

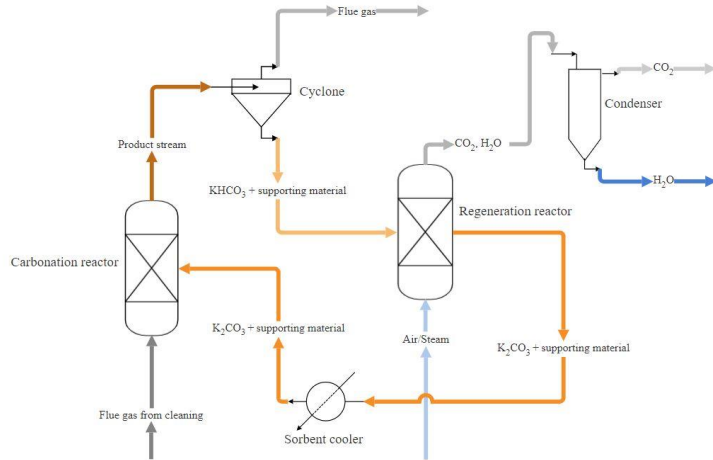
# Implementation of Dry Hydrated Potassium Carbonate Carbon Capture

- A case study of Renova's Waste-to-Energy plant in Sävenäs

Kajsa Jacobson, Frida Törnqvist

# Introduktion

## Dry Hydrated Potassium Carbonate, DHPC, koldioxidinfångning



Fånga CO<sub>2</sub>



Fördelar:

- Integrering till fjärrvärmesystemet
- Icke-giftiga sorbenter



## Renovas avfallskraftvärmeverk, AKV, i Sävenäs



CCS = 2030

# Agenda

Syfte och forskningsfrågor

Del Q1

Del Q2

Del Q3

Slutsatser

# Syfte och forskningsfrågor

**Q1** Hur ska DHPC-processen konstrueras för tillämpning på Renovas AKV, och vilka driftförhållanden skulle krävas?

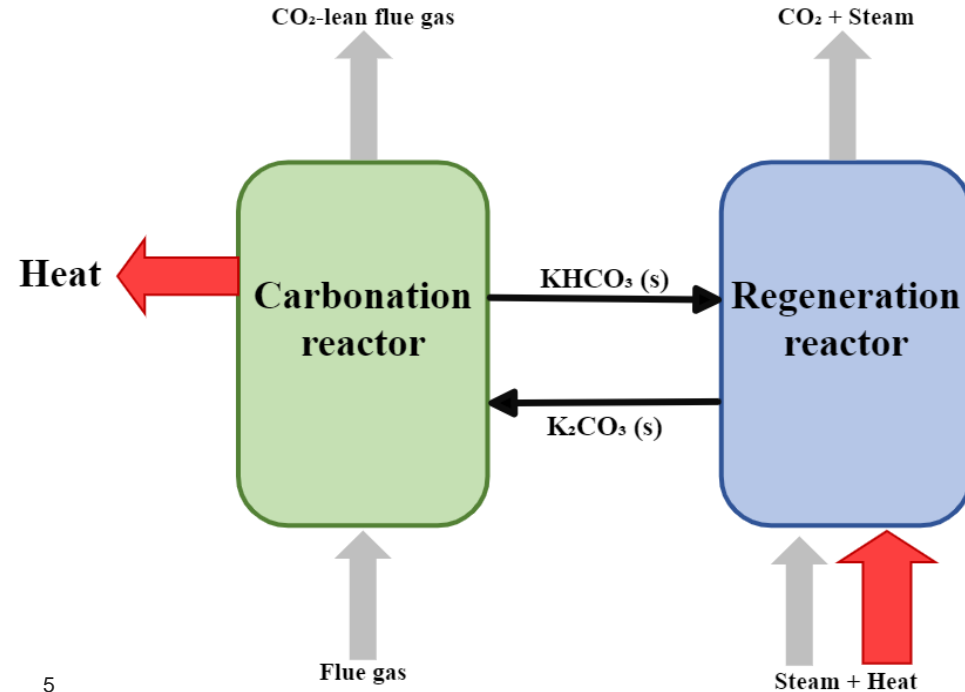
**Q2** Hur mycket överskottsvärme från DHPC-processen kan integreras vid Renovas anläggning och hur kommer implementeringen att påverka el- och fjärrvärmeproduktionen?

