



TERMO

FRAMTIDENS VÄRME OCH KYLA

Energimyndigheten

Värmepumpar för framtidens energisystem

Fredag 9 december 2022



Comfort & Climate Box

Termo webinar "Värmepumpar för framtidens energisystem"

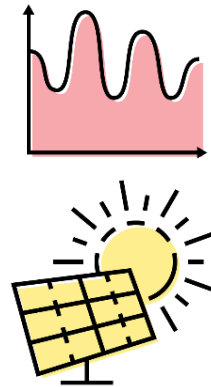
Caroline Haglund Stignor, RISE Research Institutes of Sweden

2022-12-09

Comfort and Climate Box (CCB) projektet

Definition Comfort and Climate Box:

- Värmepump
- Energilager
- Integrerad styrning
- I kombination med:
 - Ett smart elnät
 - Solceller



Partners:

- Forskningsinstitut
 - RISE Research Institutes of Sweden
- Universitet
 - KTH
 - Högskolan i Dalarna
- Företag:
 - Thermia
 - Nibe

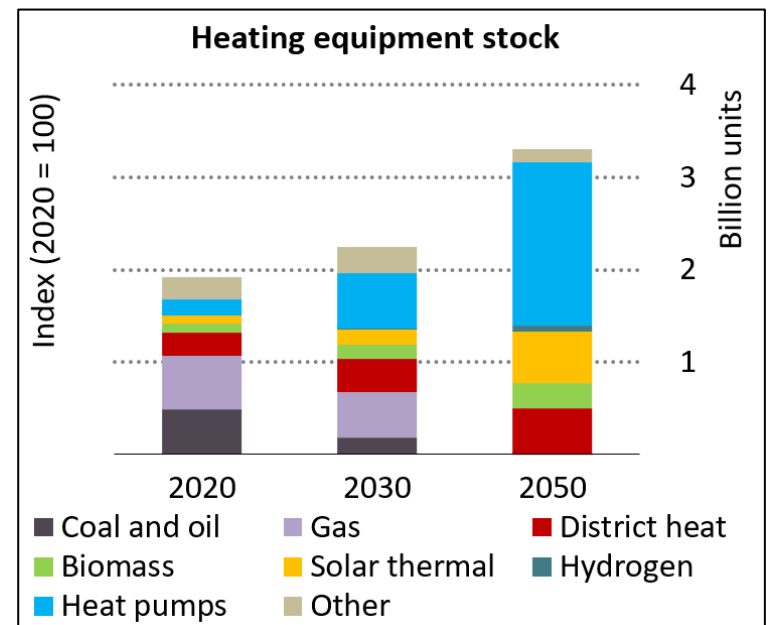
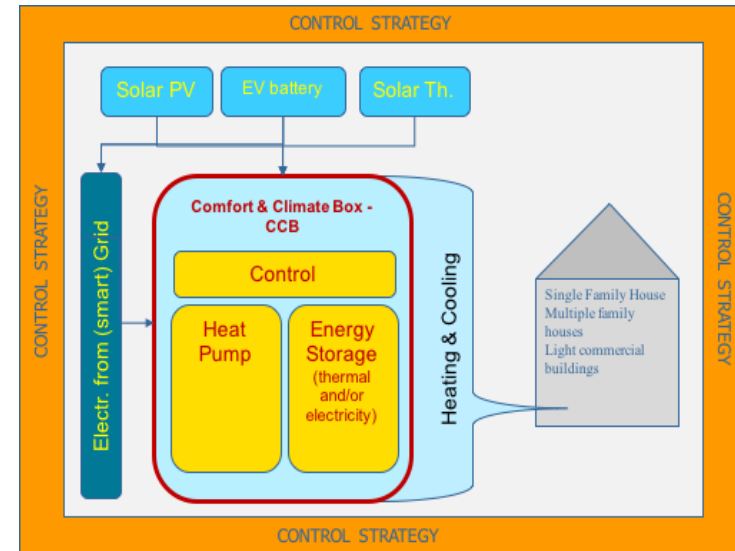
Tid:

- Juli 2019-Dec 2021, 30 månader
- Finansierat av Energimyndigheten genom forskningsprogrammet TERMO

Bakgrund

Enligt IEA's Net Zero by 2050 Roadmap behöver antalet installerade vp 10-dubblas om klimatmålen ska nås.

Hypotes – många av dessa integrerade i en Comfort and Climate Box



Source: IEA Net Zero by 2050 Roadmap (2021)

Sveriges bidrag till ett internationellt projekt

- Internationellt samarbete genom:
 - IEA Heat Pumping Technologies TCP Annex 55, Energy Storage TCP Task 34 "Comfort and Climate Box" och Mission Innovation
- Internationellt samarbetet mellan 11 länder med projekt inom området:
 - Utbyte av kunskap mellan projekten
 - Sammanställning av t.ex. respektive lands marknad, översikt av forskningsprojekt
 - Gemensamma rapporter och slutsatser, exempelvis en **ROADMAP** för accelererad implementering av CCB

Final reports for download:

IEA HPT Annex 55 [Final Report – Comfort & Climate Box – towards better integration of heat pumps and storage](#)

IEA HPT Annex 55 [Executive Summary – Comfort & Climate Box – towards better integration of heat pumps and storage](#)

IEA HPT Annex 55 [2-page Summary – Comfort & Climate Box – towards better integration of heat pumps and storage](#)

Final Report **Part 2** IEA HPT Annex 55 – [Market Status in Participating Countries](#)

Final Report **Part 3** IEA HPT Annex 55 – [Field Trial Results](#)

Final Report **Part 4** IEA HPT Annex 55 – [Technical Boundary Conditions in Participating Countries](#)

Final Report **Part 5** IEA HPT Annex 55 – [Research Projects](#)

Final Report **Part 6** IEA HPT Annex 55 – [Standards](#)

Final Report **Part 7** IEA HPT Annex 55 – [Roadmap](#)

<https://heatpumpingtechnologies.org/annex55/>

Tre olika konceptlösningar av CCB

1. Bergvärmepump kombinerad med:

1. Solceller
2. Energilager (värme eller el)
3. Integrerad styrning
4. Fläktkonvektor för passiv kyla

2. Luft-vatten värmepump kombinerad med:

1. Solceller
2. Energilager (värme eller el)
3. Integrerad styrning
4. Aktiv kyla

3. Frånluftsvärmepump kombinerad med:

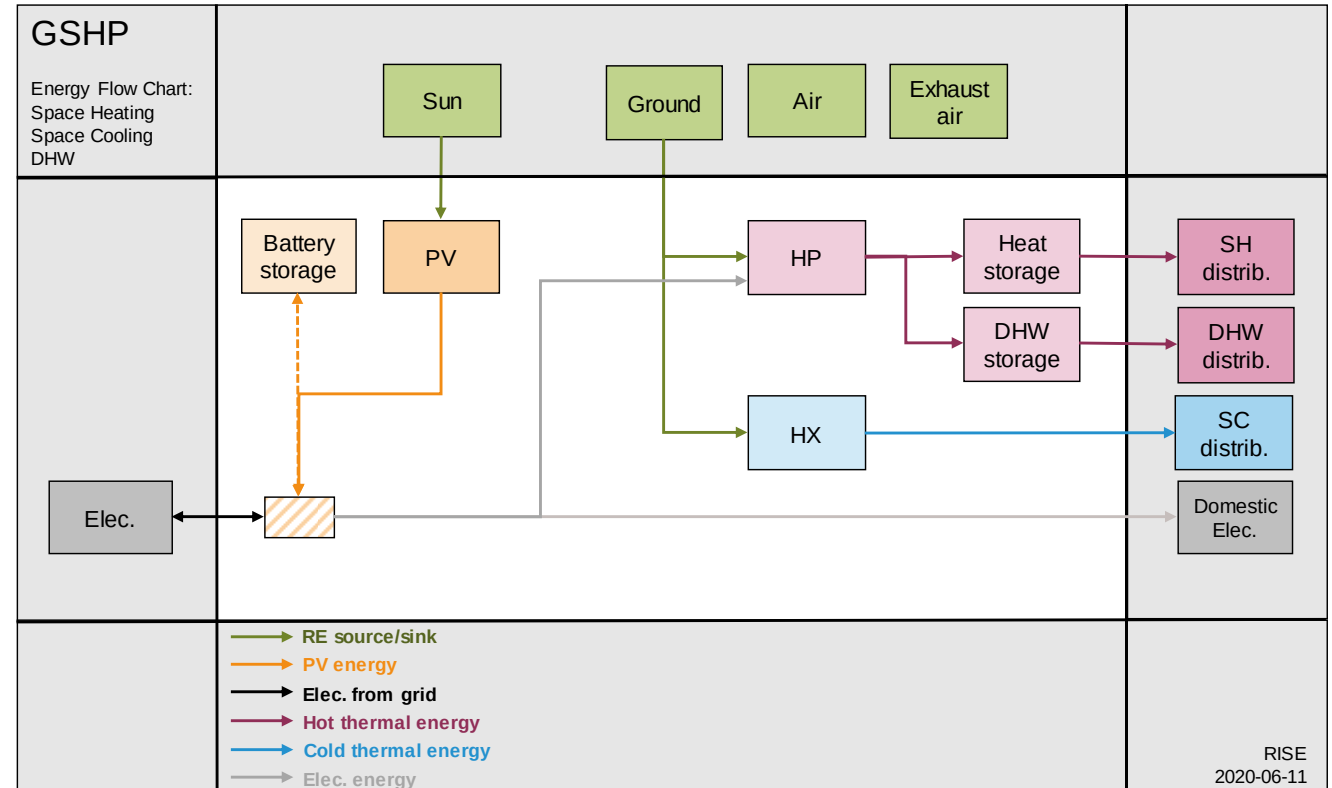
1. Solceller
2. Energilager (värme eller el)
3. Integrerad styrning

• Utvärderade alternativ för energilager

- Vattentank (bufferttank, tappvarmvattentank)
- Lagring av värme i byggnaden
- Batteri

• De olika koncepten har utvärderats genom simuleringar

• En prototyp togs fram baserat på resultaten från simuleringarna

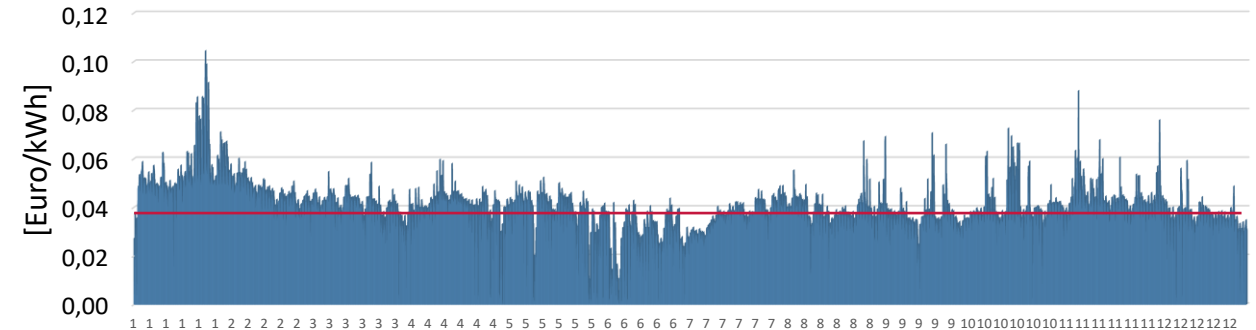


Simuleringar

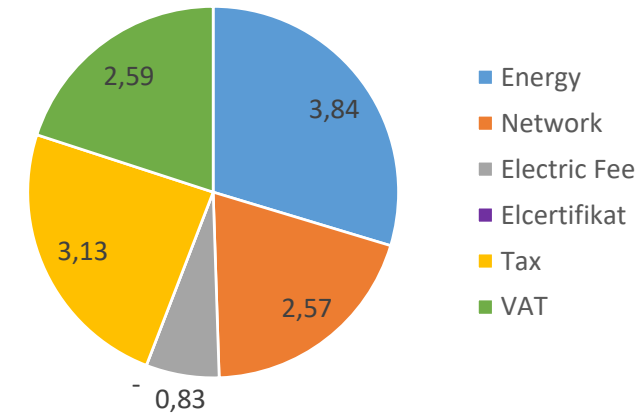
Elpriser

- Ekonomisk utvärdering baserad på data från 2019
 - Och även väderdata (SMHI)
- Elpriset:
 - Spotpris (Nord Pool)
 - Nätavgift
 - Elavgift
 - Elskatt
 - Elcertifikat
 - Moms
- Nätavgiften kan baseras på olika affärsmodeller:
 - Energianvändning (Energi, kWh)
 - Effekttariff, max effektuttaget (Effekt, kW)
 - Eller en kombination
- Försäljning av överskott av solel
 - Spotpris+
 - 60 öre/kWh skattereduktion för solel såld till nätet

