Lagring av kyla med fasändringsmaterial

Erfarenheter från projektering och drift av AWL:s demonstrationslager

Angela Sasic Kalagasidis
angela.sasic@chalmers.se

Institutionen för arktektur och samhällsbyggnadsteknik
Chalmers tekniska högskola, S-41296 Göteborg

Kort om

Angela Sasic Kalagasidis är professor i byggnadsfysik vid Chalmers tekniska högskola där hon forskar och undervisar kring värme- och fuktprestanda av byggnader.

Angela har lett flera projekt om värmelagring inuti och nära byggnader, inklusive värmelagring med fasändringsmaterial.

Materialet i denna presentation kommer från ett större forsknings- och innovationsprojekt om lagring av kyla med fasändringsmaterial.

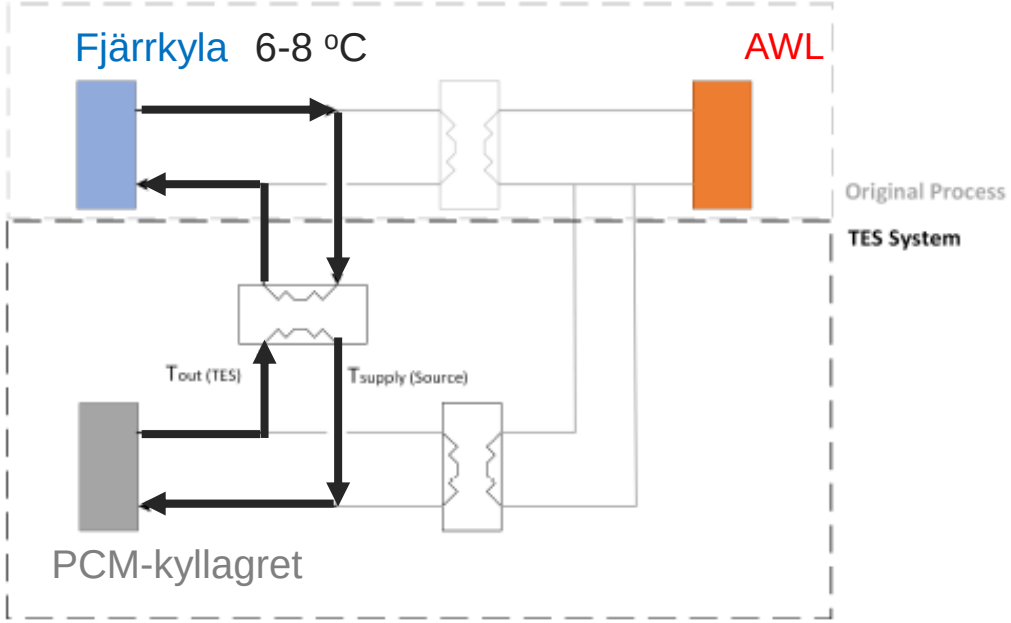
Projektet genomfördes mellan 2015-2020 och i samarbete med Akademiska Hus och AFRY i Göteborg.

Projektets huvudutförare var doktorand Pepe Tan, numera tekn.dr.

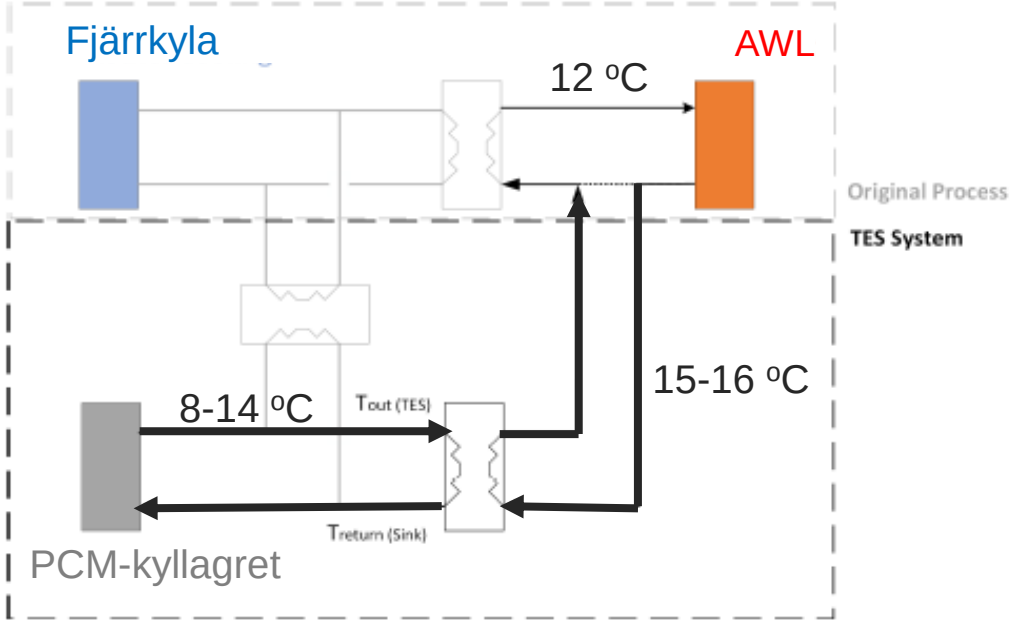
Övriga medlemmarna i projektgruppen: Per Löveryd, Akademiska hus; Kaia Eichler och Patrik Lindberg, AFRY, Angela Sasic Kalagasidis och Pär Johansson, Chalmers