**Q3** Hur presterar DHPC-systemet i termer av infångningsgrad och infångningskostnad?

## Syfte

Projektet syftar till att designa DHPC processen och undersöka effekterna av att integrera den i Renovas AKV, med hjälp av **processmodellering**

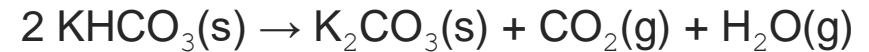
# DHPC – Grundläggande teori



Karboneringsreaktion (Exoterm):



Regenereringsreaktion (Endoterm):



DHPC = Dry Hydrated Potassium Carbonate

AKV = Avfallskraftvärmeverk

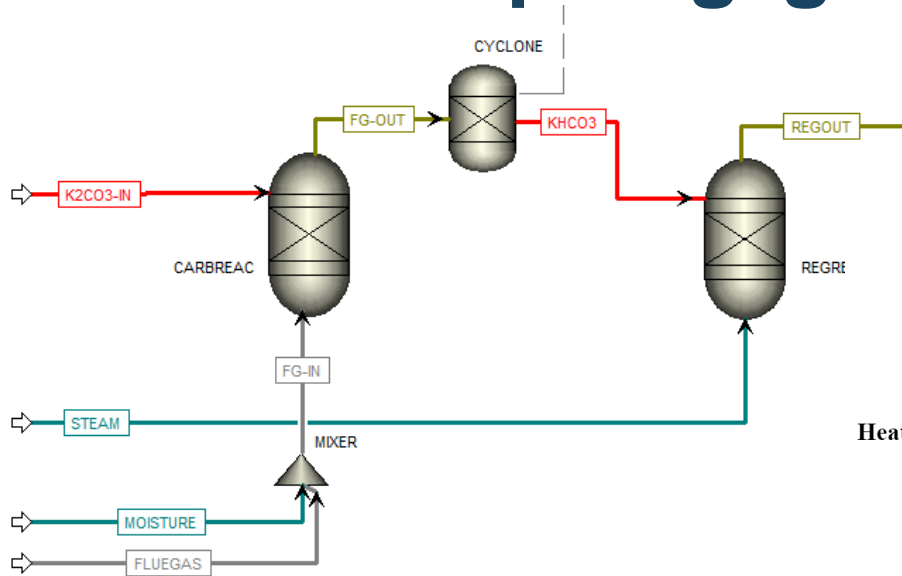
Carbonation reactor = Karboneringsreaktor

Regeneration reactor = Regenereringsreaktor

**Q1** Hur ska DHPC - processen konstrueras för tillämpning på Renovas AKV, och vilka driftförhållanden skulle krävas?

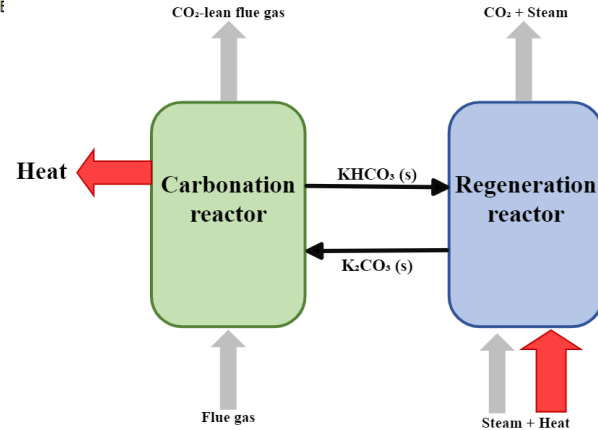


# DHPC – Ursprunglig design



Ångbehov: ~30 kg/s → 40% av den totala ångproduktionen (HP)

|                     | Temperatur [°C] | Värmebehov [MW] |
|---------------------|-----------------|-----------------|
| Karboneringsreaktor | 70              | -11.5           |
| Regeneringsreaktor  | 130             | 14.1            |



| HP              |     |
|-----------------|-----|
| Temperatur [°C] | 400 |
| Tryck [bar]     | 40  |
| LP              |     |
| Temperatur [°C] | 150 |
| Tryck [bar]     | 3.5 |

DHPC = Dry Hydrated Potassium Carbonate

LP = Lågtrycksånga

AKV = Avfallskraftvärmeverk

HP = Högtrycksånga

**Q1** Hur ska DHPC - processen konstrueras för tillämpning på Renovas AKV, och vilka driftförhållanden skulle krävas?



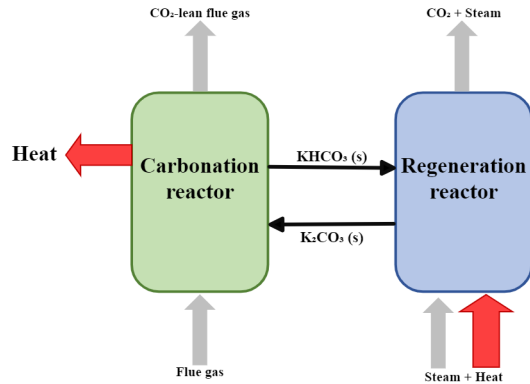
DHPC = Dry Hydrated Potassium Carbonate  
AKV = Avfallskraftvärmeverk  
FBHE = Fluidized Bed Heat Exchanger

