

Affugtning

Onsdag
Den 1. marts
2023

John Anderberg
Terkel Møller



Fugtens følgeskader

- * Lugter muggent (mikroorganismernes indsats)
- * TV defekt (elektronik, højspænding)
- * Plakaterne buler (kunne være en Rembrandt)
- * Jern og stål ruste
- * Sukkeret er størknet i sukkerskålen
- * Evt. vandskade (vandrør sprunget)



Hvorfor affugte?

- * fordi:
- * fugt ødelægger værdier
- * fugt stopper/umuliggør processer
- * fugt giver grobund for skimmelvækst
- * fugt forsinker nybyggeri

Hvor er luftens vandindhold størst?



Hvor er luftens vandindhold størst?

$25^{\circ}\text{C} / 75\% \text{RF}$



$-1^{\circ}\text{C} / 85\% \text{RF}$



Hvor er luftens vandindhold størst?

25°C / 75%RF



15 g/kg

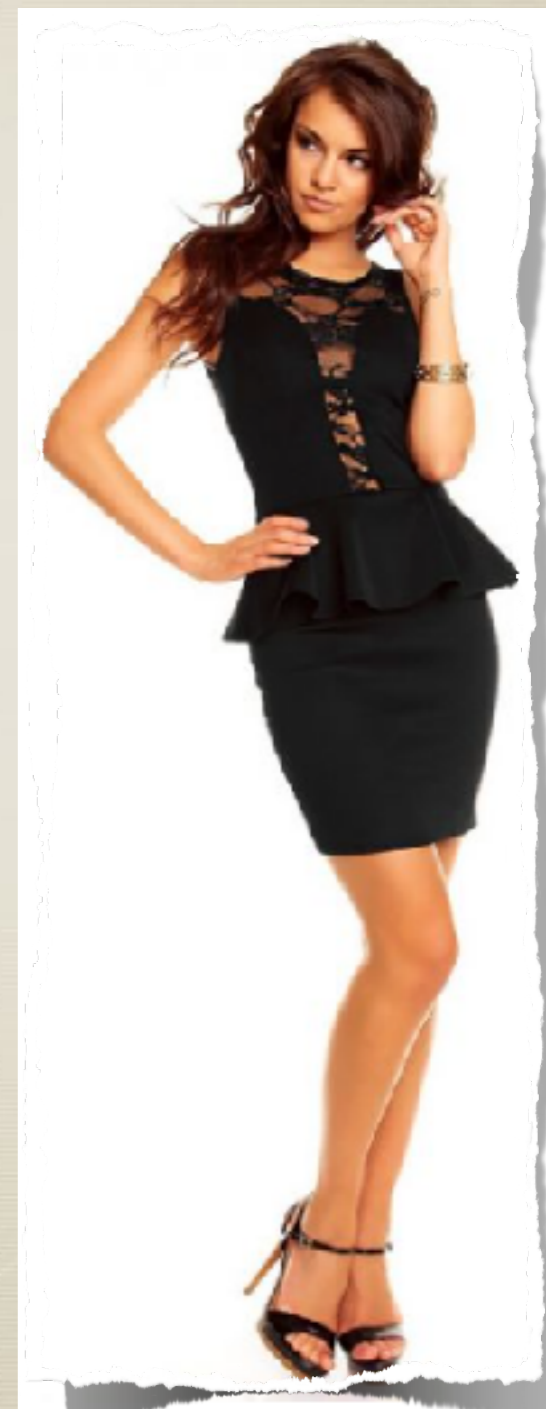
-1°C / 85%RF



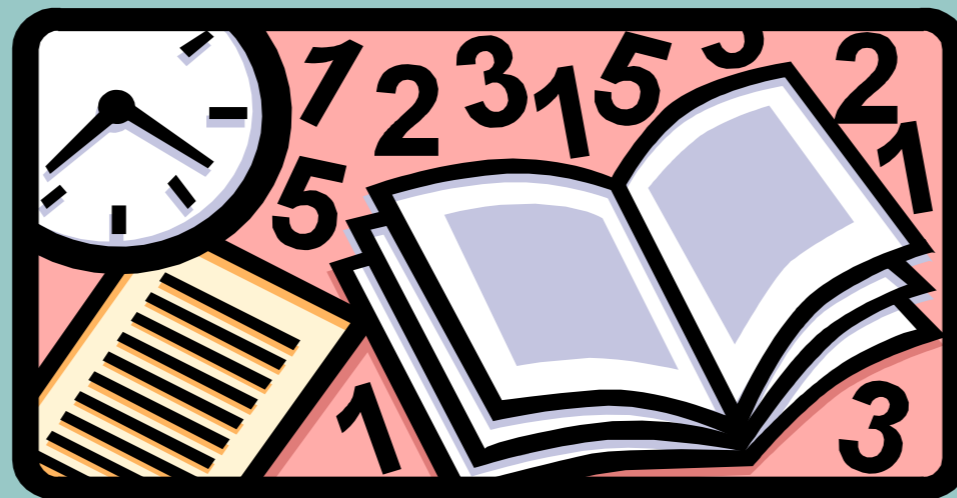
3 g/kg

de 4 frække udtryk

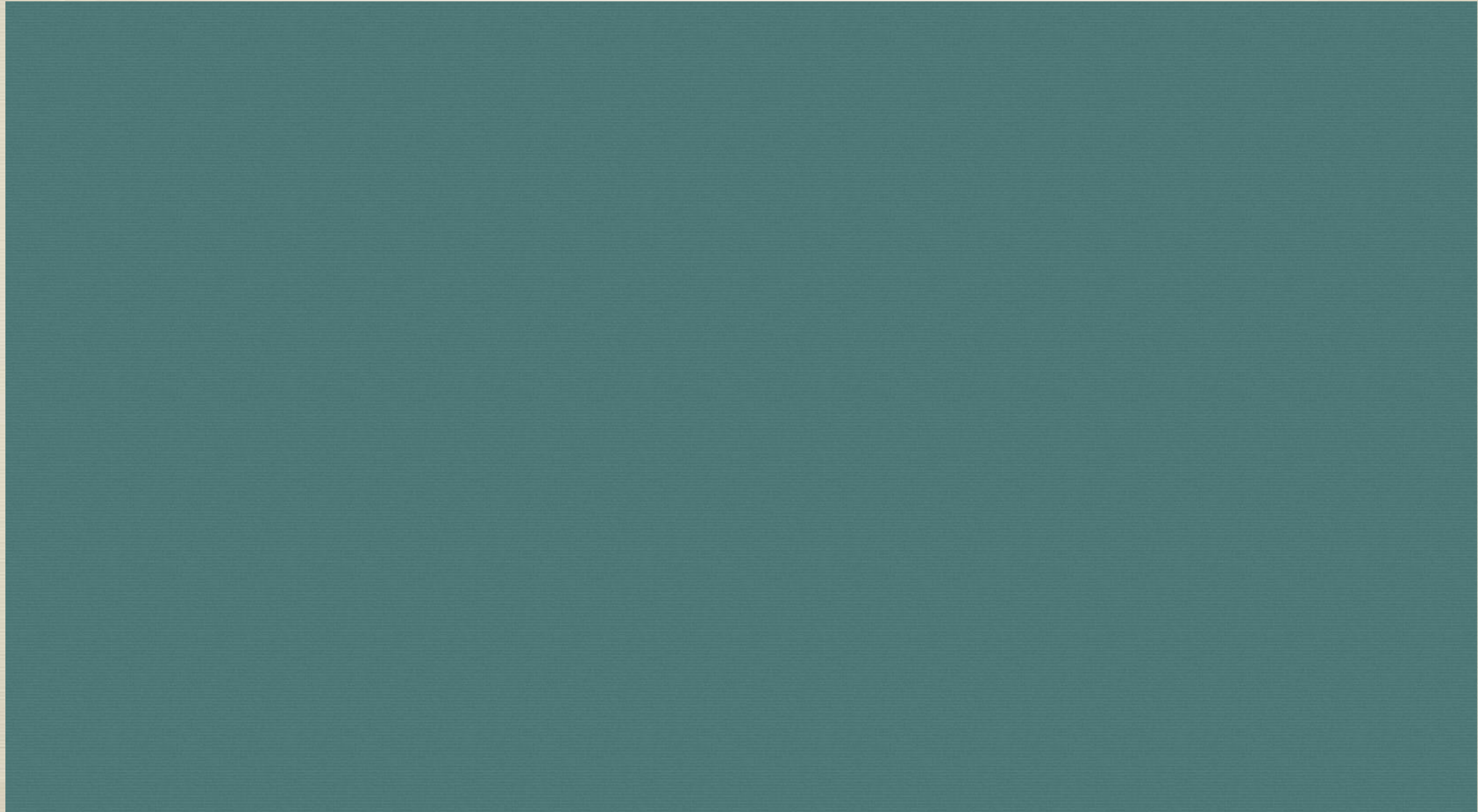
- * temperatur, °C
- * vandindhold, g vand pr. kg tør luft
- * dugpunkt, °C
- * relativ fugtighed, %RF



