

# Virtuella Värmeverk

Erik Lundmark

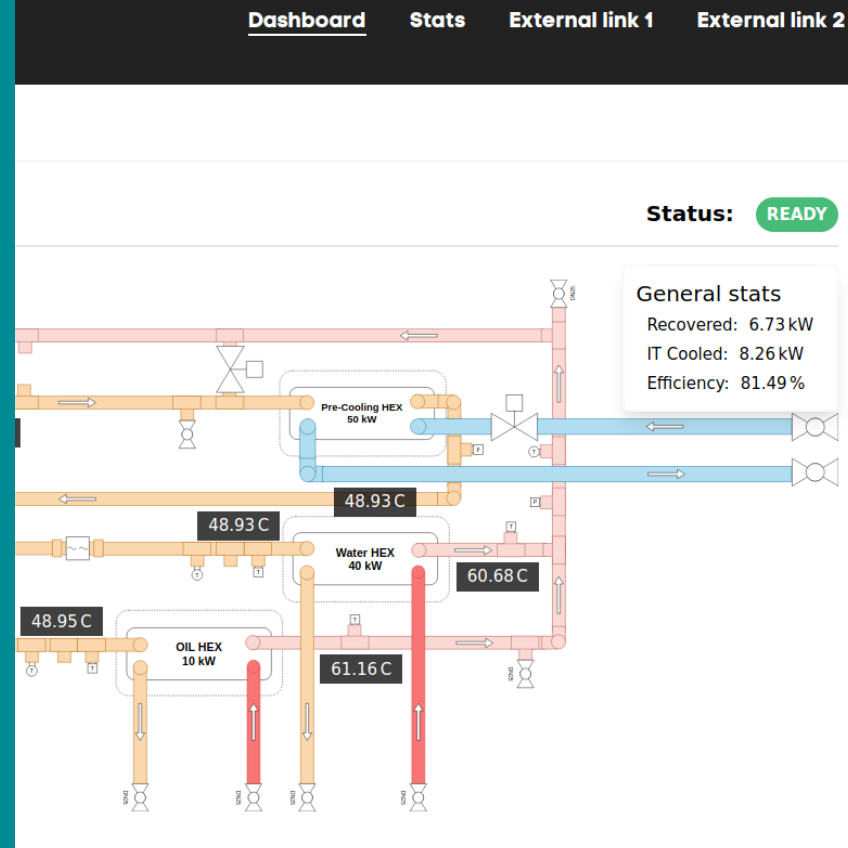
Mattias Vesterlund

RISE ICE Datacenter



# Agenda

- Vilka är vi / vad gör vi?
- Virtuella Värmeverk
- Tidigare experiment
- Vätskekylningstestbädden
- Framtida arbete



# Vilka är vi?

- RISE Research Institutes of Sweden
- Digitala System / Datavetenskap
  - **Enhet ICE Datacenter**
- 25 anställda
- Positionerade i Luleå
- Vår avdelning grundades 2016



# Vad gör vi?

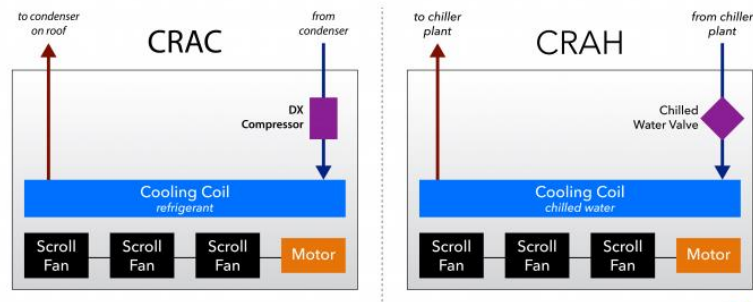
- Datacenterforskning
  - “Lite allt möjligt från marken till rymden”
- Vi driver ett datacenter
  - Både interna och externa kunder
  - Samlar in mätdata på driften
- Vi jobbar med satellitdata
  - Nationellt Rymddatalabb
- Tillvaratagande av spill-/restvärme



# Virtuella Värmeverk – lite teori

- **”Går det att producera värme som restprodukt från datacenterdrift utan värmepump?”**
- Vanliga kylteknologier av datacenter
- Mål: flytta värmen från datacenterlokalen någon annanstans, vanligast utomhus
- CRAC-enheter
  - **Computer Room Air Conditioning**
  - Transportmedie: kylmedie
- CRAH-enheter
  - **Computer Room Air Handling**
  - Transportmedie: vatten/glykol