Spotpris Nord Pool 2019 (SE3)



Elpris uppdelat på olika komponenter [cent/kWh]



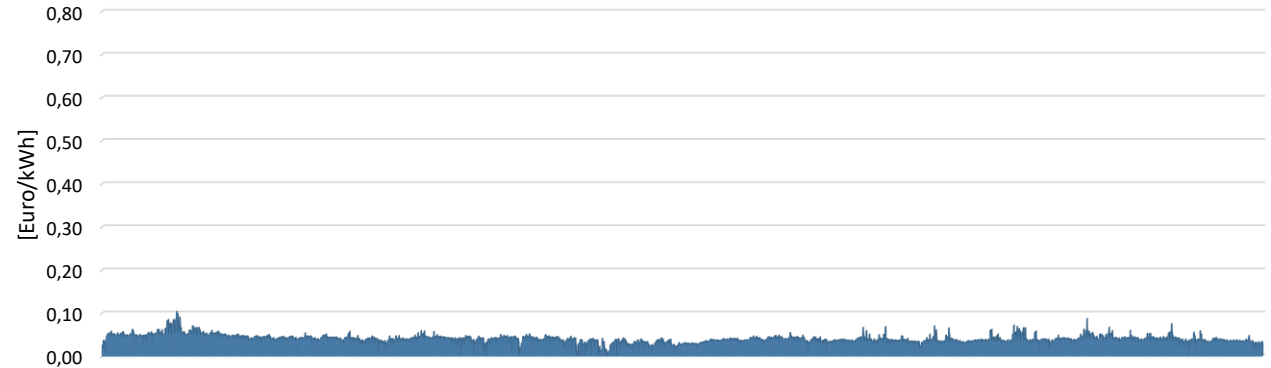
Jämförelse av spotpriset på el

Jämförelse av spotpriset på el för:

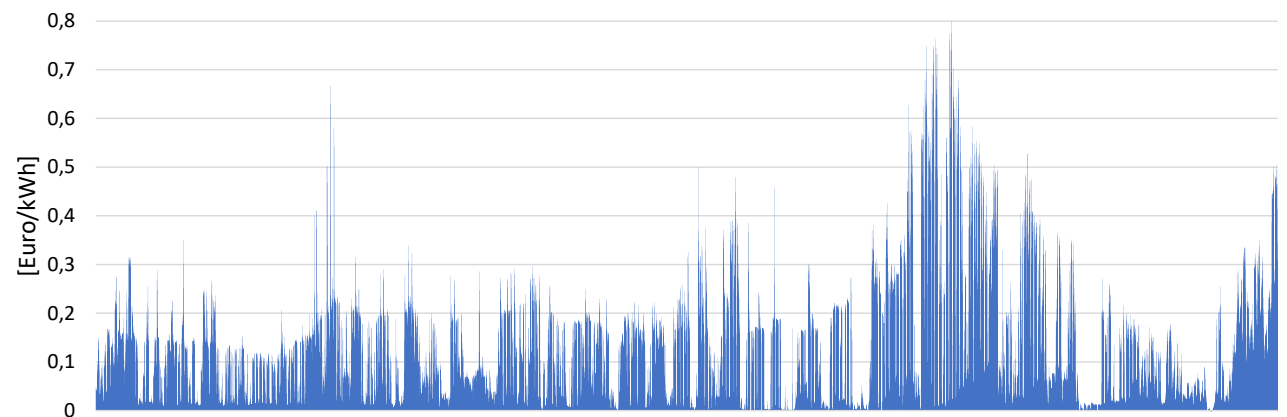
- Spotpris el, Sverige, SE3, 2019
- Spotpris el, Sverige, SE3, jan-nov 2022
- Prisvariationerna har ökat för 2022 jämfört med 2019
 - 2019 ser platt ut jämfört med 2022



Nord pool spot market price Jan-Dec 2019 (SE3)



Nord pool spot market price Jan-Nov 2022 (SE3)



Översikt simuleringar i TRNSYS

Simuleringar i TRNSYS

- Enfamiljshus i Norrköping
- Elpriser och väderdata från 2019
- Simuleringar av ett helt år
- Fokus på smarta styralgoritmer
- Utvärdering av olika energilager

Styralgoritmer

- Olika styralgoritmer har utvärderats, två huvudtyper:
 - Ökad egenanvändning av solen
 - Minskade driftskostnader baserat på variationer i elpris

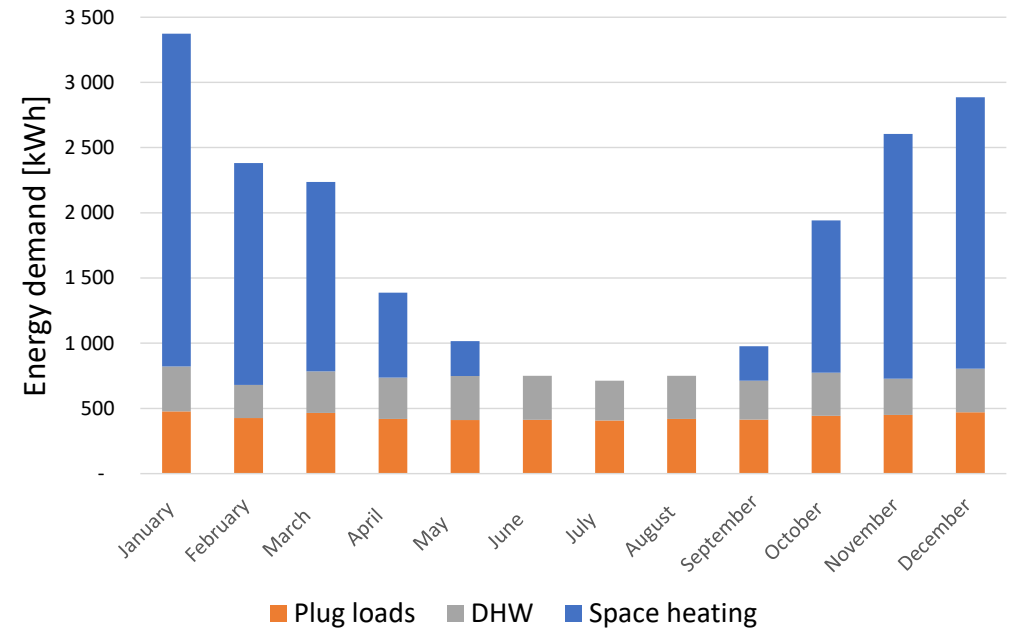
Värmepump: VVVP, LVVP, FLVP

Energilager

- Tappvarmvattentank (extra volym och/eller högre temperaturer)
- Förvärmningstank tappvarmvatten
- Batteri
- Byggnadsskalet (ändringar i inomhustemperatur)

Notera att inte alla kombinationer har utvärderats för alla alternativ

Energibehov



	Enhet	VVVP LVVP	FLVP
Byggnadsarea	[m2]	125	143
Rumsvärme	[kWh/y]	12 000	12100
Tappvarmvatten	[kWh/y]	3 400	3 400
El till apparater	[kWh/y]	5 200	5 200
Specifik rumsvärme	[kWh/m2,y]	96	85
Specifik värme (rumsvärme+tapp-vv)	[kWh/m2,y]	123	108
Solceller	[kWp]	5 kW	5 kW

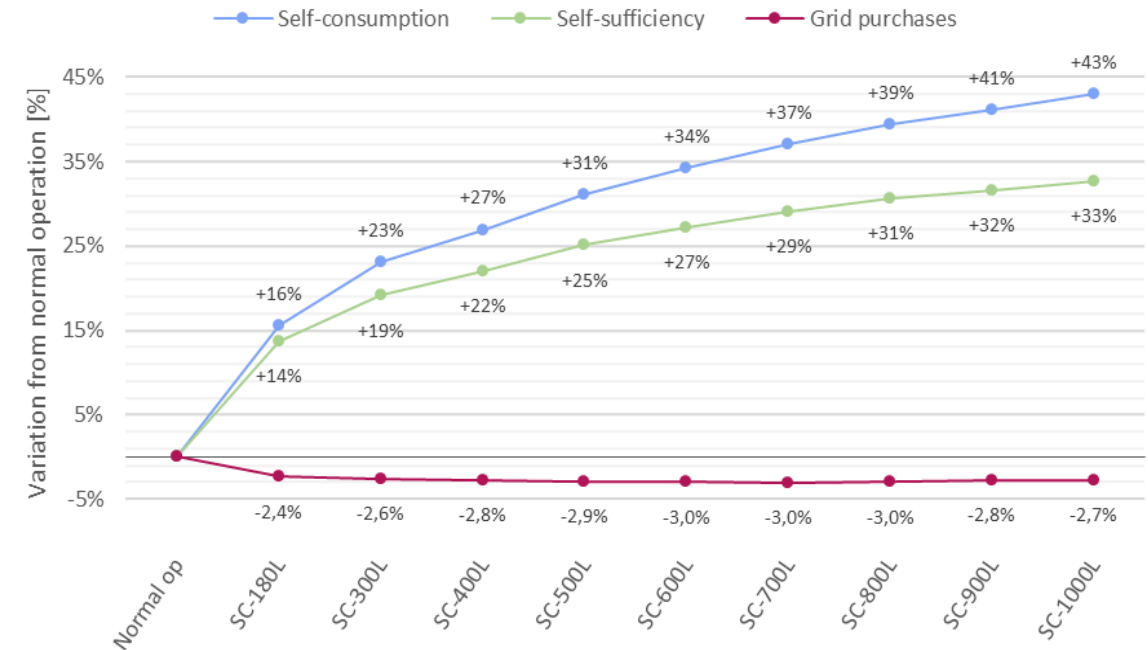
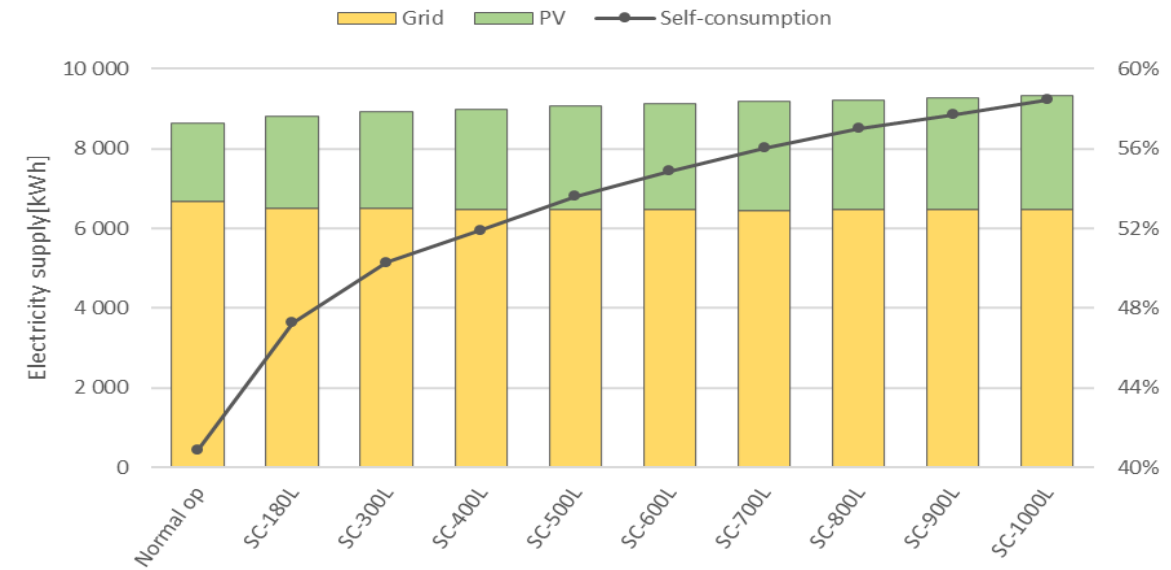
Exempel 1: Simulering, styrstrategier VVVP

Syfte:

- Öka egenkonsumtionen av solel och minska driftskostnader
 - Styralgorithm för att öka egenkonsumtionen
 - ökad tanktemperatur vid överskott av solel
- Utvärderade olika storlekar på tapp-vv tanken

Slutsatser:

- Viss besparing mha styrstrategin
- Ökad tankstorleken -> ökad egenkonsumtionen men också förlusterna -avvägning



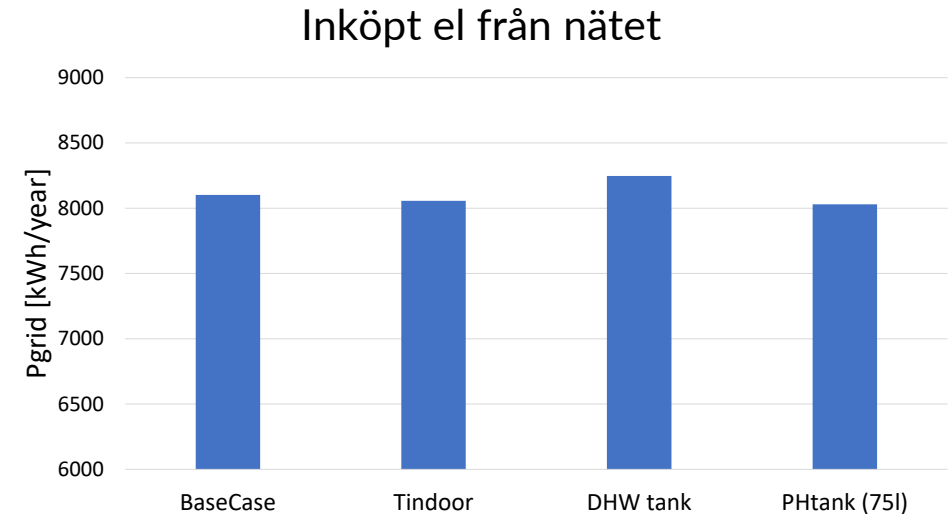
Exempel 2: Simulering, styrstrategier LVVP

Syfte:

- Minska driftskostnaderna – baserat på variationer i elpris över dygnet
 - Styralgoritmer varierar börvärdet för inomhustemperatur (värmekurvan) eller tapp-varmvatten-tank
 - Extra energi lager (extra förvärmningstank)

Slutsatser:

- Variationerna i elpris i Sverige 2019 var för små för att påverka de årliga driftskostnaderna
- Avvägning:
 - Om mer värme produceras på natten när det är kallare ute -> lägre COP för en LVVP
 - Högre börvärde för tapp-vv-tank -> lägre COP och högre värmeförluster från tanken.