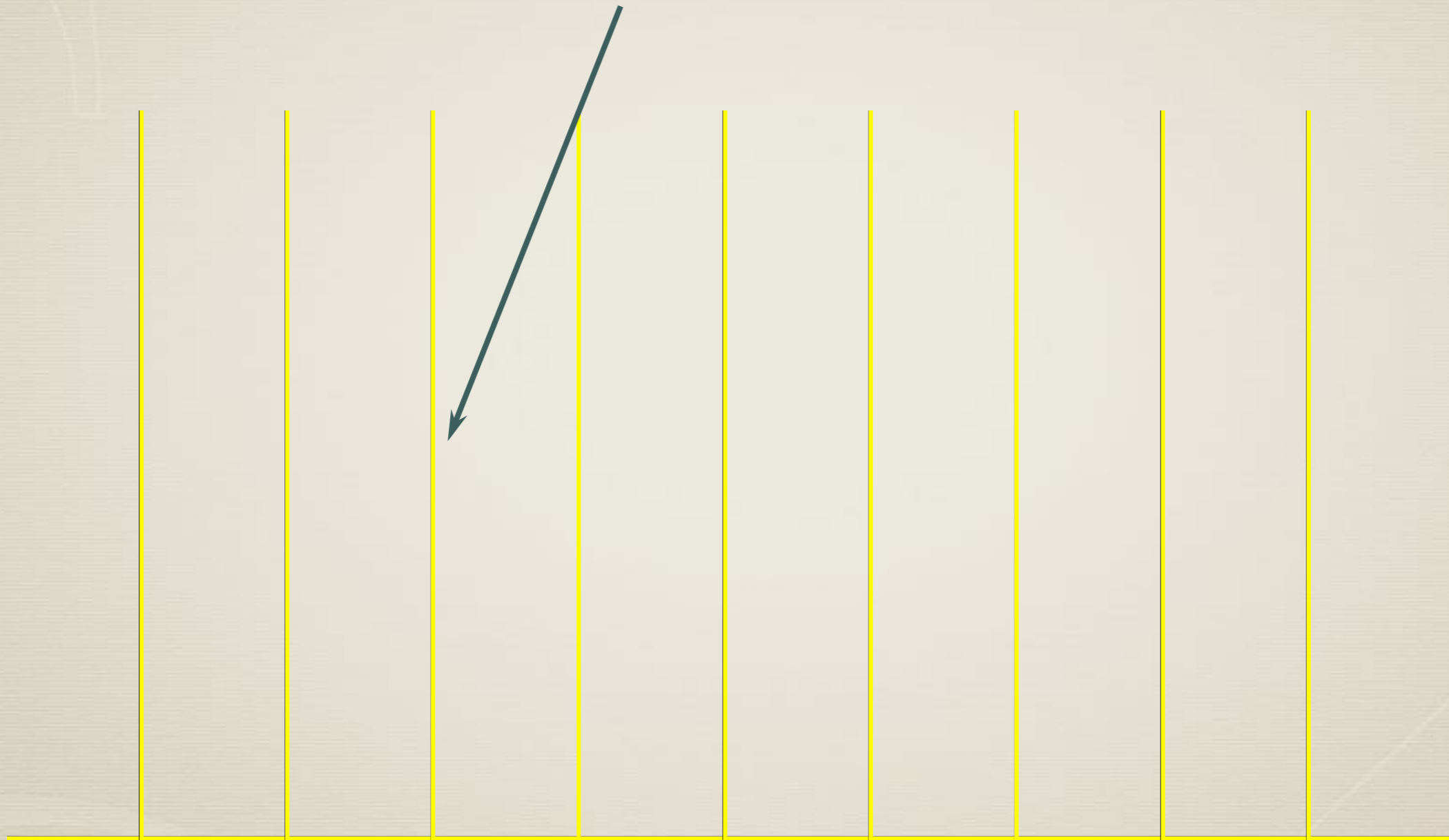
I-X diagrammet



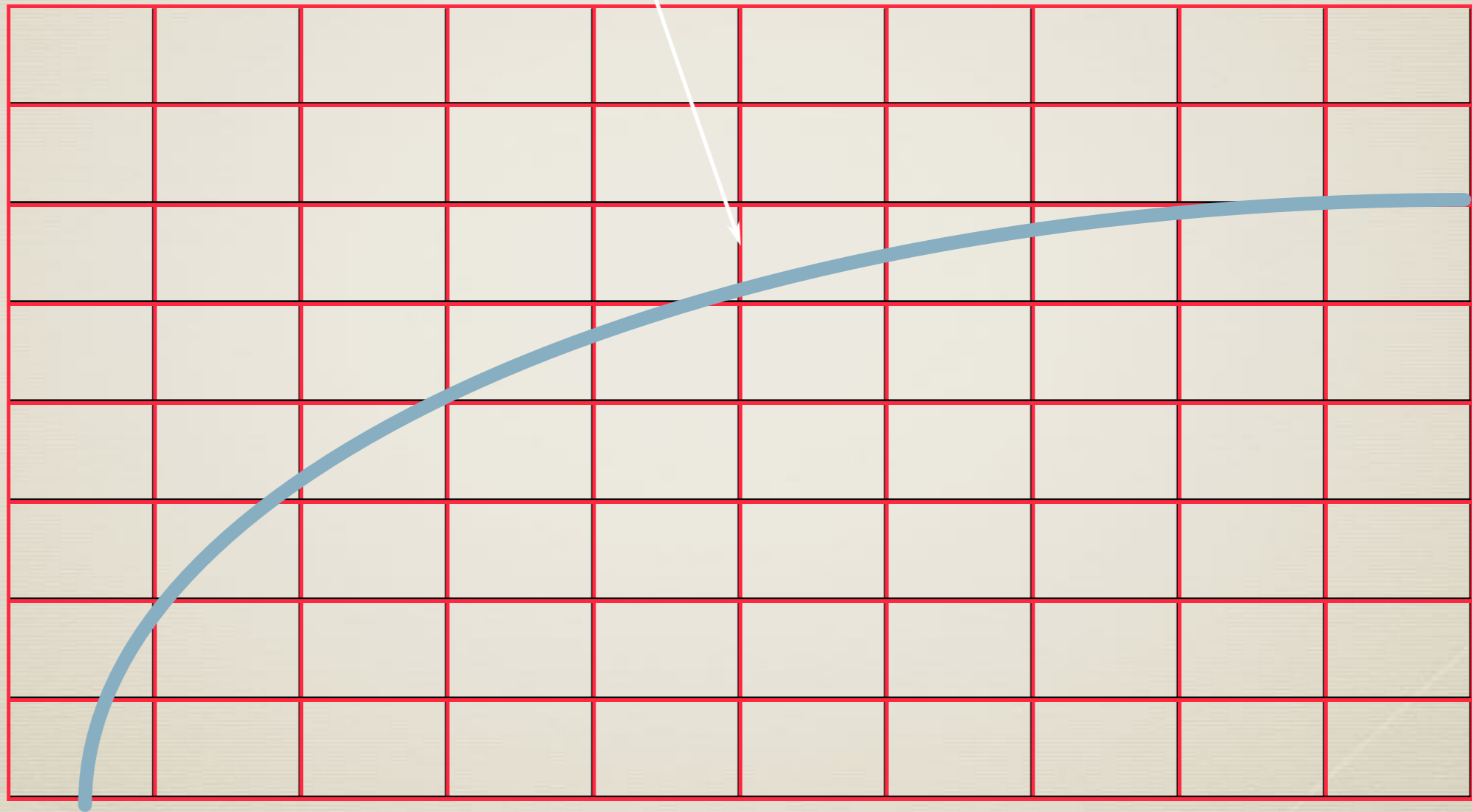
Mollier IX diagram



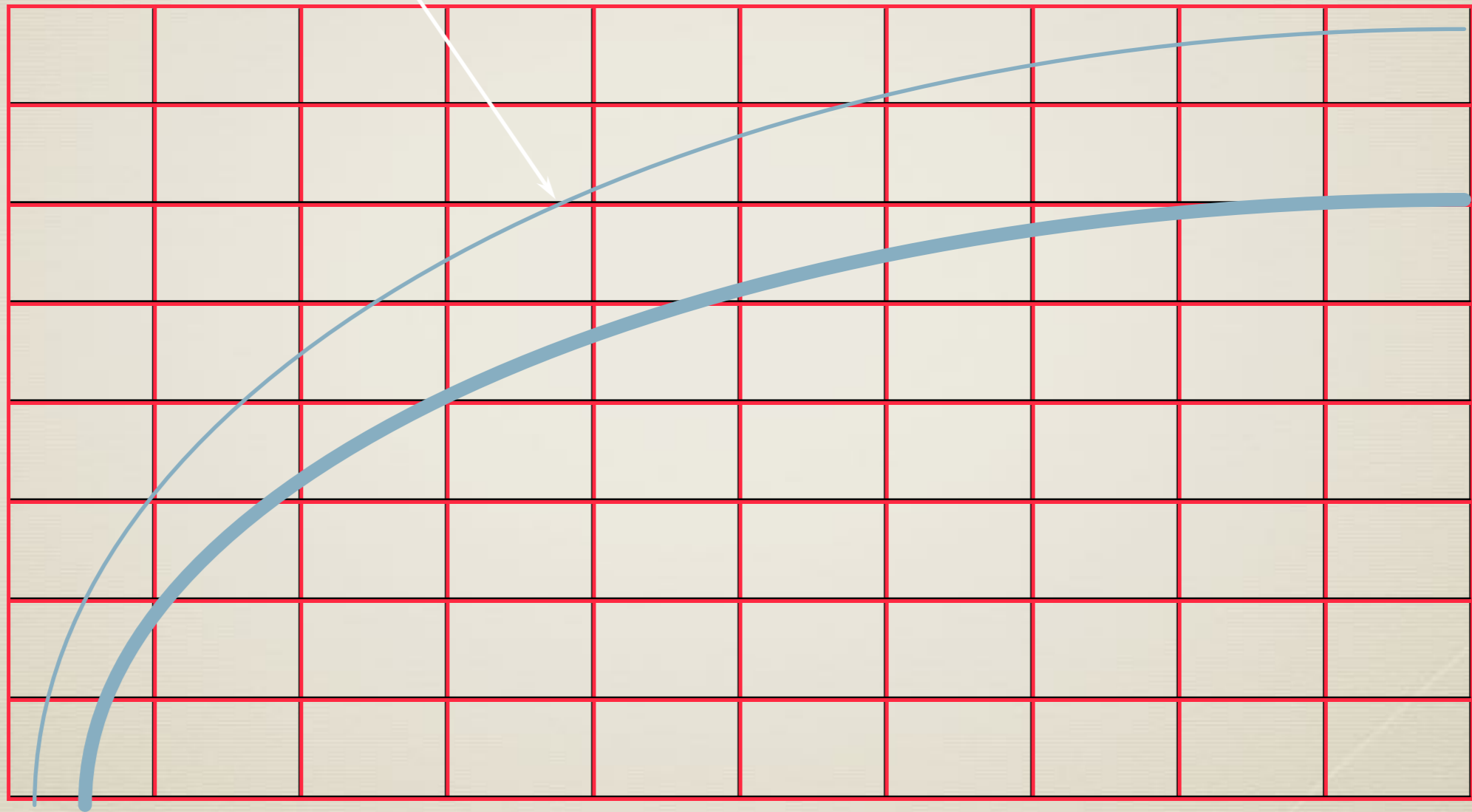
Vandindhold



Mætningskurve



Relativ luftfugtighed

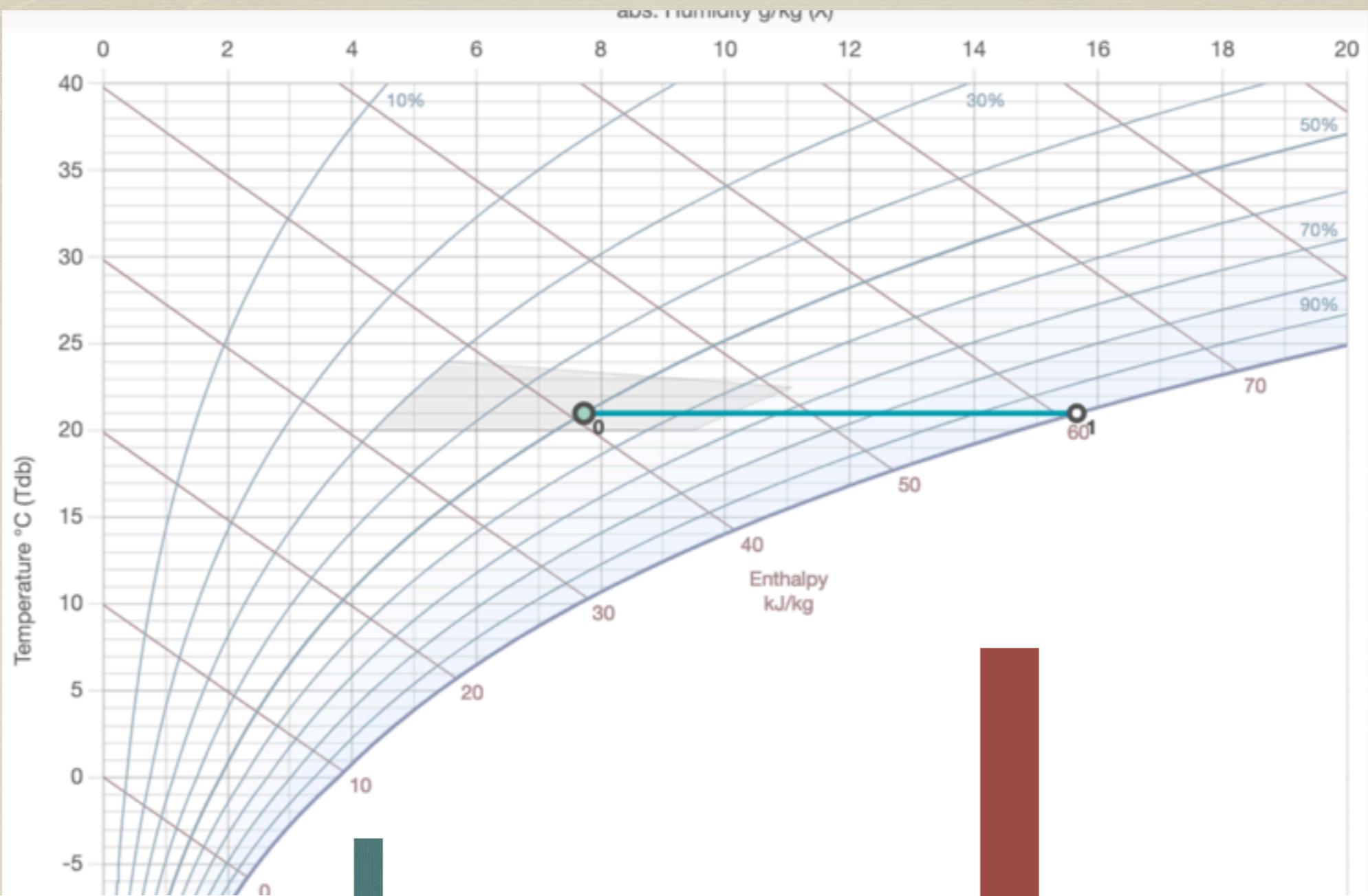


Relativ fugtighed ?

- * Relativ fugtighed

Luftfugtigheden angivet i % i forhold til den maksimale fugtighed ved den pågældende temperatur.

$$\text{RF } \% = \frac{\text{Vanddamps partialtryk (Pa)} \times 100}{\text{Vanddamps partialtryk ved mætning (Pa)}}$$



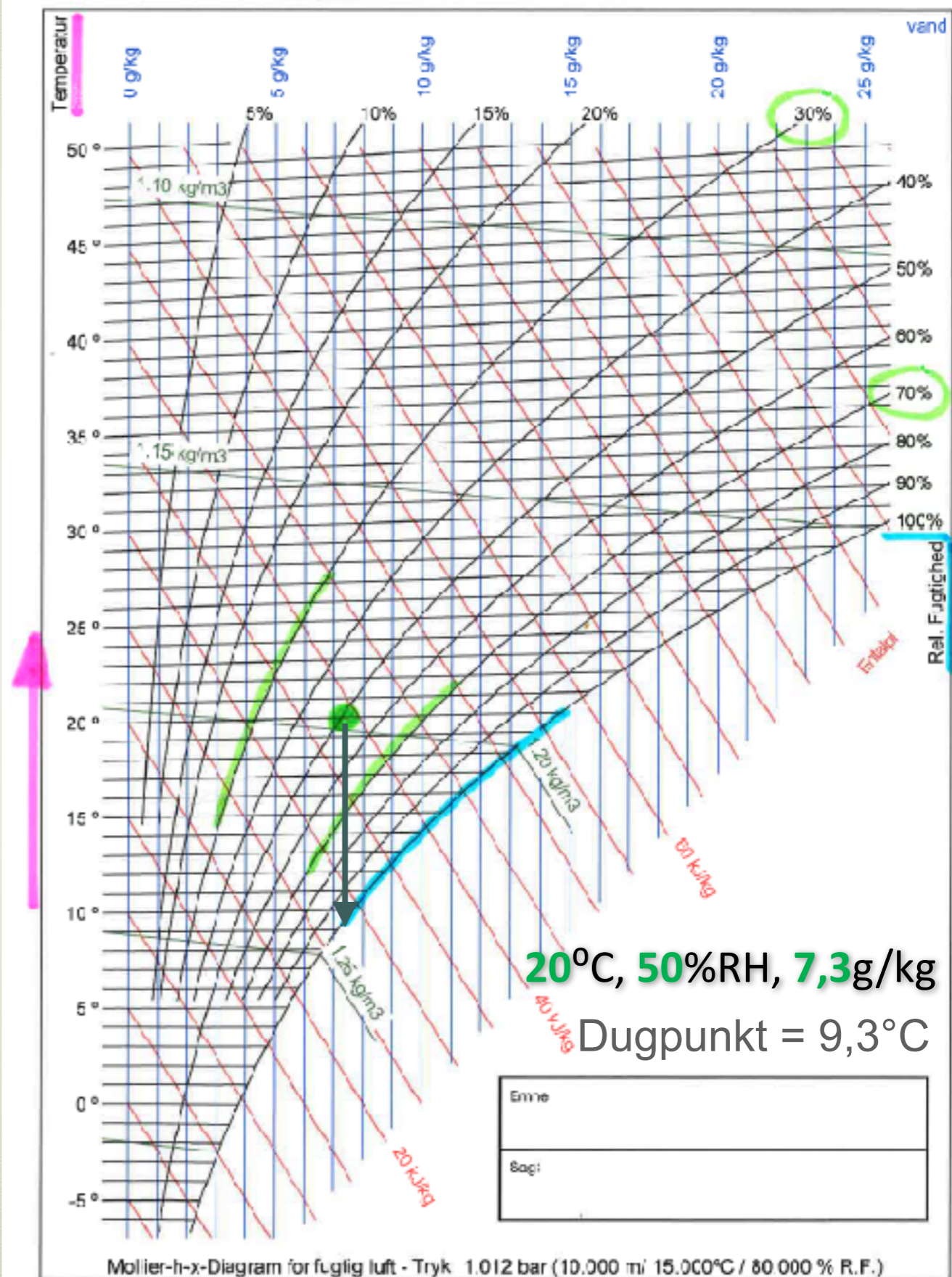
Point Values

Point	Tdb [°C]	X [g/kg]	H [kJ/kg]	RH [%]	ρ [kg/m ³]	Pv [Pa]	Tdew [°C]	Twb [°C]