## Precision Environmental Control Systems

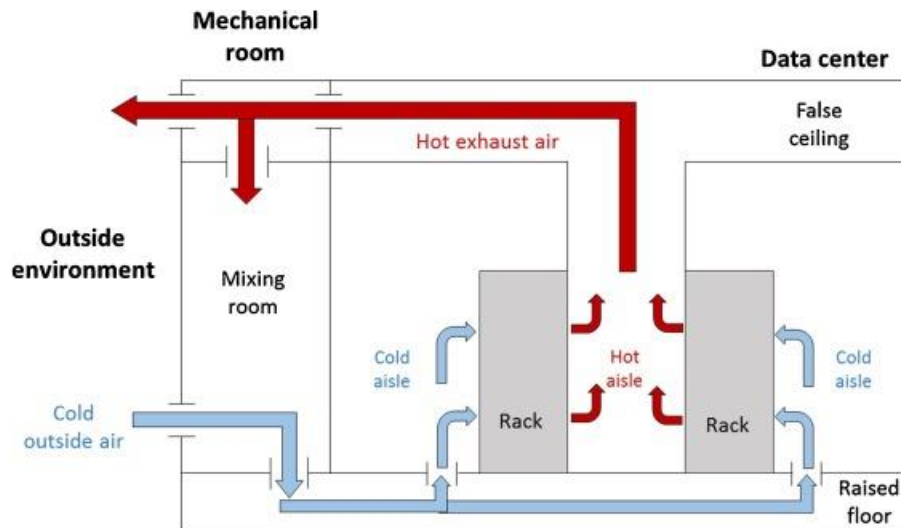


Källa: [dataire](https://dataair.com)

**dataaire**  
Precise by Design

# Virtuella Värmeverk – lite teori

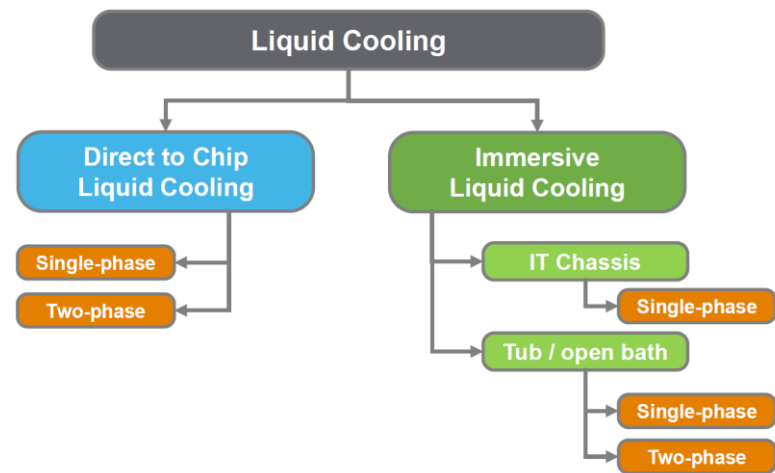
- CREC-enheter
  - **C**omputer **R**oom **E**vaporative Cooling
  - Frikyla
  - Transportmedie: luft
  - Server -> luft -> uteluft
  - Kallt klimat
    - Återcirkulation av varm luft
  - Varmt klimat
    - Fuktning av luft, avdunstning



Källa: [akcp](#)

# Virtuella Värmeverk – lite teori

- Gemensamt för CRAH, CRAC, CREC
  - Det är luft som har första kontakt med servern för att kyla
- Vätskekylningsteknologier
  - Det är vätska som har första kontakt med servern för att kyla
- Två kategorier
  - Direktchipp
  - Immersion (nedsäkning)

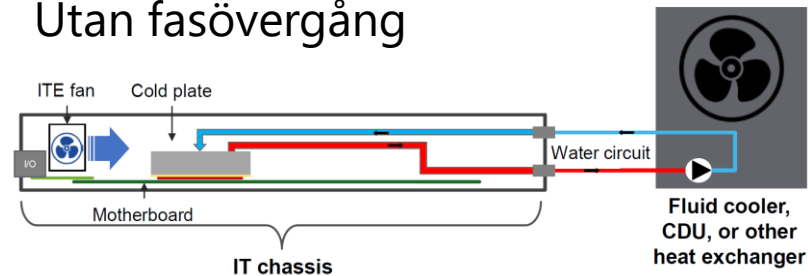


Källa: [Schneider Electric](#)

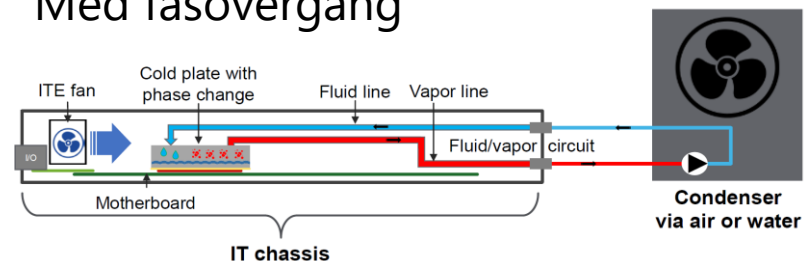
# Virtuella Värmeverk – lite teori

- Direktchipp-kylning
  - Liten VVX direkt på varma komponenter
  - Transportmedie: vatten eller dielektrisk vätska
  - Luft som komplement (RAM etc)
  - Utan eller med fasövergång