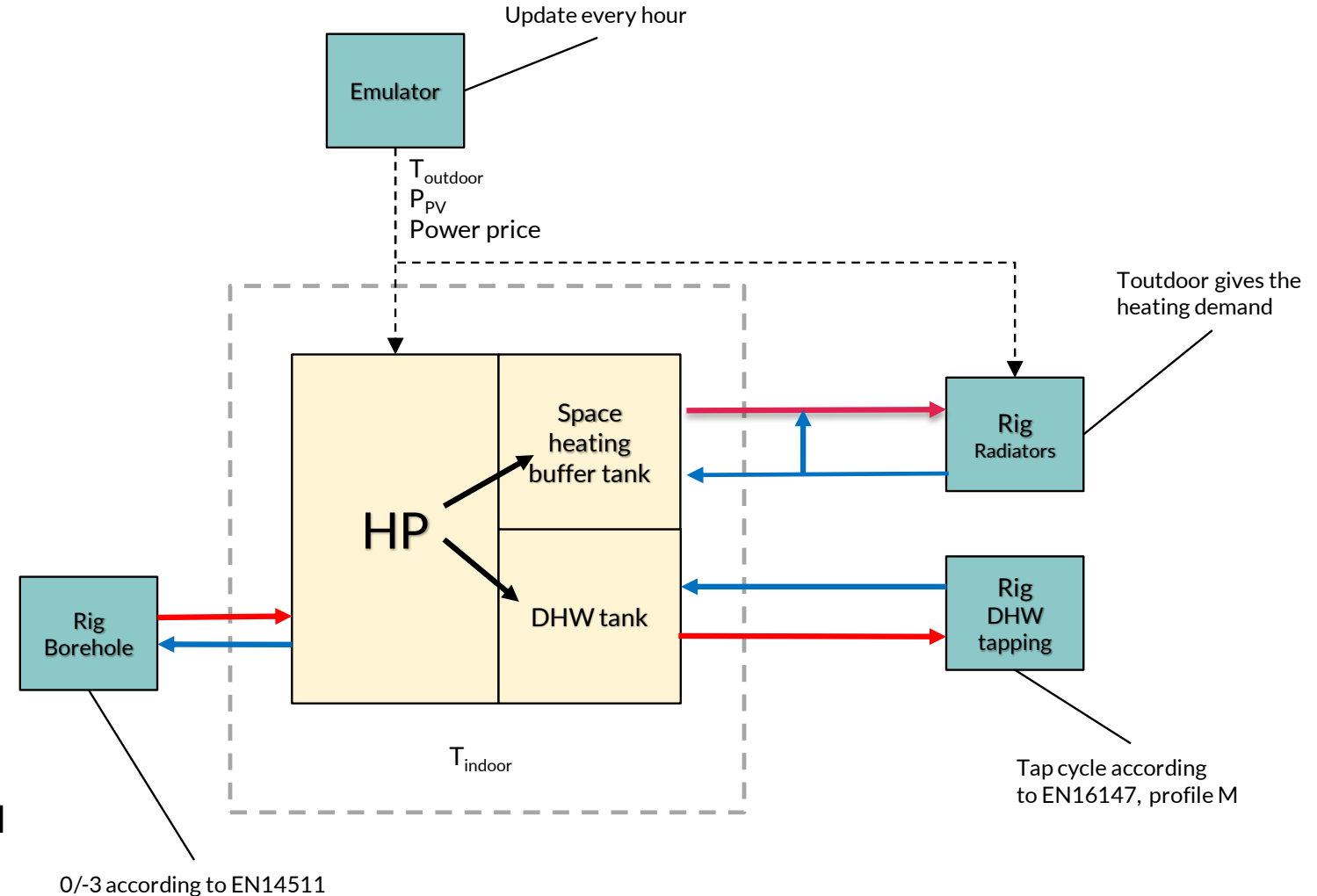


Prototyp och labbtester

Labbtester av en prototyp

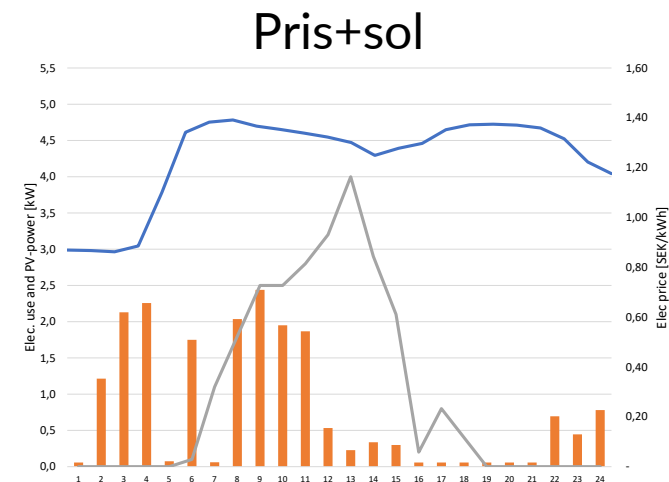
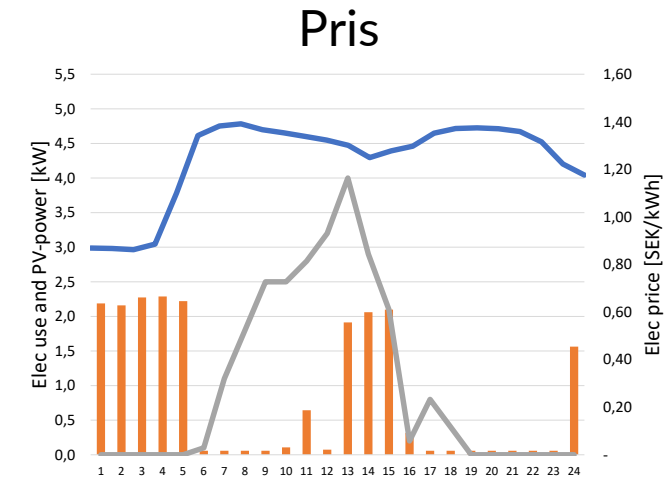
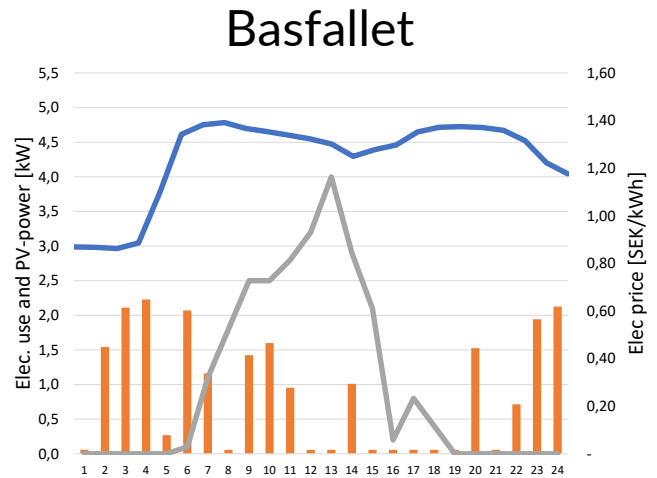
Prototyp:

- Baserat på slutsatser från alla simuleringsresultat
- I linjer med existerande produkter
- **VVVP** (rumsvärme/kyla, tappvarmvatten)
- **Energilager**
 - Tappvarmvattentank
 - Bufferttank för rumsvärmevatten
- **Två “smarta” styrfunktioner**
 - Pris: Minimera kostnaderna baserat på elpris
 - Sol: Maximera egenkonsumtionen av sol
 - Kombination av de båda funktionerna



Jämförelse, fördelning av elförbrukning, 24h funktionstest

- Olika funktioner för smart styrning aktiverat, preliminära resultat



Elanvändning/timme Solel

Elpris

Slutsatser

- Det är **möjligt att styra elförbrukningen** över dygnet för en CCB som inkluderar värmepump, energilager och styrning
- De **ekonomiska besparingarna** av styrfunktionerna är låg med svenska elpriser för 2019
 - Större variationer i elpris och effekttariffer förutspås i framtiden (**aktuella 2022!**)
 - Styalgoritmer för egenkonsumtion av solen är mer relevant för andra delar av Europa med mer sol och andra prisstrukturer
 - Extra lager leder till ökade förluster –Avvägning
- Att **utveckla smart styalgoritmer är en engångskostnad** för värmepumpstillverkaren.
 - Därefter är det låga kostnader för att implementera i varje (ny) värmepump
 - Det behöver finnas **tydliga incitament** att göra det, **tydlig besparingspotential (finns nu 2022!)**

Rekommendationer

- Lagra värme vid **låga temperaturer** (förvärmningstank, bufferttank, **byggnaden**) för att undvika extra förluster – möjligt att tillåta att inomhustemperaturen varierar någon grad?
- Använd **existerande** lager om möjligt för att undvika extra **investeringskostnader**
- **Integrerad styrning** av **värmepump** och **elbilsladdning** kommer bli viktigt för att undvika **höga effektagifter** och **optimera driftskostnaden**



FRÅGOR?

Caroline Haglund Stignor

Caroline.haglundstignor@ri.se

010-516 55 45

Lågtemperaturkonvektor flerbostadshus: effektiva värmepumpar

Termo webinar "Värmepumpar för framtidens energisystem"

Martin Larsson, RISE

2022-12-09

Lågtemperaturkonvektor flerbostadshus: effektiva värmepumpar

- *Befintligt fastighetsbestånd:*
 - *stor andel av energianvändningen*
 - *Låg investeringskostnad och lite byggstök = lägre tröskel för energirenovering*
- *Koncept:*
 - *systemintegrerade funktioner*
 - *liten entreprenad*
- *Värmepumpar* *låg temperatur: hög verkningsgrad. Simulering.*
 - *framledningstemperatur.*
 - *Seriekopplade:* *returtemperatur.*
- *Prototyp* *konvektor, labb-mätning*
 - *Seriekoppling mot värmesänkor (tilluft)*
 - *unikt högpresterande värmeväxlare* *INNOHEAT*