0	21	7.7	40.8	50	1.194	1244	10.2	14.5
1	21	15.7	60.9	100	1.189	2488	21	21

HX - diagrammet (biblen)

Få overblikket

- 1: Temperatur, °C
- 2: Fugtighed, %RH
- 3: Vandindhold, g/kg
- 4: Dugpunkt, °C



20°C, 50%RH, 7,3g/kg
Dugpunkt = 9,3°C

Referenceåret

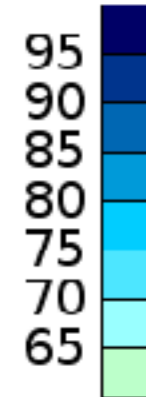
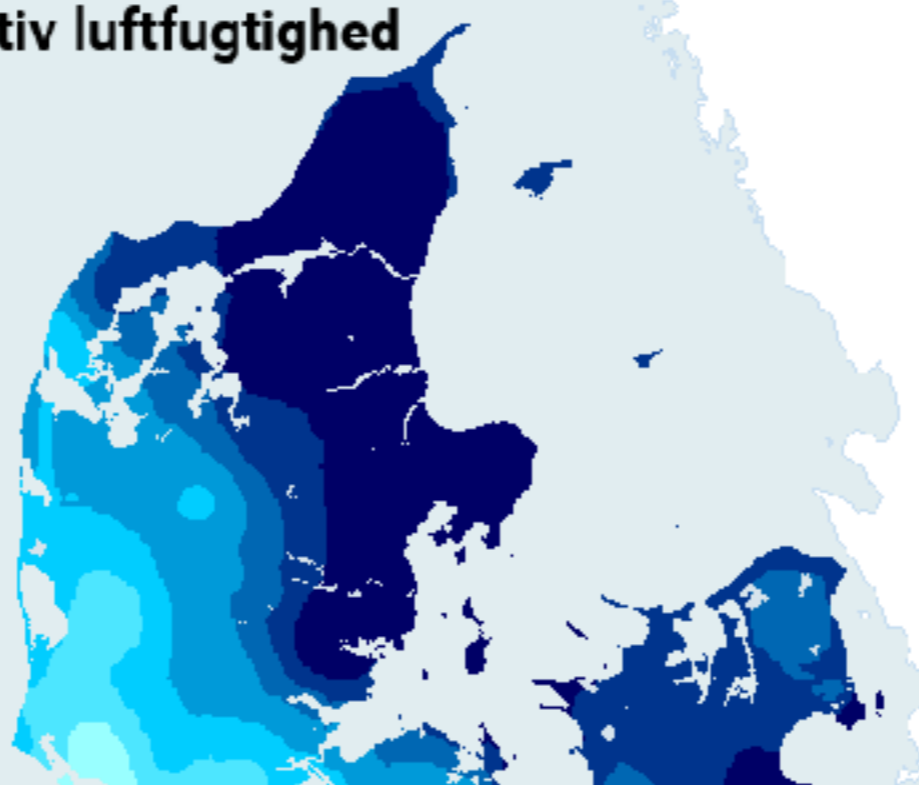
* Den relative fugtighed (Odense) %RF

Tids- punkt	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Kl. 08.00	91	90	89	84	77	77	81	85	89	91	92	91
Kl. 14.00	88	83	77	69	62	64	66	68	72	77	86	89
Kl. 21.00	91	90	89	86	81	83	85	89	90	91	91	92