## Utan fasövergång



## Med fasövergång



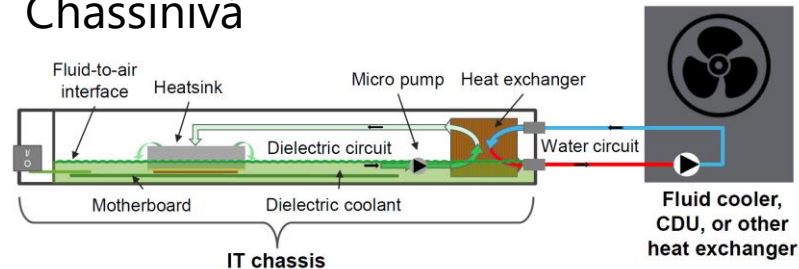
Källa: [Schneider Electric](#)



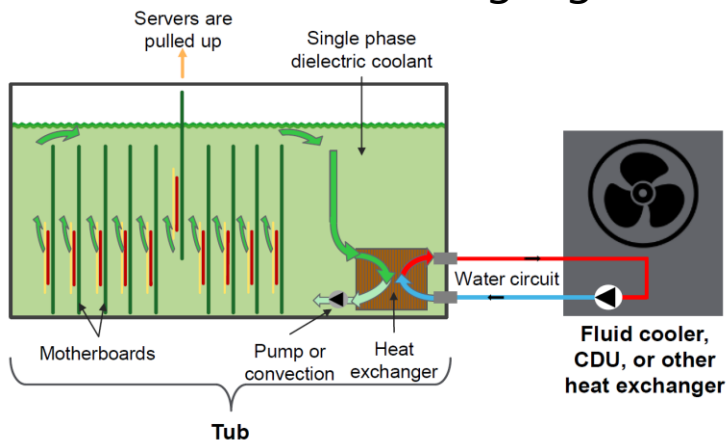
# Virtuella Värmeverk – lite teori

- Immersion cooling
- Chassinivå
  - Utan fasövergång
  - Transportmedie: dielektrisk vätska
- Stort bad
  - Med eller utan fasövergång
  - Transportmedie : dielektrisk vätska

## Chassinivå



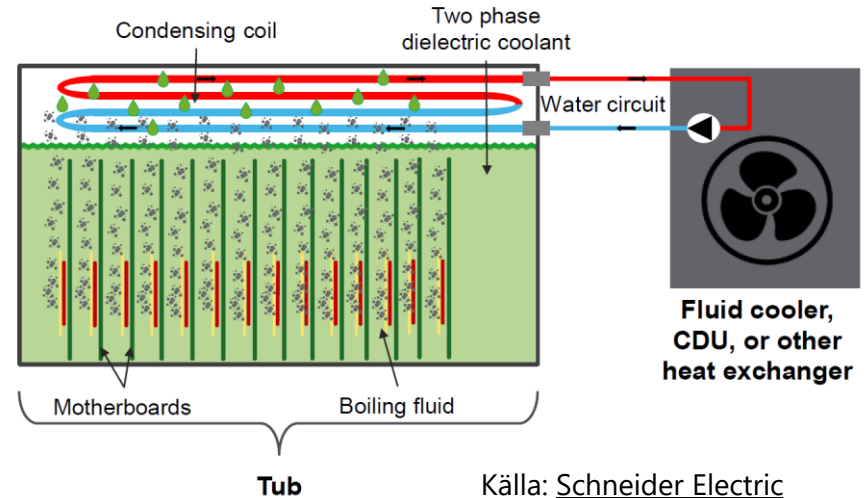
## Stort bad utan fasövergång



# Virtuella Värmeverk – lite teori

- Stort bad
  - Med eller utan fasövergång
  - Transportmedie: dielektrisk vätska

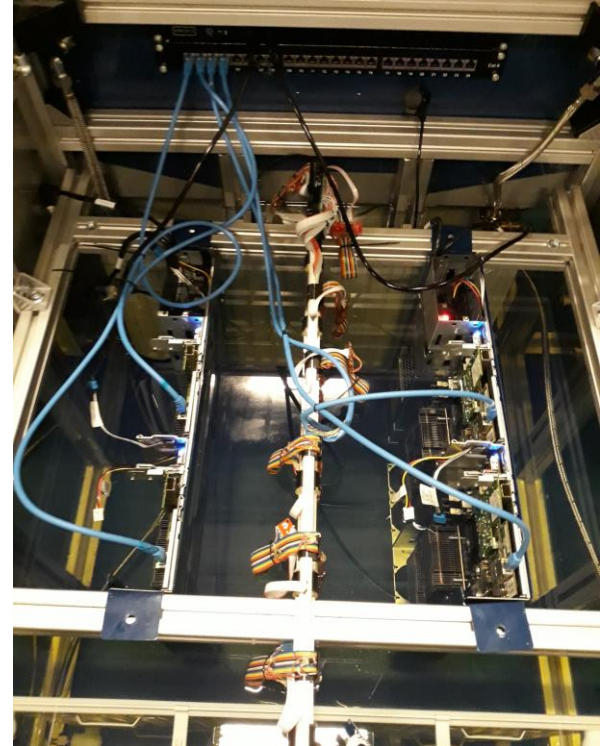
## Stort bad med fasövergång



Källa: [Schneider Electric](#)