# DHPC - Designalternativ

## Konstruktion från pilot-anläggning

## Nya konstruktioner

### Steam case



- Ånga för fluidisering och värmetillförsel

**Q1** Hur ska DHPC - processen konstrueras för tillämpning på Renovas AKV, och vilka driftförhållanden skulle krävas?



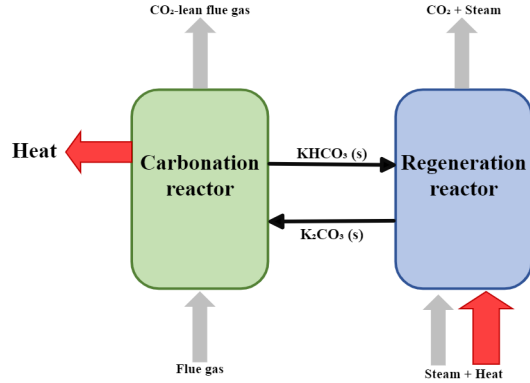
# DHPC - Designalternativ

DHPC = Dry Hydrated Potassium Carbonate  
AKV = Avfallskraftvärmeverk  
FBHE = Fluidized Bed Heat Exchanger

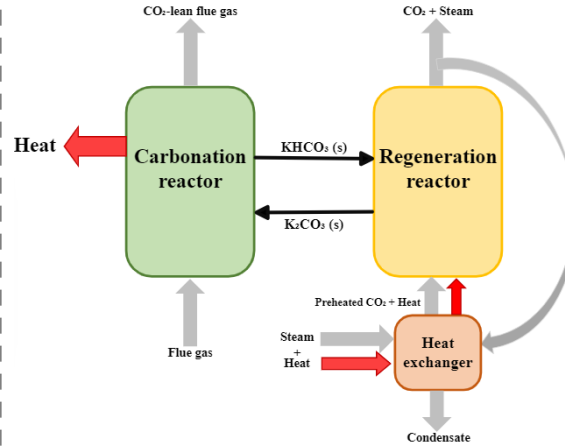
## Konstruktion från pilot-anläggning

## Nya konstruktioner

### Steam case



### Preheated CO<sub>2</sub> case



- Ånga för fluidisering och värmetillförsel

- Recirculerande CO<sub>2</sub> för fluidisering
- Kondenserande ånga för värmetillförsel



**Q1** Hur ska DHPC - processen konstrueras för tillämpning på Renovas AKV, och vilka driftförhållanden skulle krävas?



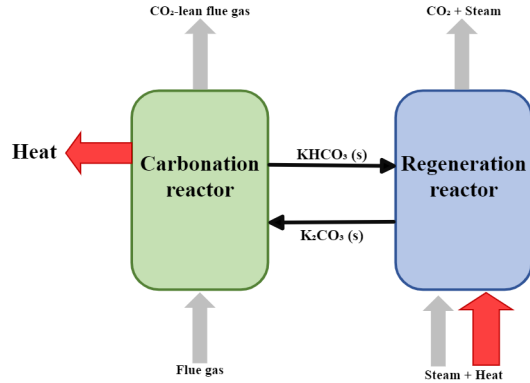
# DHPC - Designalternativ

DHPC = Dry Hydrated Potassium Carbonate  
AKV = Avfallskraftvärmeverk  
FBHE = Fluidized Bed Heat Exchanger

## Konstruktion från pilot-anläggning

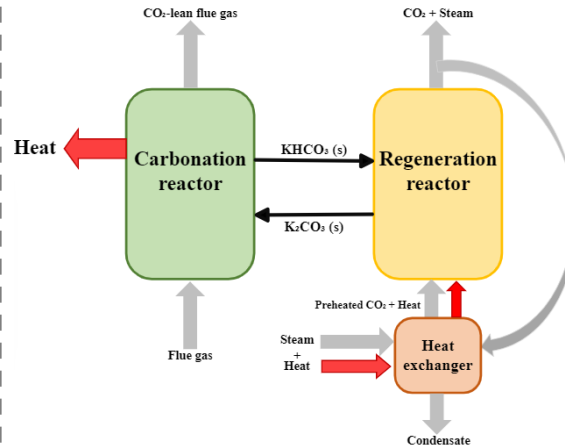
## Nya konstruktioner

### Steam case



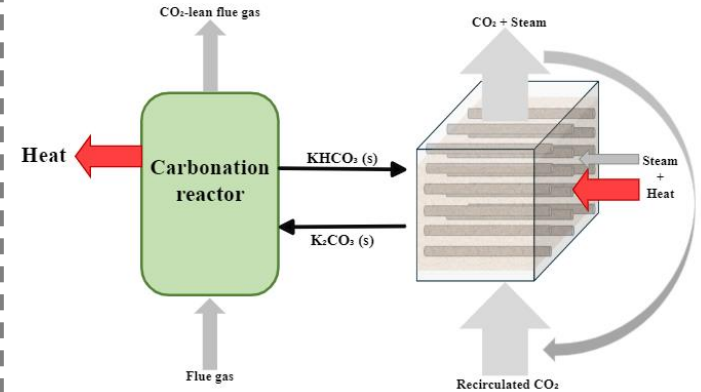
- Ånga för fluidisering och värmetillförsel