A Working Lab och dess demonstrationslager - ett PCM-kyllager

PCM-kyllagret är avsett för att kapa kyleffekttopparna



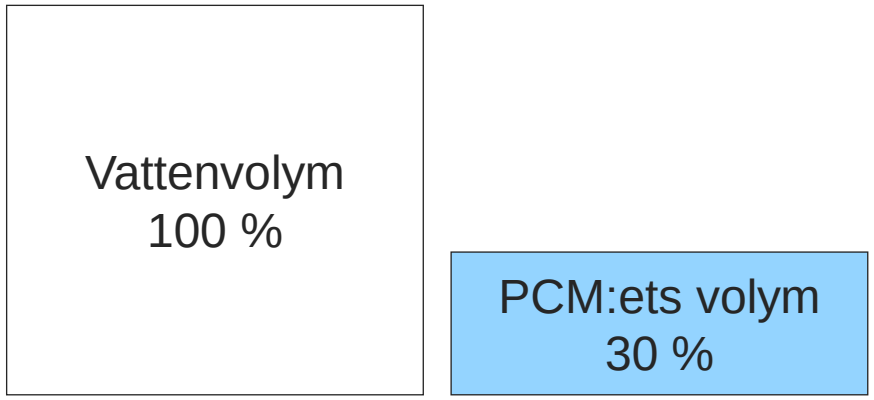
Laddning nattetid



Urladdning dagtid

PCM materialet

Salthydrat SP11 från Rubitherm (Tyskland) med fasomvandlingstemperatur kring 11 ^{o}C



Värmelagringsvolym

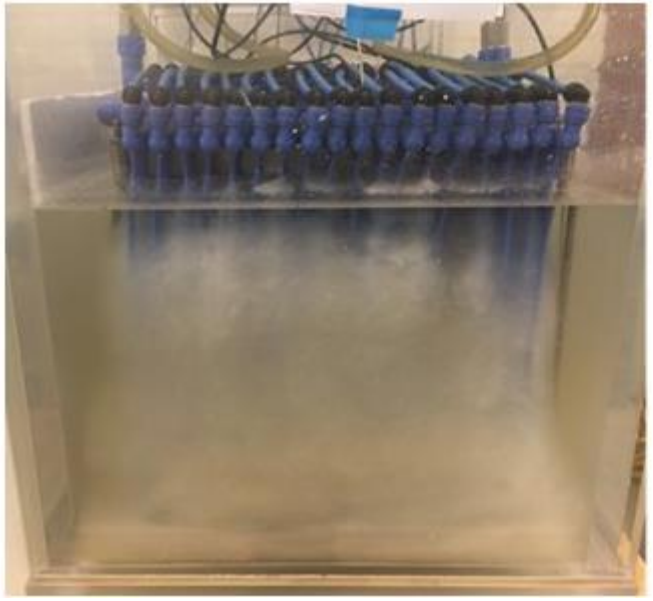
Salthydrater vs. paraffiner

Pros: billigare och brandsäkrare

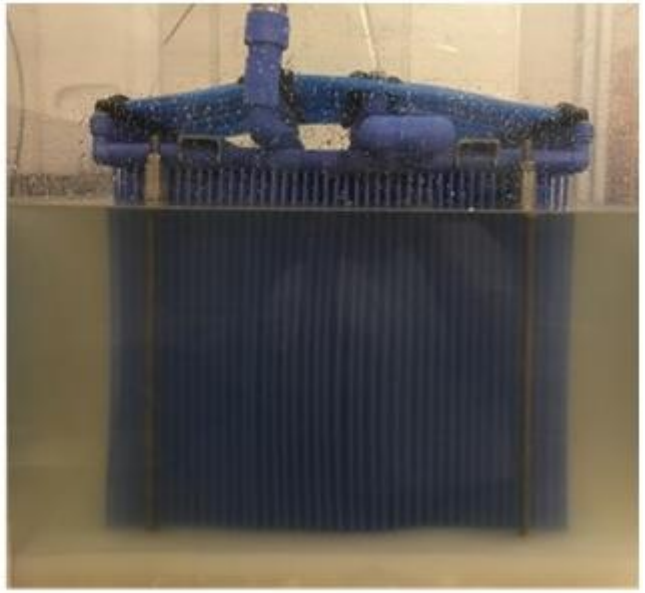
Cons: korrosiva och med större underkylning

Design av värmeväxlaren

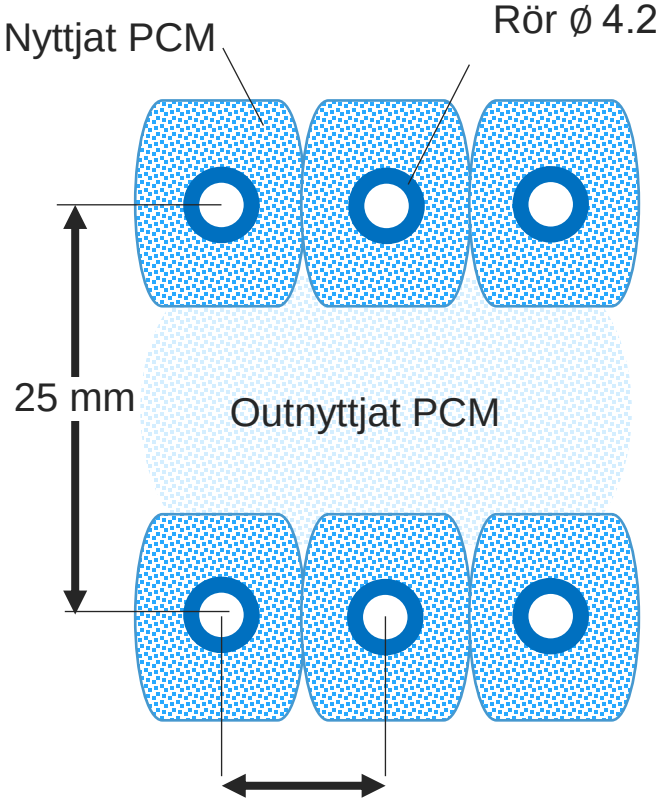
PCM material har en låg värmeledningsförmåga och kräver en stor kontaktyta vid värmeöverföring.
Värmeväxlaren är en kommersiell produkt, utvecklat för islager.