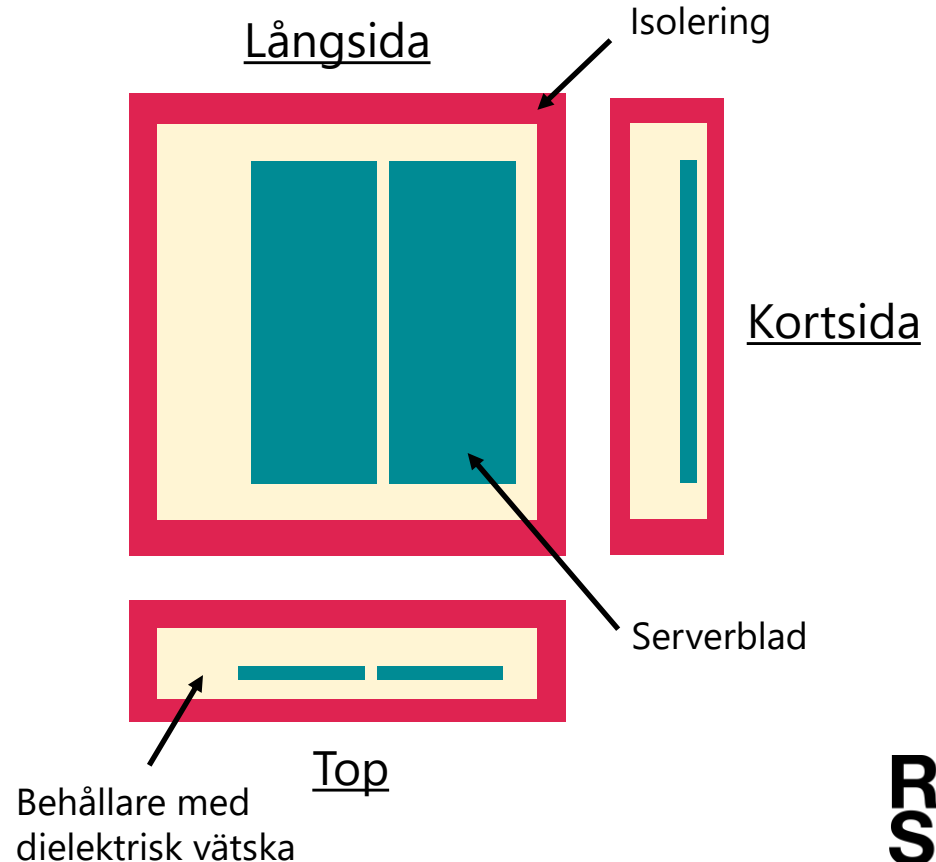
# Tidigare experiment – iteration 1

- Vi har valt immersion cooling i bad
  - Höga temperaturer är intressant
    - Inte bara leda bort värme
- Vår egna lösning
  - Första iterationen i vårt labb
    - Dielektrisk vätska: transformatorolja
    - Stor termisk tröghet
    - Värmeförluster
    - Radiatorer för att extrahera värme
    - Max 60 C på vätskan
    - Fläktkonvektor



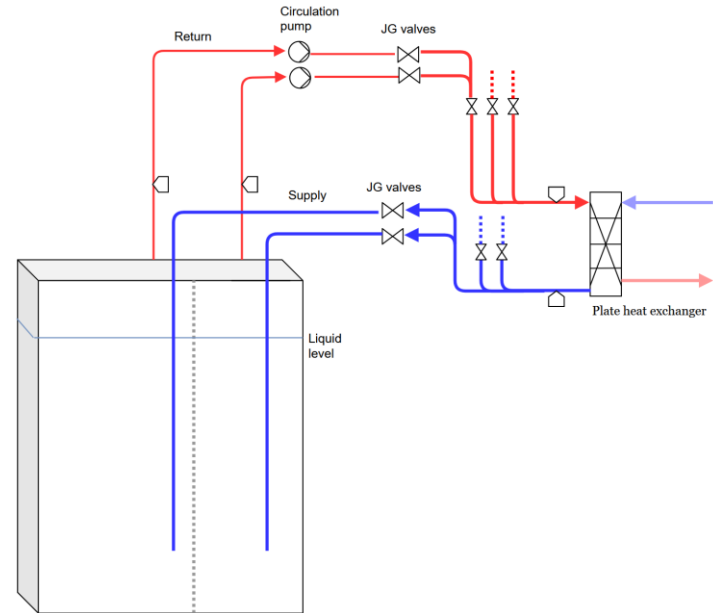
# Tidigare experiment – iteration 2

- Iteration två
  - Mindre lådor med plats för två servrar
  - Tjock isolering (cellplast) runt allt
  - Antal lådor är skalbart
  - En pump på oljesidan
  - Plattvärmväxlare -> vattenreservoar
- Resultat av denna förbättring
  - 72 C på vätskan
  - Läckströmmar -> högre elbehov
  - Styrsvårigheter



# Tidigare experiment – iteration 3

- Iteration tre
  - Fler mindre pumpar
  - Individuell styrning på lådnivå
  - Inte testkörd än
  - En kollega utvecklar detta koncept
- Men hur tar vi reda på värmen?
  - Vad finns på andra sidan värmeväxlaren?