MARTIN LARSSON

Division Samhällsbyggnad

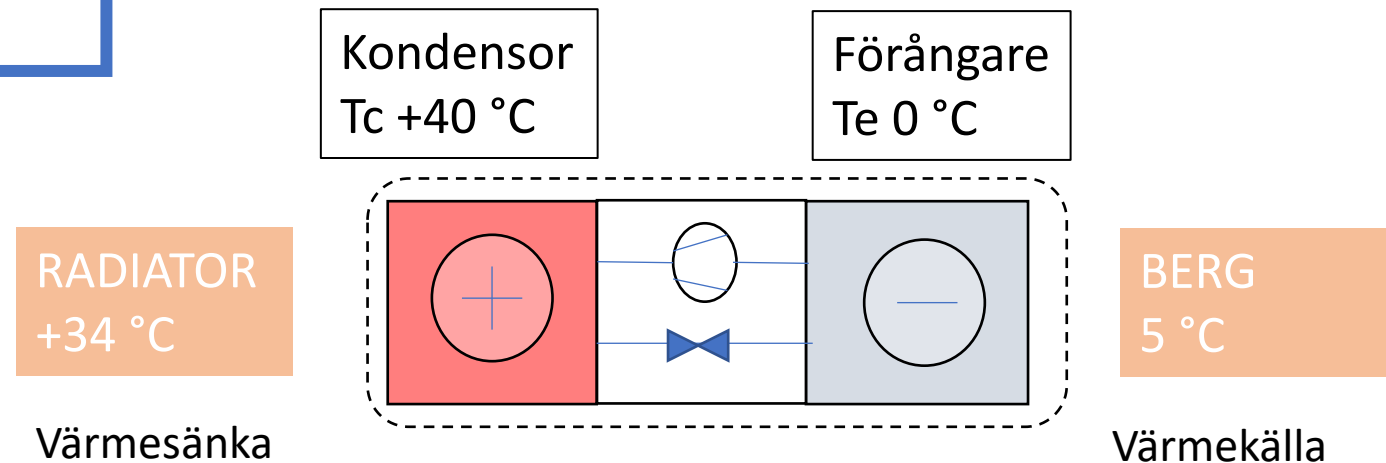
Avdelning Energi och resurser

Enhet Stadens energiomställning



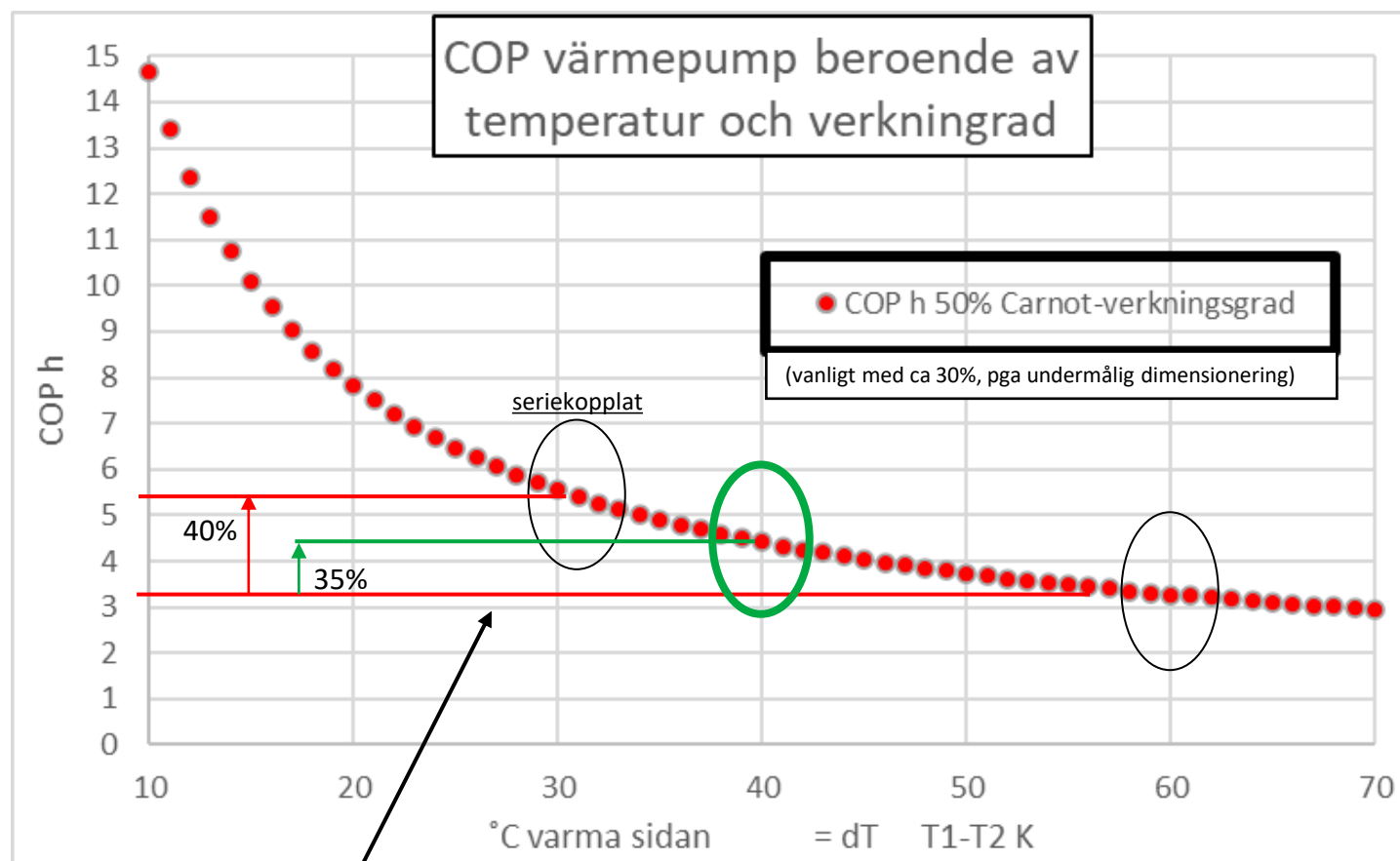
Lågtemperaturkonvektor flerbostadshus: effektiva värmepumpar

COP = verkningsgrad
Beror av "temperaturlyft"
kalla/varma sidan
(förångare/kondensor)



Lågtemperaturkonvektor flerbostadshus: effektiva värmepumpar

COP = verkningsgrad
Beror av "temperaturlyft"
kalla/varma sidan
(förångare/kondensor)



Område med högt COP:
Små temperaturlyft

Kalla sidan = 0 °C (förångare)

Lågtemperaturkonvektor flerbostadshus: effektiva värmepumpar

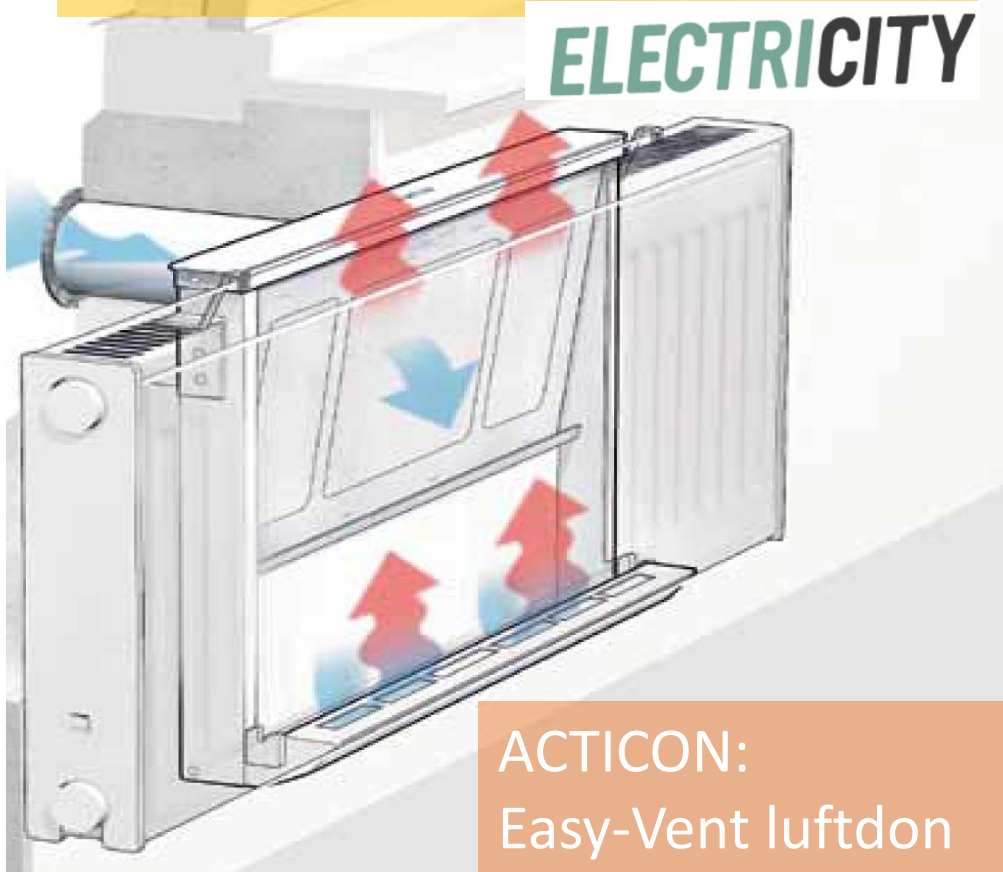
- *Låg framledningstemperatur: många möjliga vägar*
 - *Stora värmeöverförande ytor*
 - *Låg framledningstemperatur och stor VVX: låg returtemperatur.*
- *Seriekoppling ger lägre returtemperatur: många möjliga vägar*
 - *Lättare i byggnader med till- och från-luft*
 - **"Miljonprogram"**
 - *bostäder med F-luft: värmsänkan (tilluft) vid resp radiator.*
 - *Föreslagen prototyp.*