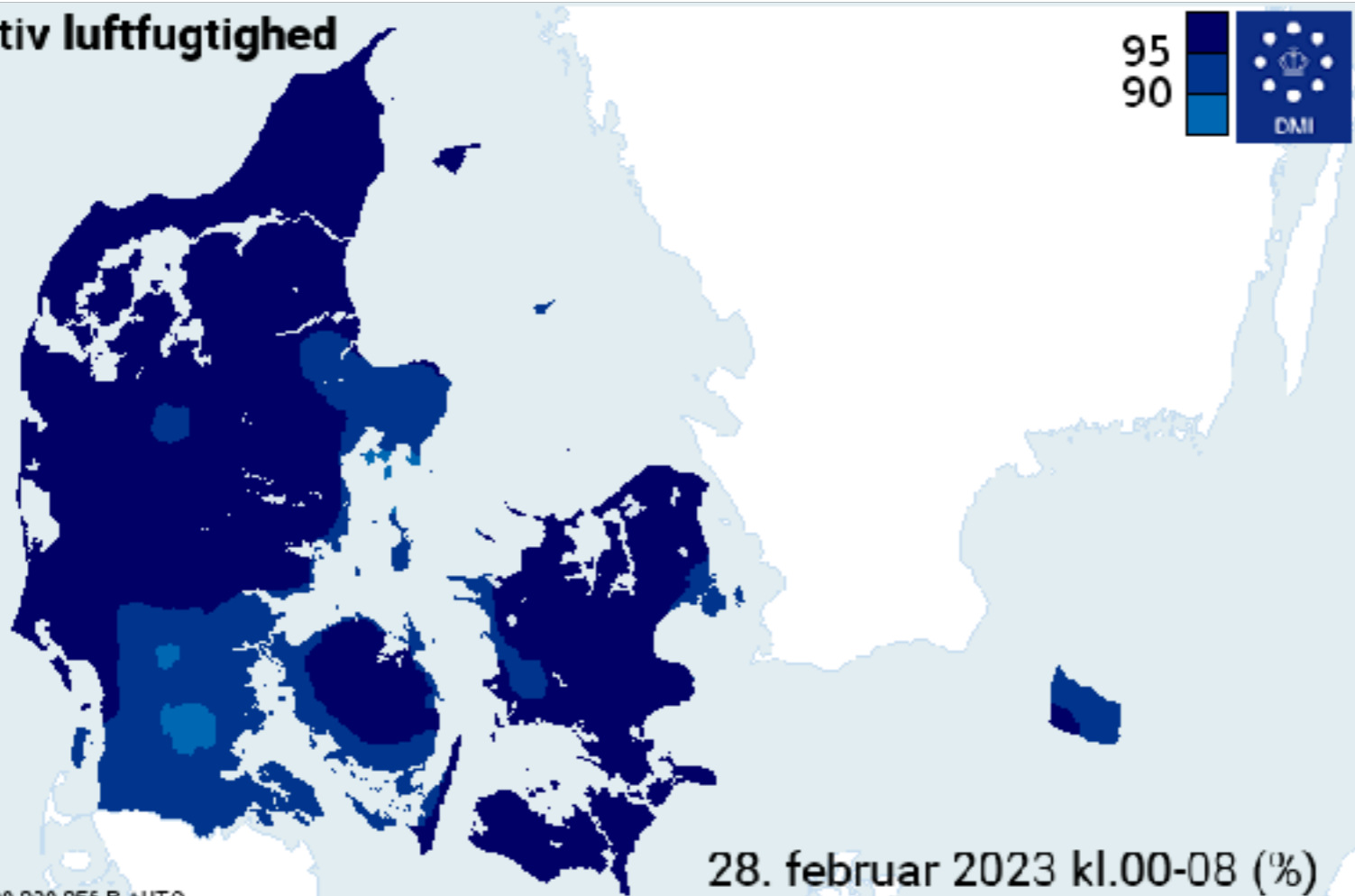
Middel relativ luftfugtighed

Fore øblge data



Middel relativ luftfugtighed

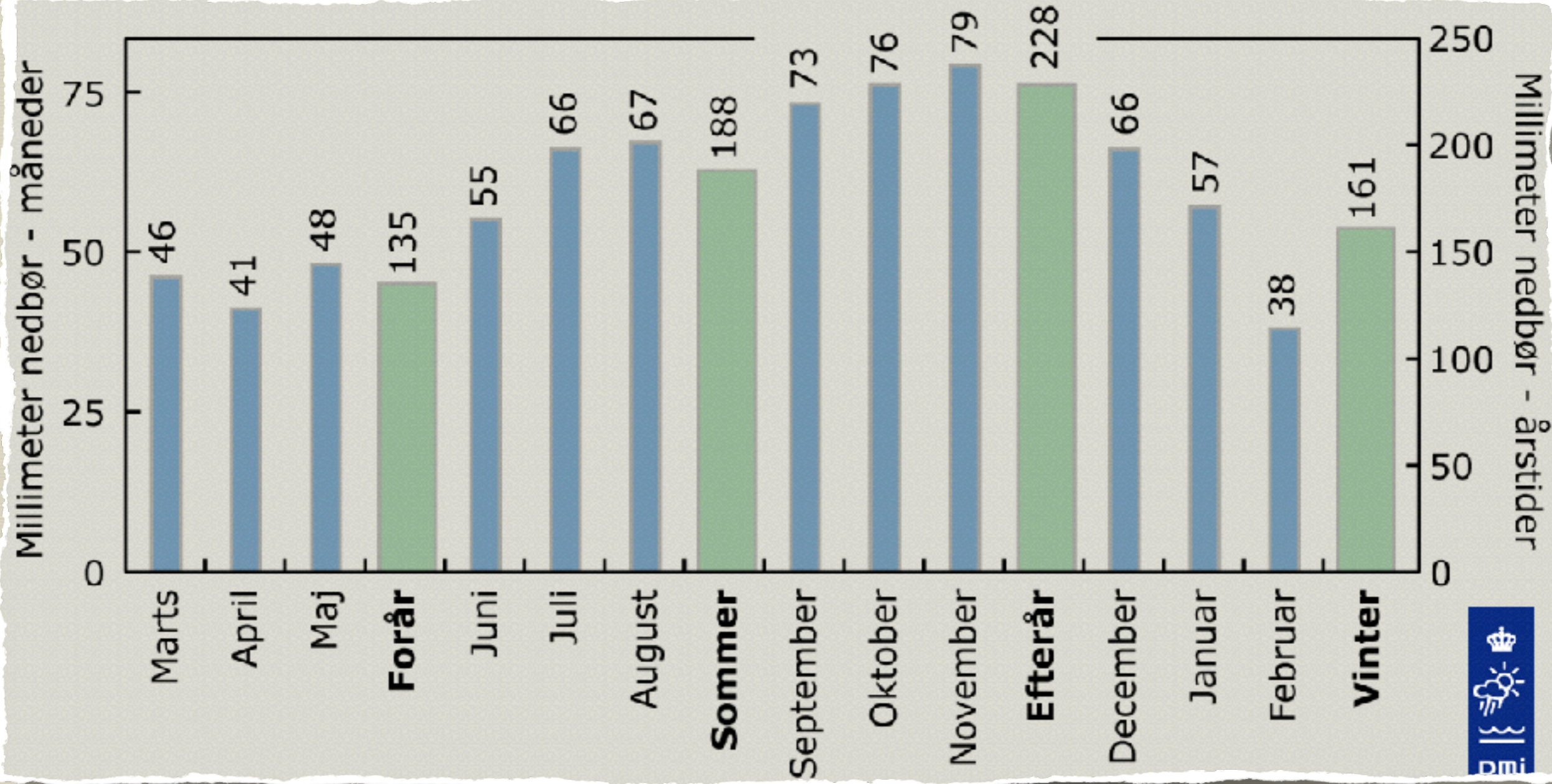
Foreløbige data



9. marts 2022 (%)

28. februar 2023 kl.00-08 (%)

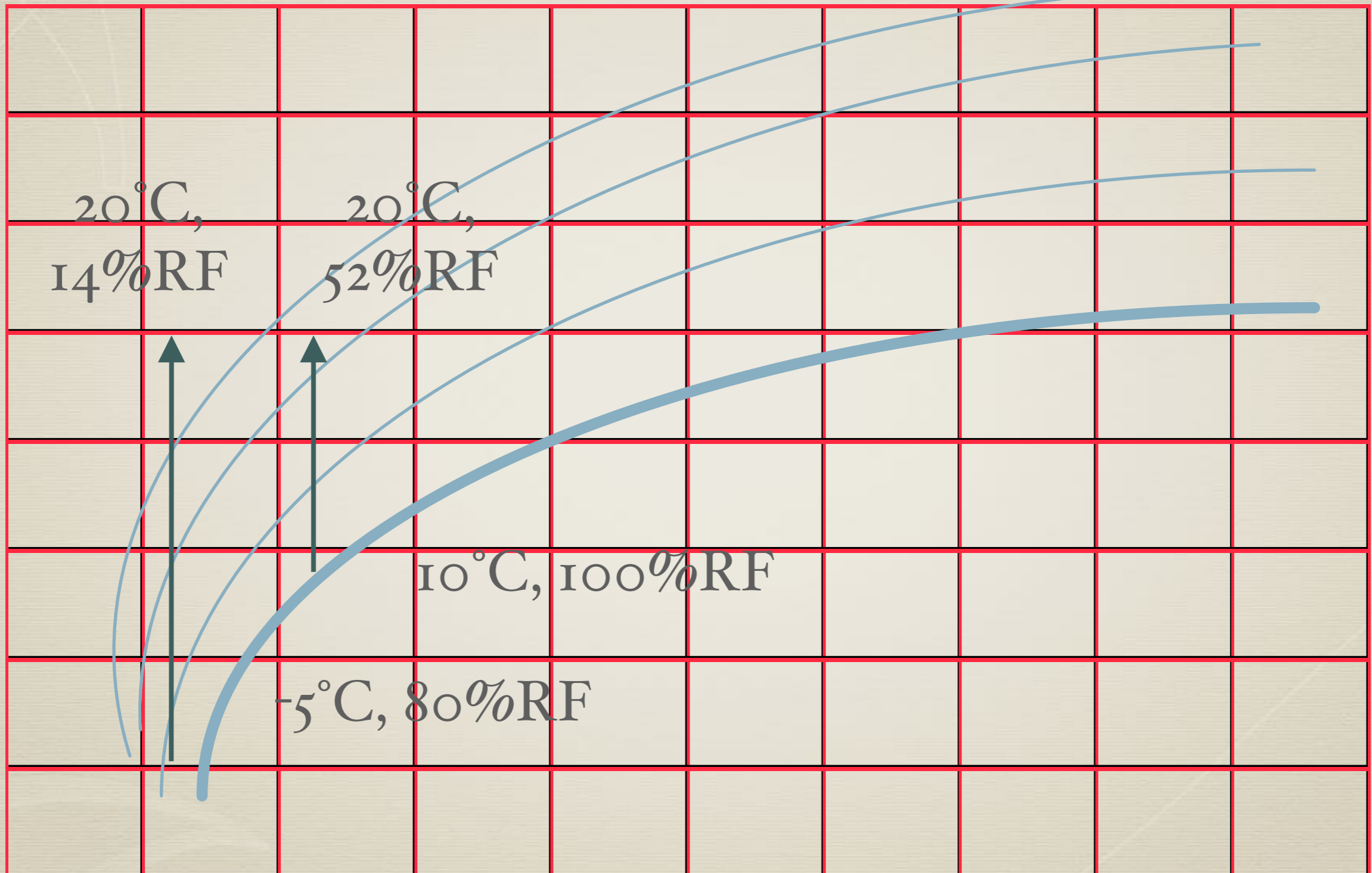
Forårstiden er ”tørrest”



Hvordan kan vi affugte?