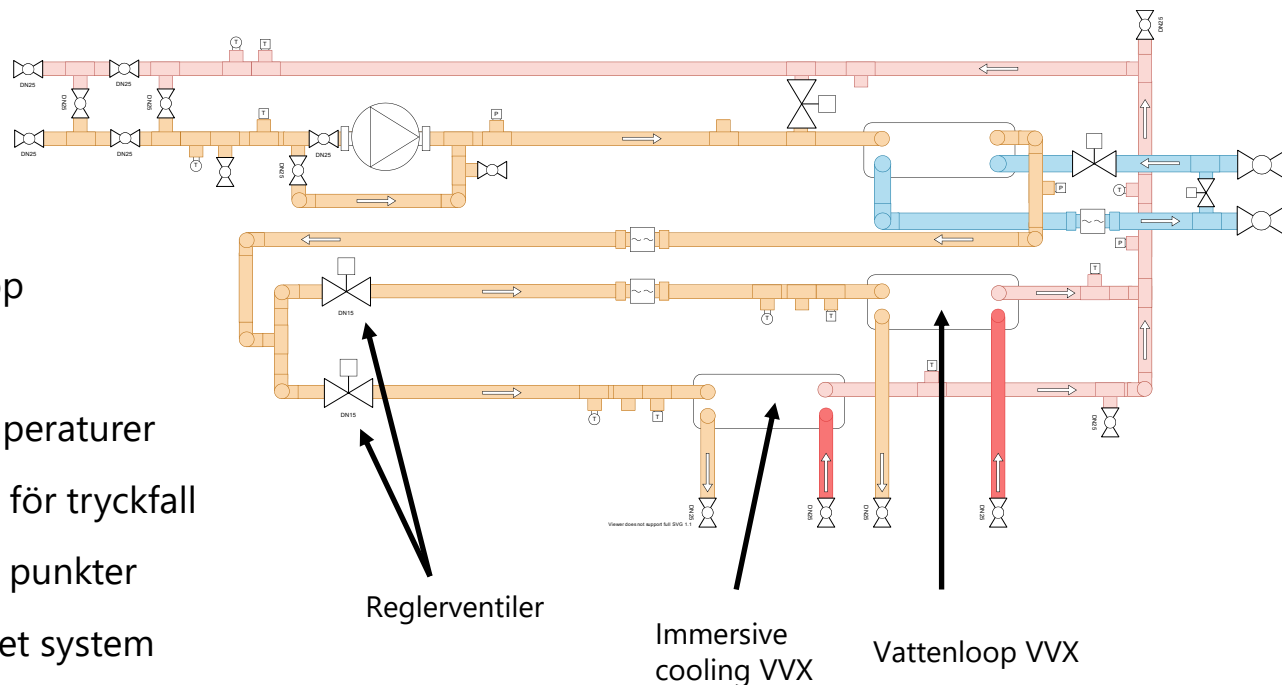
# Vätskekyllningstestbädden

- Vi vill producera värme till fastigheten
- Vad fanns tillgängligt i lokalen?
  - Lokalvärme
  - Tappvarmvatten
    - Varmvattencirkulation
- Begräsningar / urvalsprocess
  - Temperaturområde
  - Årligt värmebehov
- Resultat: varmvattencirkulation
  - Returen på 50 °C utgående 60 °C



# Vätskekylningstestbädden

- Varmvattencirkulationen från taket (50 °C)
- Flera växlare
  - Direktchipp / vattenloop
  - Immersive cooling
- Reglerventiler för att nå temperaturer
- Pump som kompensationen för tryckfall
- Temperatursensorer på flera punkter
- Möjlighet att köras som slutet system
  - Testkörning av nya teknologier



# Vätskekyllningstestbädden - dimensionering

1

Design Parameters			
VVC Upper Limit	T_vvc_ulim	50	C
VVC Nominal Flow	m_vvc_nom	0.02839	kg/s
HEX efficiency	eta_hex	0.9	-
HEX h & c temp diff	T_hex_diff	2	C
Pipe Vel max	u_pipe_max	2	m/s
Max allowed dP	dP_max	100	kPa
Nominal System Pressure	dP_nom	4.163	bar

Balance Sheet			
Temperature	T_i	51.00	C
Mass Flow	m_i	0.180	kg/s
Volumetric Flow	v_o	0.656	m <sup>3</sup> /h