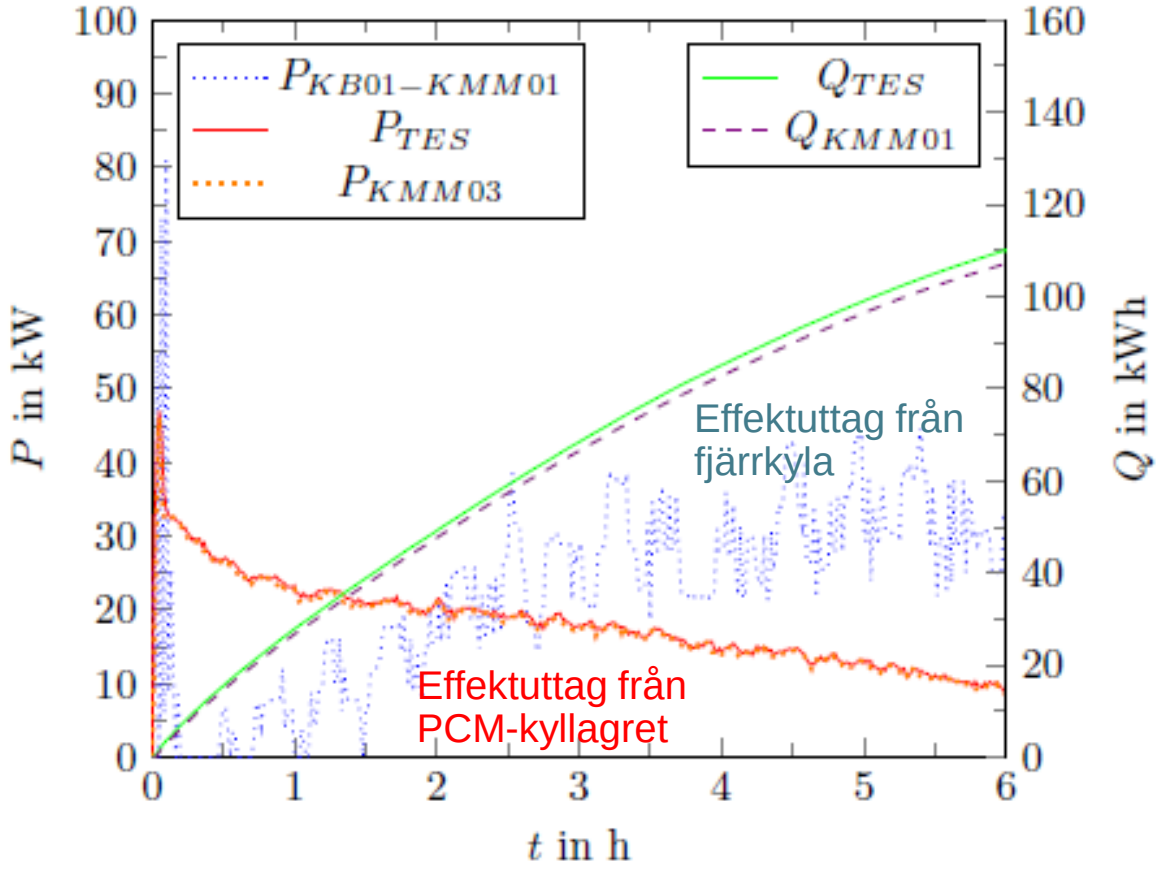
laddad

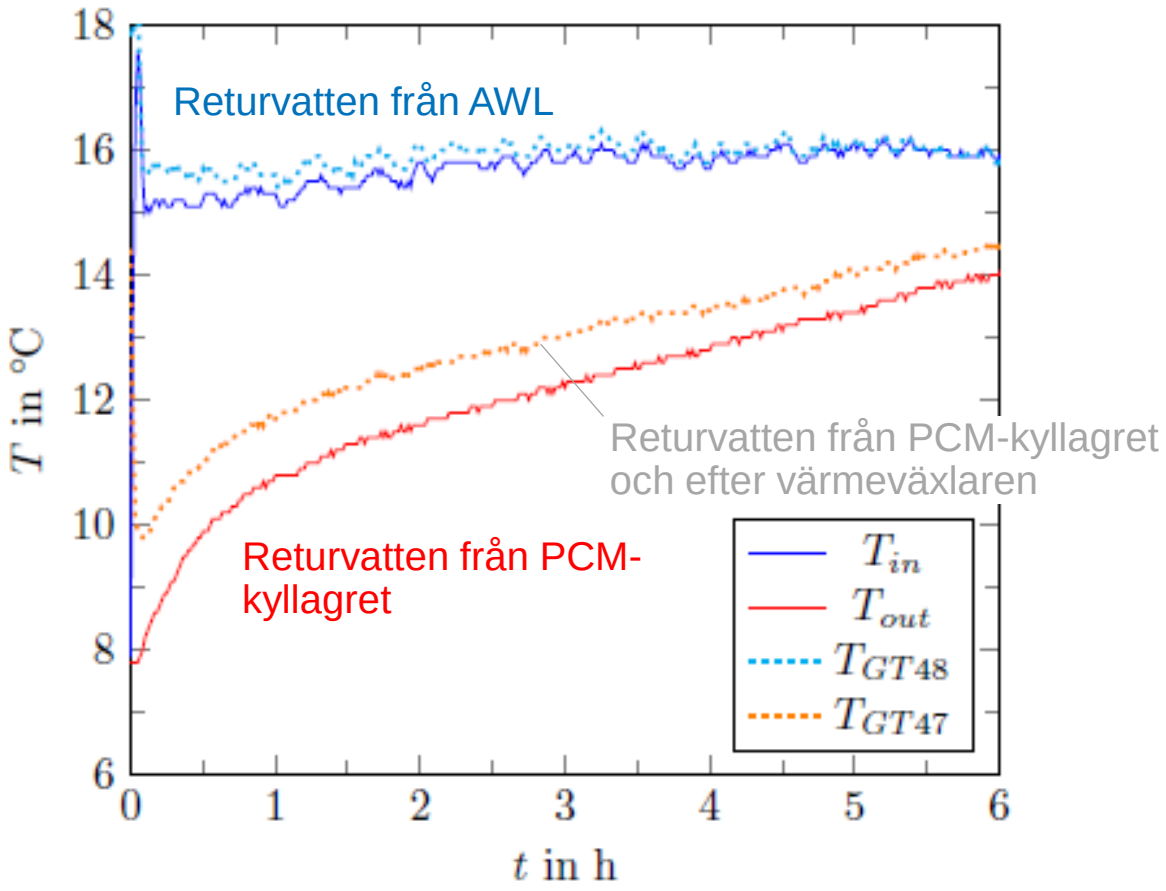


urladdad



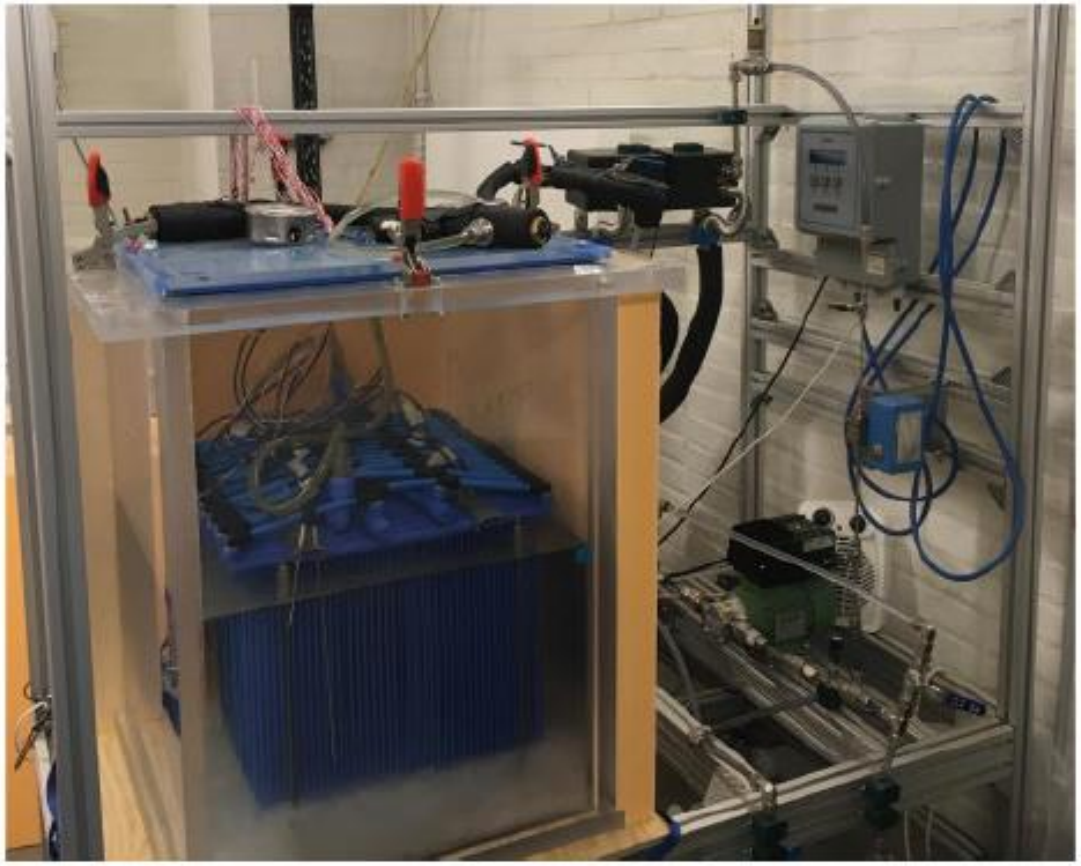
I driften - urladdning





Pilotstudier

Pilotanläggning