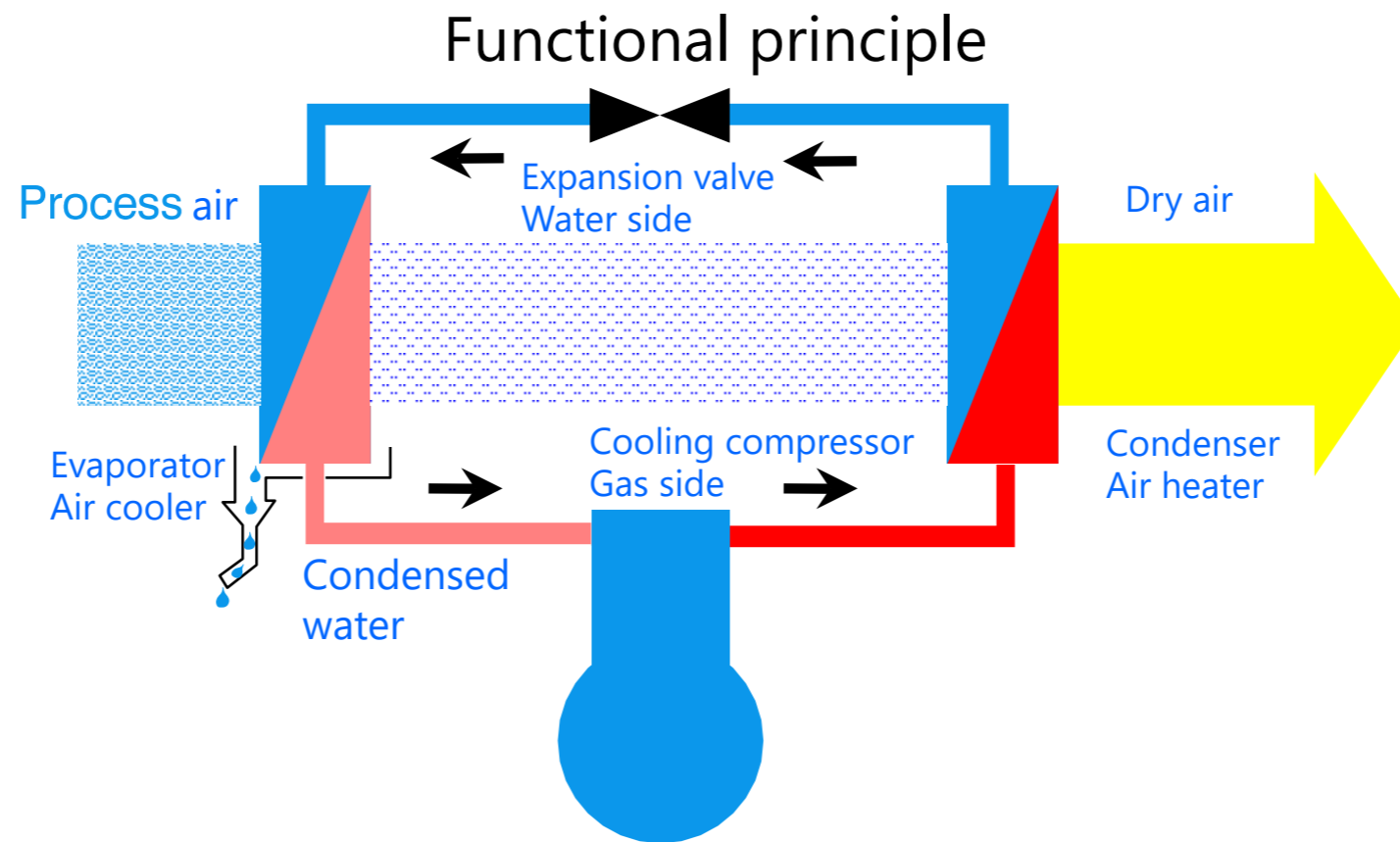
- * a) hvordan sænke luftens %RF?
 - * ved opvarmning

Opvarmning



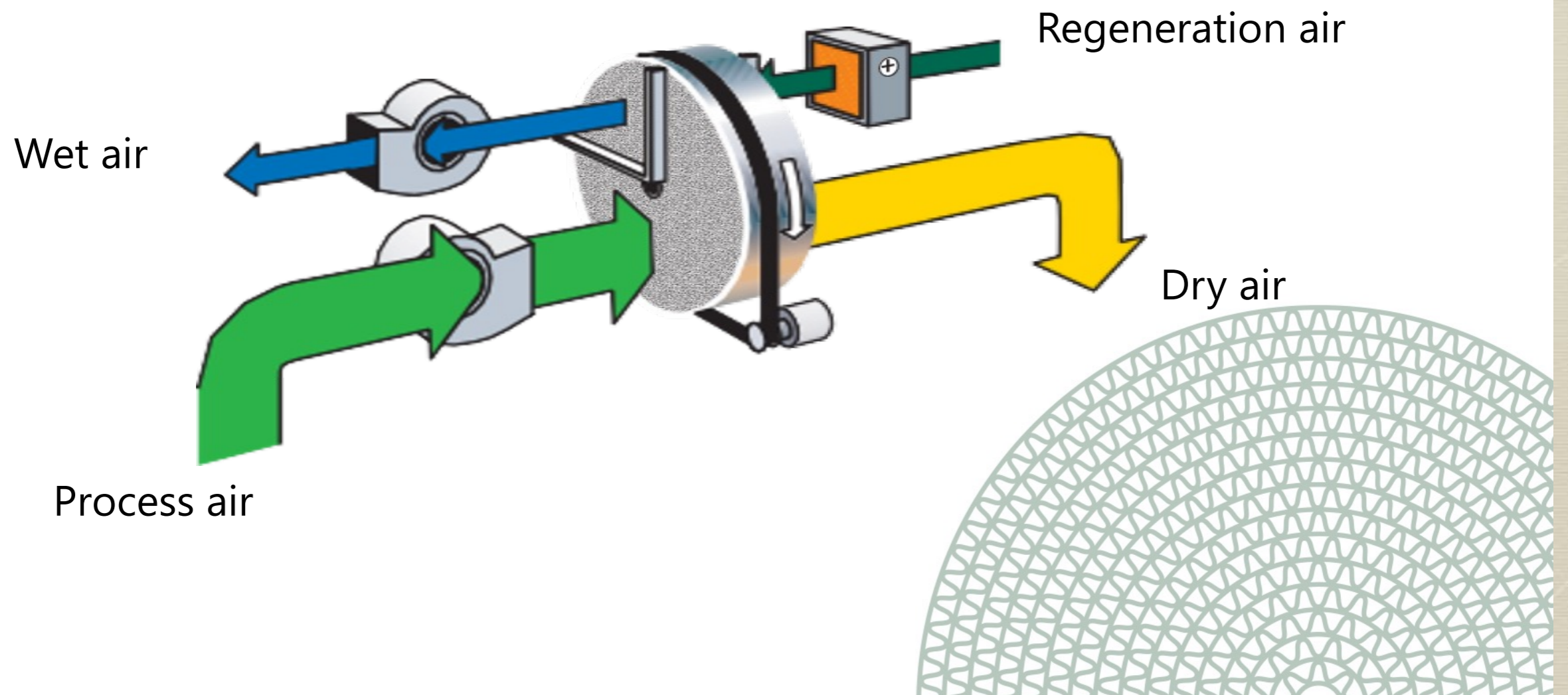
Hvordan kan vi affugte?

Cooling dehumidifier



Hvordan kan vi affugte?