Lågtemperaturkonvektor flerbostadshus: effektiva värmepumpar

KONVENTIONELL KONVEKTOR

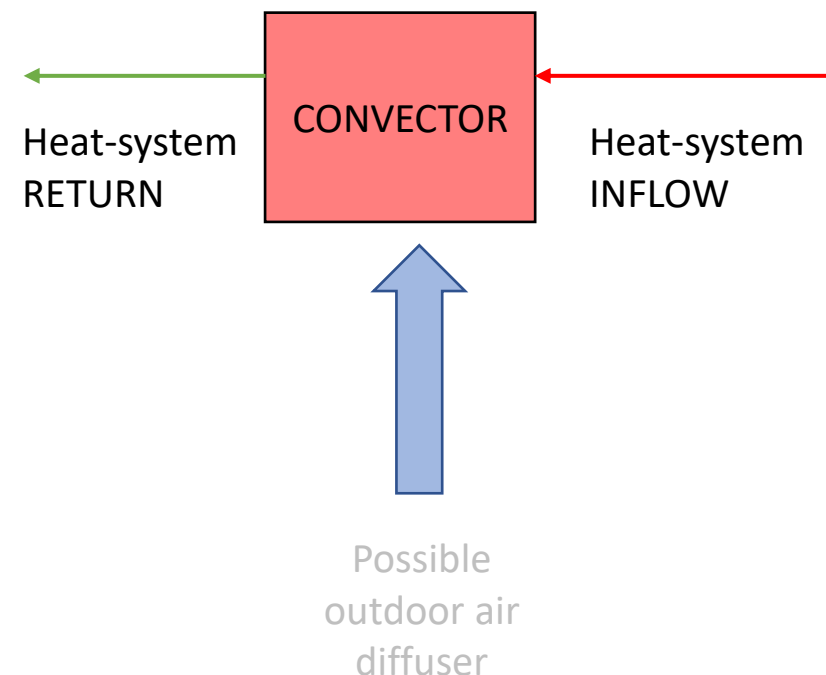
HAMMARBY SJÖSTAD BRF

ELECTRICITY

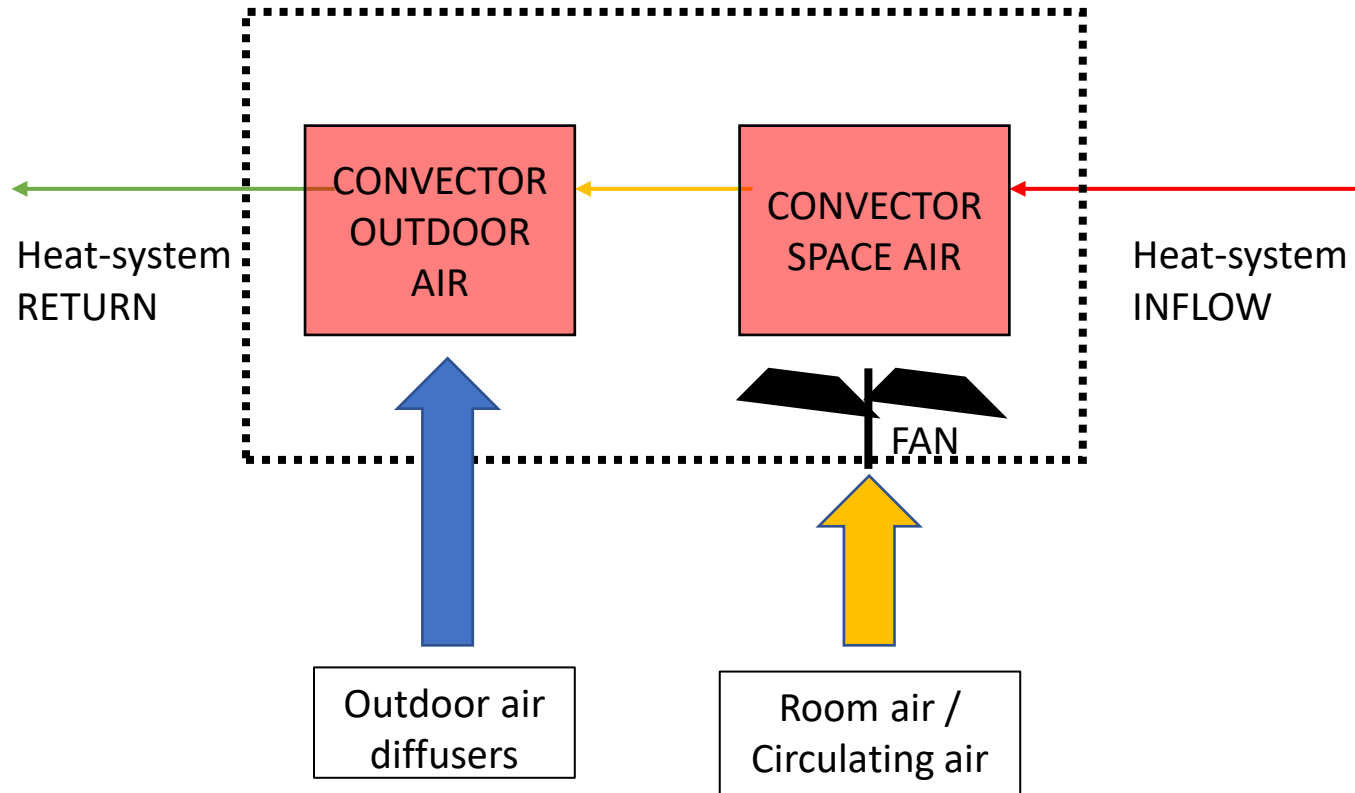


ACTICON:
Easy-Vent luftdon

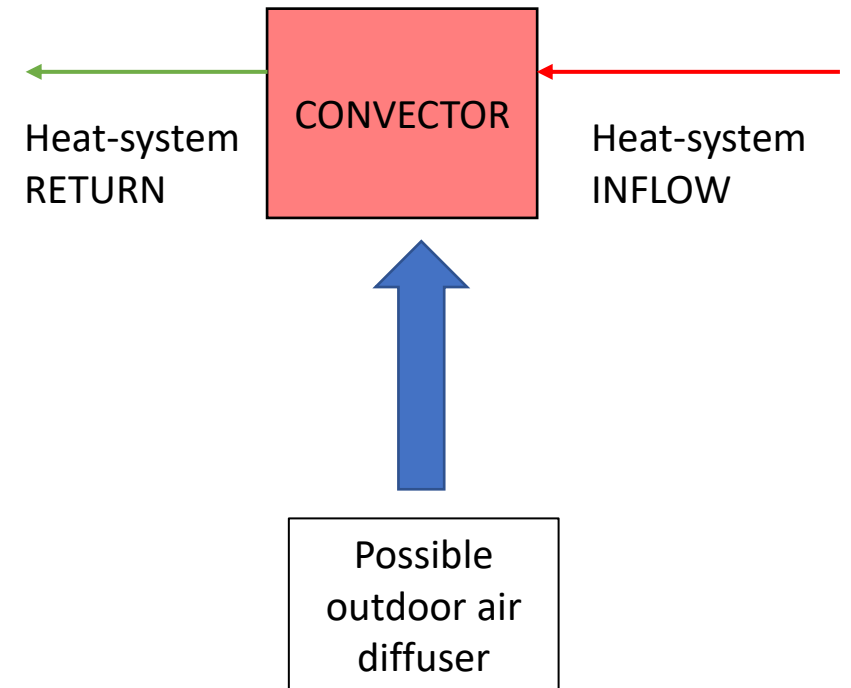
KONVENTIONELL KONVEKTOR



PROTOTYP LÅGTEMPERATUR KONVEKTOR



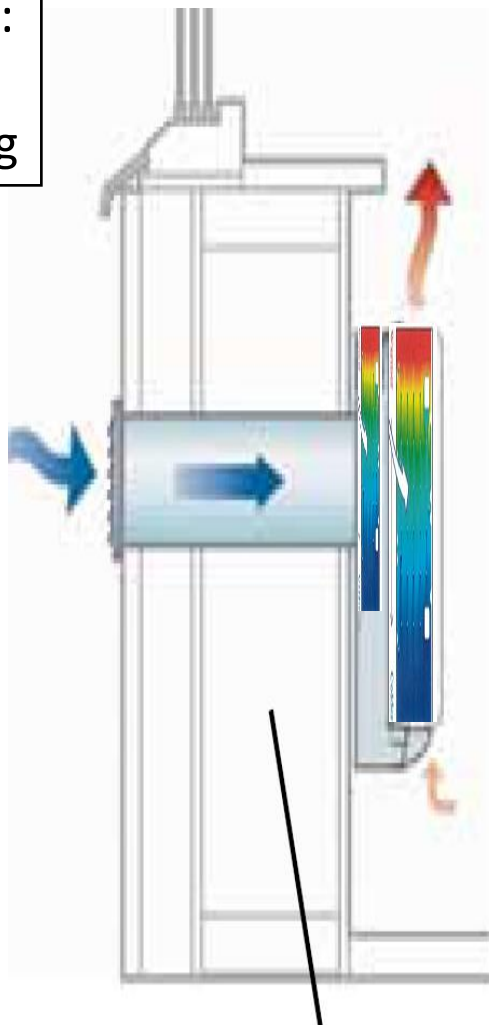
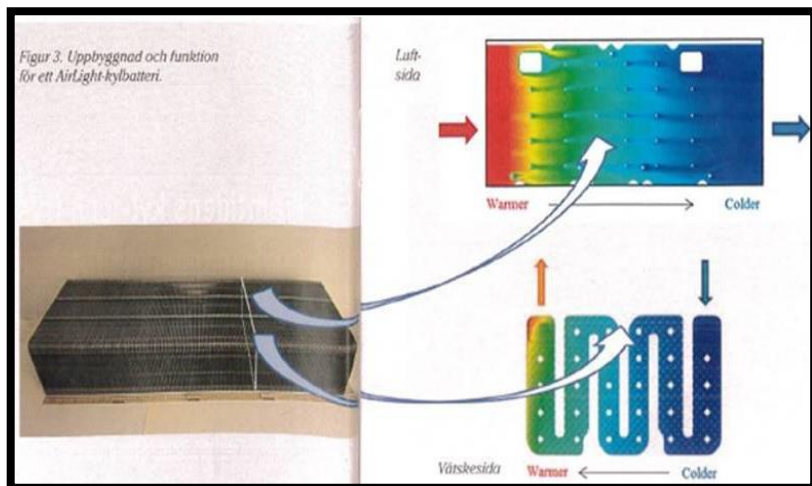
KONVENTIONELL KONVEKTOR



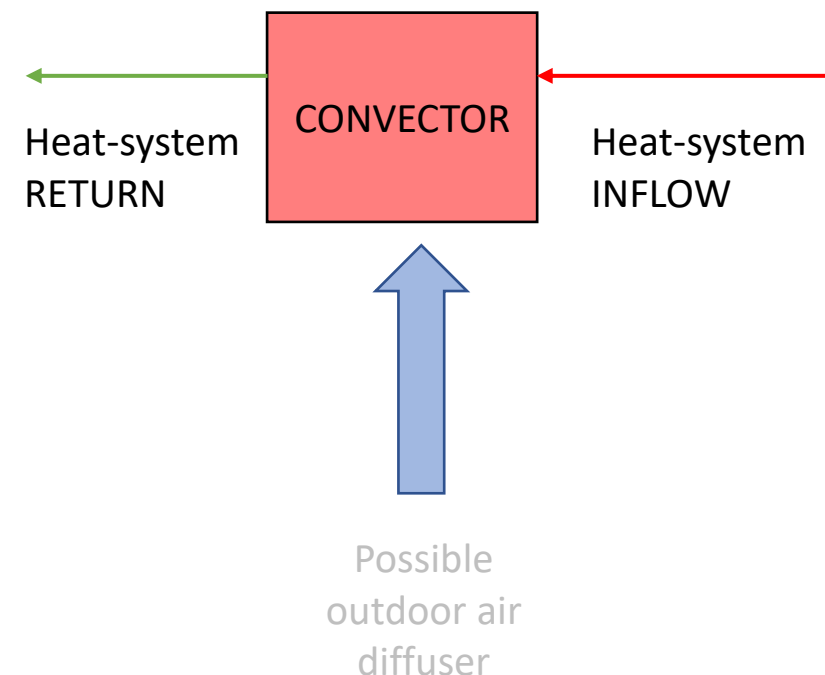
Lågtemperaturkonvektor flerbostadshus: effektiva värmepumpar

Innovation av konventionell konvektor:

