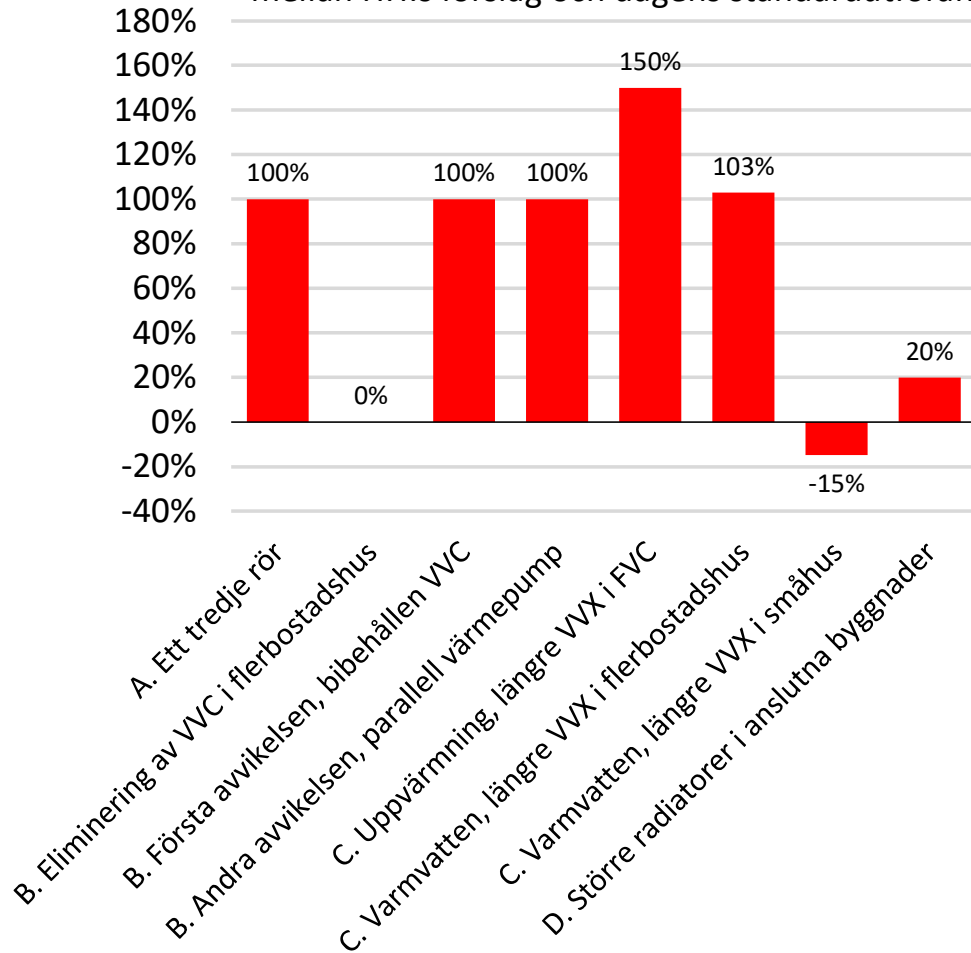
Ranagård med ny 4GDH teknologi

- Halmstad Energi & Miljö, HEM, har byggt ut fjärrvärmens för hundratals nya bostäder i Ranagård
- HEM testar en ny 4GDH teknologi utvecklad vid Högskolan i Halmstad, HiH, för en del av dem

Ranagård med ny 4GDH teknologi

- HH har dels följt den tekniska delen av projektet som en kvalitetssäkring
- HH har dels tillsammans med Malmö Universitet genomfört en studie kring acceptans av ny teknik

Måluppfyllelse för Ranagård i förhållande till skillnad mellan HH:s förslag och dagens standardutförande



Måluppfyllelse av kvalitetssäkringen

Figur 19. Översikt för måluppfyllelse av Ranagårdprojektet i förhållande till skillnaden mellan det ursprungliga förslaget från Högskolan i Halmstad och dagens standardutförande för fjärrvärmedistribution i Sverige.

För fler frågor och kontakt: helge.averfalk@hh.se

Ranagård med ny 4GDH teknologi

- I vår studie har HH och Malmö universitet undersökt acceptans och användning av ny teknologi
- Vårt fokus var inte enbart fjärrvärmebolag utan även andra engagerade parter och deras agerande kring organisation och beslutsfattande för att förstå deras perspektiv

Forskningsfrågorna – acceptans och hinder

- Vilka möjligheter och hinder kan vi se i utvecklingen av nya tekniker, speciellt 4GDH med trerörs-lösningen?
- Är exploitörer redo att nyttja nya system?
- Vilka påverkansbeslut tas idag och vilka beslut behövs?

Finns det ett behov av nya metoder och strategier för introduktion av nya teknologier och lösningar?

Påverkande perspektiv

- Ekonomiska perspektiv
- Hållbarhetsperspektiv
- Tekniska perspektiv
- Etiska perspektiv
- Perspektiv inom företagskultur
- Andra perspektiv ...

Vilka var viktigast?

De likvärdigt viktigaste perspektiven var ...

- Ekonomiska perspektiv
- Hållbarhetsperspektivet
- Tekniska perspektiv
- Perspektiv inom företagskultur

Planeringsperspektiven

- De långa tidsperspektiven för såväl byggnader som fjärrvärmem, 80-100 år, medför att alla beslut och investeringar föregås av långa diskussioner och mycket noggranna utredningar

Planeringsperspektiven

- Medvetenhet om att CO₂-neutral fjärrvärme är en viktig del av en fossilfri framtid var något som framfördes av de flesta företagen
- Alla företag har policys och/eller handlingsplaner för denna framtid och fjärrvärmens är en viktig del av denna planering

Nya perspektiv

- Är nya metoder och strategier nödvändiga för introduktion av ny teknologier och lösningar?

Nya perspektiv

Slutsats 1

- Fjärrvärmebranschen är inte homogen ifråga om utvecklingsresurser
- Det är därför svårt att finna en enskild metod eller strategi för en ökad acceptans för ny teknik- och systemförståelse

Nya perspektiv

Slutsats 2

Ökad kompetens – ett nyckelord

- Beslutsfattande styrelser behöver mer dokumenterad information om dels tekniska och dels branschspecifika faktorer
- Projektörer och utförare behöver mer lösningsorienterad kompetensutveckling

Nya perspektiv

Slutsats 3

Identifiera förändringsagenter

- I fall där förändringar genomförts väl har det ofta varit beroende av drivande personer som haft en stor roll i förändringsarbetet

Nya perspektiv

Slutsats 4

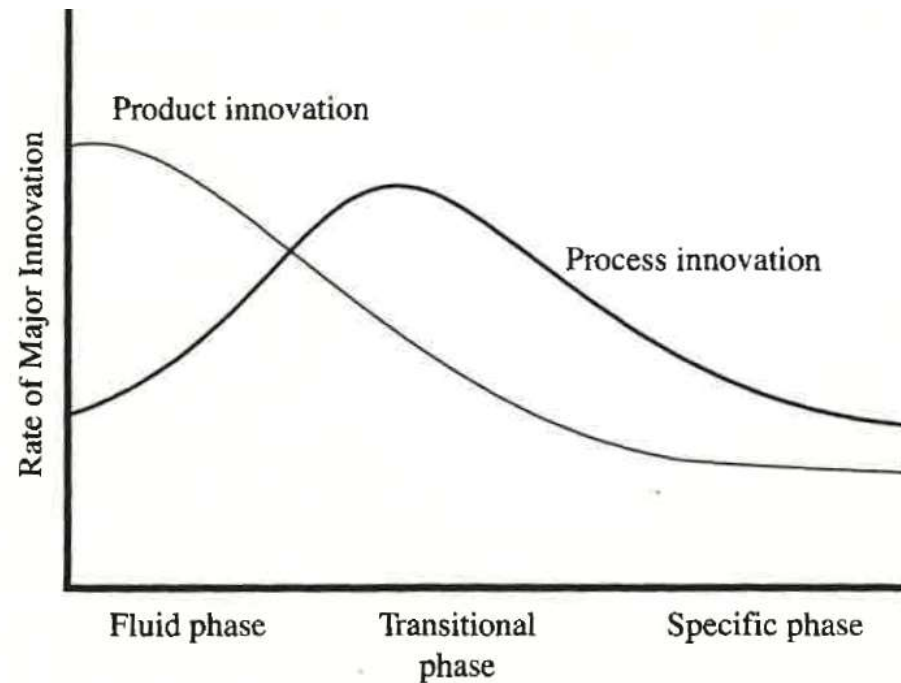
Tidig påverkan i planeringsprocesser

- I kommunerna genomförs planering/markanvisning ofta utan t.ex. fjärrvärmebolagens medverkan
- Vi har även funnit väl fungerande samverkan där bolagen påverkat markanvisningarnas utformning

Innovationsprocessen

Slutsats 5

- Såväl tekniken som branschföretagen befinner sig i det som Utterback (1994) benämner en *fluid phase* och teknik/branschföretagen är på väg in i en *transitional phase*.



Produkt och process inom innovationens dynamik som den illustreras av Utterback (1994).

Nya perspektiv

Förslag för framtiden 1

- Strukturerad databas för goda exempel och pilotprojekt, nyckeltal och bench-marking
- En genomtänkt databas som kan utgöra grundmaterial för en möjlig kompetensutveckling

Nya perspektiv

Förslag för framtiden 2

- Säkerställa korrekt beställarkompetens att upphandla värmelösningar utifrån såväl kvalitets- som hållbarhetsaspekter

Nya perspektiv

Förslag för framtiden 3

- Stärkt marknadsföring av den nya fjärrvärmem
- Stärkt service till kunderna som efterfrågar gröna lösningar

Nya perspektiv

- Är nya metoder och strategier nödvändiga för introduktion av ny teknologier och lösningar?

Nya perspektiv

- Ja, det är nödvändigt och det är vad vi kommit fram till och som kortfattat visats här.

Frågor och diskussion

För fler frågor och för kontakt
heidi.norrstrom@hh.se

Högupplöst GIS mappning av värmekällor för fjärrvärme

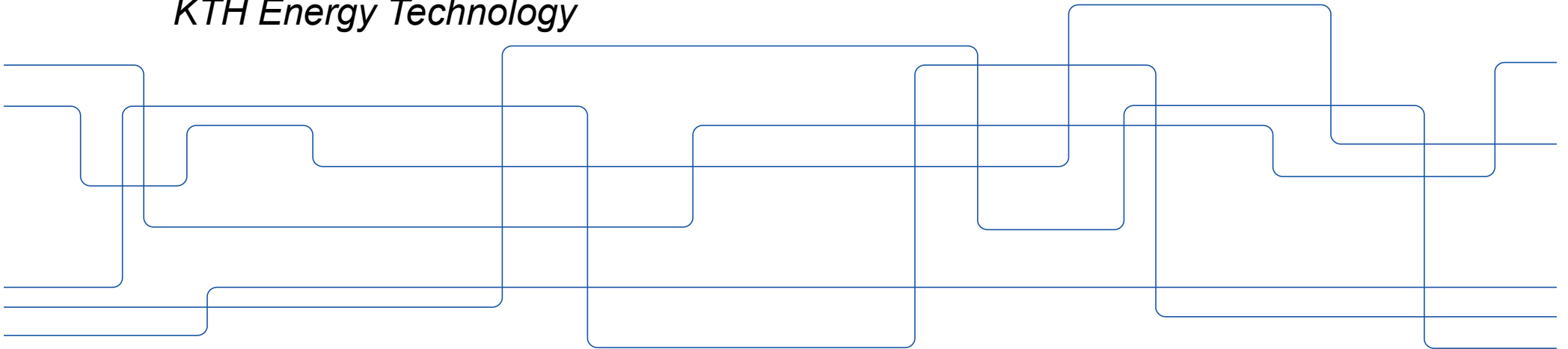
Nelson Sommerfeldt, KTH



High resolution, renewable heat source mapping and planning

Nelson Sommerfeldt, Researcher in Prosumer Energy Systems

KTH Energy Technology





Introduction

Create a high-resolution planning model for renewable and waste heat resources towards cost-effective DH decarbonization