en replika av AWL:s PCM-kyllagret i Chalmers laboratorium



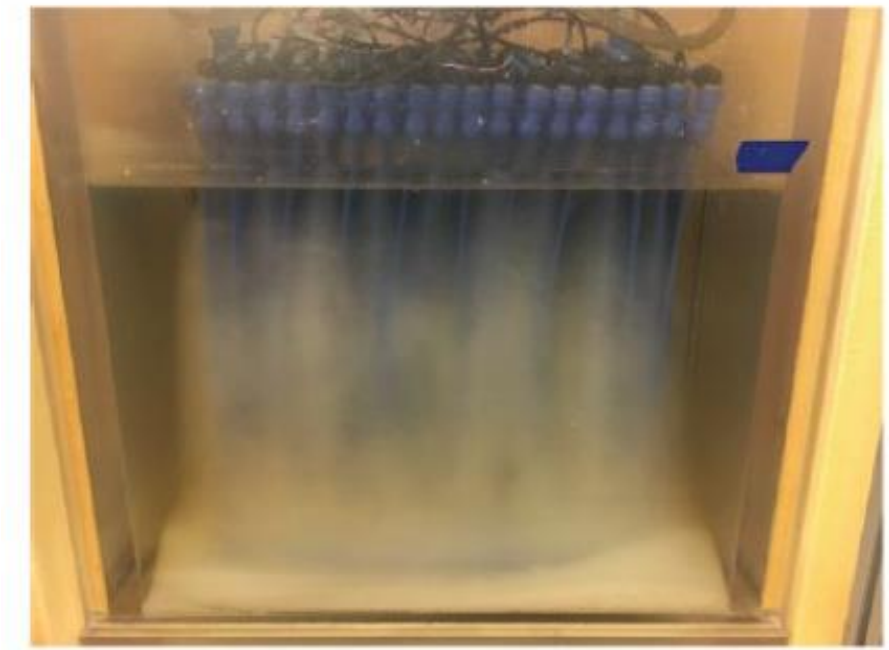
168 kg SP11, ca 5 kWh

Samma typ av värmeväxlaren

En transparent tank 560 x 560 x 800 mm

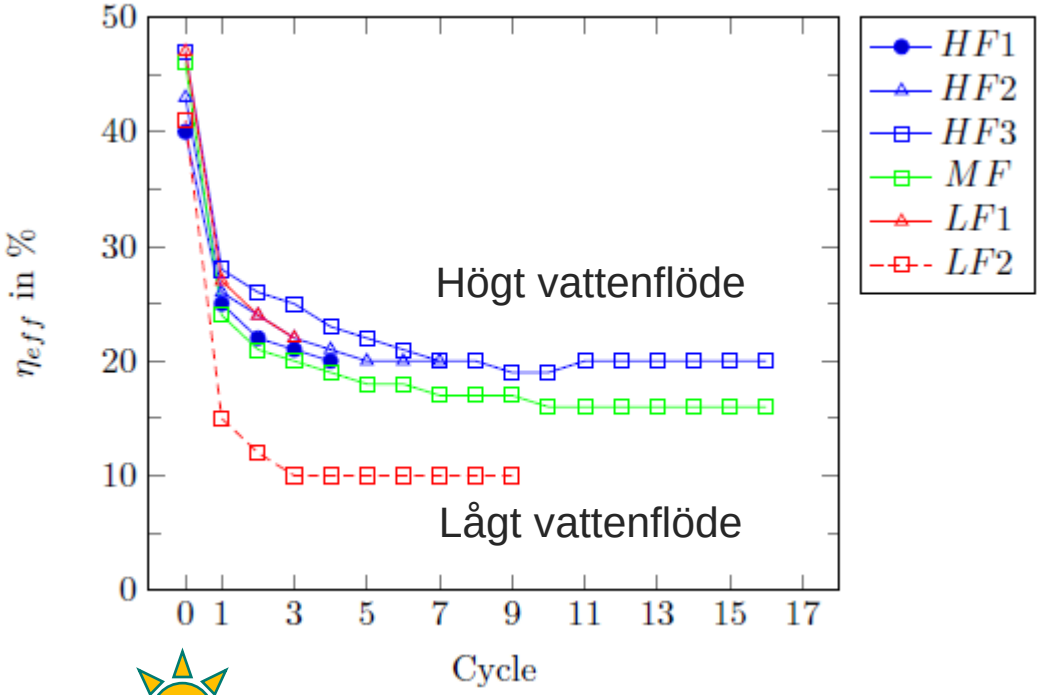