### Preheated CO<sub>2</sub> case



- Recirculerande CO<sub>2</sub> för fluidisering
- Kondenserande ånga för värmetillförsel

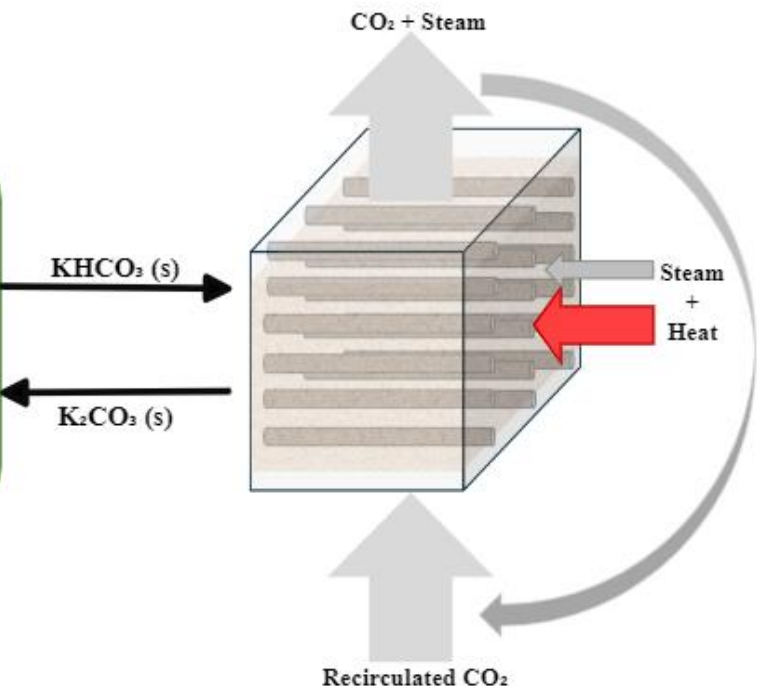
### FBHE case



- Recirculerande CO<sub>2</sub> för fluidisering
- Kondenserande ånga för värmetillförsel

Q1 Hur ska DHPC - processen konstrueras för tillämpning på Renovas AKV, och vilka driftförhållanden skulle krävas?

# DHPC - FBHE case



- Ånga kondenserar inuti tuber
- Recirkulerad  $\text{CO}_2$  för fluidisering
- **Ångbehov: ~7-9% av totala ångproduktionen**
- Samma reaktorförhållanden för Steam-fallet

DHPC = Dry Hydrated Potassium Carbonate  
FBHE = Fluidized Bed Heat Exchanger

HP = Högtrycksånga  
LP = Lågtrycksånga

Q1 Hur ska DHPC - processen konstrueras för tillämpning på Renovas AKV, och vilka driftförhållanden skulle krävas?



# Q1: Sammanfattning av resultat

Reaktorförhållanden för **alla** fallen:

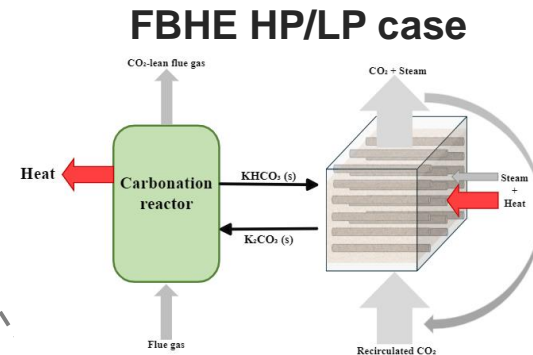
|                      | Temperatur [°C] | Värmebehov [MW] |
|----------------------|-----------------|-----------------|
| Karboneringsreaktor  | 70              | -11.5           |
| Regenereringsreaktor | 130             | 14.1            |