Spatial high-resolution

- *10-100 m (10x improvement)*
- *Building level detail*

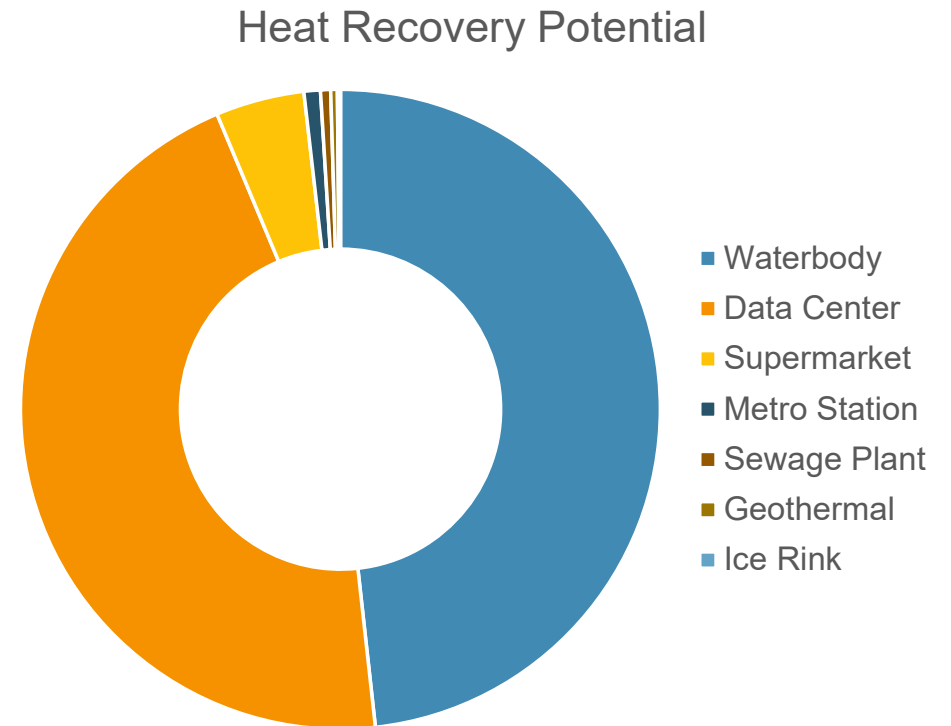
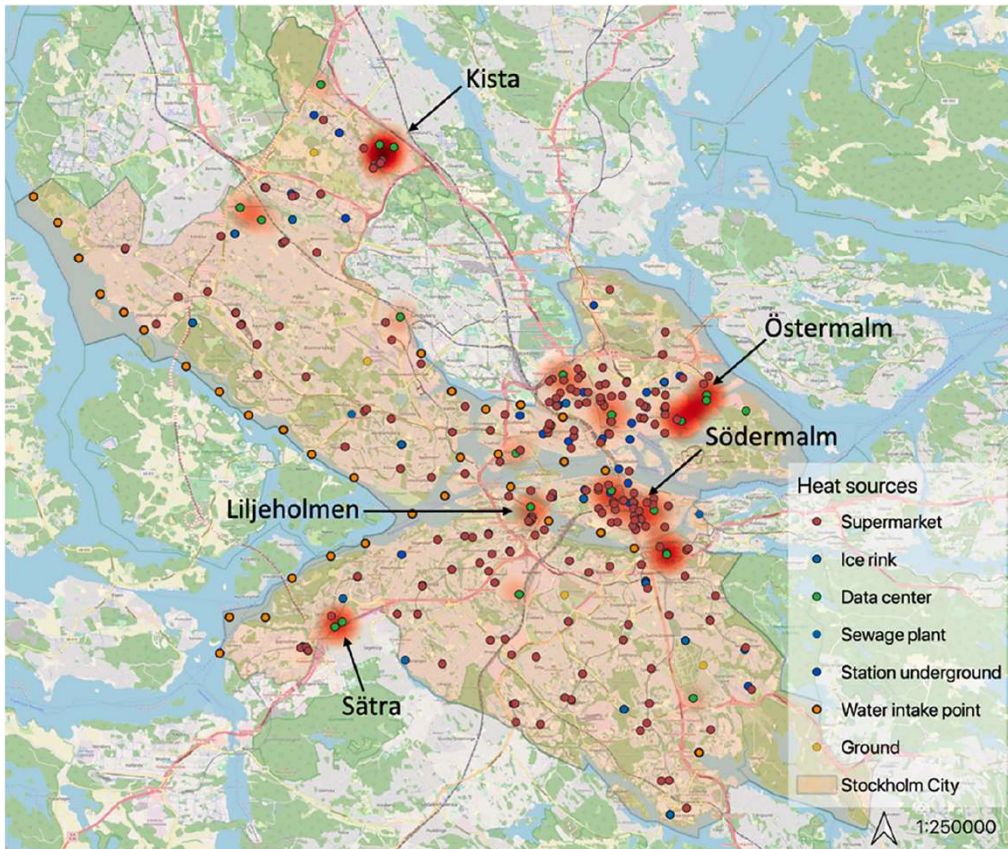
Temporal high-resolution

- *Hourly simulations*
- *Demand/supply mismatch*

Project Parts

1. *Mapping heat sources*
 2. *Demand simulation*
 3. *Supply simulation*
 4. *Planning tool*
-

Mapping recoverable heat sources



Su, C., Dalgren, J., Palm, B. (2021) High-resolution mapping of the clean heat sources for district heating in Stockholm city. *Energy Conversion and Management*, 235, 113983. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.113983>



Handover point

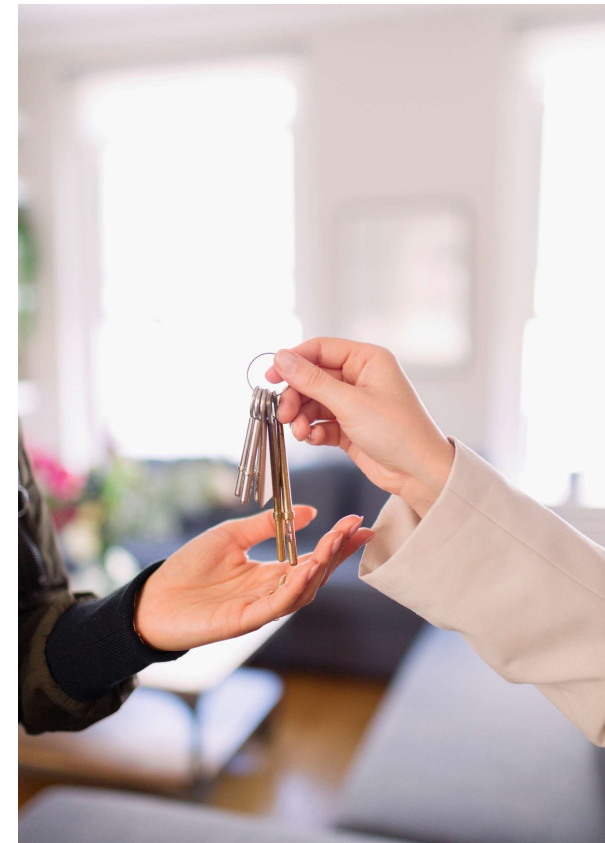
Renewable heat supply

- *Resistance to water source HP*
- *Large expansion potential for DC*
- *Limited work on DC as prosumers*

Thermal energy demand

- *Urban building energy model*
- *DH network with storage*
- *Open-source preference*

Stockholm as a case study /
proof of concept





Urban building energy simulation

Objective

- *Identify characteristics of DC-ready buildings/districts*

Methodology

- *Supply temps under renovation*
- *Storage sizing and siting*
- *Sharing costs/benefits*

Model

- *City Energy Analyst (ETH Zurich)*

Target

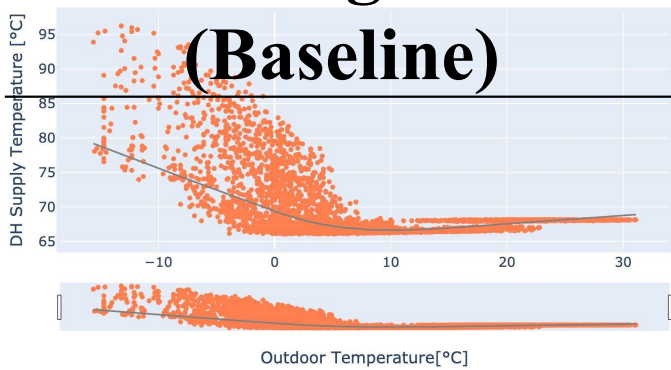
- *Minneberg, Bromma (52 buildings)*



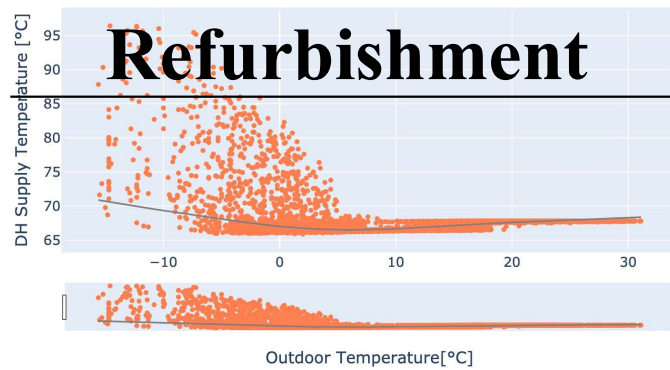


Temperature results

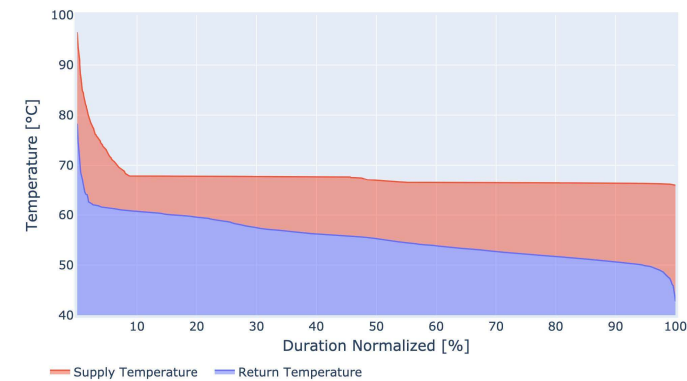
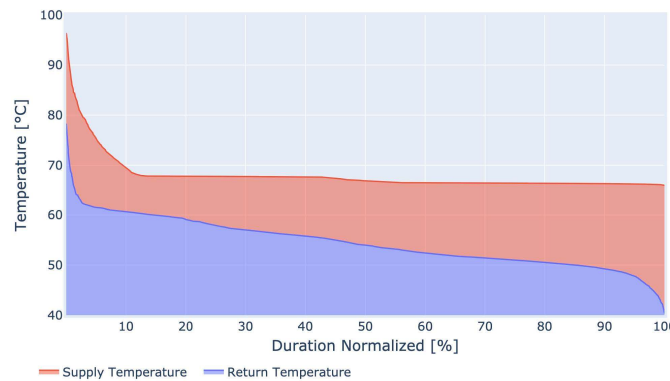
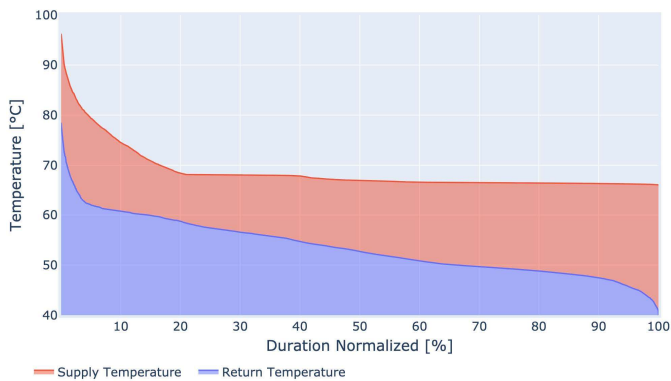
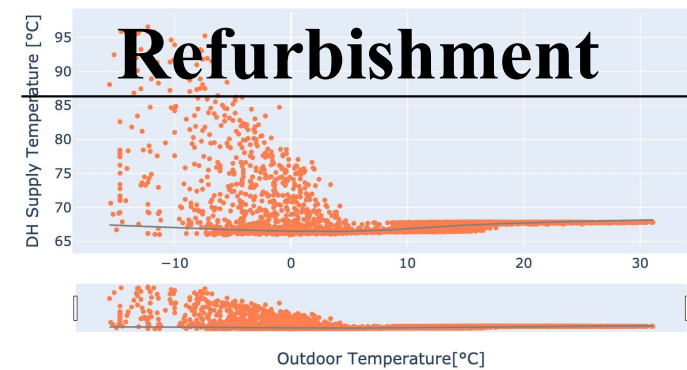
Existing State (Baseline)



Usual Refurbishment



Advanced Refurbishment





Data centers as prosumers

Objective

- Identify techno-economic potential of DC in the open district heating market

Methodology

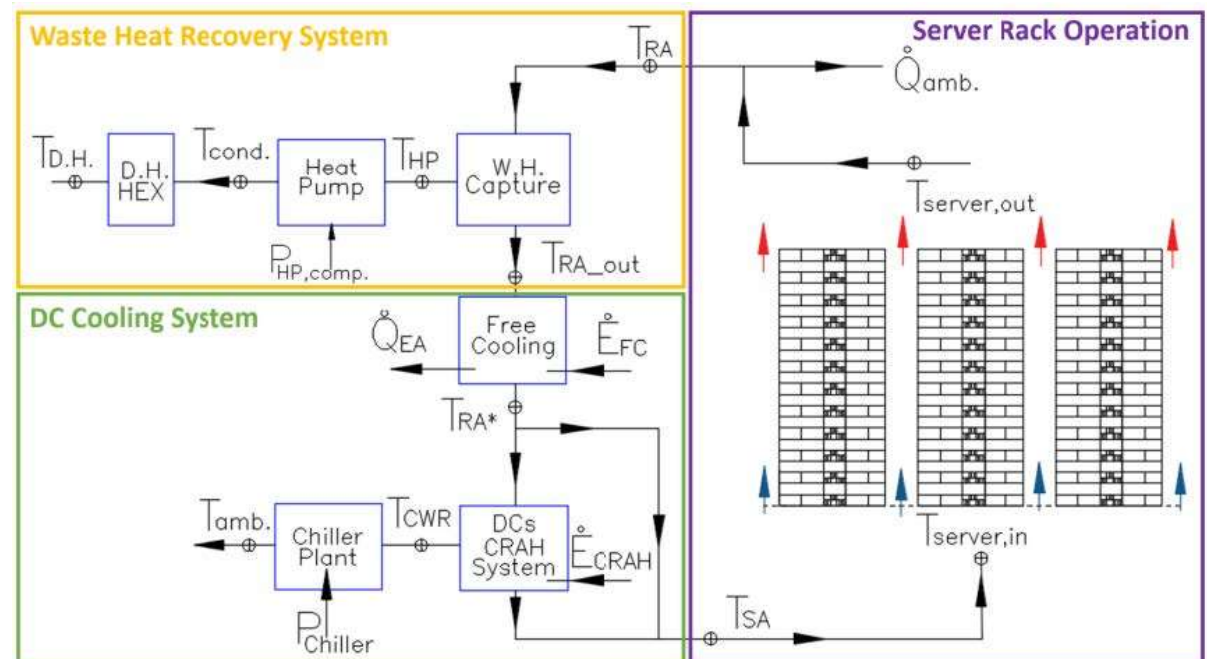
- DH temperature requirements
- Levels of heat recovery potential
- Sensitivity to prices, temps, climate