Laddning- och urladdningscykler simuleras med ett vattenbad

Effektuttag minskar och stabiliserar sig efter några cykler

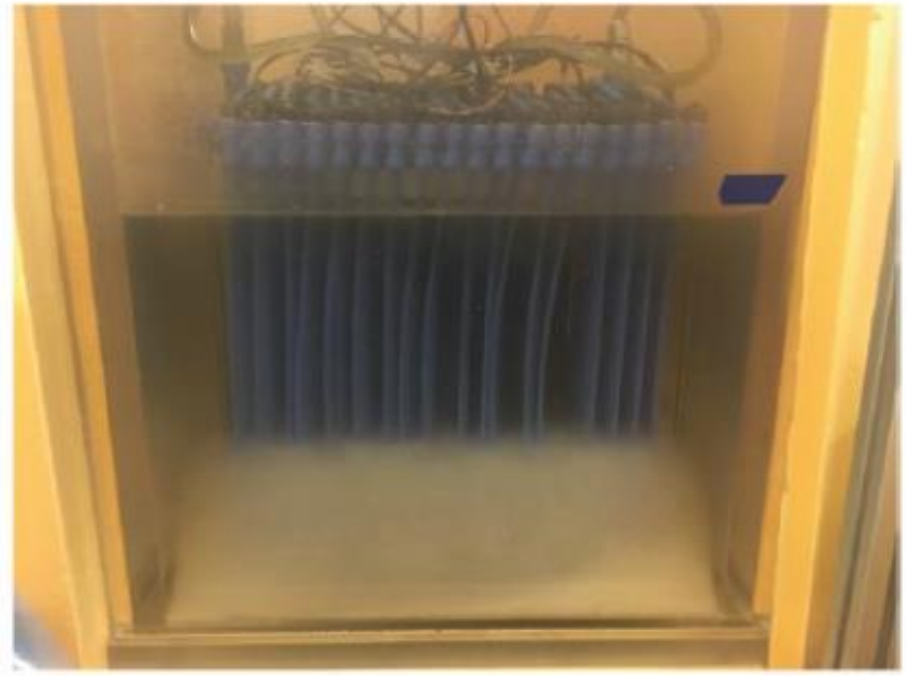


Cykel 0

(mätning HF3)