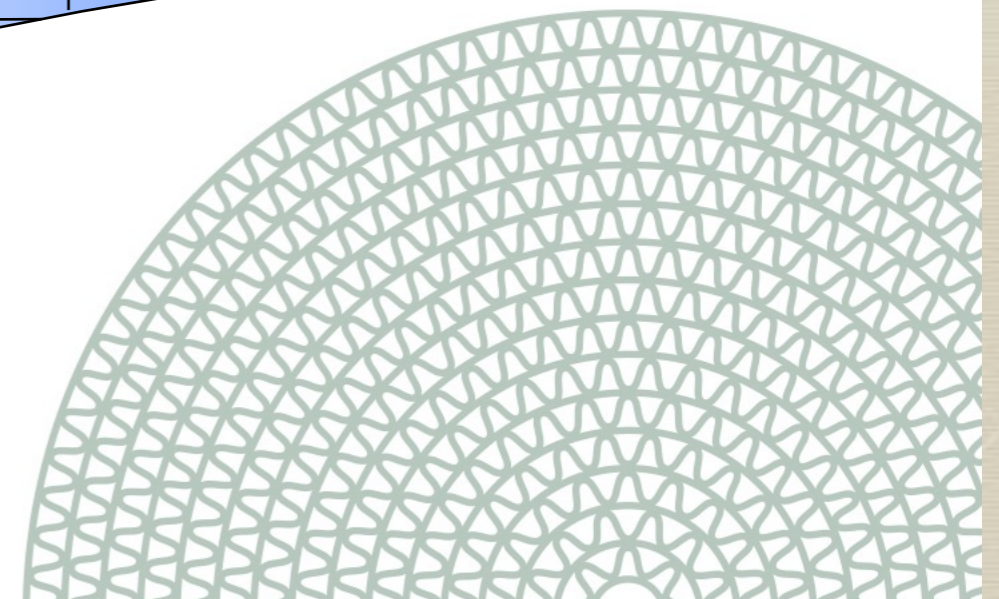
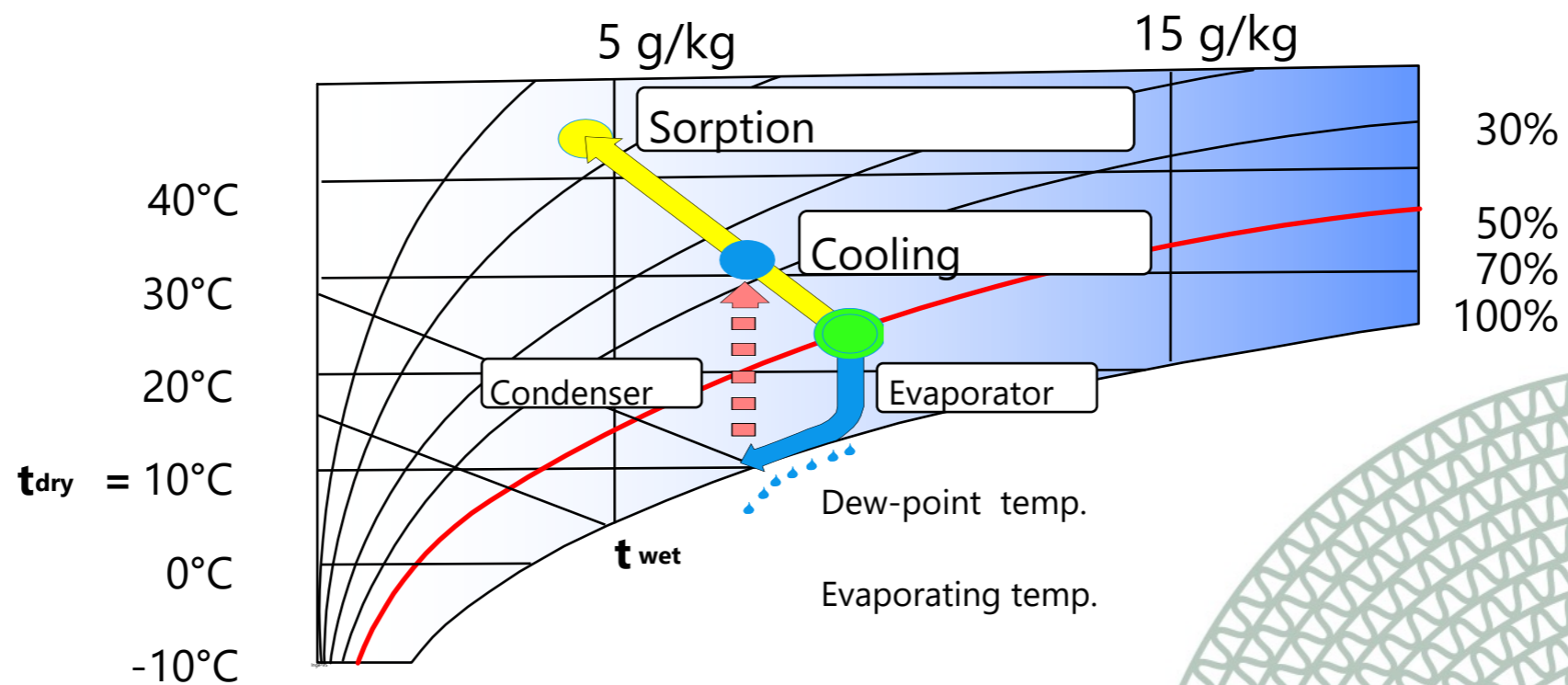
Sorption dehumidifying



Hvordan ser det ud i i/x-diagrammet

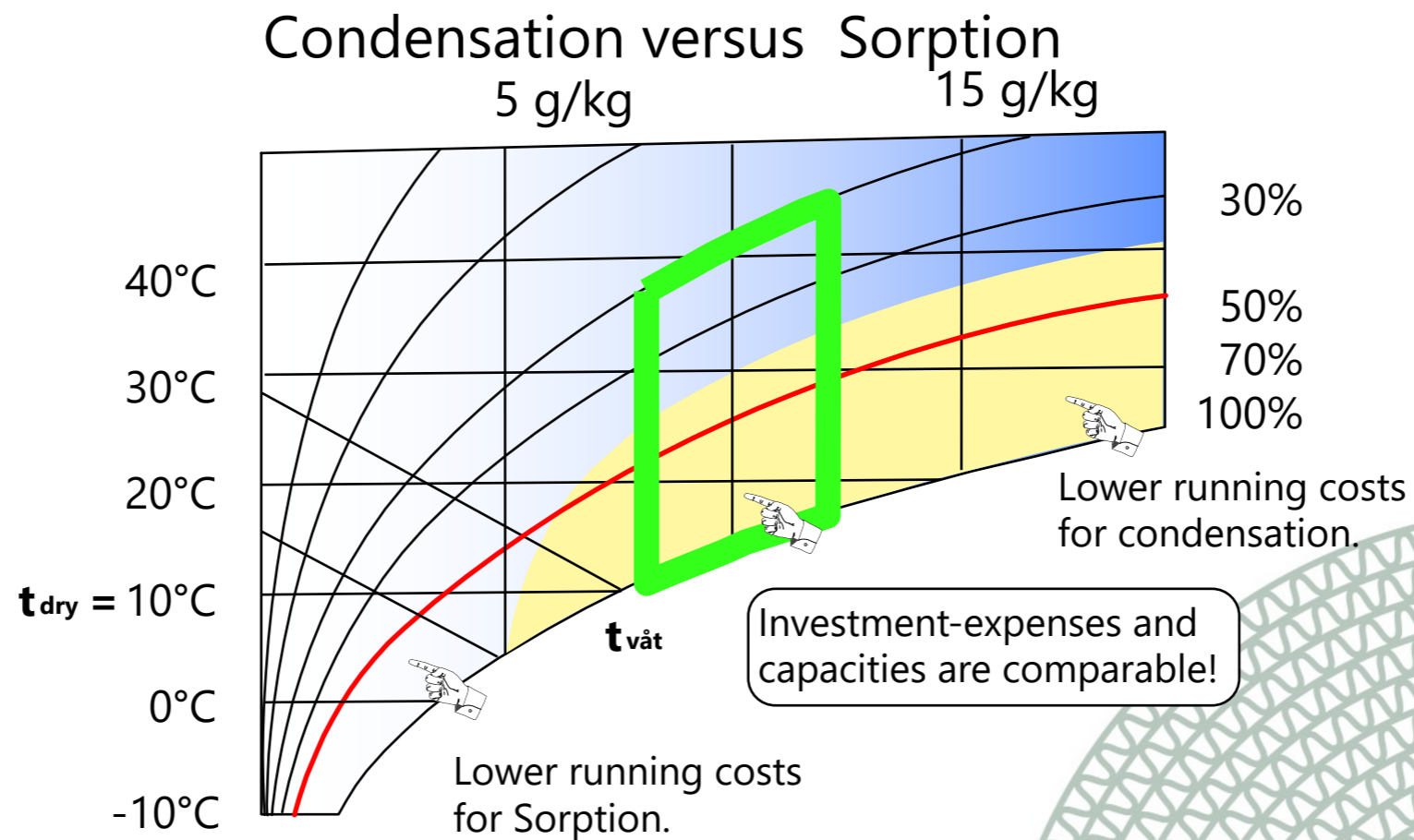
Methods of dehumidification

Cooling versus Sorption



Køling contra adsorptionsaffugtning

Expense comparison



Hvorfor er relativ fugtighed vigtig?