1. Högpresterande VVX: INNOHEAT
2. Seriekoppling mot uteluft-värmning

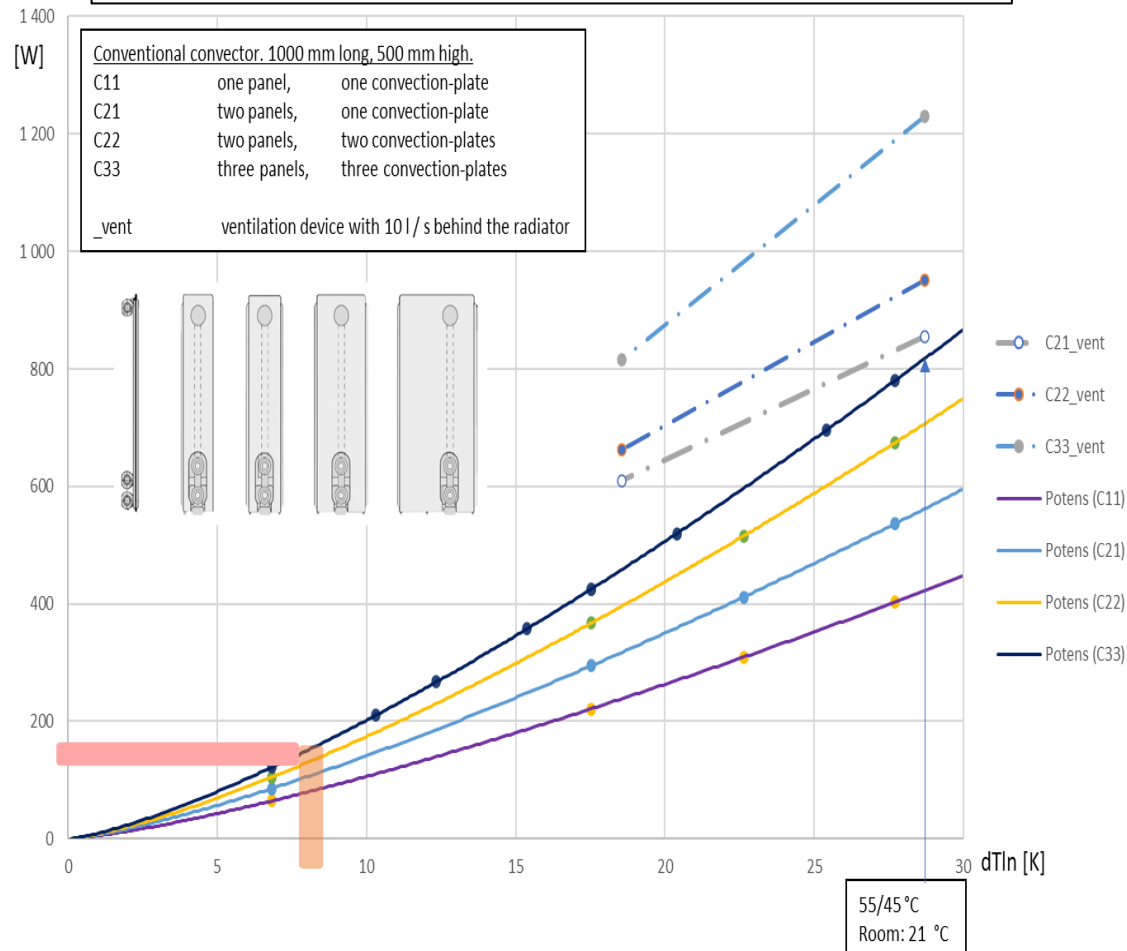


KONVENTIONELL KONVEKTOR



Prototyp lågtemperaturkonvektor

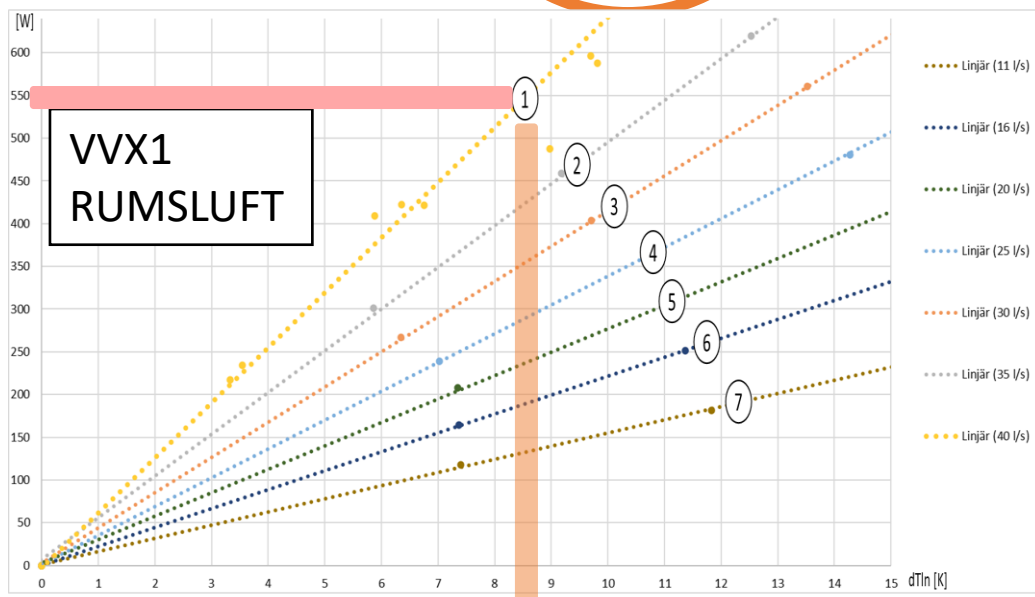
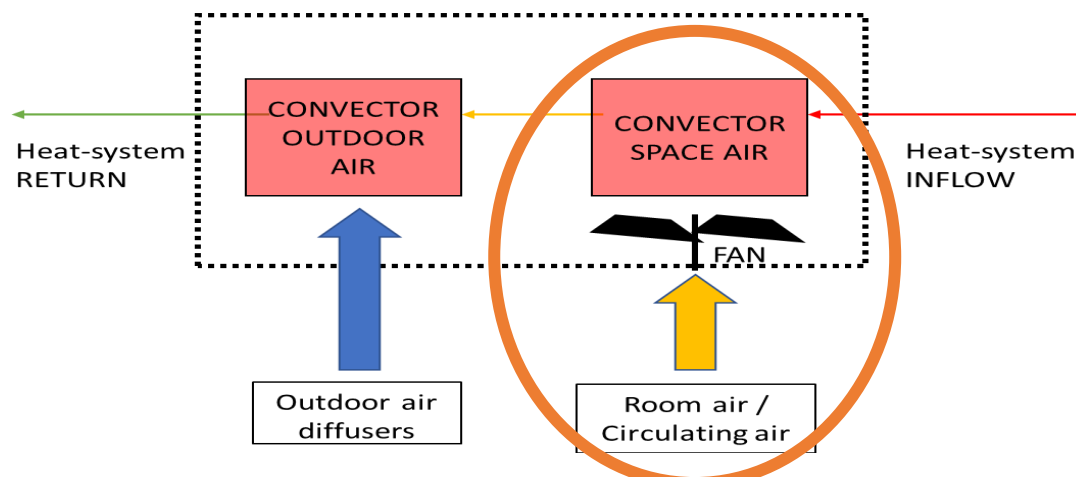
KONVENTIONELL KONVEKTOR



PROTOTYP KONVEKTOR: MÄTRESULTAT

		l/s	°C	°C	°C	K	W	K	K	°C
Index	driftfall	luftflöde	T _{in}	T _{ut}	T _{luft}	dT _{ln}	Effekt	dT _{VS}	dT _{luft}	T _{luft}
1	Konvektor rumsluft	40	35,0	25,7	21,0	8,5	545	9,3	11,2	32,2
	Konvektor uteluft	10	25,7	18,4	16,0	37,9	425	7,3	34,9	18,9
	Summa	50					970	16,6		29,7

Prototyp lågtemperaturkonvektor

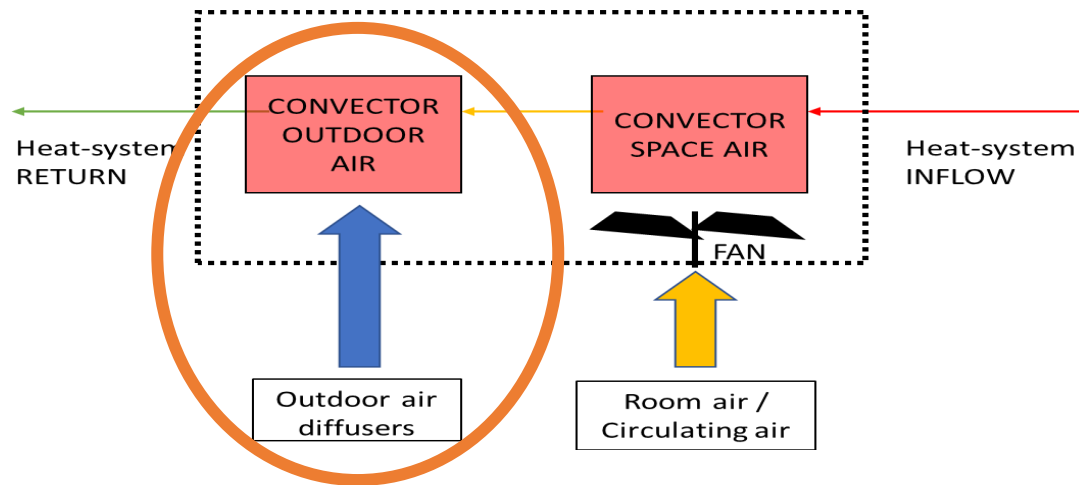


PROTOTYP KONVEKTOR: MÄTRESULTAT

	l/s	°C	°C	°C	K	W	K	K	°C
Index driftfall	luftflöde	T _{in}	T _{ut}	T _{luft}	dT _{ln}	Effekt	dT _{VS}	dT _{luft}	T _{luft}
1 Konvektor rumsluft	40	35,0	25,7	21,0	8,5	545	9,3	11,2	32,2
Konvektor uteluft	10	25,7	18,4	- 16,0	37,9	425	7,3	34,9	18,9
Summa	50					970	16,6		29,7
2 Konvektor rumsluft	35	35,0	27,0	21,0	9,4	470	8,0	11,0	32,0
Konvektor uteluft	10	27,0	19,4	- 16,0	39,1	440	7,5	36,1	20,1
Summa	45					910	15,6		29,6
3 Konvektor rumsluft	30	35,0	28,0	21,0	10,1	410	7,0	11,2	32,2
Konvektor uteluft	10	28,0	20,2	- 16,0	40,0	455	7,8	37,3	21,3
Summa	40					865	14,8		30,0
4 Konvektor rumsluft	25	35,0	28,9	21,0	10,7	355	6,1	11,6	32,6
Konvektor uteluft	10	28,9	21,0	- 16,0	40,8	465	7,9	38,1	22,1
Summa	35					820	14,0		30,1
5 Konvektor rumsluft	20	35,0	29,7	21,0	11,1	310	5,3	12,7	33,7
Konvektor uteluft	10	29,7	21,7	- 16,0	41,6	470	8,0	38,5	22,5
Summa	30					780	13,3		31,5
6 Konvektor rumsluft	16	35,0	30,6	21,0	11,7	255	4,4	13,1	34,1
Konvektor uteluft	10	30,6	22,4	- 16,0	42,4	480	8,2	39,4	23,4
Summa	26					735	12,6		32,0
7 Konvektor rumsluft	11	35,0	31,8	21,0	12,3	190	3,2	14,2	35,2
Konvektor uteluft	10	31,8	23,5	- 16,0	43,5	485	8,3	39,8	23,8
Summa	21					675	11,5		33,0

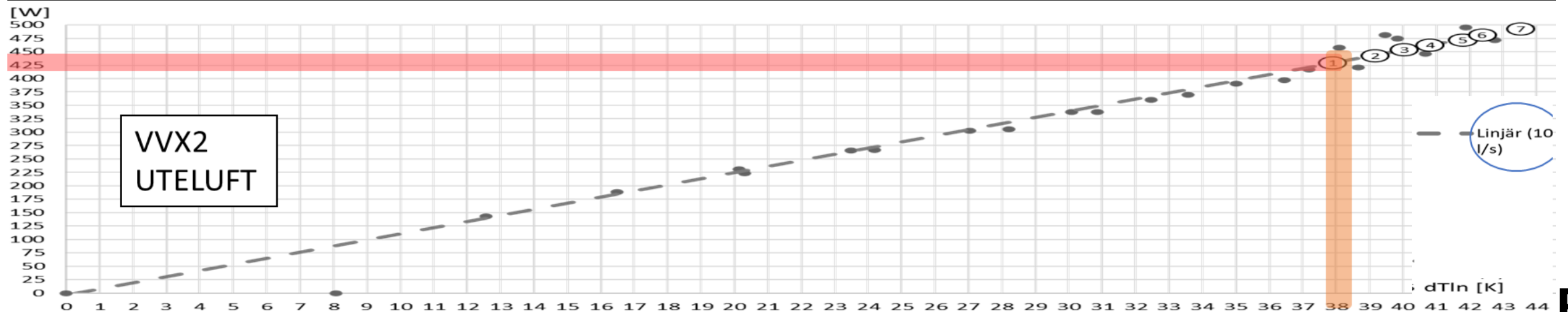
Tabell 1: Sammanställning av total effekt mm för konvektor som helhet (rumsluft samt utelufttilluft).

Prototyp lågtemperaturkonvektor



Index driftfall	l/s luftflöde	°C T _{in}	°C T _{ut}	°C T _{luft}	K dT _{in}	W Effekt	K dT _{VS}	K dT _{luft}	°C T _{luft}
1 Konvektor rumsluft	40	35,0	25,7	21,0	8,5	545	9,3	11,2	32,2
Konvektor uteluft	10	25,7	18,4	- 16,0	37,9	425	7,3	34,9	18,9
Summa	50					970	16,6		29,7
2 Konvektor rumsluft	35	35,0	27,0	21,0	9,4	470	8,0	11,0	32,0
Konvektor uteluft	10	27,0	19,4	- 16,0	39,1	440	7,5	36,1	20,1
Summa	45					910	15,6		29,6
3 Konvektor rumsluft	30	35,0	28,0	21,0	10,1	410	7,0	11,2	32,2
Konvektor uteluft	10	28,0	20,2	- 16,0	40,0	455	7,8	37,3	21,3
Summa	40					865	14,8		30,0
4 Konvektor rumsluft	25	35,0	28,9	21,0	10,7	355	6,1	11,6	32,6
Konvektor uteluft	10	28,9	21,0	- 16,0	40,8	465	7,9	38,1	22,1
Summa	35					820	14,0		30,1
5 Konvektor rumsluft	20	35,0	29,7	21,0	11,1	310	5,3	12,7	33,7
Konvektor uteluft	10	29,7	21,7	- 16,0	41,6	470	8,0	38,5	22,5
Summa	30					780	13,3		31,5
6 Konvektor rumsluft	16	35,0	30,6	21,0	11,7	255	4,4	13,1	34,1
Konvektor uteluft	10	30,6	22,4	- 16,0	42,4	480	8,2	39,4	23,4
Summa	26					735	12,6		32,0
7 Konvektor rumsluft	11	35,0	31,8	21,0	12,3	190	3,2	14,2	35,2
Konvektor uteluft	10	31,8	23,5	- 16,0	43,5	485	8,3	39,8	23,8
Summa	21					675	11,5		33,0

Tabell 1: Sammanställning av total effekt mm för konvektor som helhet (rumsluft samt uteluft/tilluft).