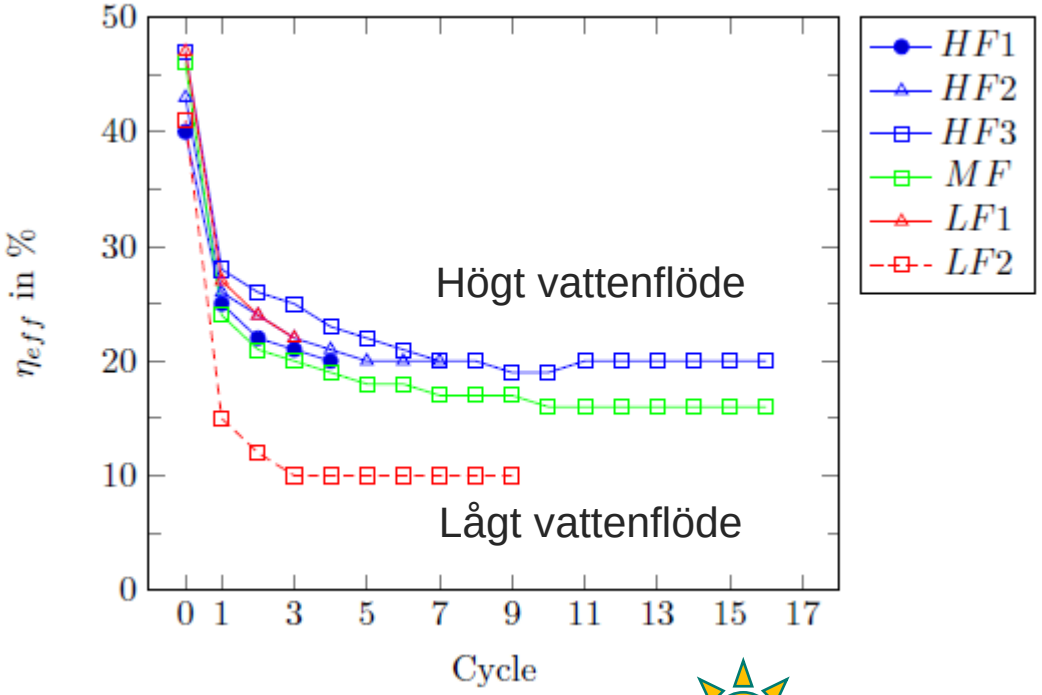


Effektuttag minskar och stabiliserar sig efter några cykler

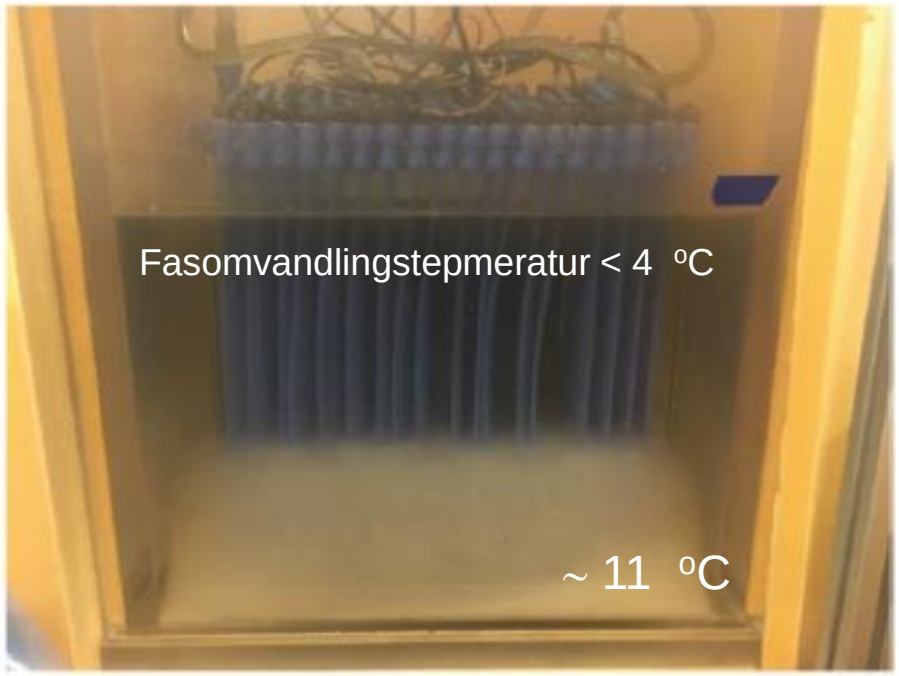


Cykel 16

(mätning HF3)

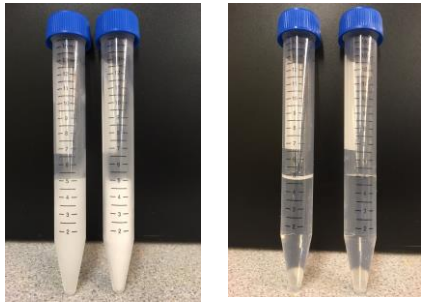


Skiktning av PCM:et och åtgärden



Cykel 16

(mätning HF3)



Skiktningen synns inte i liten skala

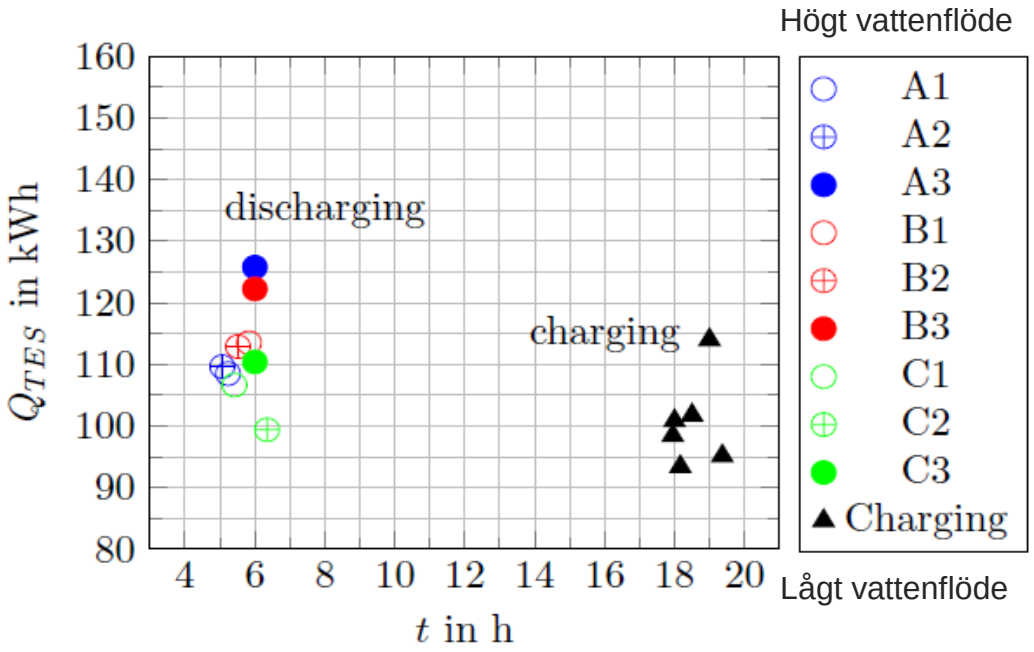
Åtgärd: tillsättning av förtjockningsmedel i demonstrationslagret