DHPC = Dry Hydrated Potassium Carbonate

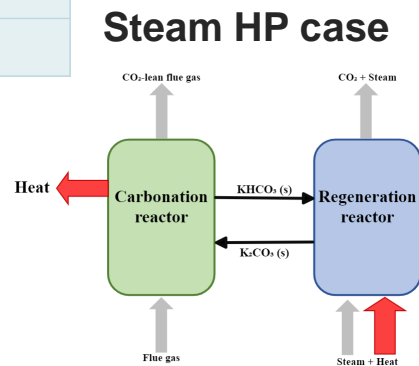
FBHE = Fluidized Bed Heat Exchanger

HP = Högtrycksånga

LP = Lågtrycksånga



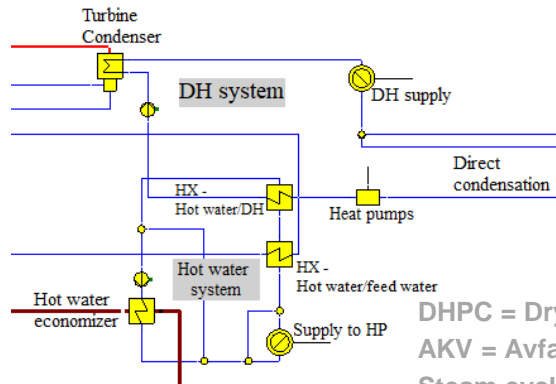
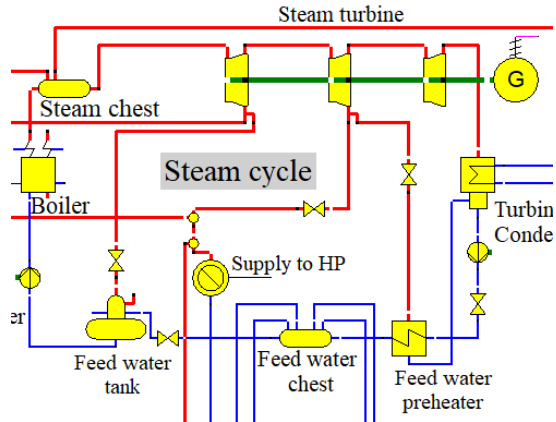
Ångbehov: ~7-9% av totala ångproduktionen.



Ångbehov: ~40% av totala ångproduktionen



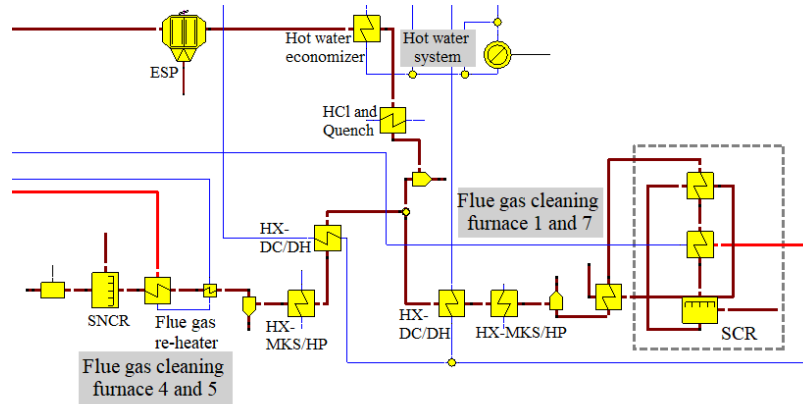
# Modell av AKV



DHPC = Dry Hydrated Potassium Carbonate

AKV = Avfallskraftvärmeverk

Steam cycle = Ångcykel



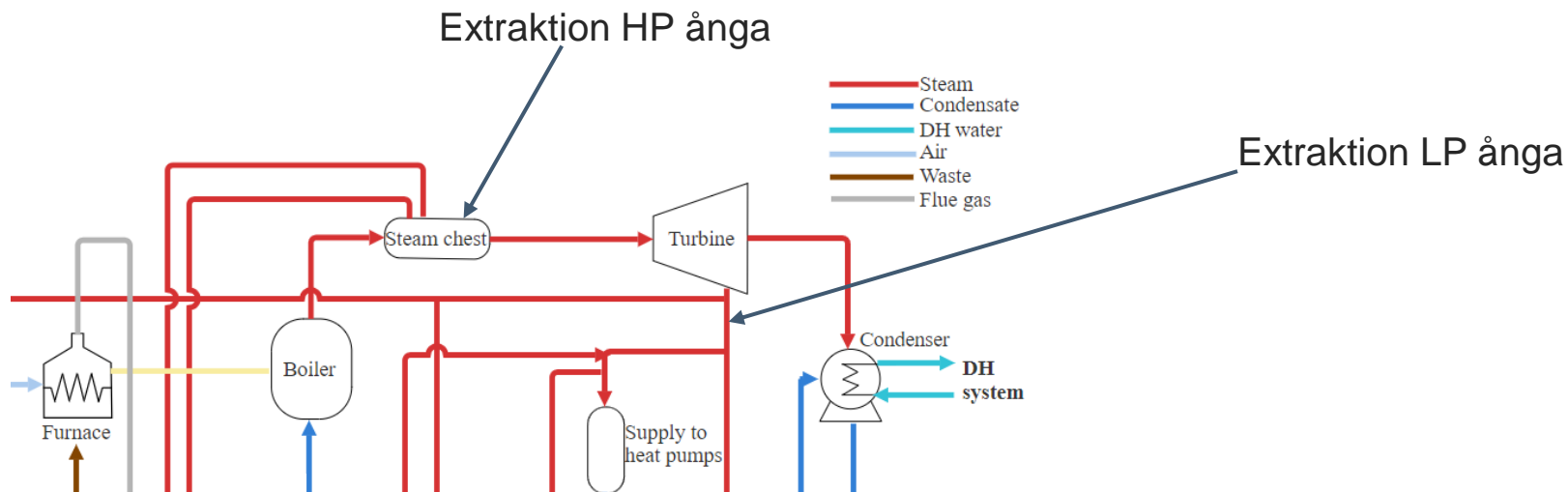
- Skapade en modell av Renovas AKV i programmet Epsilon
- Modell av hela anläggningen, men koldioxidinfångningen appliceras på en förbränningslinje (Linje 7)