Lågtemperaturkonvektor flerbostadshus: effektiva värmepumpar

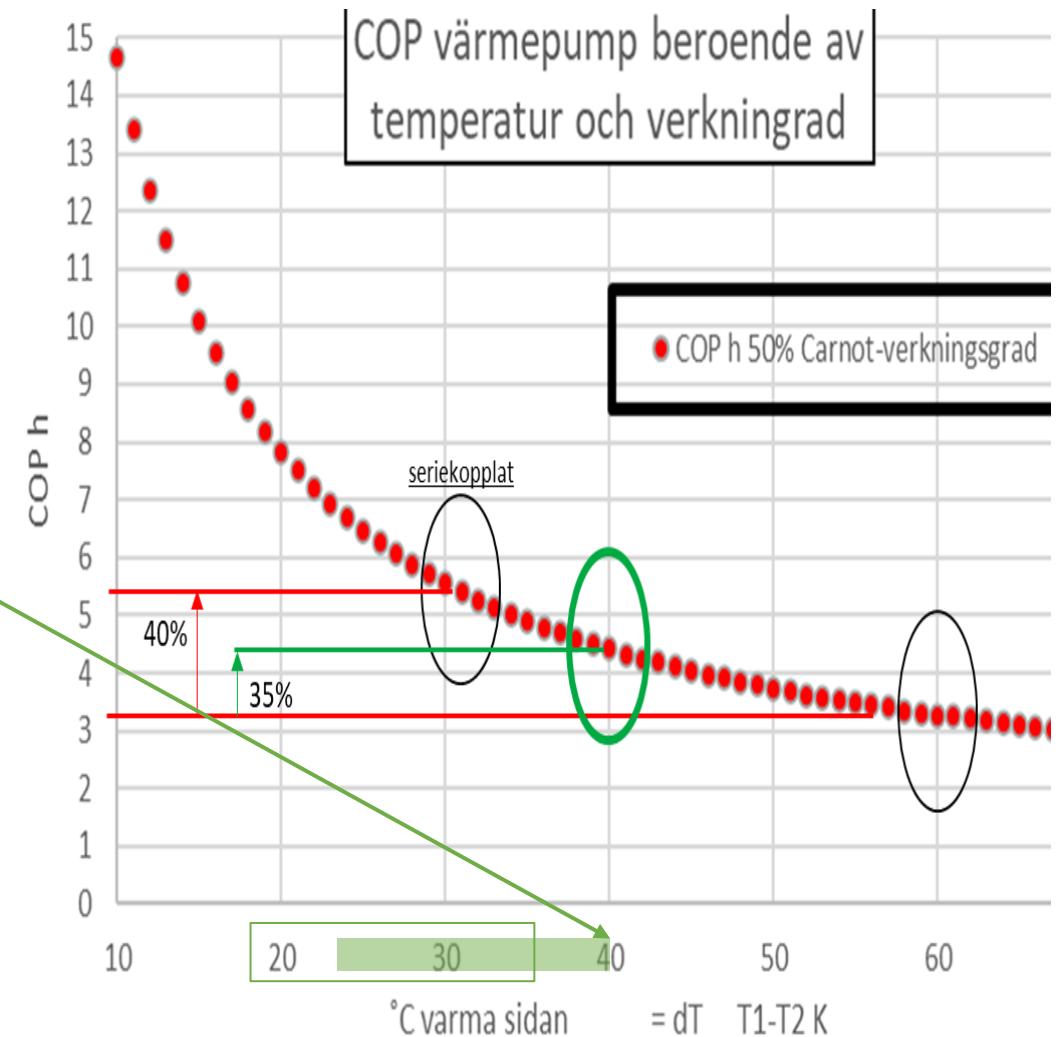
Resultat värmesystem

- *Konvektorn är lika kompakt som standard på marknaden.*
- *Effekt-dämpande verkan*
 - *Ju kallare ute, dess effektivare motströms-värmeväxling*
 - *Ju kallare ute, dess effektivare motströms-värmeväxling*
 - *värmeeffekt även vid mycket låg temperatur*
 - *Möjliggör större hysteres.*

Lågtemperaturkonvektor flerbostadshus: effektiva värmepumpar

Resultat värmesystem

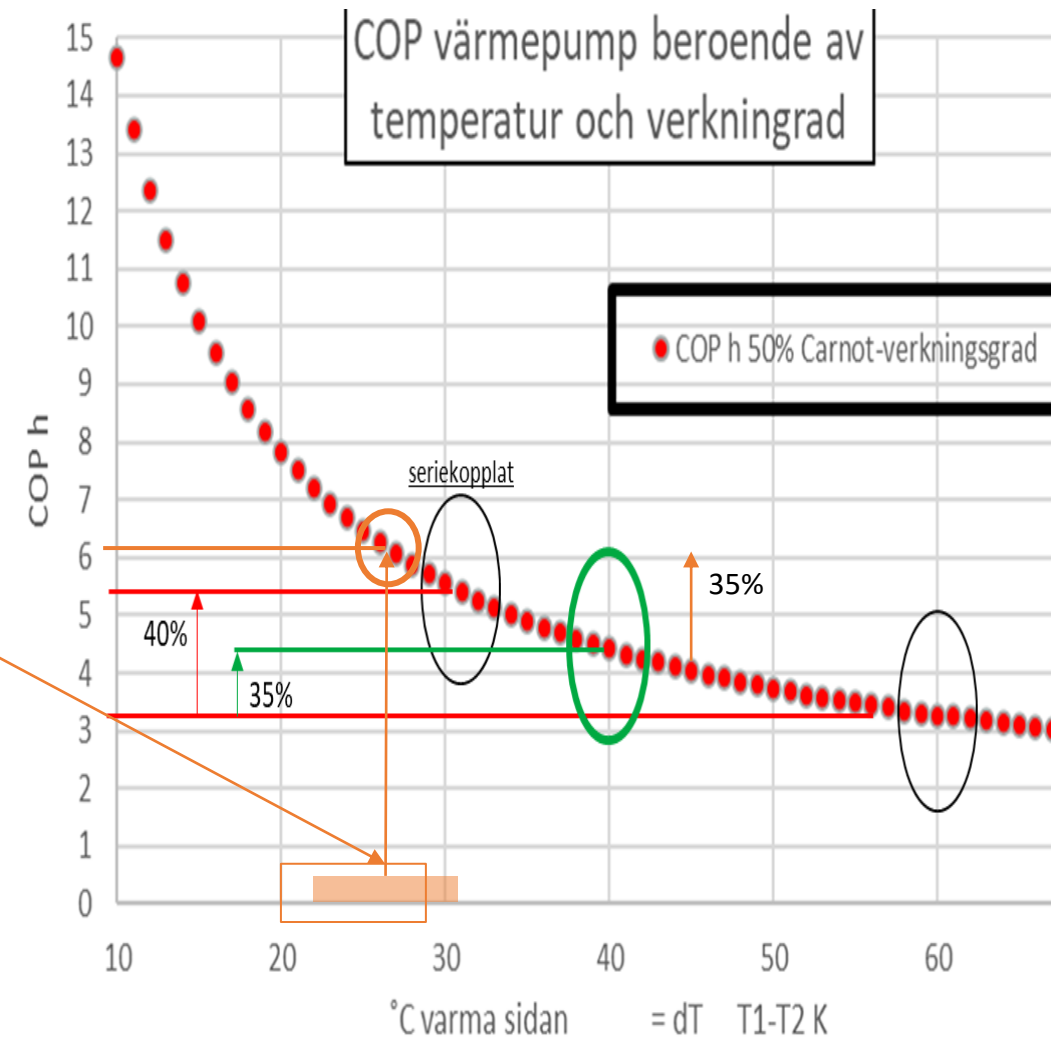
- Konvektorn är lika kompakt som standard på marknaden.
- Effekt-dämpande verkan
 - Stor termisk lagring i vattenvolymen
 - Ju kallare ute, dess effektivare motströms-värmeväxling
 - värmeeffekt även vid mycket låg temperatur
 - Möjliggör större hysteres.
- Låg dimensionerande framledningstemperatur (ca 35 °C)
 - Dimensionerande Endast ca 200 timmar/år
 - Resterande värmesäsong lägre temperatur, många timmar/år



Lågtemperaturkonvektor flerbostadshus: effektiva värmepumpar

Resultat värmesystem

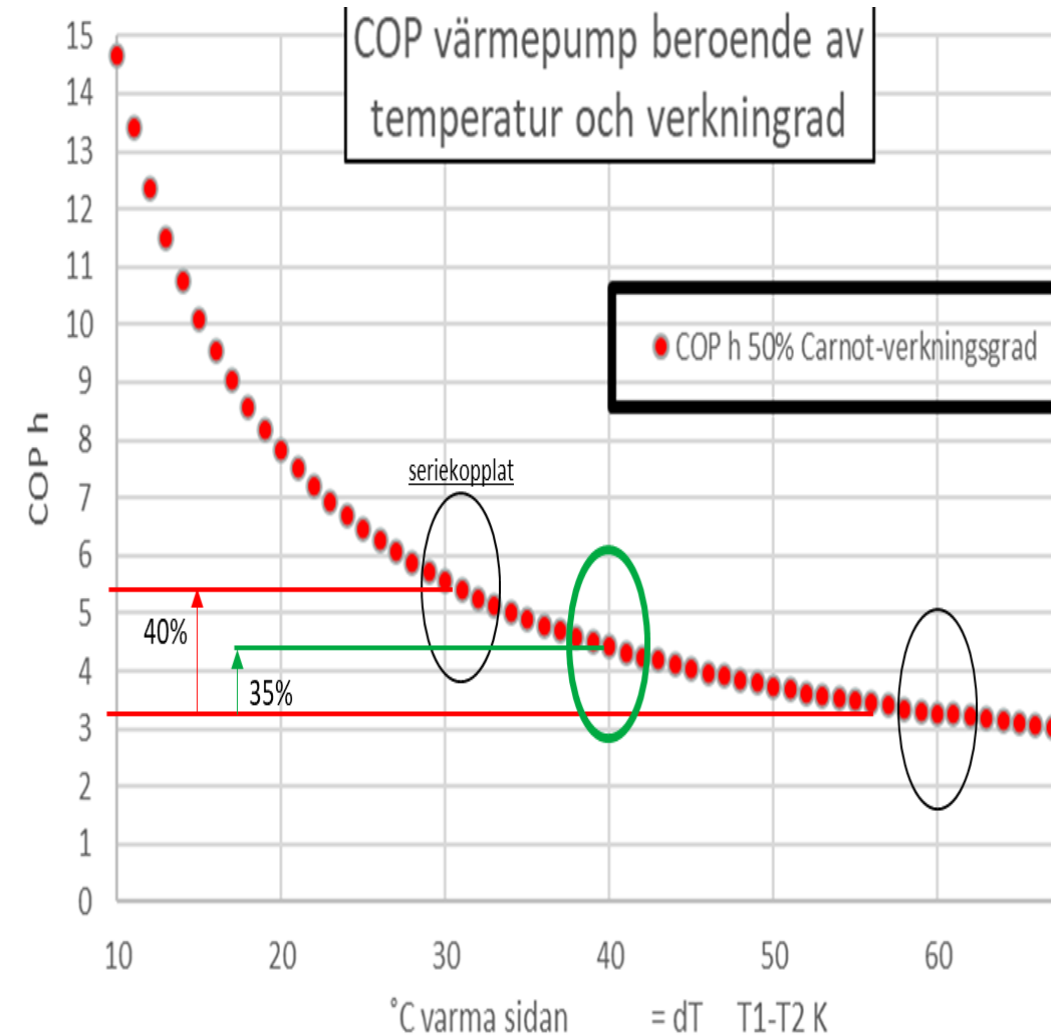
- Konvektorn är lika kompakt som standard på marknaden.
- Effekt-dämpande verkan
 - Stor termisk lagring i vattenvolymen
 - Ju kallare ute, dess effektivare motströms-värmeväxling
 - värmeeffekt även vid mycket låg temperatur
 - Möjliggör större hysteres.
- Låg dimensionerande framledningstemperatur (ca 35 °C)
 - Dimensionerande Endast ca 200 timmar/år
 - Resterande värmesäsong lägre temperatur, många timmar/år
- Returtemperaturen kan bli lägre än rumstemperaturen
 - motströmsväxling mot ett lokalt tilluftdon
 - potential att öka komfort; motverkar kallras