Model

- Python with standard libraries

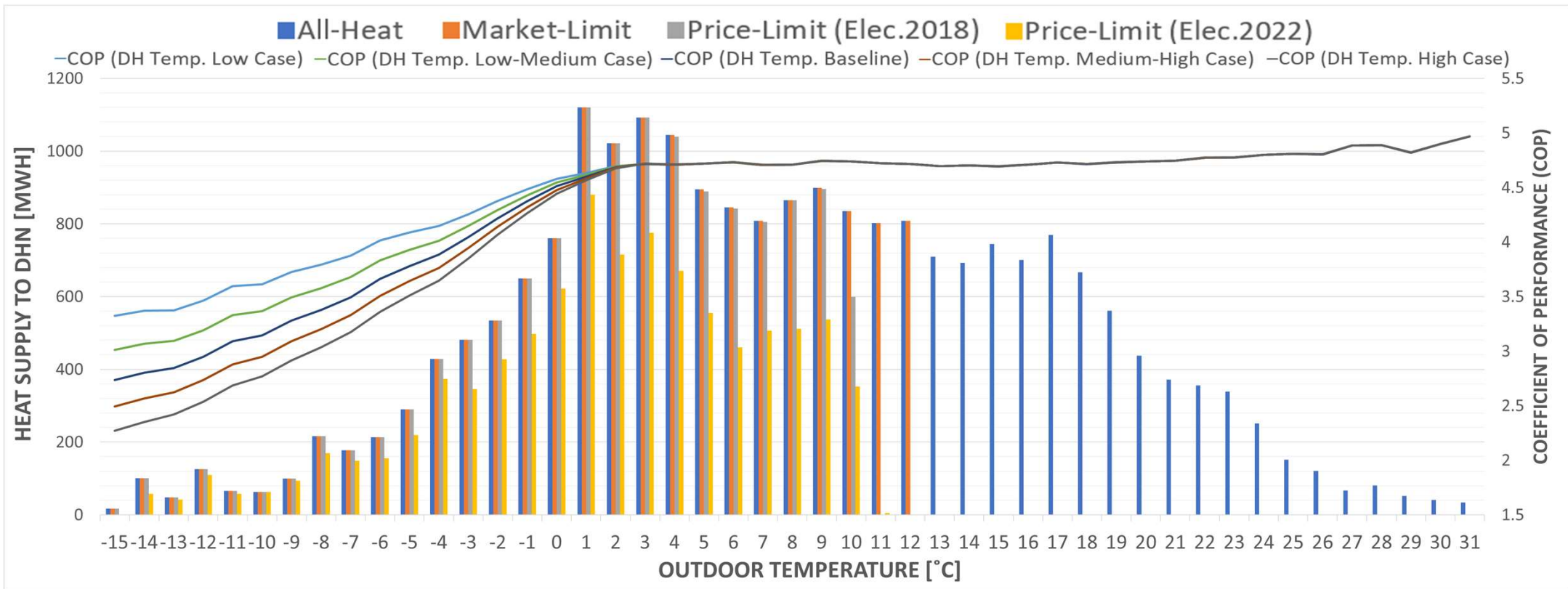
Target

- Rep. air-cooled DC (12,600 servers)





Heat recovery potential



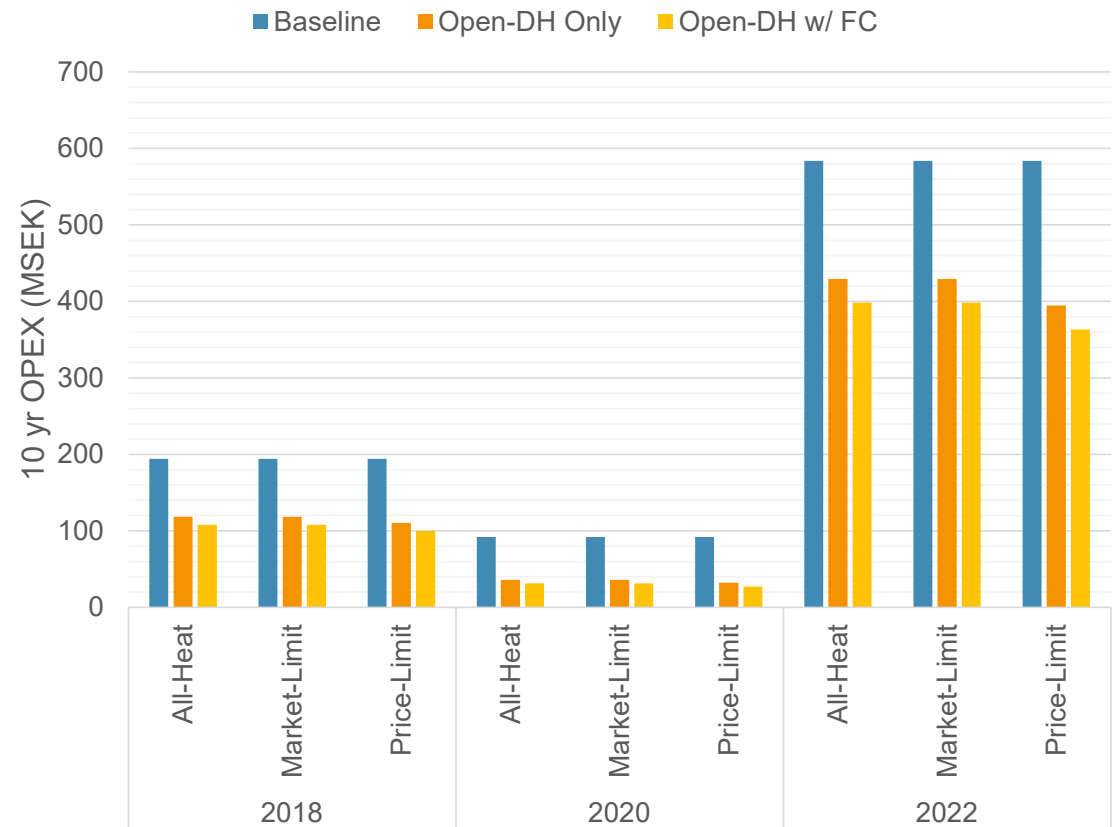


Economic results

10-yr OPEX reductions of 85 to 185 MSEK (3% real)

Higher electricity prices increase open DH benefit

Flexibility to use free-cooling increases savings





Locating data centers

Objective

- Identify ideal locations of future data centers for open DH

Methodology

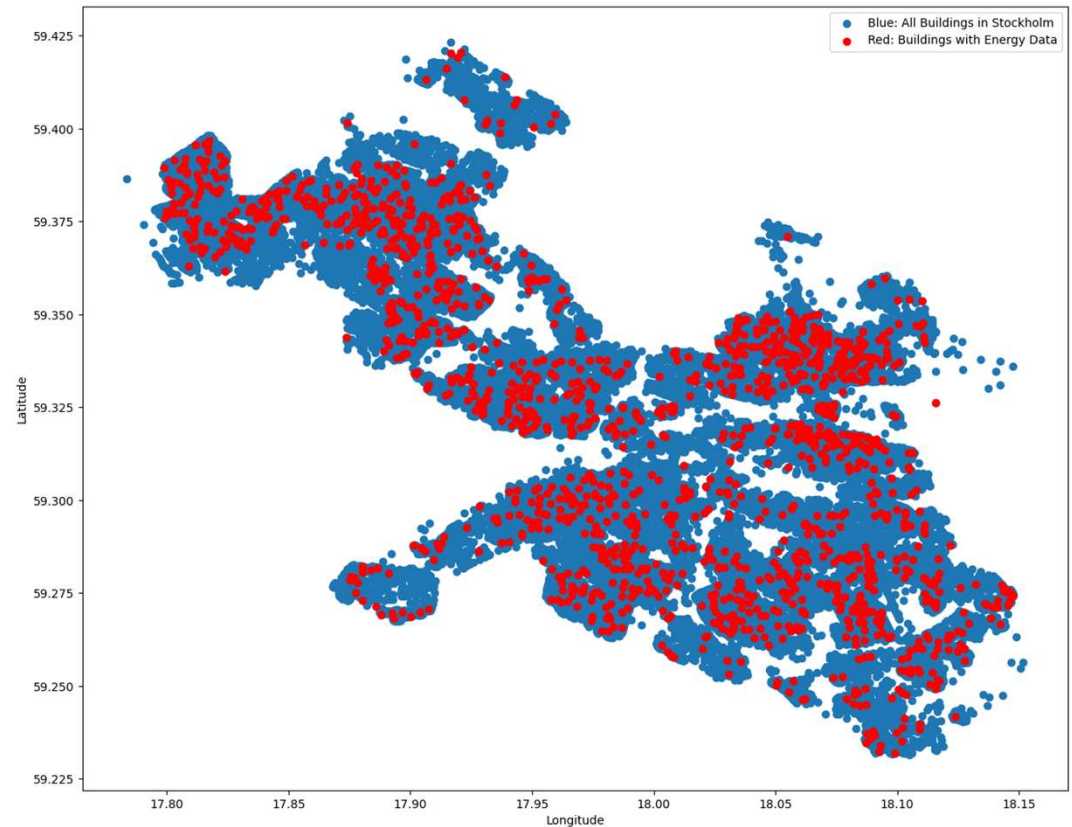
- Building level heat demands for entire city
- Land use and infrastructure limitations
- Train machine learning model (cleaning, clustering, features, prediction)

Model

- Python with SciKit Learn

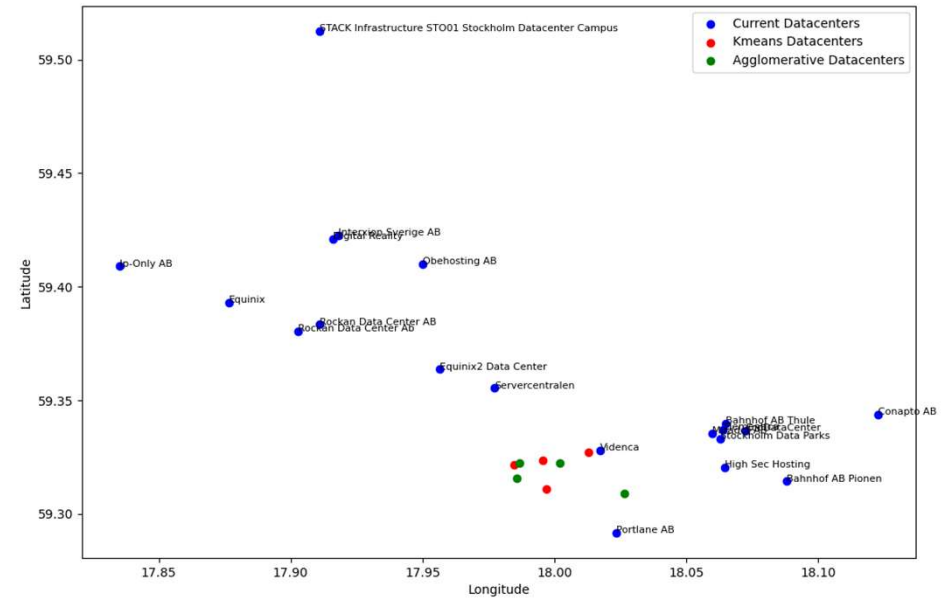
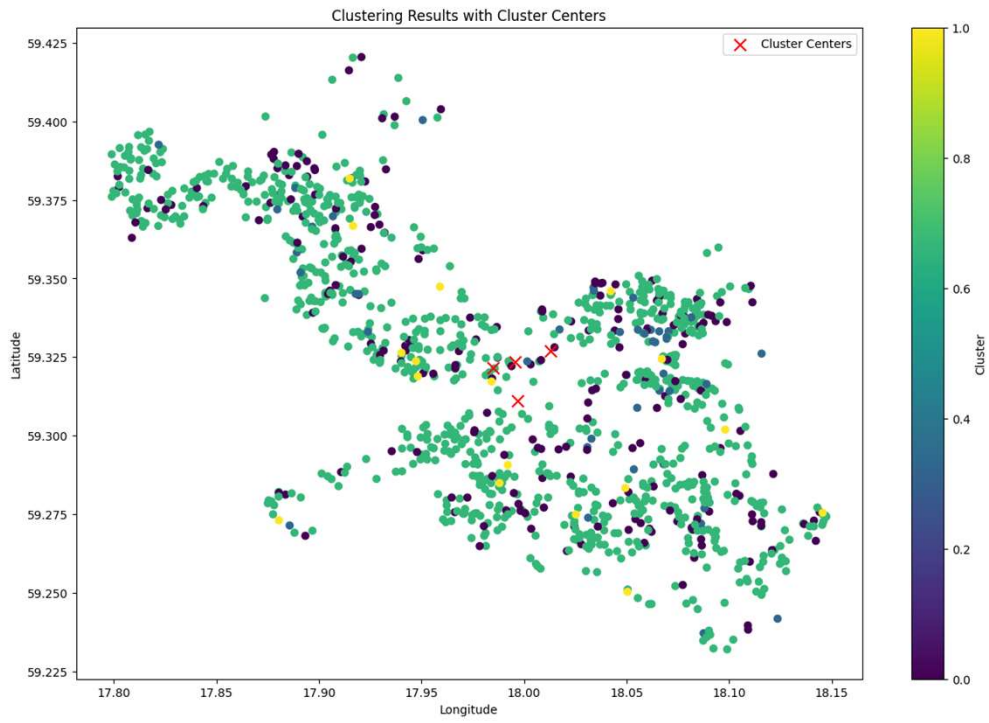
Target