DH system = Fjärrvärmesystem

Flue gas cleaning system = Rökgasreningsystem

Hot water system = Hetvattensystem

# Integrering av DHPC processen på Renovas AKV



DHPC = Dry Hydrated Potassium Carbonate

Steam chest = Ånglåda

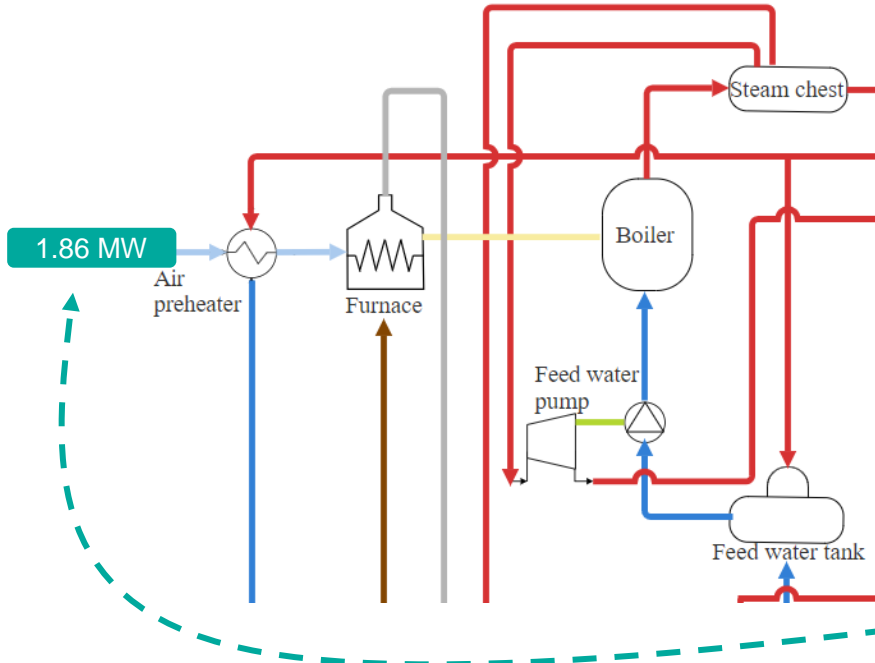
Boiler = Panna

Furnace = Ugn

HP = Högtrycksånga

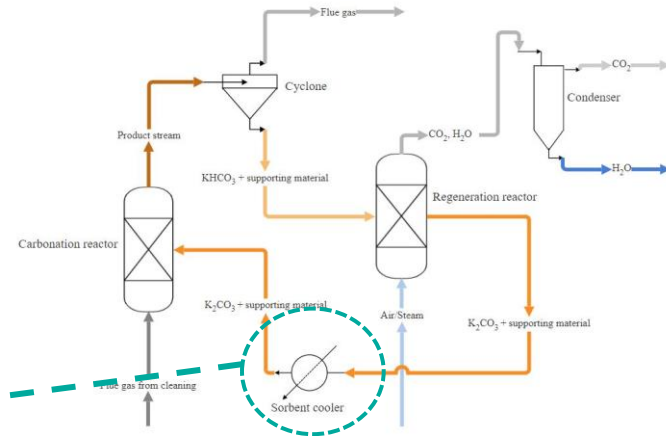
LP = Lågtrycksånga

# Modifikationer för värmeintegrering



Exempel: Utbyte av ångbehovet i luftförvärmaren till värme från DHPC processen.