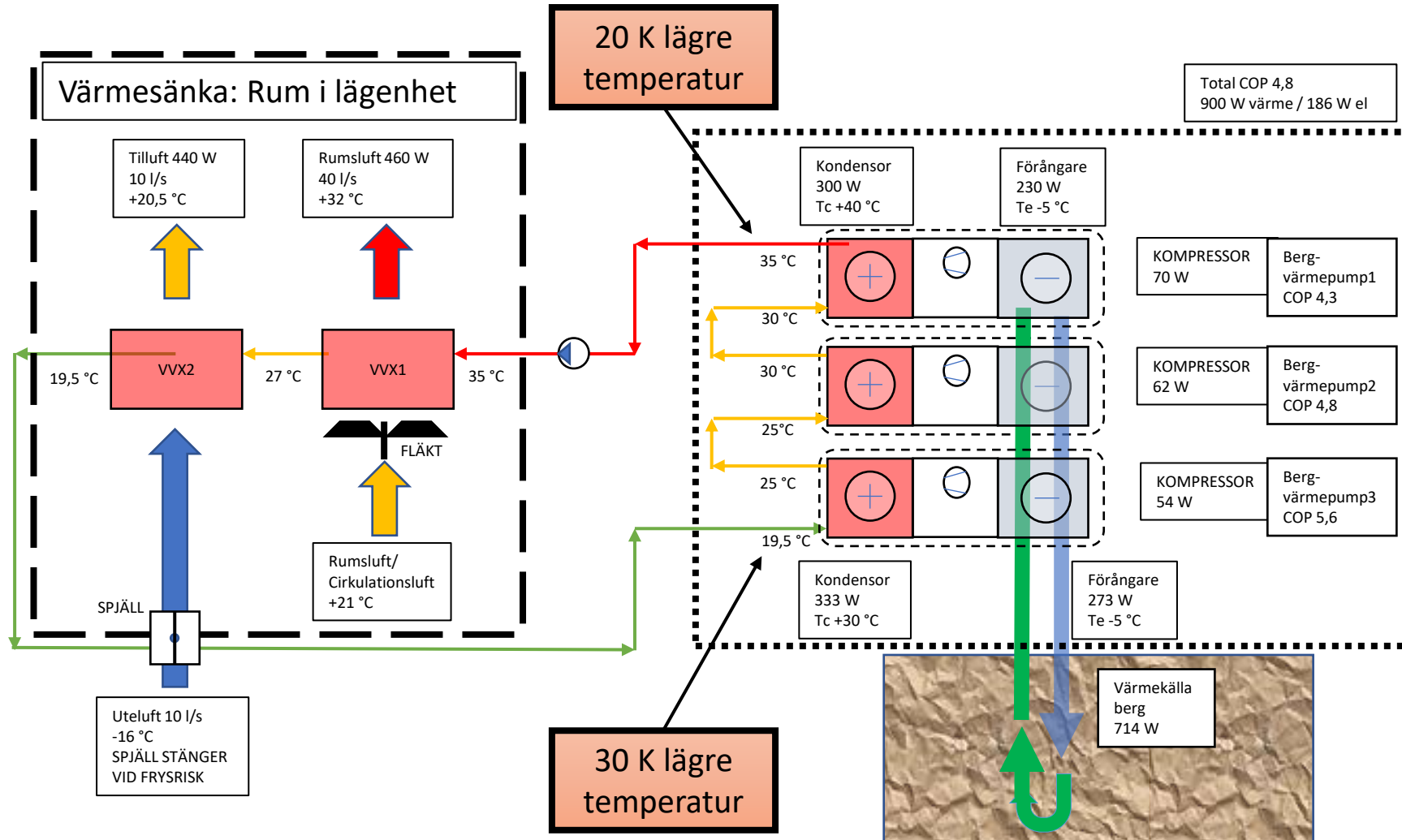
Lågtemperaturkonvektor flerbostadshus: effektiva värmepumpar

Resultat värmesystem

- Konvektorn är lika kompakt som standard på marknaden.
- Effekt-dämpande verkan
 - Stor termisk lagring i vattenvolymen
 - Ju kallare ute, dess effektivare motströms-värmeväxling
 - värmeeffekt även vid mycket låg temperatur
 - Möjliggör större hysteres.
- Låg dimensionerande framledningstemperatur (ca 35 °C)
 - Dimensionerande Endast ca 200 timmar/år
 - Resterande värmesäsong lägre temperatur, många timmar/år
- Returtemperaturen kan bli lägre än rumstemperaturen
 - motströmsväxling mot ett lokalt tilluftdon
 - potential att öka komfort; motverkar kallras
- Stort dT möjligt
 - Seriekopplade VP: Ca 5 K lägre temperatur per seriekoppling
 - Insats el: Ca 3% mindre per grad °C



Lågtemperaturkonvektor flerbostadshus: effektiva värmepumpar



Lågtemperaturkonvektor flerbostadshus: effektiva värmepumpar

Resultat värmesystem

Dimensionerat för 30 °C framledning:

- 40% lägre elanvändning
- 50% lägre effekt vid hög belastning på elnät.

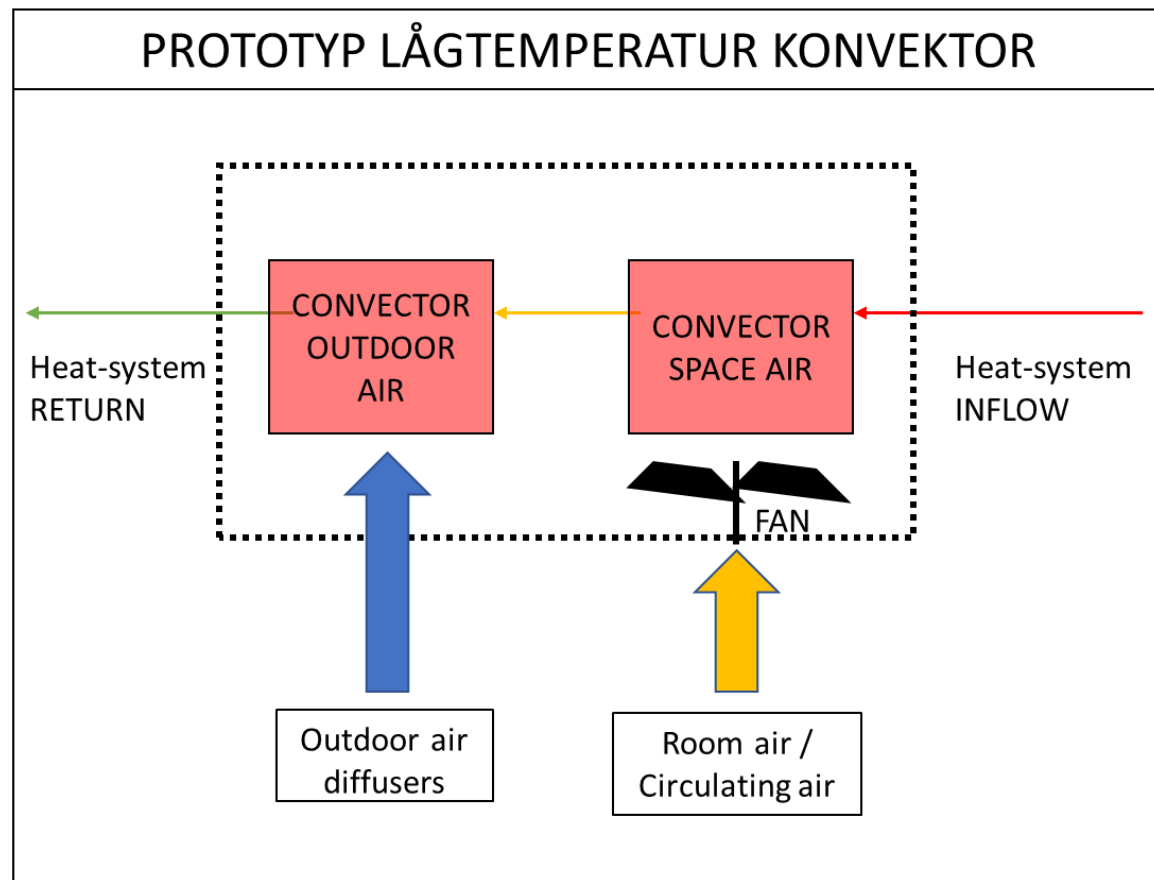
Bonus:

- systemtemperaturen: avsätta lågvärdig spillvärme
- värmebärar-flödet minskade tryckvariationer i rörsystem:
 - stabilare reglering och bibehållen injusterings

Lågtemperaturkonvektor flerbostadshus: frikyla

Resultat

- *Möjligt att distribuera frikyla med temperatur över daggpunkten.*
 - *Från borrhål frikyla*
 - *Värmen i borrhål återladdningen ökar COP värmepump ytterligare.*
- *Systemfördelar uppnås*
 - ***Utan ingrepp på rörsystemet:***
 - *både frikyla och termodynamiskt effektiv värmeanvändning*
 - *relativt kostnadseffektiv energirenovering.*



TACK



MARTIN LARSSON

Division Samhällsbyggnad
Avdelning Energi och resurser
Enhet Stadens energiomställning

RI.
SE

TERMO

Värmepumpar för lågtempererade
termiska nät i områden med
befintliga byggnader



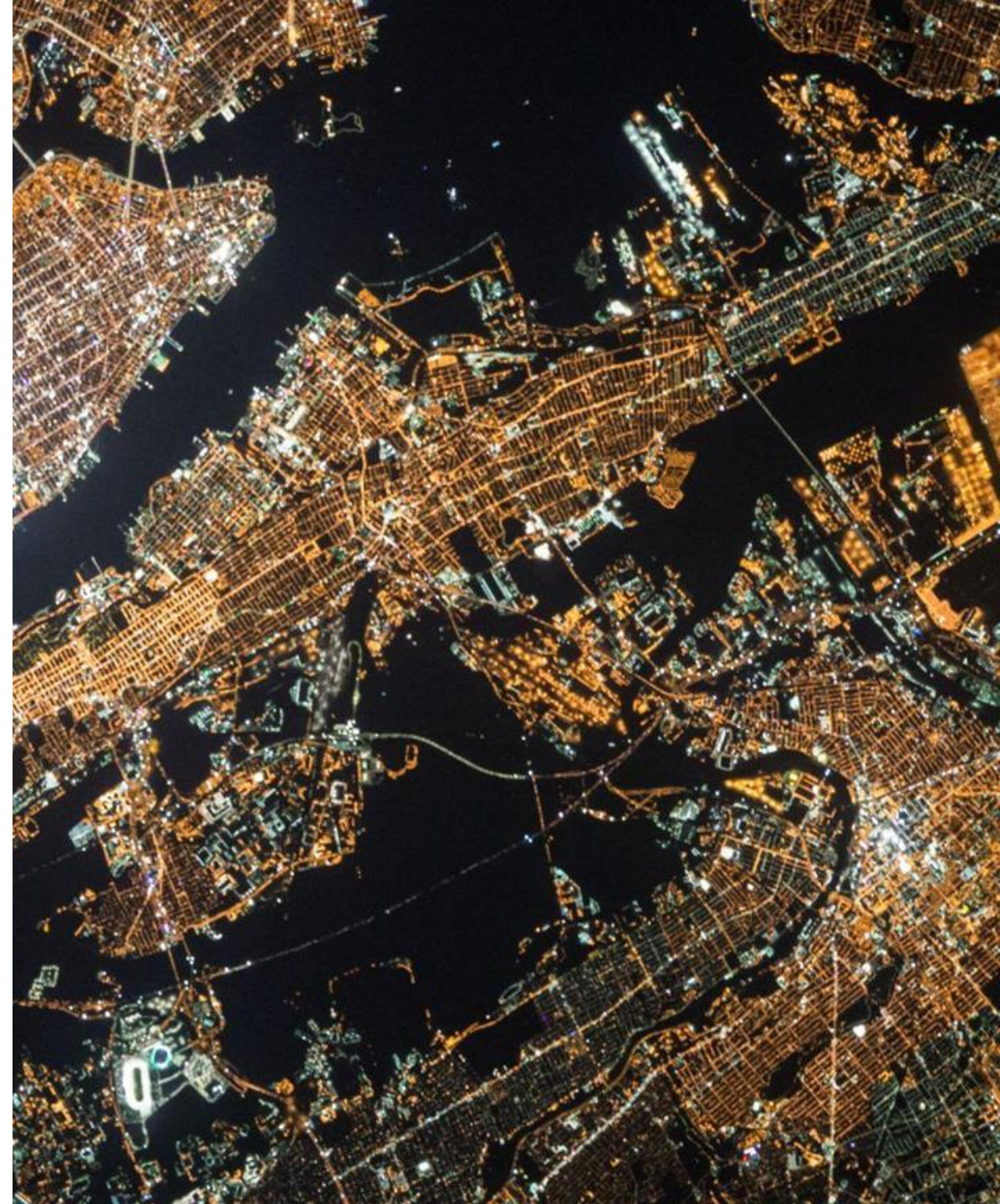
A satellite night view of a city, showing a dense grid of streets and buildings illuminated by city lights, with dark areas representing water or parks.

Omställning av uppvärmning i Europa

80 % av uppvärmningen sker med
fossila bränslen

Städerna står för majoriteten
av utsläppen

Omställningen behöver gå snabbt
– elektrifiering är vägen framåt



Quantums värmepumpar för större effektbehov



Water to Water
32-196 kW



Air to Water
41-165 kW





Retrofit

Utbyte av gaspannor i lägenheter
och radhus

Modulbaserade, kompakta och
lättare värmepumpar för större
installationsflexibilitet

Snabbkopplingar för enklare
reparationer

Drifttemperatur

Möjlighet till höga
temperaturer (70°C)

Hög verkningsgrad vid
olika temperaturer



QVANTUM

Quantum Cloud

Molnbaserad
driftövervakning

Analys och optimering av
system

Öppna gränssnitt för
integration med
energisystemoperatörer



The background of the slide is a collage of aerial photographs of a modern urban development. The images show various architectural features: high-rise apartment buildings with balconies, a central courtyard with a circular green space and a small white building, and other green areas interspersed among the buildings. The collage is composed of many small, overlapping rectangular images.

Tillsammans ökar vi takten
på omställningen till
fossilfri uppvärmning

Tack!



Energimyndigheten

Frågor?

TERMO
THE FUTURE OF HEATING AND COOLING



Energimyndigheten

TERMO

THE FUTURE OF HEATING AND COOLING

www.termoinnovation.se