- Stockholm City





Step One: Clustering





Conclusions

Data centers and sea water are the most abundant renewable/waste heat source in Stockholm

Data centers have considerable growth potential with relatively low geographical restrictions

Data centers can deliver heat year-round with existing network temperatures with positive economic outcomes

New model will be able to assist data center development within open district heating in any Swedish city



Future work / next steps

Empirically validate data center cooling model

Water- and phase-change cooled data centers

Improve DH modules in City Energy Analysys

Train the planning model with DH companies

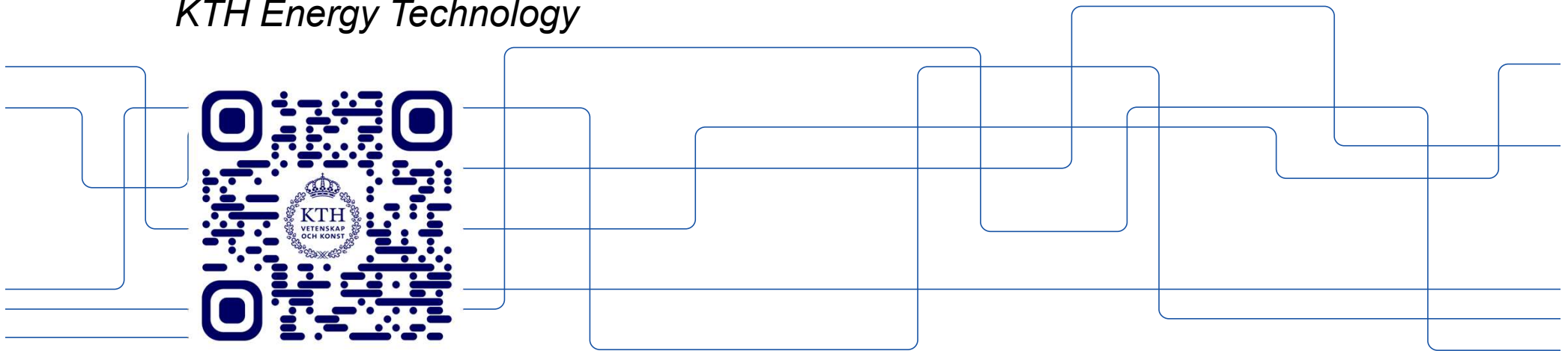




High resolution, renewable heat source mapping and planning

Nelson Sommerfeldt, Researcher in Prosumer Energy Systems

KTH Energy Technology



Termoprogrammets framtid

Björn Larsson, Energimyndigheten

Termoprogrammet

Strategi och programförlängning

Termodagen 2023
2023-10-19

Välkomna!

Björn Larsson

Emil Berg-Lundfeldt

Martin Löfgren

Benny Fillman

Malin Pettersson

Emina Pasic

Disposition

Energimyndighetens roll och mål

Syftet med strategin

Informationskällor

Program, forsknings- och innovationsområden

Programmets fortsättning

Termoprogrammet historia



Energimyndigheten och energiforskning

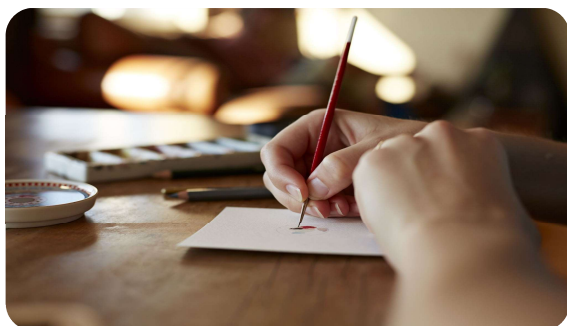


- Sektorsmyndighet för energifrågor
- Finansiering av forskning och innovation är ett uppdrag bland flera kopplade till energisystemets utveckling och funktion
- Bidra till att målen för forskning och innovation inom energiområdet som riksdagen antagit uppnås
- Inom sitt verksamhetsområde främja kommersialisering av forskningsresultat och spridning av nya produkter, processer och tjänster

Mål och strategier



Energiforskningens mål



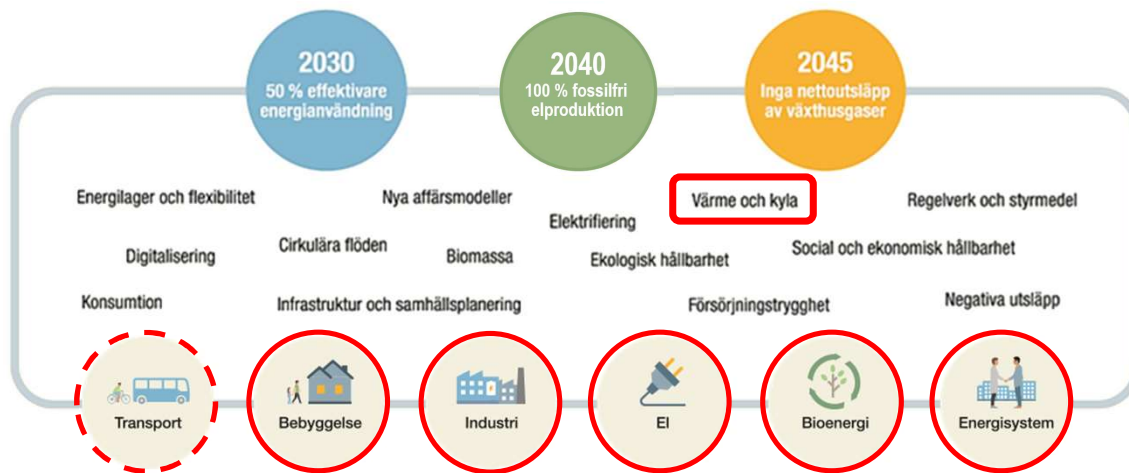
**Bygga upp
vetenskaplig och
teknisk kunskap
och kompetens**

**Utveckla teknik och
tjänster**



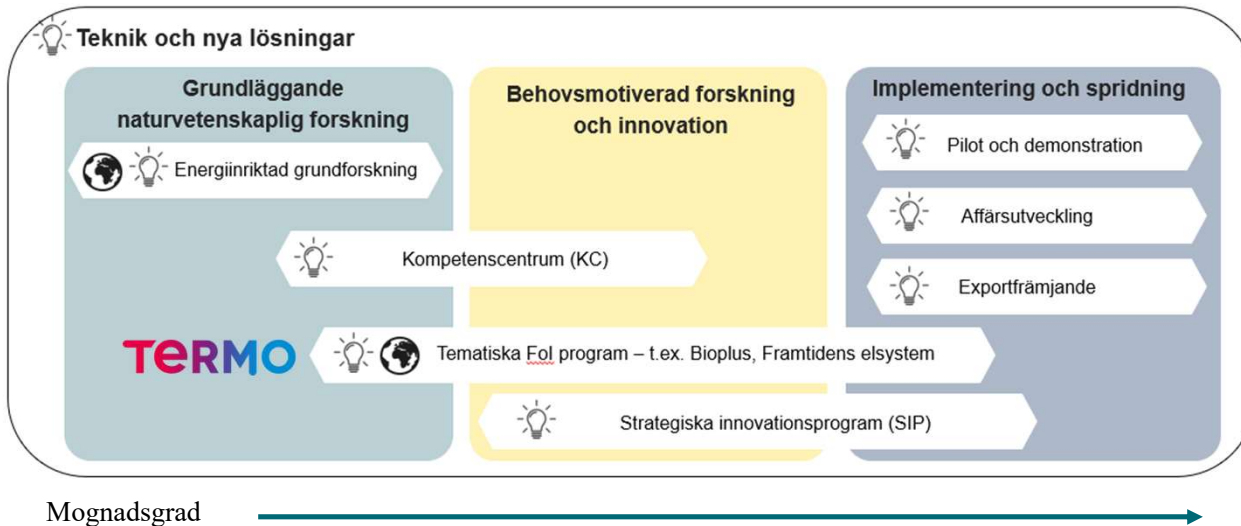
**Bidra till och dra
nytta av
internationellt
samarbete på
energiområdet**

Värme och kyla – en del av energisystemet



- **Värme** och **kyla** är ett övergripande område i energi- och klimatomställning
- Sektorsöverskridande områden med goda möjligheter att samspela och öka resurseffektiviteten hos andra sektorer
 - Bebyggelse
 - El, bränsle och värmeproduktion
 - Bioenergi
 - (transport)

Värme och kyla – en del av energisystemet



- Energimyndigheten bedriver forskning och innovation – från grundläggande forskning till implementering och spridning
- Termoprogrammet bedriver huvudsakligen behovsmotiverad forskning

Syftet med strategin

- Gör en mer detaljerad analys inom området **värme** och **kyla**
 - Kartlägga vilka utmaningar området står inför
 - Vilken typ av forsknings- och innovationsinsatser som behövs för att accelerera omställningen
 - Förmedla till omvärlden vilka Energimyndighetens prioriteringar är
 - Medarbetare ska öka sin kunskap och förståelse inom området

Informationskällor



Omvärld:

Samarbeten

EU
IEA

Tidöavtalet

EUs gröna giv
REPowerEU

Ekodesigndirektivet

Montrealprotokollet

”Net-Zero Industry Act”

Aktörernas inspel kring utmaningar inom **värme-** och **kylaområdet**

- ▶ Flexibiliteten i värme-och kyla
- ▶ Utfasning av syntetiska köldmedier (även kort och lång sikt)

Nutid

- ▶ Tillvarata överskottsvärme (urban och grön nyindustrialisering)
- ▶ Affärsmodeller för prosumenter
- ▶ Livslängd för befintlig infrastruktur

Kort sikt

- ▶ Förbränningens vara eller icke vara (CO₂-skatter, acceptans, konkurrens om gröna kolet)
- ▶ Ökat kylbehov i Sverige och globalt
- ▶ Sektorskopplingar