**Första prioritet** – byta ut ångbehovet i befintlig processutrustning mot värme från DHPC processen



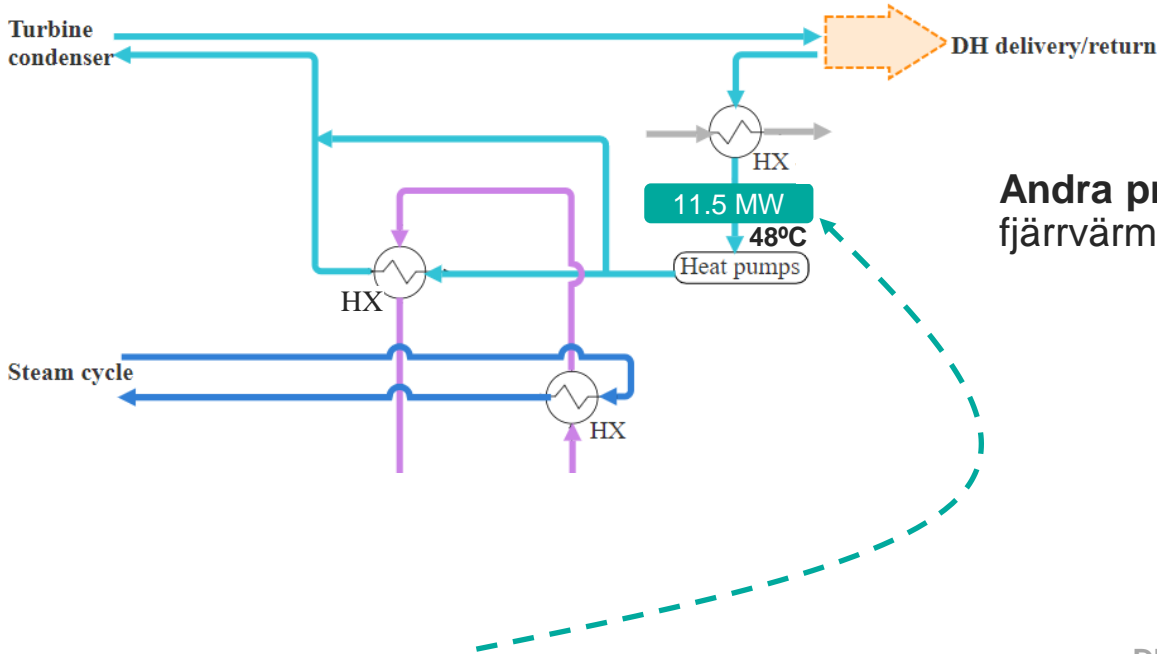
DHPC = Dry Hydrated Potassium Carbonate  
AKV = Avfallskraftvärmeverk

Q2

Hur mycket överskottsvärme från DHPC-processen kan integreras vid Renovas anläggning och hur kommer implementeringen att påverka el- och fjärrvärmeproduktionen?



# Modifikationer för värmeintegrering



**Andra prioritet-** integrera värme till fjärrvärmecykeln

Exempel: Karboneringsreaktor-värmen 11.5 MW integrerad i fjärrvärmecykeln

DHPC = Dry Hydrated Potassium Carbonate  
AKV = Avfallskraftvärmeverk

## Q2: Sammanfattning av resultat

| Parameter   | STEAM HP | FBHE HP | FBHE LP |
|---|----------|---------|---------|
| Återvunnen värme [% av max. värmeåtervinningspotential] | 88       | 97      | 97      |
| Elektricitets- energiförlust [%]                        | 55.9     | 8.5     | 2.1     |
| Fjärrvärme- energiförlust [%]                           | -8.3     | -3.3    | -2.3    |

OBS: Negativt tecken på en förlust innebär en ökning!

DHPC = Dry Hydrated Potassium Carbonate

FBHE = Fluidized Bed Heat Exchanger

DH = Fjärrvärme

WtE = Waste-to-Energy

WtECC = Waste-to-Energy with Carbon Capture

HP steam = Högtrycksånga

LP steam = Lågtrycksånga

P = Elektricitet

Q = Fjärrvärme

### Energiförlust

$$EP_{El} = 100 * \frac{P_{WtE} - P_{WtECC}}{P_{WtE}}$$

$$EP_{DH} = 100 * \frac{Q_{WtE} - Q_{WtECC}}{Q_{WtE}}$$

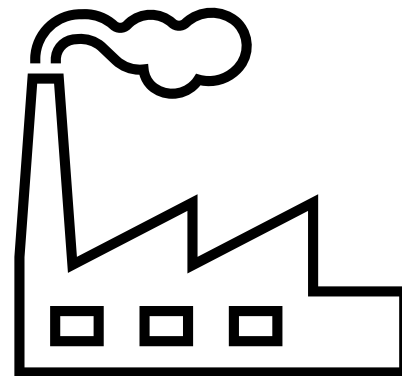
- Hög förlust i elproduktion för Steam HP fallet
- Låg förlust i elproduktion för FBHE fallen
- Ökning i fjärrvärme för alla fall