Tester i demonstrationslagret och simuleringar

Tekniska data

9380 kg	Massa av PCM:et i tanken
7000 L	Volym av PCM:et i tanken
1340 kg/m³	Densitet av PCM:et vid 20 °C, enligt tillvärkaren
11 °C	Fasomvandlings temperatur, enligt tillvärkaren
0.0293 kWh/kg	Entalpi av PCM:et vid fasomvandling och ca 10 °C temperaturskillnad, enligt tillverkaren
25 mm	Center-center avstånd mellan rörbuntar
10 mm	Center-center avstånd mellan rör
17200	Totalt antal kapillärrör varav 8600 är U-kopplade
100	Totalt antal rörbuntar
481 L	Yttre volymen av värmeväxlaren i kontakt med PCM:et
7862 L	Innre volymen av tanken
2776 L	Volymen av isoleringsmaterial
11200 L	Yttre volymen av tanken
275 kWh	Installerad energilagringskapacitet enligt tillvärkaren

Tester med olika vattenflöden under sommaren 2019

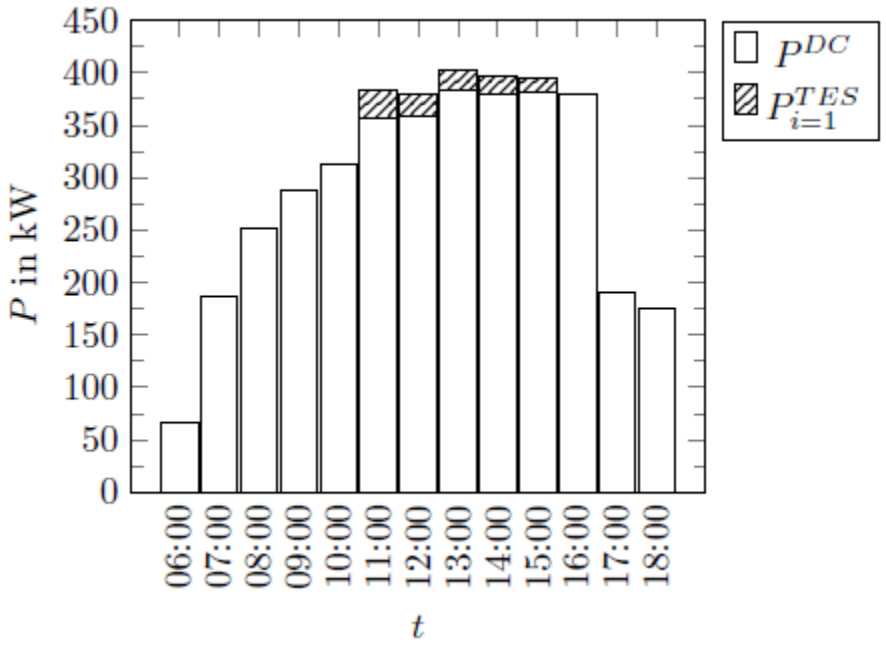


PCM-kyllagret fungerar som ett dagligt lager

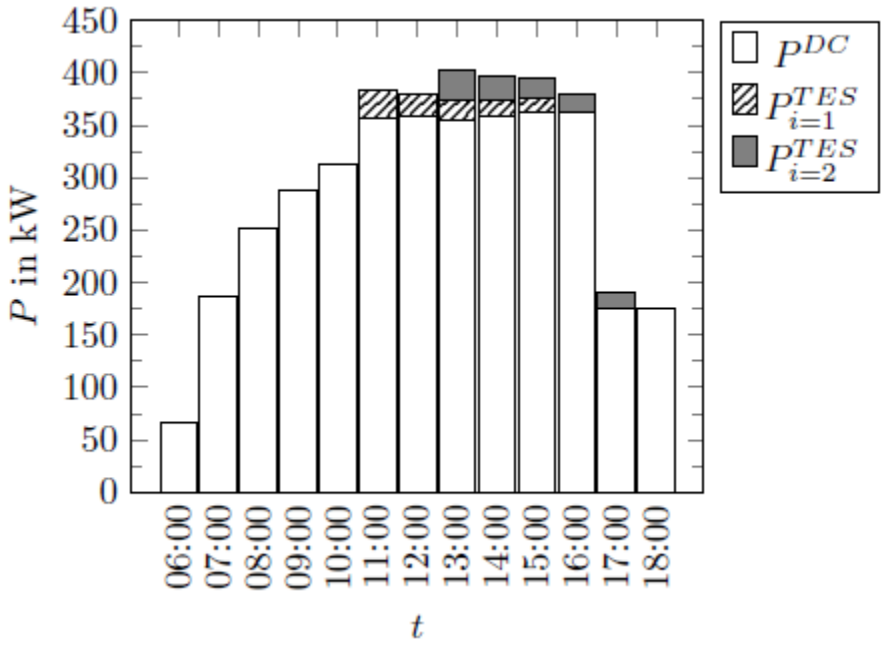
- Laddningstid 14-18 timmar för att ladda 100 kWh (projekterat för 9 h för 190 kWh)
- Genomsnittliga laddnings- och urladdningseffekterna blev 7.1 kW - 5.5 kW respektive 19.8 kW.