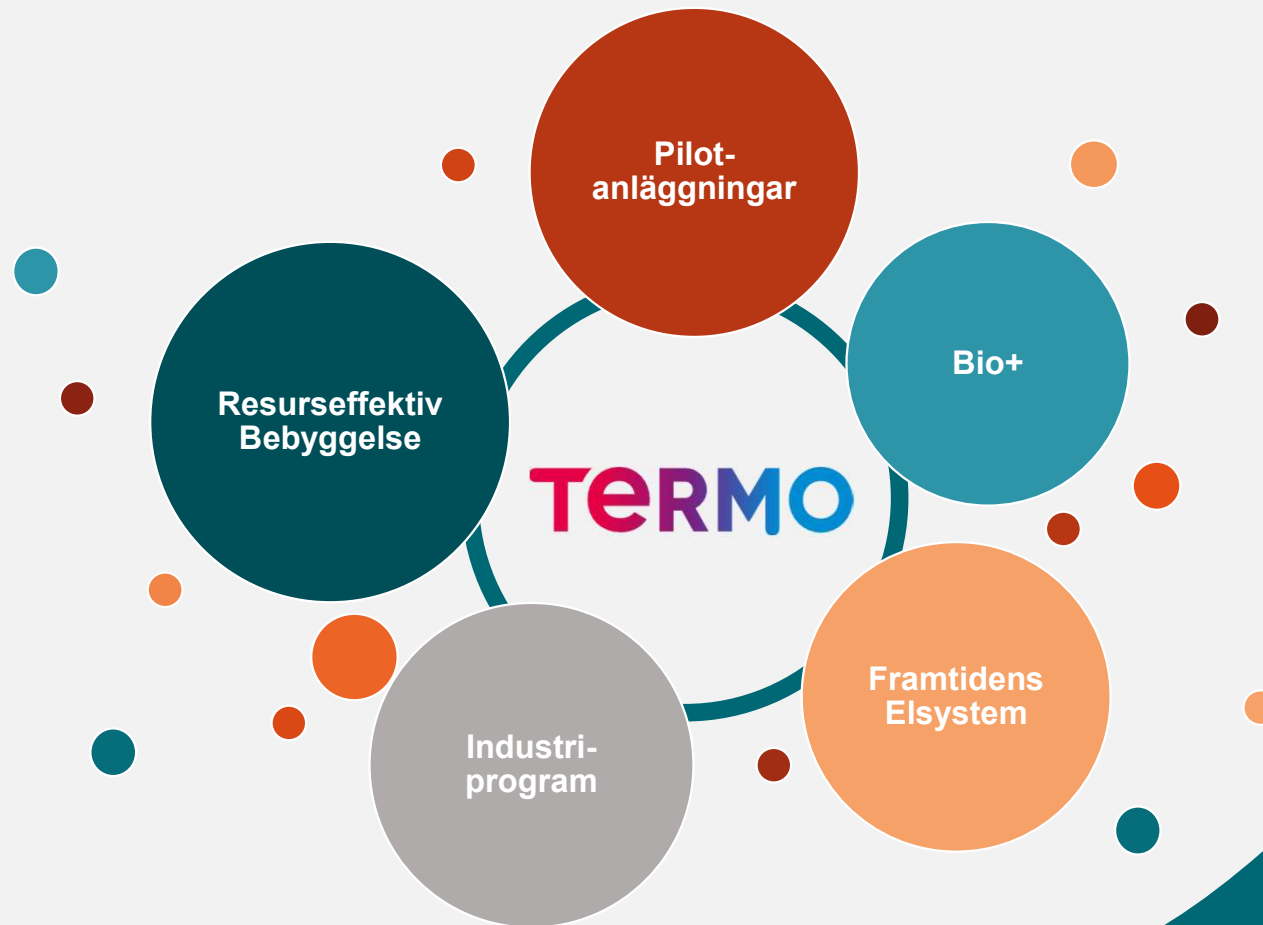
Lång sikt

Aktörernas förväntningar på Energimyndighetens roll inom **värme-** och **kylaområdet**

- Säkerställa långsiktig kompetensförsörjning
- Arbeta för att främja samarbete
- Ta fram faktabaserat underlag
- Arbeta mer med policyaspekter nationellt och inom EU
- Språngbräda mot internationella utlysningar

Värme och kyla på Energimyndigheten

Angränsande satsningar



Programområden

Preliminära...
Vi har inte nått beslut riktigt än!

Programområden

- Beskriver på hög nivå programmets inriktning och ram
- Formade bottom-up från en samling av forsknings- och utvecklingsområden
- Våra målsättningar med våra programområden
 - öppet och flexibelt formulerade för att kunna rikta uppmärksamheten mot specifika utmaningar under programperioden
 - stärker varandra och programmet genom synergier
 - tydliga för att kunna rama in och kommunicera Energimyndighetens aktiviteter inom värme- och kylforskningen

Fyra programområden

**Teknik- och
systemutveckling för
hållbar värme och
kyla**

**Resurseffektivitet
och cirkularitet**

**Energimarknad,
samverkan och
samhälle**

**Försörjningstrygghet
inom värme- och
kylasektorn**

Programområden



Indikativa förflyttningar



- **Nya områden**

- Cirkularitet av material som del resurseffektivitet
- Storskalig värmeproduktion utan förbränning
- Försörjningstrygghet
- *Kärnvärme* och överskottsvärme från kärnkraft



- **Tydligare inkluderat / ökat fokus**

- Flexibilitet
- Överskottsvärme
- Sektorskopplingar, framför allt mot elnätet



- **Behåller kursen**

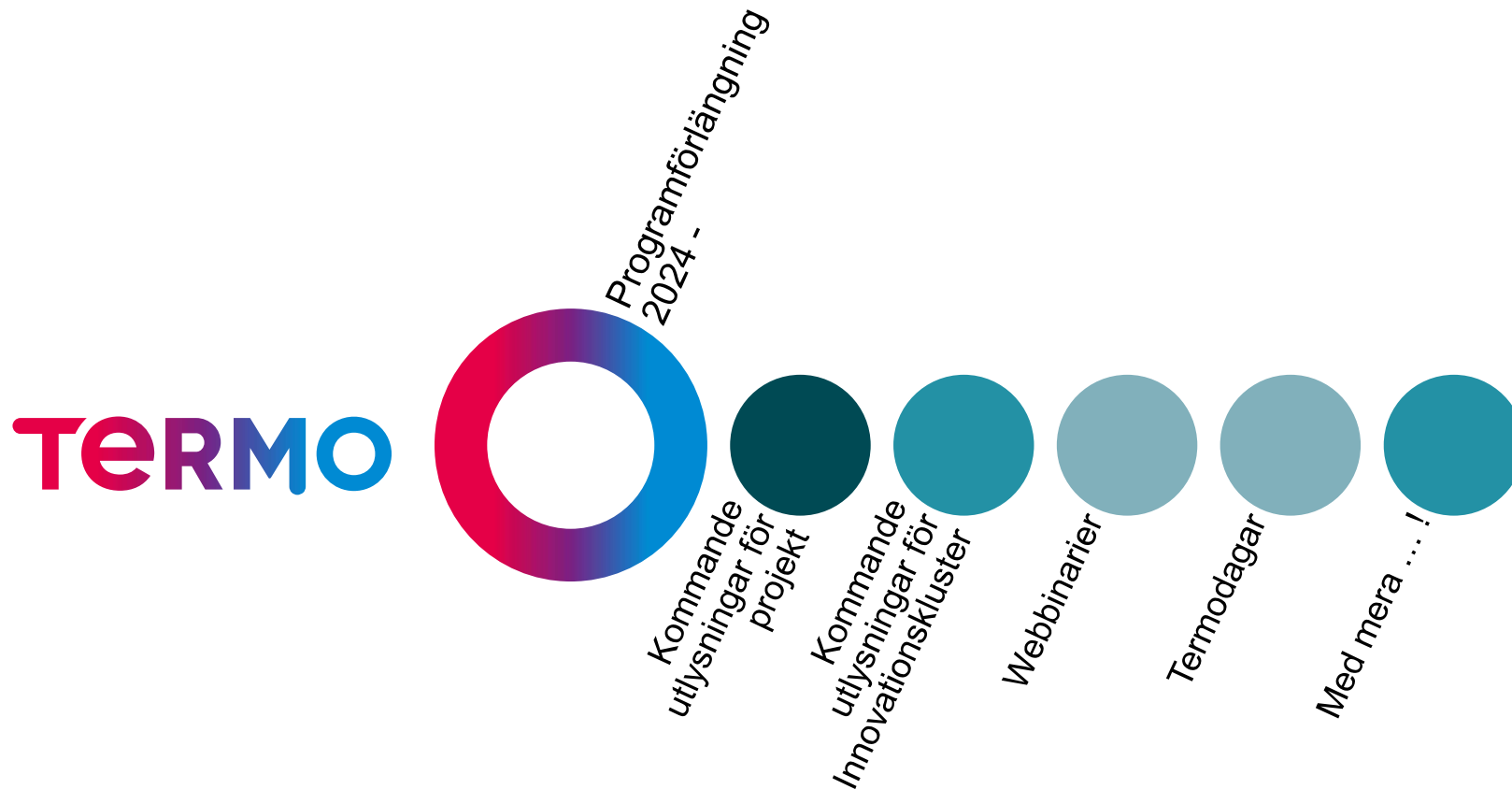
- Ett helhetsgrepp kring värme och kylafrågan
- Systemlösningar
- Avgränsningar mot energimyndighetens andra program
- Termiska energilager, mer fokus på storskalighet



- **Minskat fokus**

- Branschspecifik inkrementell utveckling
- Nischade projekt av enskilda aktörer
- Småskaliga lösningar med begränsad möjlighet att bidra till energisystems omställning

Termoprogrammets fortsättning 2024 -





Besök oss på
www.energimyndigheten.se



Hur produktkrav driver utveckling

**Carlos Lopes och Emma Olsson,
Energimyndigheten**

Hur produktkrav driver utveckling

... och hur utveckling driver produktkrav

Carlos Lopes & Emma Olsson

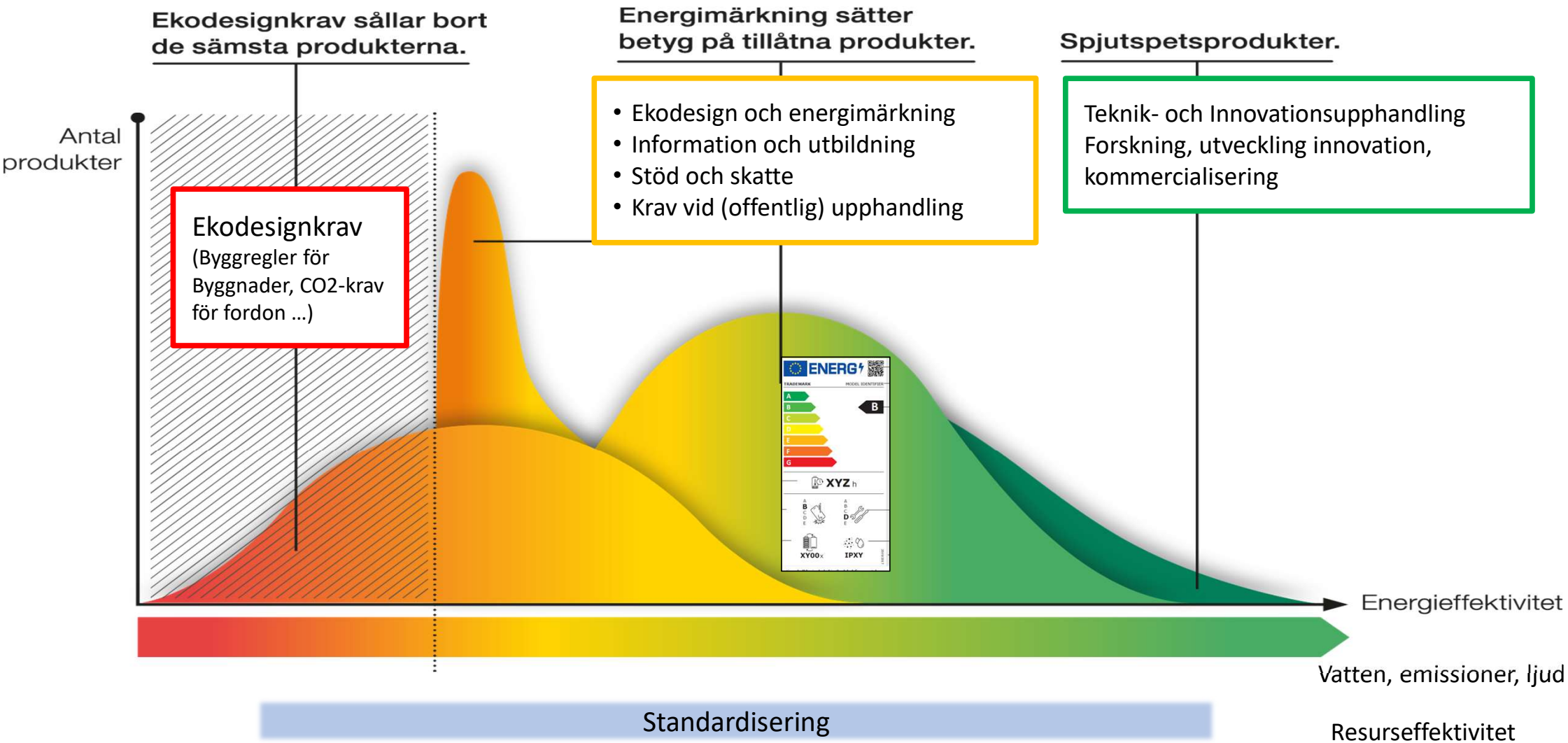
Termodagen, Stockholm

2023-10-19

'Ecodesign' means the integration of environmental aspects into product design with the aim of improving the environmental performance of the product throughout its whole life cycle



Energimyndighetens arbete med produktpolicy



Ekodesigndirektivet för Energy relaterade Produkter (ErP)

ca 20-25
produkter

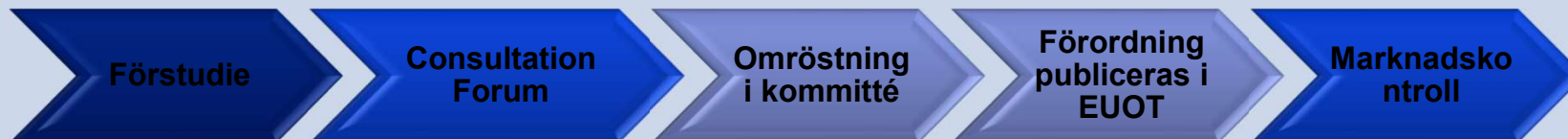
Arbetsplan
09-11
10
produkter

Arbetsplan
12-14

Arbetsplan
15-17 .. 16-
19

Arbetsplan
2021-2024

Process per product



Ekodesign och Energimärkning

5 - Marknadskontroll

Enkla digitalboxar
Stand-by inkl. nätverk
Elmotorer + VSD
Externa nätaggregat (EPS)

Belysning - Alla
Kyla - hushåll
Kyla - Professionell
Kyla – Direkt försäljning
TV & bildskärmar