Pre Cooling				Efficiency	98%	%
<b>Hot Side</b>						
Massflow	m	0.18	kg/s			
Temperature In	T_ci	51.00	C			
Temperature Out	T_co	49.0000	C			
dT	ΔT_c	2.0000	C			
T_film	T_f	50.0003	C			
System pressure	p_c	4.183	bar			
Specific heat	cp_c	4.1788	kJ/kgK			
Power	Q	1.5044	kW			
<b>Cold Side</b>						
Massflow	m	1.4	kg/s	Find m_c		
Temperature In	T_ci	16	C			
Temperature Out	T_co	16.289	C	Find T_o		
dT	ΔT_c	0.289	C			
T_film	T_f	16.144	C			
System pressure	p_c	3.700	bar			
Specific heat	cp_c	3.799	kJ/kgK			
Power	Q	1.595	kW			
Heat Balance	Q_bal	0.090	kW			
<b>Pipes and Pressure</b>						
Hot Pipe Diameter	D_i	28.000	mm	DN25		
Hot Volumetric Flow	V_i	0.656	m <sup>3</sup> /h			
Hot Pipe Velocity	u_i	0.296	m/s			
Cold Pipe Diameter	D_o	34.000	mm	DN32		
Cold Volumetric Flow	V_o	5.046	m <sup>3</sup> /h			
Cold Pipe Velocity	u_o	1.544	m/s			
Pressure Drop	Kvs	10.000	m <sup>3</sup> /h			
dP	dP	0.360	bar			
dP_kPa	dP_kPa	26.046	kPa			

3

Actuator (Oil HEX)				3-CV-2		
Position	c_pos	100%	%			
<b>Input</b>						
Temperature	T_in	49.00	C			
Mass Flow	m_flow	0.180	kg/s			
Volumetric Flow	v_flow	0.656	m <sup>3</sup> /h			
<b>Output</b>						
Mass Flow	m_flow	0.180	kg/s			
Volumetric Flow	v_flow	0.656	m <sup>3</sup> /h			
Pressure Drop	Kvs	4.000	m <sup>3</sup> /h			
dP	dP	0.077	bar			
dP_kPa	dP_kPa	2.719	kPa			

5

OIL HEX				Efficiency	98%	%
<b>Cold Side (water VVC)</b>						
Massflow	m	0.180	kg/s			
Temperature In	T_ci	49.000	C			
Temperature Out	T_co	60.000	C			
dT	ΔT_c	11.000	C			
T_film	T_f	54.500	C			
System pressure	p_c	4.183	bar			
Specific heat	cp_c	4.180	kJ/kgK			
Power	Q	8.276	kW			
<b>Hot Side (Oil)</b>						
Massflow	m	0.320	kg/s	Find i		
Temperature In	T_ci	73.000	C			
Temperature Out	T_co	62.000	C			
dT	ΔT_c	11.000	C			
T_film	T_f	67.500	C			
System pressure	p_c	4.183	bar			
Specific heat	cp_c	2.400	kJ/kgK			
Power	Q	8.445	kW			
Heat Balance	Q_bal	0.000	kW			
<b>Pipes and Pressure</b>						
Cold Pipe Diameter	D_i	28.000	mm	DN25		
Cold Volumetric Flow	V_i	0.657	m <sup>3</sup> /h			
Cold Pipe Velocity	u_i	0.297	m/s			
Hot Pipe Diameter	D_o	38.000	mm	DN25		
Hot Volumetric Flow	V_o	1.876	m <sup>3</sup> /h			
Hot Pipe Velocity	u_o	0.531	m/s			

8

Effekt (kW)	40.000	10.000	50.000
Designtryck (barg)	10.000	10.000	10.000
Designtemperatur (grC)	56.000	80.000	70.000
Ev. önskad övertyta (%)	15.000	15.000	15.000
Varm sida - Media	Vatten	Mineralolja	Vatten
Varm sida - temp in (grC)	72.000	73.000	51.000
Varm sida - temp ut (grC)	64.000	62.000	49.000
Varm sida - max tillåtet tryckfall (kPa)	30.000	15.000	30.000
Varm sida - flöde (kg/s)	0.000	0.320	0.180
Kall sida - Media	Vatten	Vatten	30% glykol etylen
Kall sida - temp in (grC)	49.000	49.000	16.000
Kall sida - temp ut (grC)	60.000	60.000	16.399
Kall sida - max tillåtet tryckfall (kPa)	30.000	30.000	30.000
Kall sida - flöde (kg/s)	0.000	0.180	1.400
Beräknad effekt	0.000	8.276	1.504

2

4

Actuator (Water HEX)				3-CV-1		
Position	c_pos	0%	%			
<b>Input</b>						
Temperature	T_in	49.00	C			
Mass Flow	m_flow	0.180	kg/s			
Volumetric Flow	v_flow	0.656	m <sup>3</sup> /h			
<b>Output</b>						
Mass Flow	m_flow	0.000	kg/s			
Volumetric Flow	v_flow	0.000	m <sup>3</sup> /h			
Pressure Drop	Kvs	4.000	m <sup>3</sup> /h			
dP	#DIV/0!		bar			
dP_kPa	#DIV/0!		kPa			