Korrosionskurver for stål

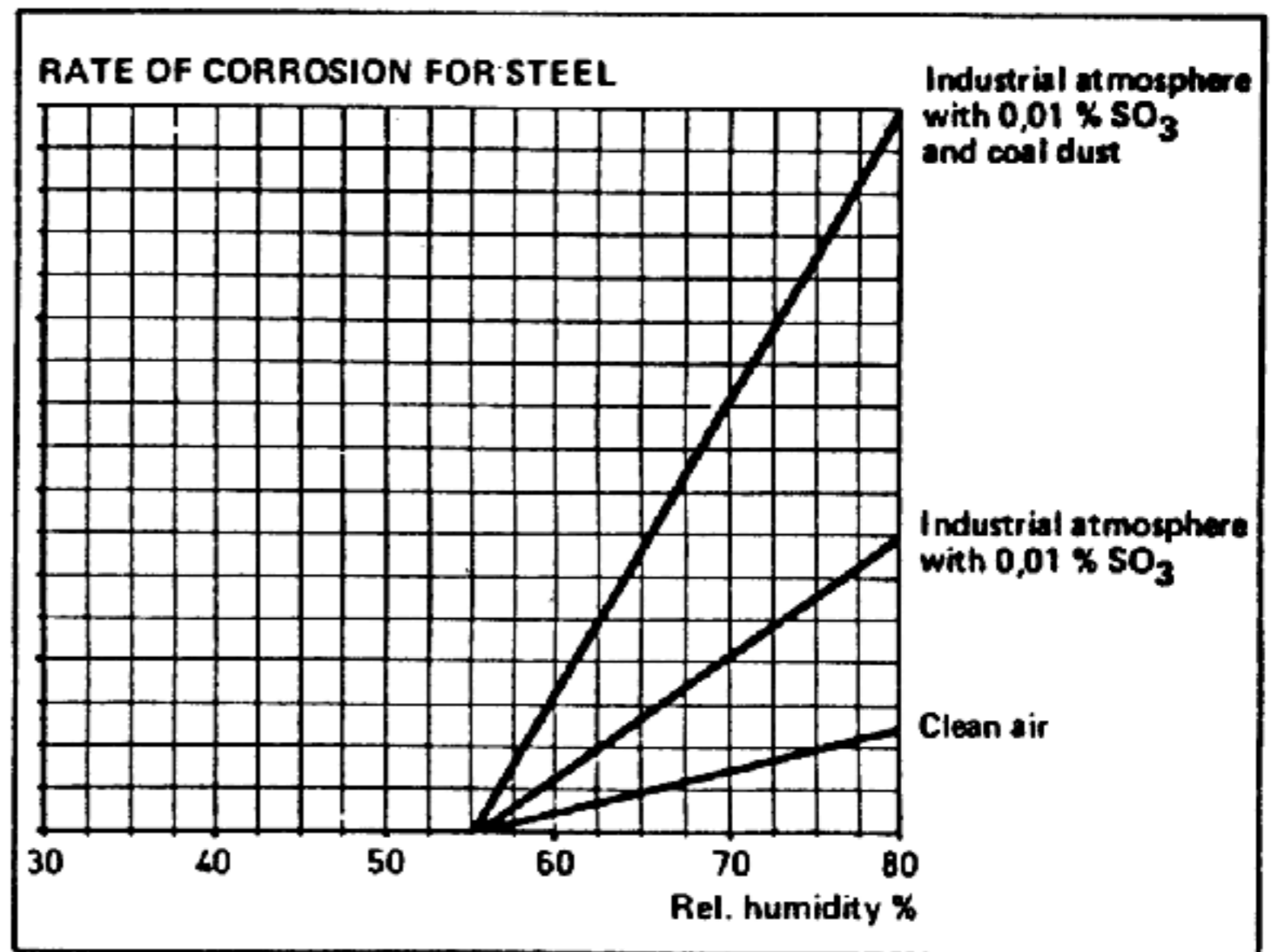
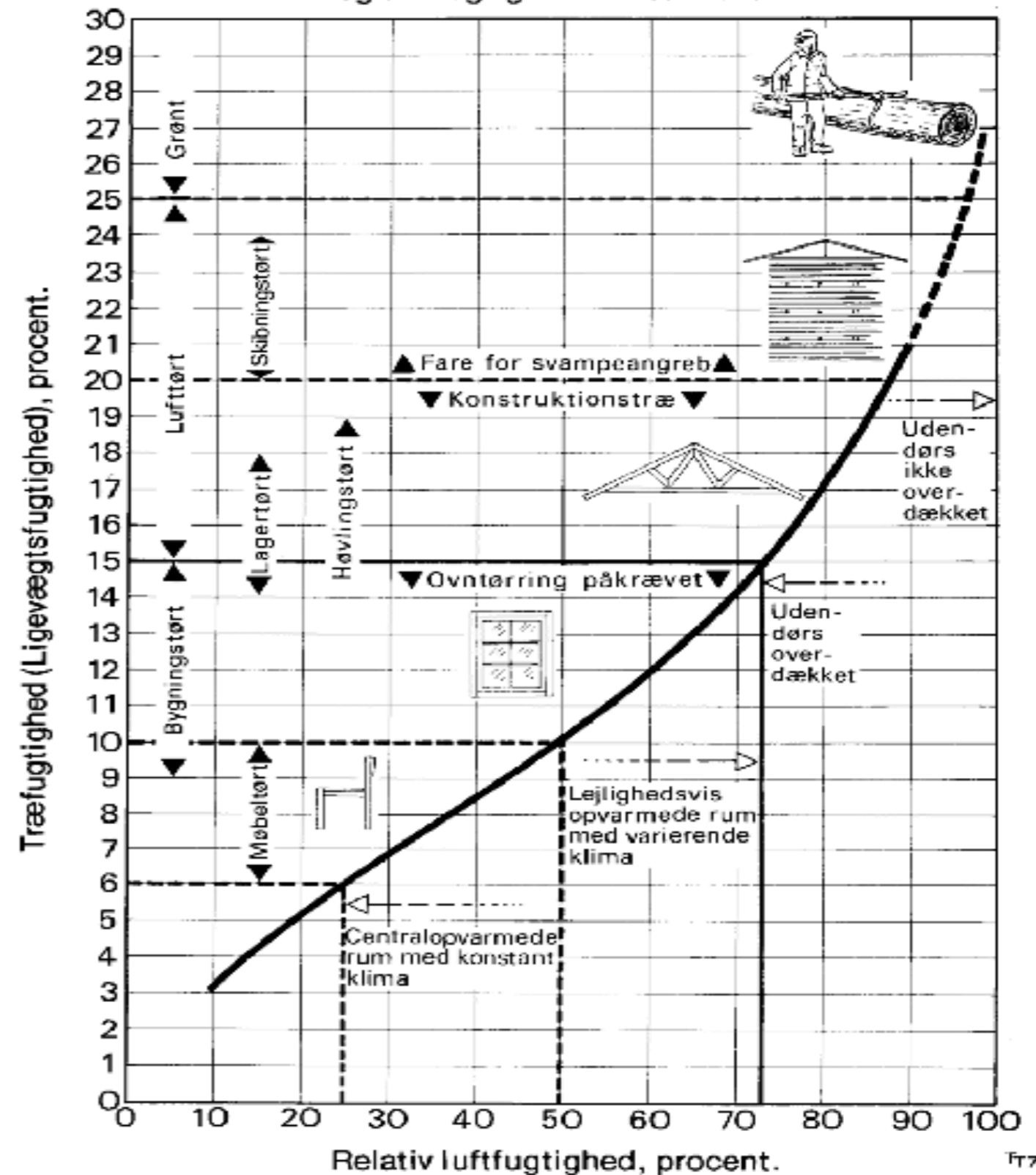


Fig. 6.10.1.

Sorptionsisoterm for træ

Sammenhæng mellem relativ luftfugtighed og træfugtighed ved ca. 20°C.

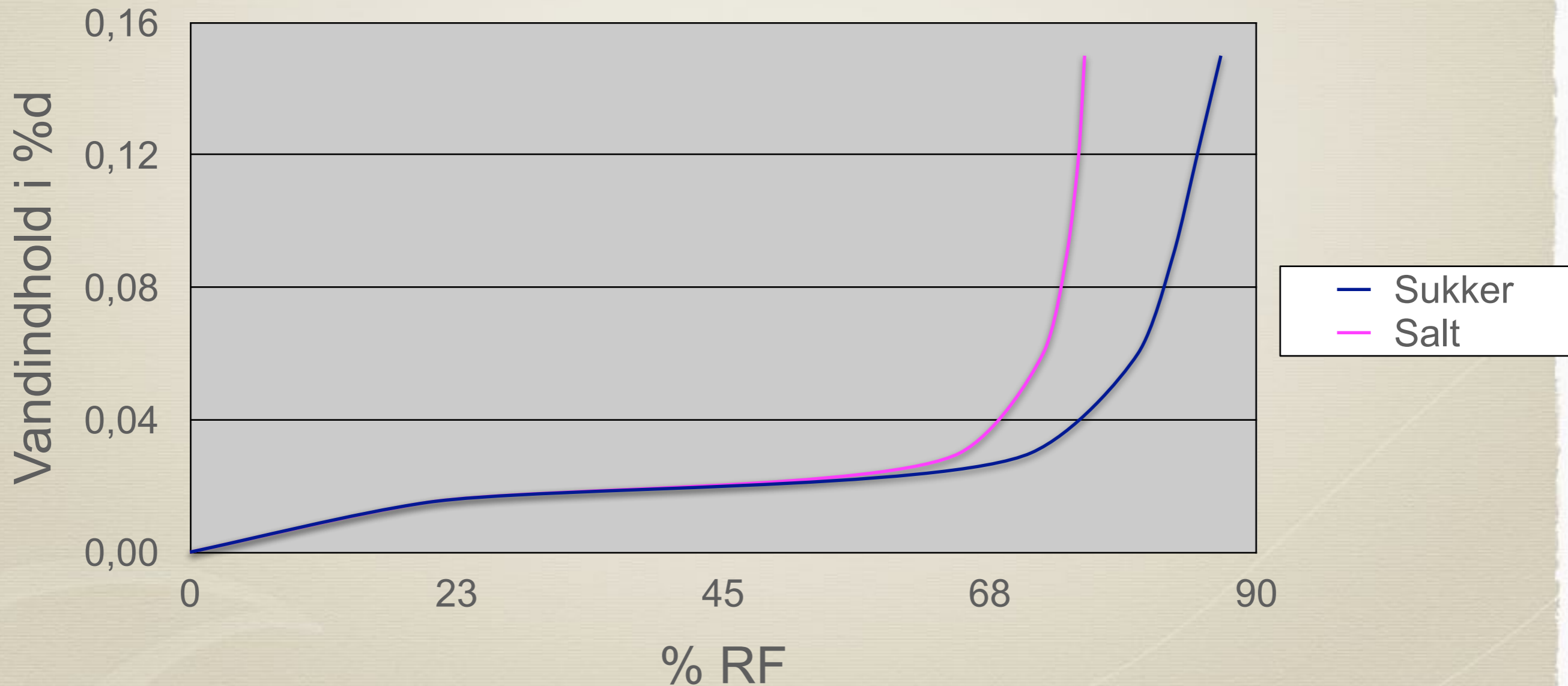


Eksempel:

Opbevares træ ved ca. 80% relativ luftfugtighed og ca. 20°C vil det med tiden indstille sig på ca. 17% fugtindhold. (På nederste vandrette skala opsøges 80% relativ luftfugtighed og linien følges herfra lodret op til skæring med den krumme kurve. Fra dette skæringspunkt følges linien vandret til venstre til skæring med den lodrette skala og ligevægtsfugtigheden 17% aflæses). Træ med ca. 17% fugtindhold betegnes lagertørt og vil være velegnet udendørs under tag.