Cirkulationspumpar
Fläktar
Tvättmaskiner
Diskmaskiner
Luftkonditionering – LLVP
Pumpar

Torktumlare
Dammsugare
Datorer
Pannor och värmepumpar
Varmvattenberedare

Transformatorer
Köksprodukter: köksfläktar, ugnar, hällar
Fastbränslepannor

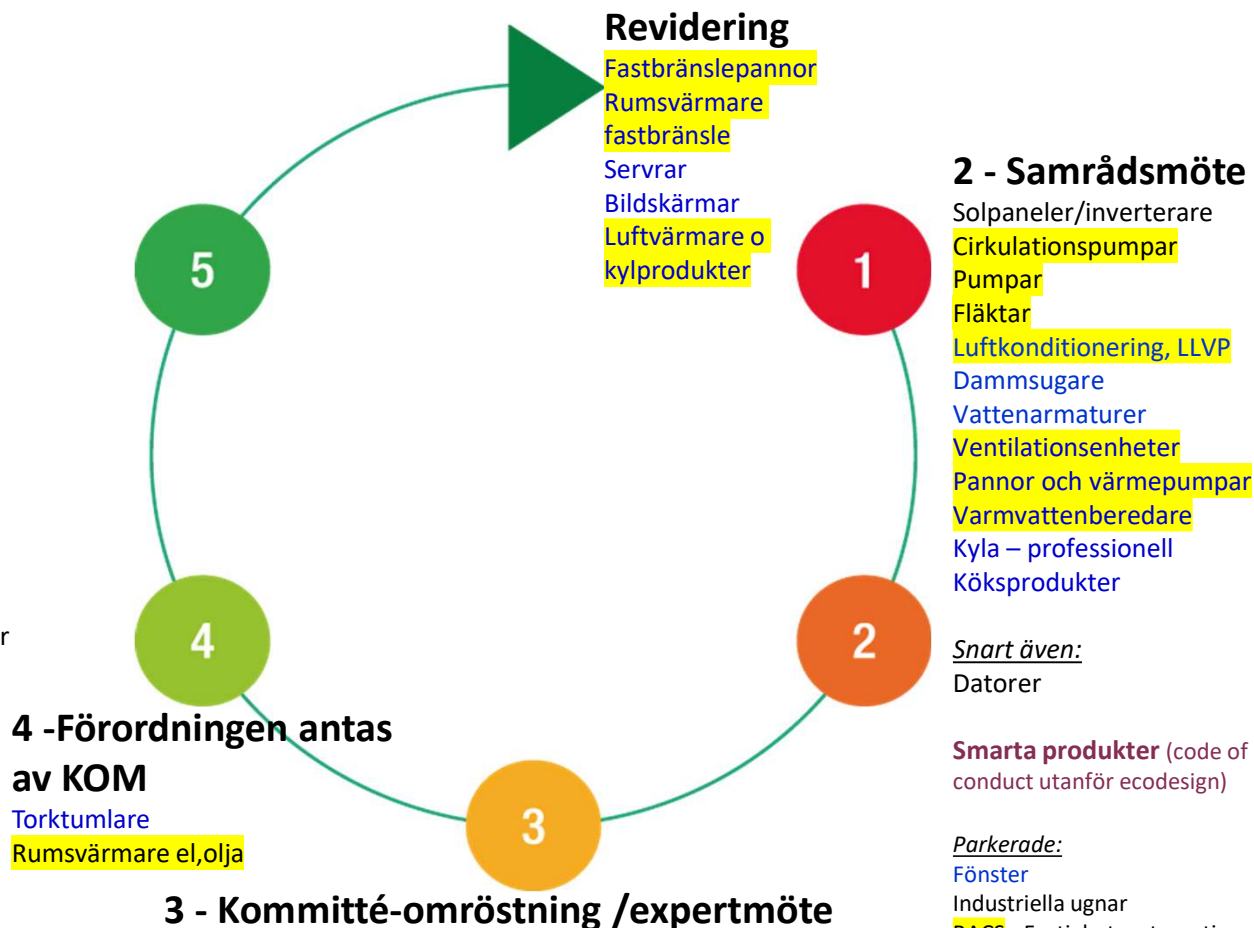
Rumsvärmare, fastbränsle (kaminer)
Rumsvärmare el, olja
Centralventilation
Värme & kyla för central AC

Serverar och datalagring
Svetsutrustning

Mobiltelefoner och tablets
Däck (Märkning, egen lagstiftning)
Batterier (egen lagstiftning)

Frivilliga avtal:

Skrivare VA
Spelkonsoler
Komplexa digitalboxar



2023-09-14

1 - Förstudie

Högtryckstvättar
Nätverksutrusning /gateways/
Basstationer
Andra pumpar

WP 2022-2024

Produkter:

- Element /radiatorer (Low temperature emitters)
 - Prof. disk- & tvättmaskiner
 - Lightweight design
 - Externa nätaggregat inkl. gemensam laddare
 - Laddare för elfordon
- Horisontella aspekter
- Återvunnet material
 - Hållbarhet, inbyggd och annan programvara
 - Sällsynta, miljörelevanta och kritiska råvaror (CRM)

Snart även:

Datorer

Smarta produkter (code of conduct utanför ecodesign)

Parkerade:

Fönster

Industriella ugnar

BACS - Fastighetsautomation och kontrollsystem

Kompressorer

Ångpannor(<50MW)

Handtorkare

208

Ecodesign regulations

2008/1275	Electric power consumption standby and off mode
2019/107	Simple set-top boxes
2019/2020	Light sources and separate controls
2019/1782	External power supplies
2019/1781	Electric motors and variable speed drives
2009/641	Circulators
2019/2021	Televisions and displays
2019/2019	Household refrigerating appliances
2019/2023	Household washing machines and washer-driers
2019/2017	Household dishwashers
2011/327	Industrial and building fans
2012/206	Airco and comfort fans
2012/547	Water pumps
2012/932	Household tumble driers
2019/1783	Power transformers
2013/617	Computers and servers
2013/666	Vacuum cleaners
2013/801	Networked standby
2013/813	Space heaters
2013/814	Water heaters & storage tanks
2014/66	Domestic ovens, hobs and range hoods
2014/1253	Ventilation units
2015/1095	Professional refrigeration
2015/1185	Solid fuel local space heaters
2015/1188	Local space heaters
2015/1189	Solid fuel boilers
2281/2016	Air heating, cooling, HT process chillers & fan coil units
2019/2024	Refrigerating appliances with direct sales function
2019/424	Servers and data storage equipment
2019/1784	Welding equipment
2023/1670	Smartphones, mobile phones, tablets

Förordningar och frivilliga åtgärder

Energy labelling regulations

2019/2017	Household dishwashers
2019/2016	Household refrigerating appliances
2019/2014	Household washing machines and washer-driers
2019/2021	Televisions and displays
2011/626	Air conditioners
2012/392	Household tumble driers
2019/2015	Light sources
2013/811	Space heaters
2013/812	Water heaters & storage tanks
2014/65	Domestic ovens, hobs and range hoods
2014/518	Internet energy labelling
2014/1254	Residential ventilation units
2015/1094	Professional refrigeration
2015/1186	Local space heaters
2015/1187	Solid fuel boilers
2019/2018	Refrigerating appliances with direct sales function
2023/1669	Smartphones, mobile phones, tablets

Voluntary agreements

COM (2012) 684	Complex set top boxes
COM (2013) 23	Imaging equipment
COM (2015) 178	Game consoles

Tyre labelling regulation

2020/740 (EU)	Labelling of tyres with respect to fuel efficiency and other essential parameters
---------------	---

När utveckling driver produktkrav : Värmepumpstorktumlare från innovationsupphandling till ekodesignkrav

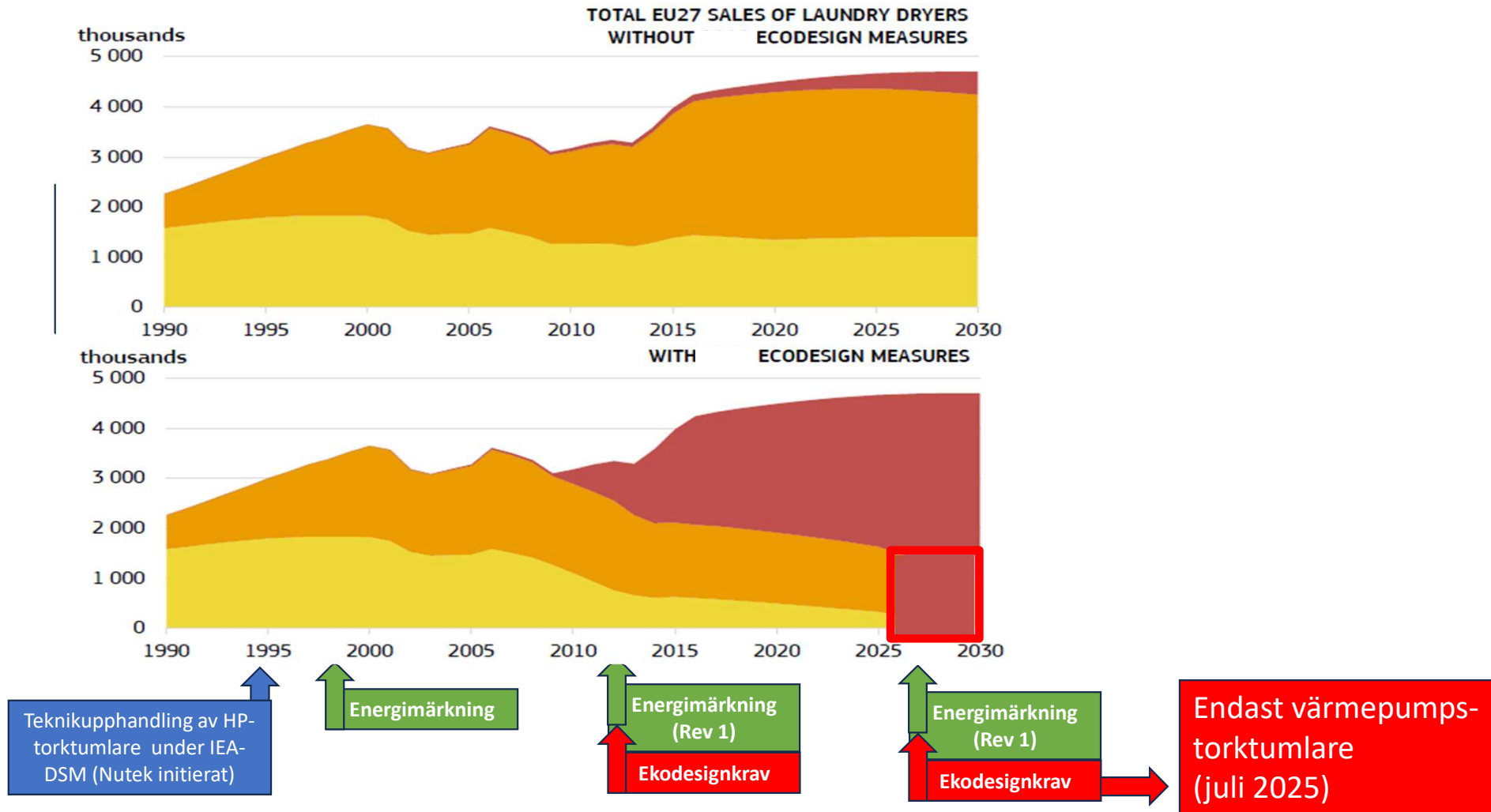


Diagram från: Ecodesign Impact Accounting 2020, VhK for the European Commission

Sök produkt med EPREL-beteid **Sök**

 Diskmaskiner	 Tvättmaskiner	 Kombinerad tvättmaskin/torktumlare
 Tv-apparater, datorskärmar och andra bildskärmar	 Kylskåp, frysar och vinlagring	 Kylskåp och frysar med direktförsljningsfunktion, dryckeskylare och glassfrysar
 Däck	 Ljuskällor	 Luftkonditioneringsapparater
 Ugnar för hushållsbruk	 Köksfläktar för hushållsbruk	 Torktumlare för hushållsbruk
 Rumsvärmare	 Kylskåp och frysar för professionellt bruk	 Ventilationsenheter för bostäder
 Värmepannor för fastbränsle	 Paket med en värmeanna för fastbränsle	 Pannor och värmepumpar för rumsuppvärmning/pannor och värmepumpar med inbyggd tappvarmvattenberedning
 Paket med panna eller värmepump för rumsuppvärmning/paket med panna eller värmepump med inbyggd tappvarmvattenberedning	 Temperaturregulatorer för pannor och värmepumpar för rumsuppvärmning	 Solvärmeutrustning för pannor och värmepumpar för rumsuppvärmning
 Varmvattenberedare	 Paket med varmvattenberedare	 Ackumulatortankar för varmvattenberedare

EPREL [EPREL Public website \(europa.eu\)](http://europa.eu)

Start > Pannor och värmepumpar för rumsuppvärmning/pannor och värmepumpar med inbyggd tappvarmvattenberedning

Sök

Modellbeteckning

Varunamn eller varumärke

Energieffektivitetsklass vid rumsuppvärmning (55 °C)