6

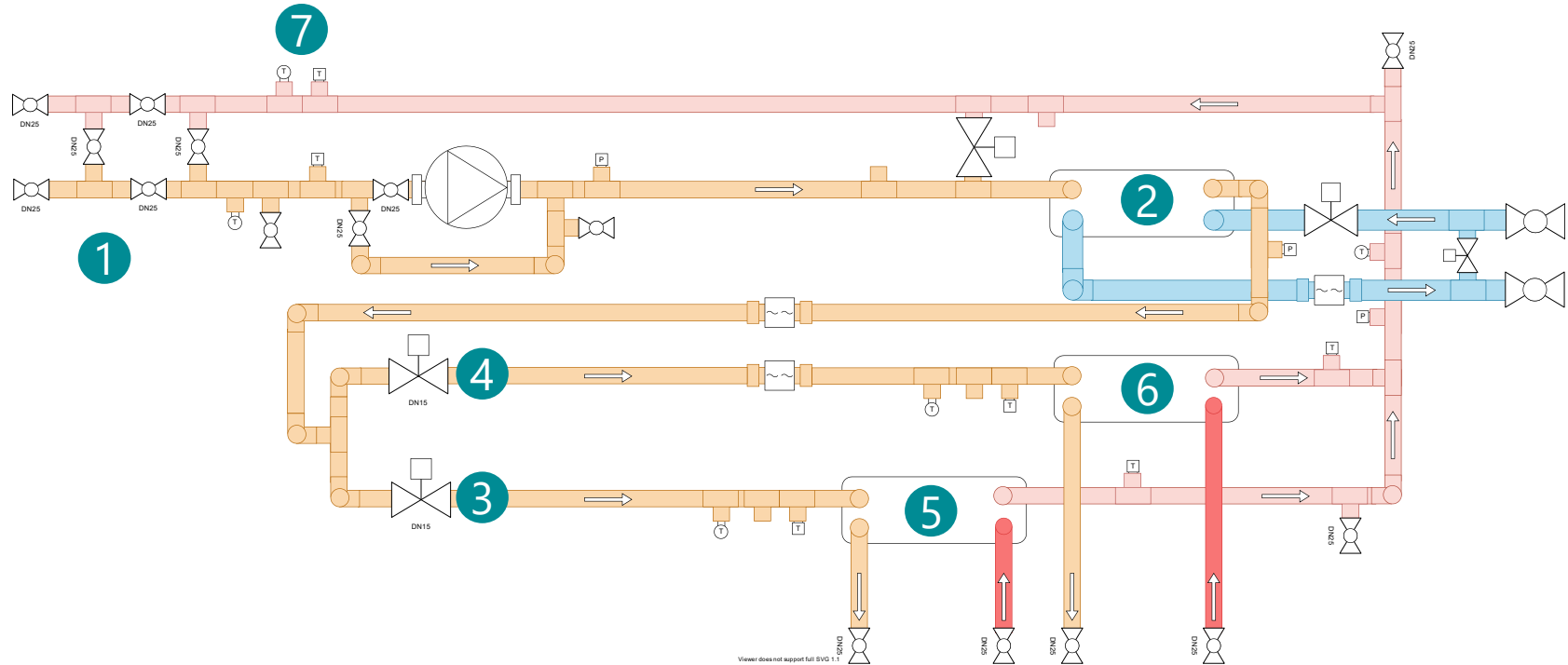
Water HEX				Efficiency	98%	%
<b>Cold Side (Water VVC)</b>						
Massflow	m	0.000	kg/s			
Temperature In	T_ci	49.000	C			
Temperature Out	T_co	60.000	C			
dT	ΔT_c	11.000	C			
T_film	T_f	54.500	C			
System pressure	p_c	4.183	bar			
Specific heat	cp_c	4.180	kJ/kgK			
Effekt	Q	0.000	kW			
<b>Hot Side</b>						
Massflow	m	0.000	kg/s	Find i		
Temperature In	T_ci	72.000	C			
Temperature Out	T_co	60.000	C			
dT	ΔT_c	8.000	C			
T_film	T_f	68.000	C			
System pressure	p_c	4.183	bar			
Specific heat	cp_c	4.180	kJ/kgK			
Effekt	Q	0.000	kW			
Heat Balance	Q_bal	0.000	kW			
<b>Pipes and Pressure</b>						
Cold Pipe Diameter	D_i	28.000	mm	DN25		
Cold Volumetric Flow	V_i	0.000	m <sup>3</sup> /h			
Cold Pipe Velocity	u_i	0.000	m/s			
Hot Pipe Diameter	D_o	34.000	mm	DN32		
Hot Volumetric Flow	V_o	0.000	m <sup>3</sup> /h			
Hot Pipe Velocity	u_o	0.000	m/s			

7

Output			
Temperature	T_o	60.00	C
Mass Flow	m_o	0.18	kg/s
Volumetric Flow	v_o	0.66	m <sup>3</sup> /h
dT	ΔT_c	9.80	C
Heat Reused	Q_re	6.78	kW
Heat Cooled	Q_re	1.54	kW
Reuse efficiency	n_re	441%	%