## Q3: Resultat för infångningsgrad

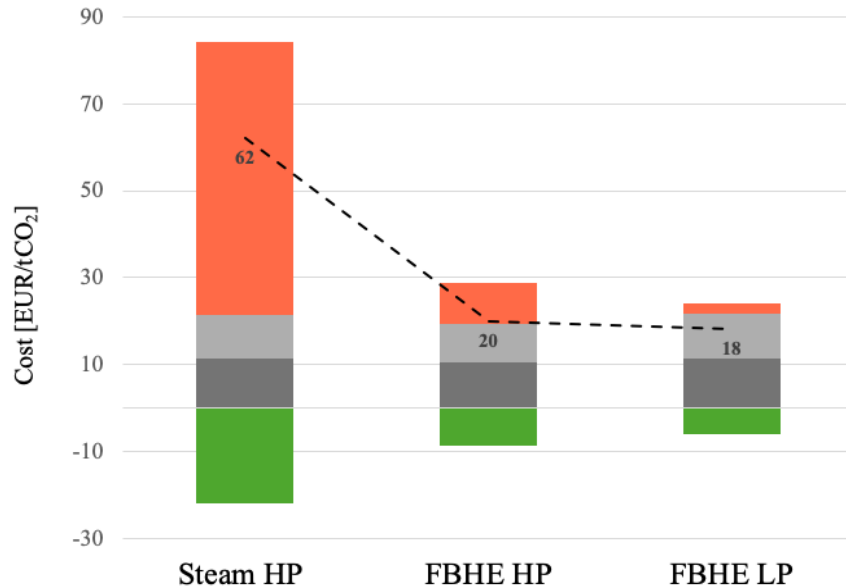
$$\text{Capture rate} = \frac{\text{Mass flow of captured } CO_2}{\text{Mass flow of } CO_2 \text{ in fluegas at inlet}}$$

96% för alla fall





# Q3: Resultat för infångningskostnad



$$\text{Capture cost} \left( \frac{\text{EUR}}{\text{tCO}_2} \right) = \frac{\text{Annualized CAPEX} + \text{Yearly OPEX} \left( \frac{\text{EUR}}{\text{yr}} \right)}{\text{Annual captured CO}_2 \left( \frac{\text{tCO}_2}{\text{yr}} \right)}$$

- Electricity OPEX
- DH OPEX
- CAPEX
- Fixed OPEX
- - Capture cost

- Negativ grön stapel = intäkt
- Lägst infångningskostnad för FBHE-fallen
- Mycket högre för Steam HP, tre gånger större infångningskostnad jämfört med FBHE-fallen

DHPC = Dry Hydrated Potassium Carbonate  
 FBHE = Fluidized Bed Heat Exchanger

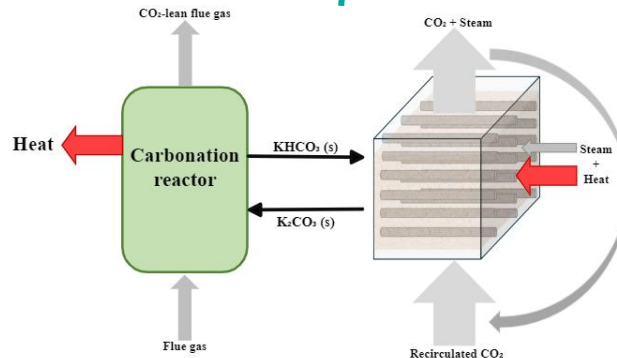
HP = Högtrycksånga  
 LP = Lågtrycksånga

Capture cost = infångningskostnad

| Parameter                | Uppskattad kostnad |
|--------------------------|--------------------|
| Elpris [SEK/MWh]         | 700                |
| Fjärrvärmepris [SEK/MWh] | 200                |

# Slutsatser

- FBHE-fallen ser lovande ut!
- Finns fler konfigurationer och parametrar att undersöka för att hitta de optimala!
  - Undersöka sidoreaktioner
  - Experiment som kan validera funktionen av processen
  - Pilotanläggning
- Värmeintegrering är viktigt för den mest effektiva användningen av processen!



Carbon Capture and Storage, CCS

Avfallskraftvärmeverk

DHPC = Dry Hydrated Potassium Carbonate  
FBHE = Fluidized Bed Heat Exchanger

# Tack för att ni lyssnade!



För ytterligare frågor och funderingar:

[Kajsa.jacobson@valmet.com](mailto:Kajsa.jacobson@valmet.com)

[Frida.tornqvist@easymining.com](mailto:Frida.tornqvist@easymining.com)



**CHALMERS**