Energieffektivitetsklass vid rumsuppvärmning (35 °C)

Energieffektivitetsklass vid vattenuppvärmning

Ta med modeller som inte längre släpps ut på marknaden

+ Avancerad

Återställ

Sök

Pannor och värmepumpar för rumsuppvärmning/pannor och värmepumpar med inbyggd tappvarmvattenberedning (53)

[FÖRORDNING \(EU\) 811/2013](#)

Visar resultat (1–25)

Sökträffar per sida

Sorterade efter + +

+ Modeller fördelade på energiklas

IVT A++ A++ A [Detaljuppgifter >](#)

8738204748

Kategori: Panna eller värmepump med inbyggd tappvarmvattenberedning

Typ: Värmepump

[Mer](#)

IVT A++ A++ A [Detaljuppgifter >](#)

8738204753

Kategori: Panna eller värmepump med inbyggd tappvarmvattenberedning

Typ: Värmepump

[Mer](#)

IVT A++ A++ A [Detaljuppgifter >](#)

8738204752

Kategori: Panna eller värmepump med inbyggd tappvarmvattenberedning

Typ: Värmepump

[Mer](#)

IVT A++ A++ A [Detaljuppgifter >](#)

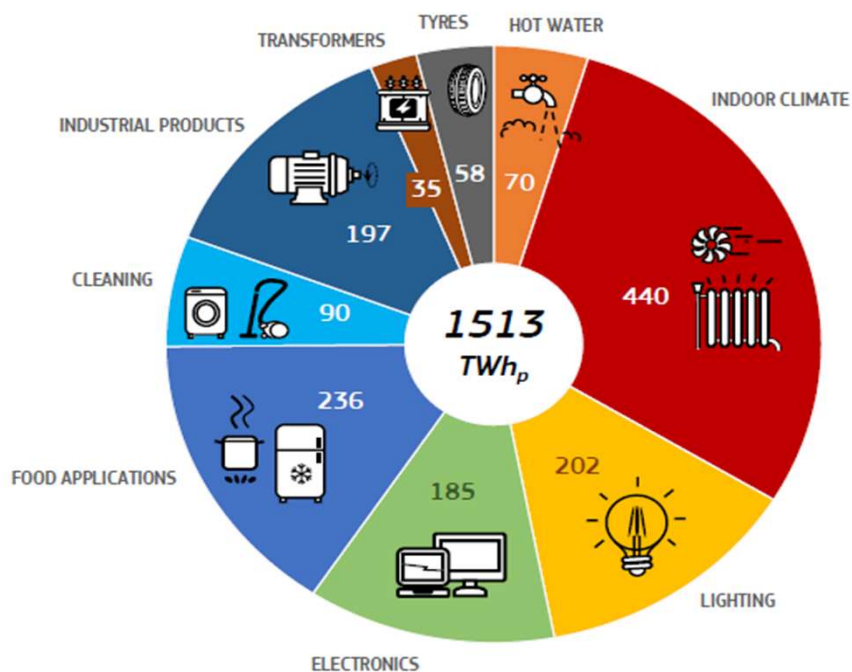
8738201885

Kategori: Panna eller värmepump med inbyggd tappvarmvattenberedning

50 förordningar för ca 30 produktgrupper ger **effekt**

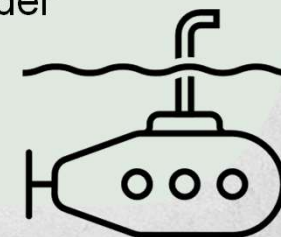
Produkter under ekodesign täcker 56% av EU:s Energianvändning

ENERGY SAVINGS 2030

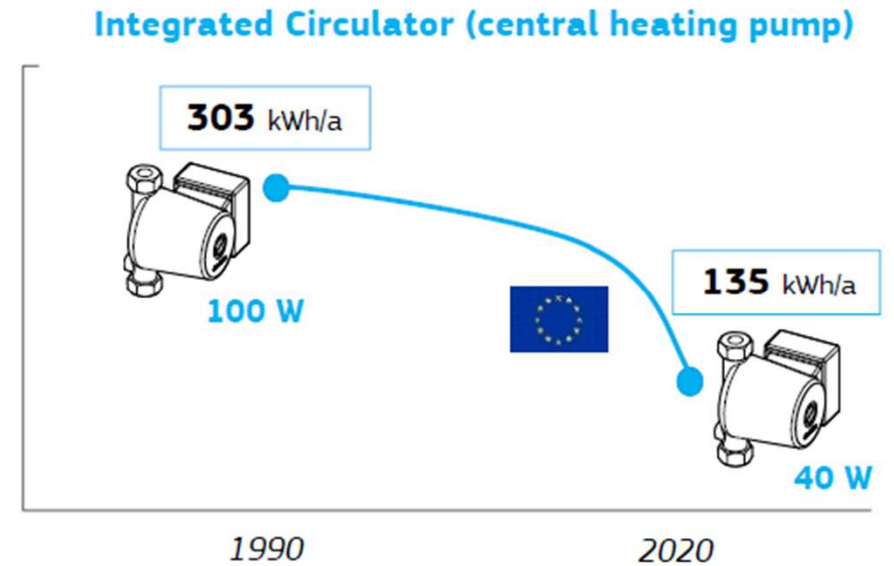
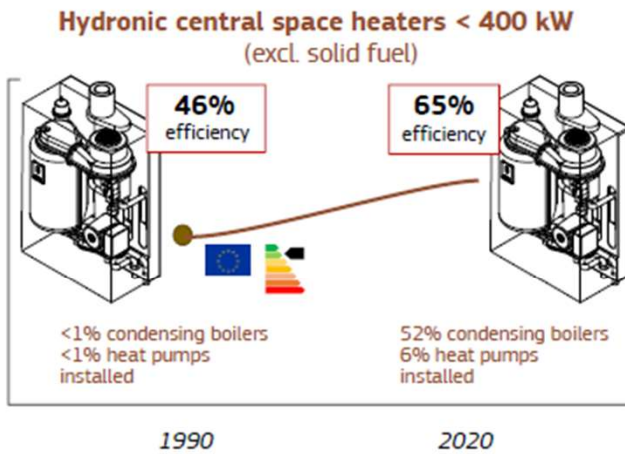
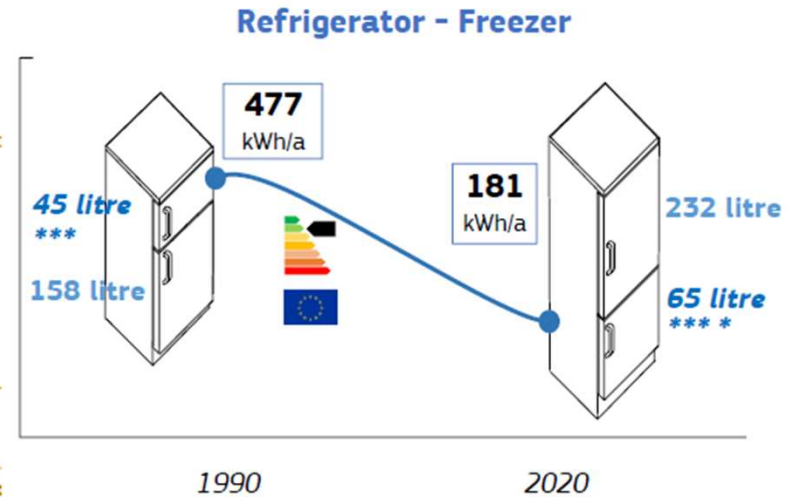
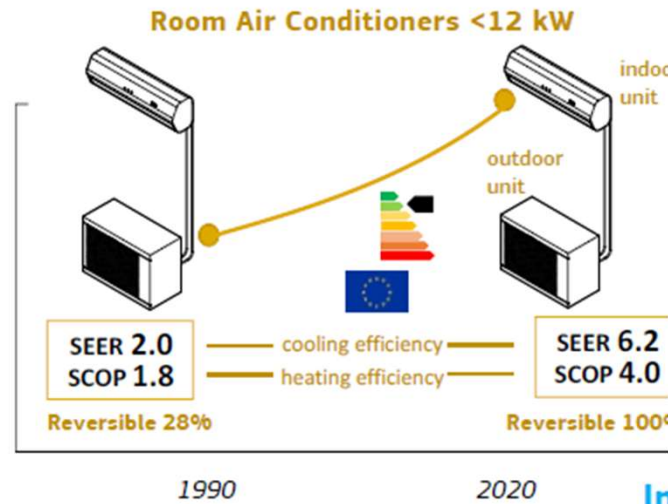
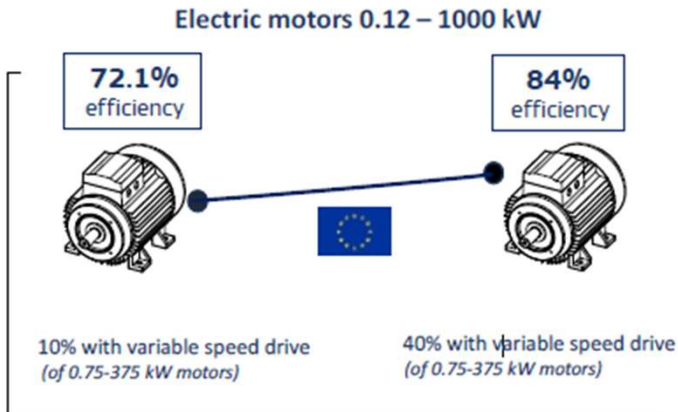


	2020	2030
Energibesparing % av produkter under ekodesign	10%	16%
Minskat CO ₂ eq % av produkter under ekodesign	9%	17%

- ✓ Minskar miljöbelastning t ex. luftförorening och vattenanvändning
- ✓ Ökar material effektivitet pga bl a längre livslängd
- ✓ Främjar innovation
- ✓ Hushåll sparar 18% i energikostnader och 8% totalt med produkter
- ✓ Ökar intäkter för företag årligen 330 miljarder SEK och skapar 433 000 job
- ✓ Minskar beroendet av importerad energi

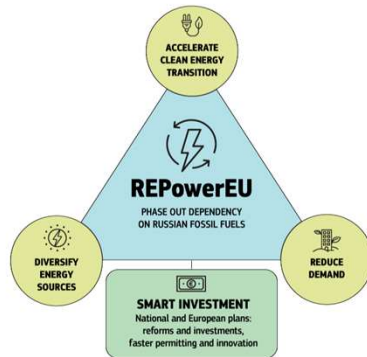


Många exempel på produkter som har blivit mycket energieffektivare



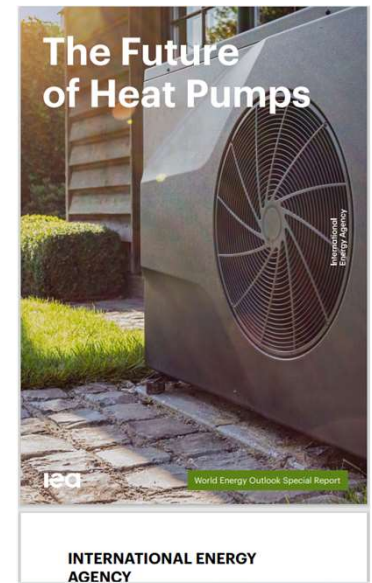
”The need to speed of the heating transition”

- REPowerEU: the role of heat pumps
 - doubling current roll-out rates of heat pumps in buildings
 - faster roll-out of large heat pumps for district heating and cooling networks.”
- 10 million additional hydronic HP by 2027
- >30 million additional HP by 2030