# Vätskekyllningstestbädden

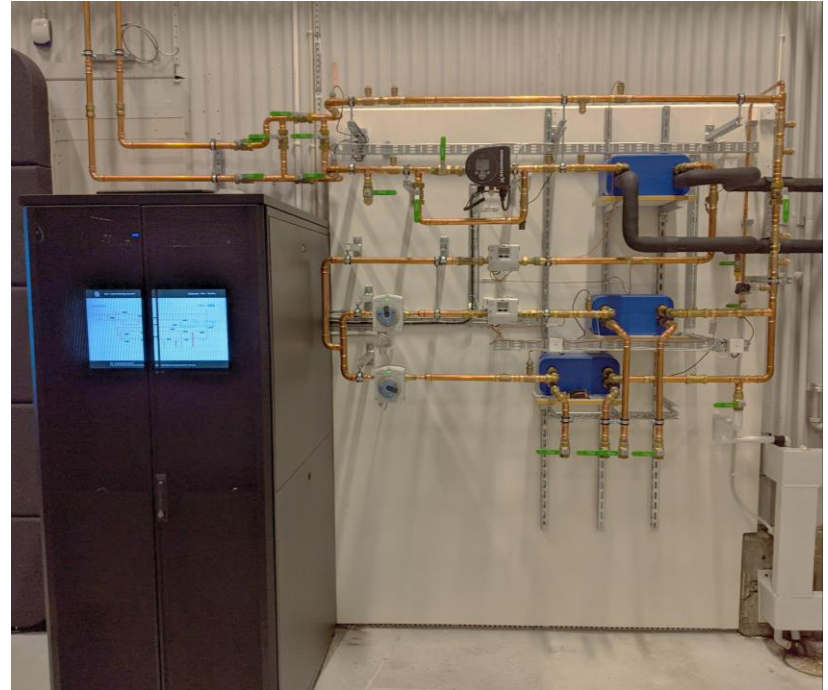


# Vätskekyllningstestbädden - installation

Före

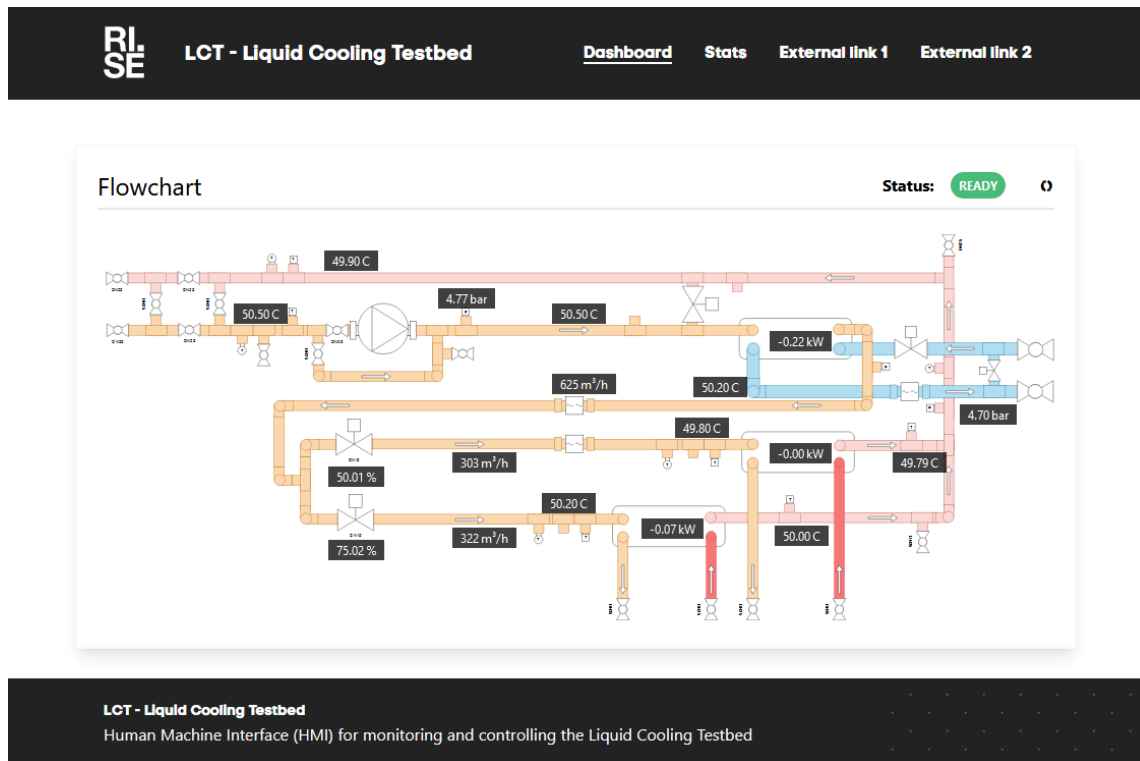


Efter



# Vätskekylningstestbädden - HMI

- Pekskärm
- Övervakning och reglermöjligheter i realtid
- Alla datapunkter loggas i vår långtidslagring



# Framtida arbete

- Testköra testbädden och utveckla reglersystemet
- Testköra iteration 3 mot vätskeskylningstestbädden
- Testköra produkter från andra aktörer inom immersion cooling
  - Submer SmartPodXL
  - Ansluts som vattenloop mot testbädden
- Producera värme
  - Värma VVC från 50 °C till 60 °C

## Submer SmartPodXL



Källa: [submer](#)

Tack för visat  
intresse.

**Erik Lundmark**

Juniorforskare  
erik.lundmark@ri.se  
+46 730-85 37 92