- Hösten 2020 - ny luftning av värmeväxlaren
- Diverse kontrollproblem åtgärdade
- Nya tester planeras för vår 2021

Simuleringar – driftoptimering
minskning av kyleffekttopparna under en sommardag



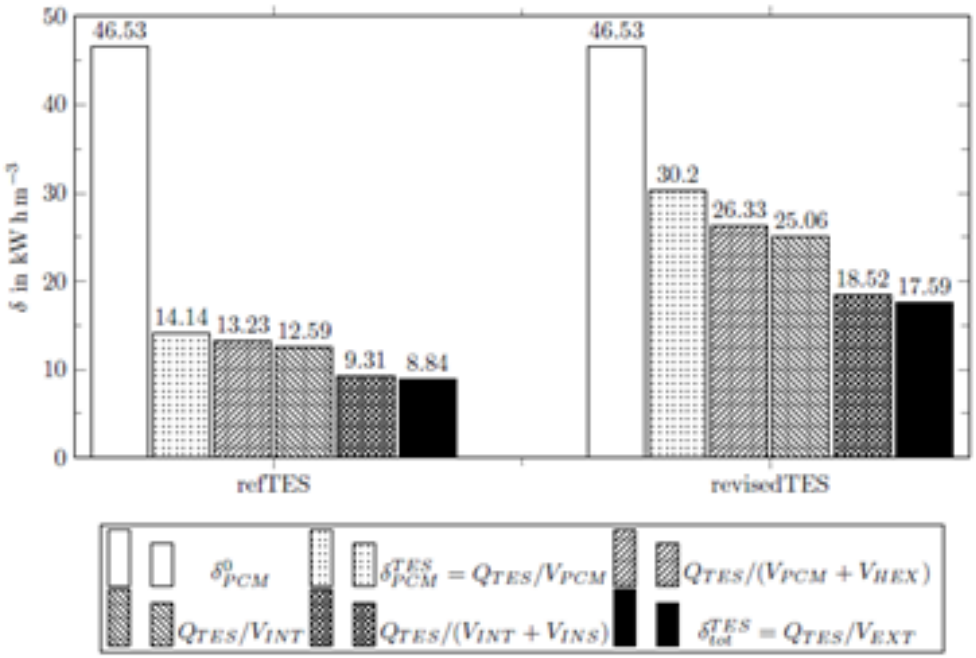
1 PCM-kyllagret

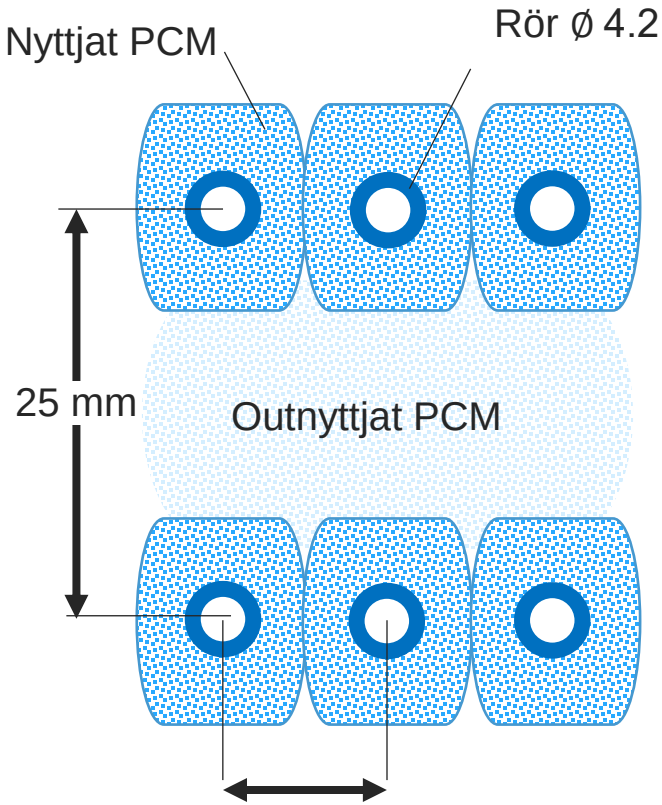


2 parallellkopplade PCM-kyllager

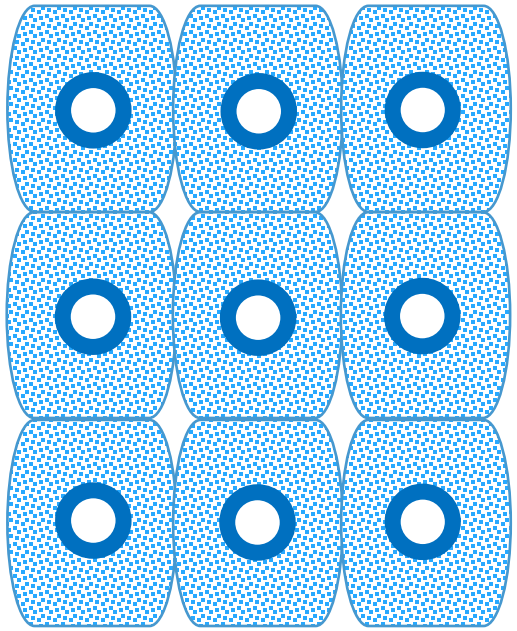
Simuleringar – prestandakriterier

alternativa design av värmeväxlaren





Befintlig värmeväxlare



Reviderad värmeväxlare

Kostnadsanalys

Minskning av årliga kostnader för kyla jämfört med fall utan PCM-lager.

Fall	Besparing: Effekt (%)	Besparing: Energi (%)	Besparing: Total (%)	Gräns för investeringskostnader (SEK) med återbetalningstid 5 år
Befintligt PCM-lager	-8.19	-0.76	-4.17	9 804
Reviderat PCM-lager	-13.03	-1.08	-6.55	15 421
2 x befintligt PCM-lager	-15.10	-1.42	-7.68	18 075
2 x reviderat PCM-lager	-22.84	-2.06	-11.58	27 235

E2B2 publikationer

Rapport 2018:21
Värmelager med fasändringsmaterial för bättre energihushållning (2015-2018)

Rapport 2021:x (kommer ut vår 2021)
Design och driftsanvisningar för värmelager med fasändringsmaterial (2019-2020)

Övriga publikationer
https://research.chalmers.se/en/person/pepe

kontakt Chalmers
angela.sasic@chalmers.se

kontakt Akademiska hus
per.loveryd@akademiskahus.se

Sammarbetspartner och medfinansiärer

Huvudfinansiär

Övriga finansiärer