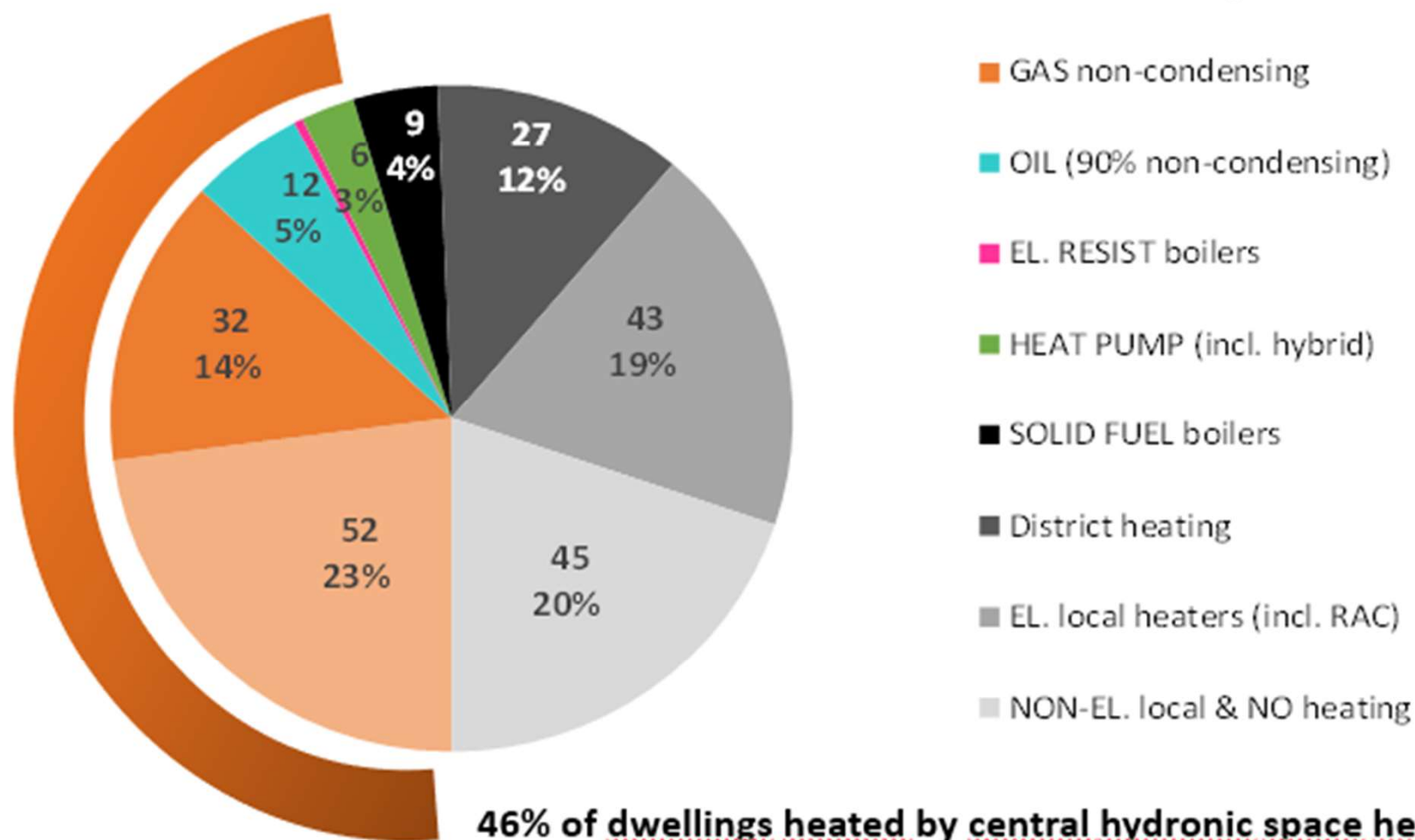


➤ phase-out of stand-alone boilers by 2029 under eco-design

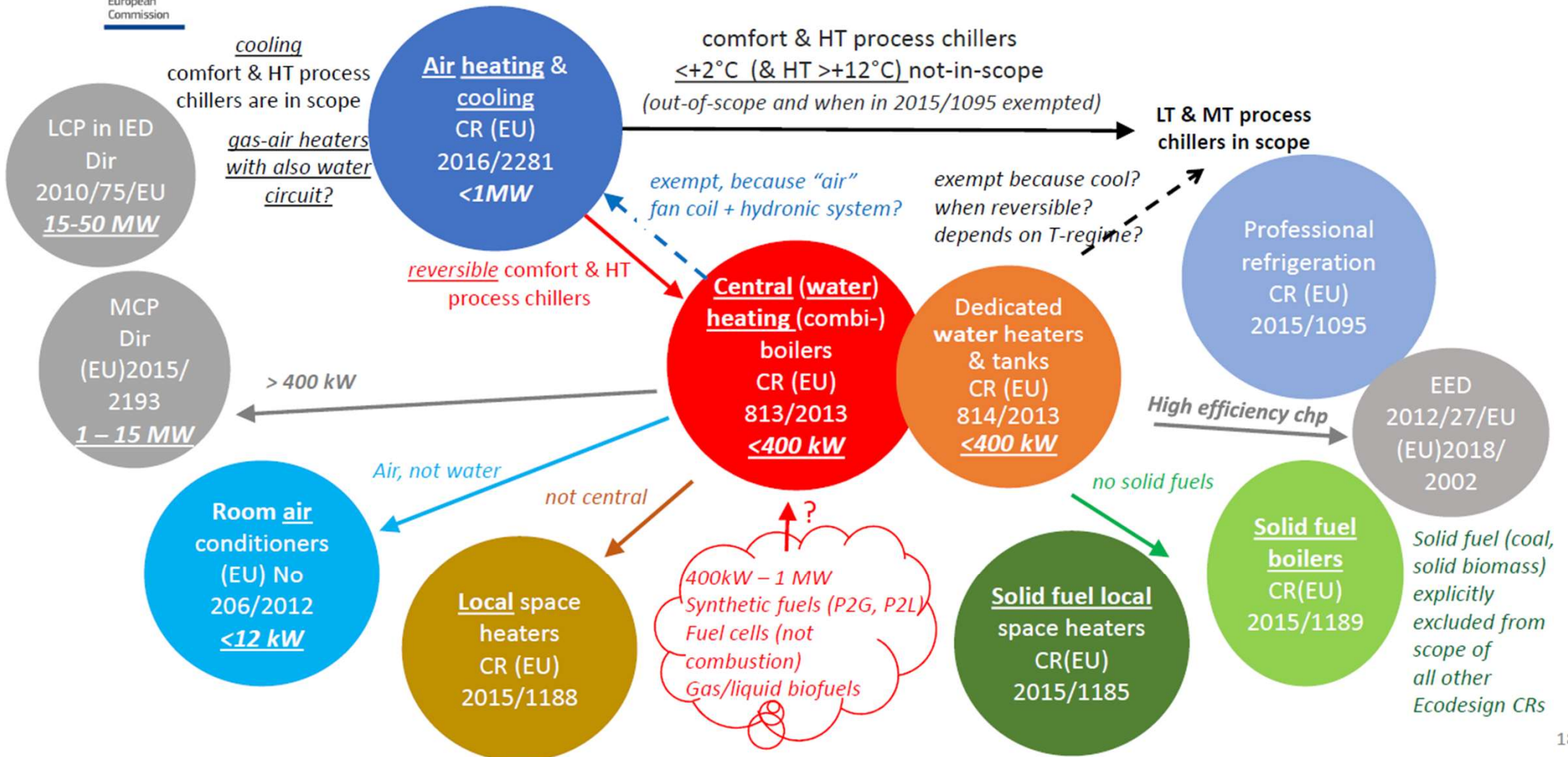
- European Commission [report on the competitiveness of clean energy technologies](#) “roll-out of all types of heat pumps needs to accelerate further:
 - heat pumps for single-family houses,
 - large multi-apartment buildings
 - tertiary buildings and heat networks,
 - to high-temperature heat pumps for industrial applications”



Space heating of EU27 dwellings 2020



SCOPE: Central hydronic space heaters & Related



Pannor och värmepumpar för central värme – Revidering (källa “Commission’s working documents from Mars 2023”)

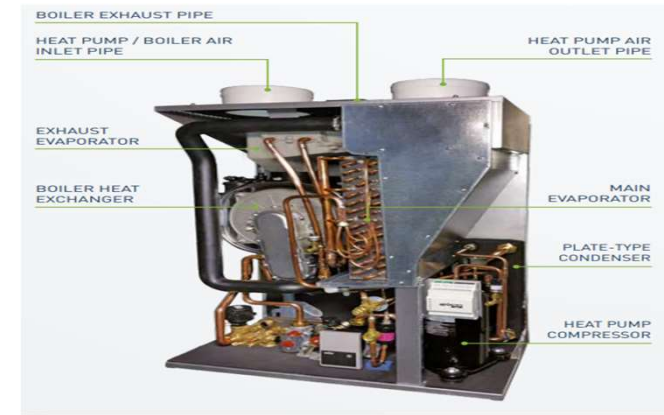
Krav sedan 2015 = 215 TWh/år fr o m 2030

Steg 1:

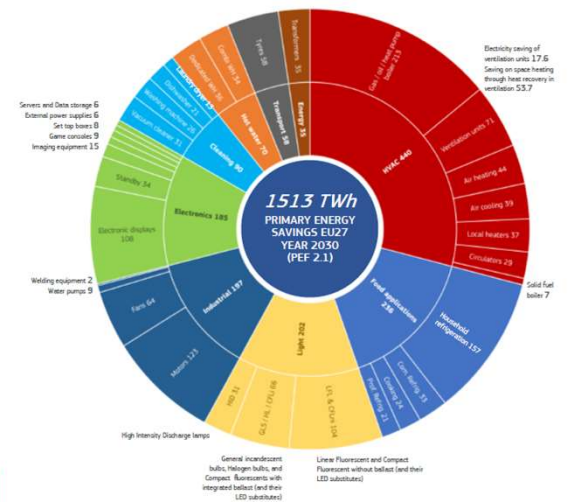
- Skärpta krav pannor (bästa kondenserande)
- Krav införs för ”hybrider” (kombinerad värmepump + panna)

Steg 2 - 2029

- Inga nya fristående gas/olja/el pannor kan sättas på EU-marknad
- Skruvas mer försiktigt på effektivitet (för bibehållen “affordability” när pannor fasas ut och påverkas av F-gas)
- “Third party conformity assessment” (TPCA) för effektivitet vid uppvärmning
- Reviderade ljudkrav
- Självrapportering införs för data från drift
- Krav på resurseffektivitet
- Omfattning höjs från 400 kW till 1 MW



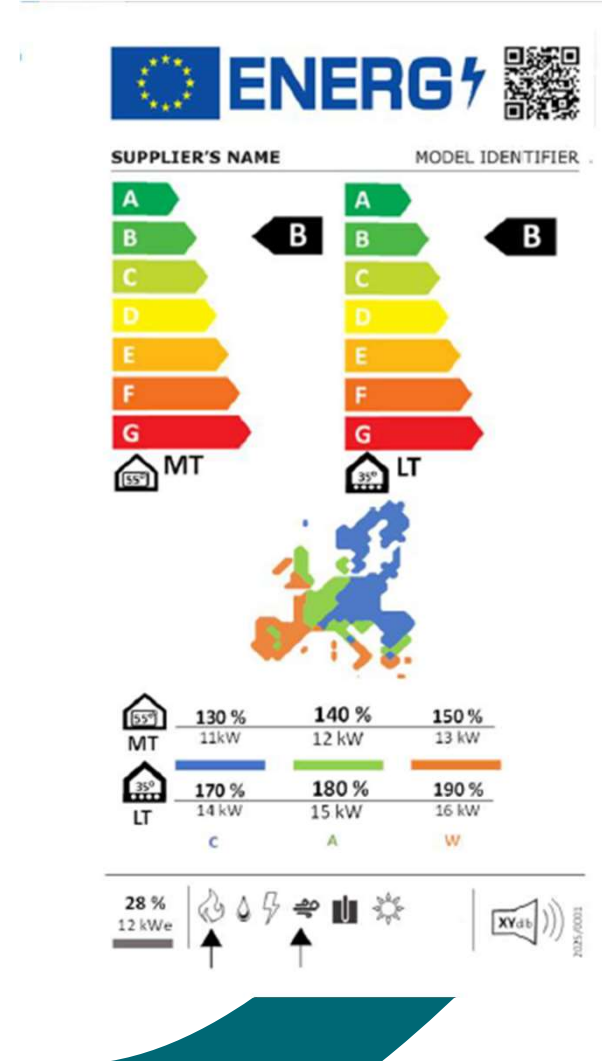
PRIMARY ENERGY SAVINGS (AT PRIMARY ENERGY FACTOR 2.1) WITH ECODESIGN AND ENERGY LABEL VS. BUSINESS-AS-USUAL (BAU) EU27



Energimärkning – Revidering och Omskalning till A-G

(källa “Commission’s working documents from Mars 2023”)

Space heating						
Today (at CC 2.5)			Proposed (at CC 1.9)			
class	MT	LT	class	MT	LT	
A ⁺⁺	150	175	A	260	360	Heat pumps
A ⁺	125	150	B	200	250	Heat pumps
A	98	123	C	165	205	Heat pumps
B	90	115	D	140	175	Hybrid gas HP
C	82	107	E	120	150	Hybrid gas HP
D	75	100	F	90	115	Gas, oil boiler
E	36	61	G	<90	<115	Gas, oil boiler
F	34	59				
G	30	55				
	<30	<55				



Heat pump Action Plan

En del av **Net Zero Industry Act**, där *värmepumpar* pekas ut som en av de viktigaste teknikerna för att uppnå EU:s klimatneutralitetsmål.

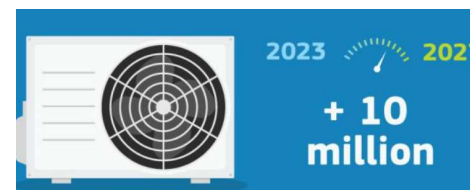
1. En **plattform/accelerator/ett partnerskap** mellan kommissionen, medlemsländerna, sektorn själv, finansinstitut och utbildningsanordnare i hela värdekedjan för värmepumpar
2. Fokus på **kommunikation** och ett särskilt **partnerskap för kompetens** inom värmepumpar.
3. De uppdaterade **lagbestämmelserna (EPBD, Market design, EED, Ecodesign mm)**
4. Mer tillgänglig **finansiering**.

Inbjudan att lämna synpunkter

https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency_sv

Want to know more? [Heat pumps \(europa.eu\)](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/heat-pumps_en)

https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/heat-pumps_en





Carlos Lopes, Emma Olsson

Carlos.lopes@energimyndigheten.se

Besök oss på
www.energimyndigheten.se



TERMO

FRAMTIDENS VÄRME OCH KYLA



Energimyndigheten

Termodagen 2023

Torsdag 19 oktober 2023

Citykonferensen Ingenjörshuset - Stockholm