Salt & Sukker

Sorptionsisotermer Salt & Sukker



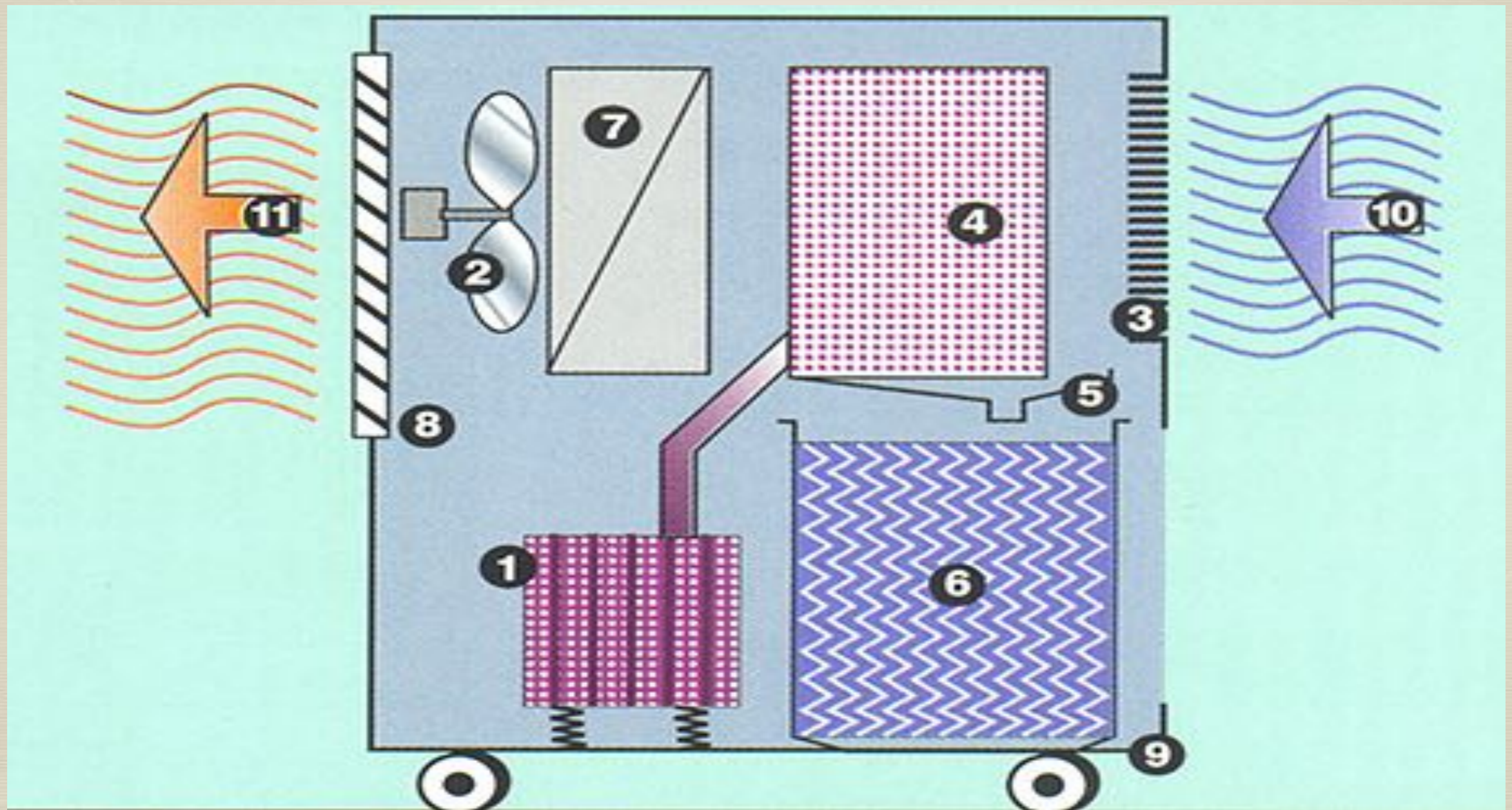
Affugter typer



Kondensaffugter

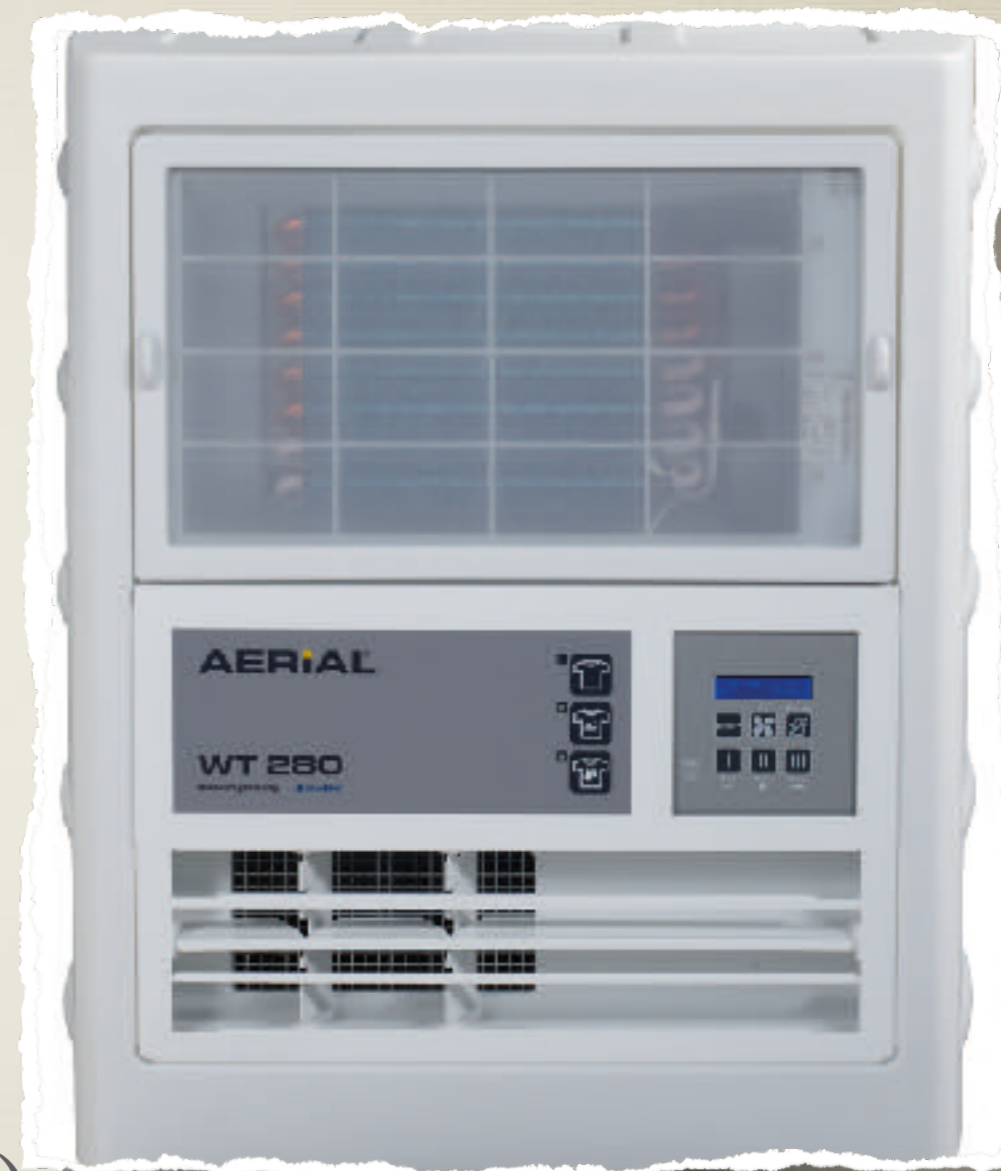
- * Kendetegn, standardaffugter:
 - * Funktionsområde:
 - +5 ... +30°C
 - 40 ... 100%RF
 - * “Stor luftmængde, lille spec. kapacitet”
 - * Normalt ikke for kanaltilslutning
 - * Prismæssigt: Små affugtere er billige, store er dyre (sammenlignet med adsorptionsaffugtere)
 - * stigende kapacitet jo højere temperatur

Princip kondensaffugter



Anvendelse

- * tøjtørring
- * baderum
- * kældre
- * swimming- og spa-pools
- * opvarmede lagerrum (min. 10°C)
- * mindre vandværksbygninger
- * bygningsudtørring (opvarmede rum)



Byggeaffugtere

* *Transportable kondensaffugtere fra Aerial, Tyskland*

30°/80%RF

20°/60%RF

10°/70%RF

* AD 740 42 l/døgn – 800w

19 l/døgn – 600w

11 l/døgn – 500w

* AD 750 55 l/døgn – 900w

25 l/døgn – 660w

14 l/døgn – 560w

* AD 770 73 l/døgn – 1015w

30 l/døgn – 710w

18 l/døgn – 558w

* AD 790 90 l/døgn – 1700w

41 l/døgn – 1150w

20 l/døgn – 950w

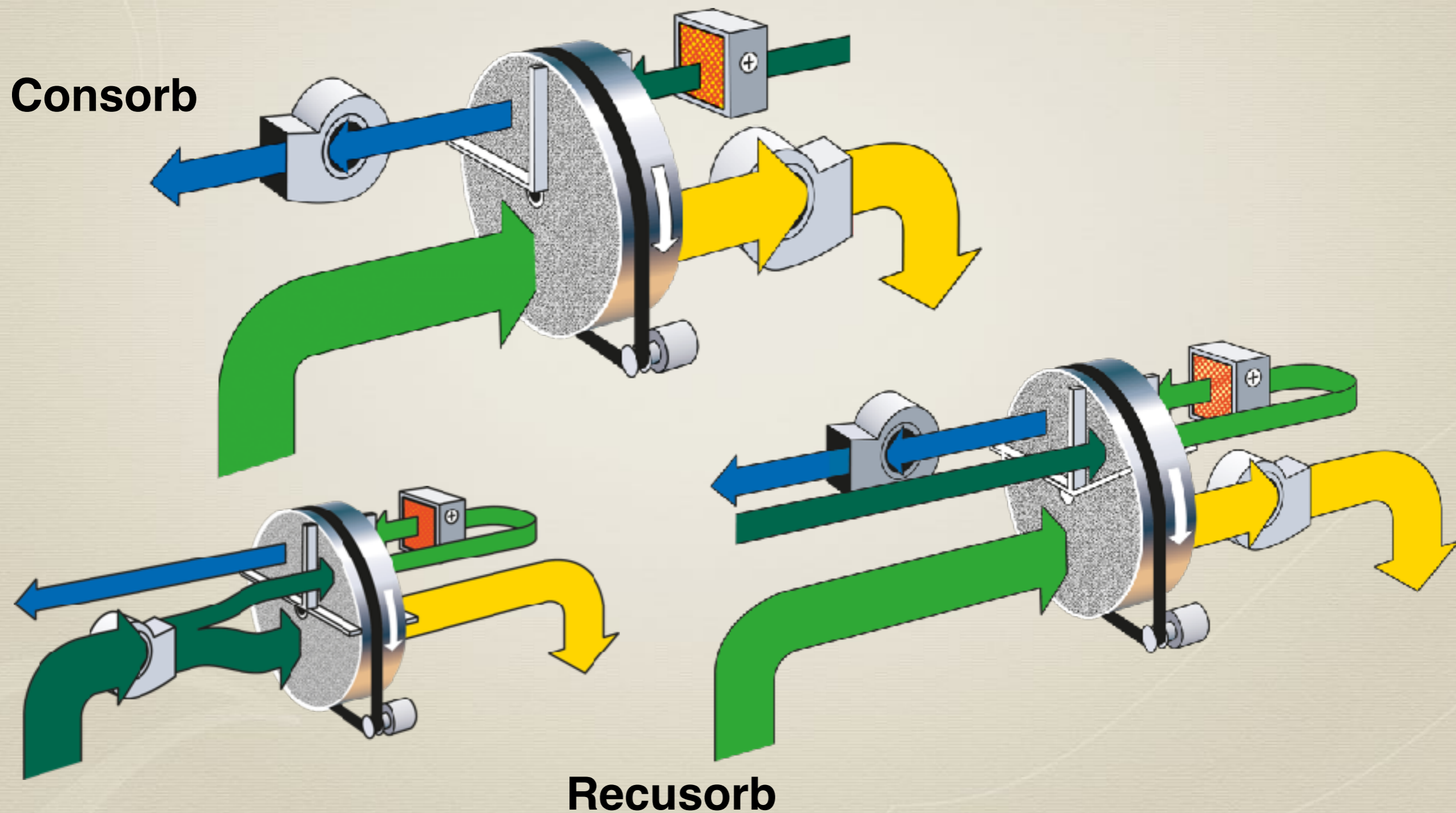


Adsorptionsaffugter

Kendetegn, standardaffugter:

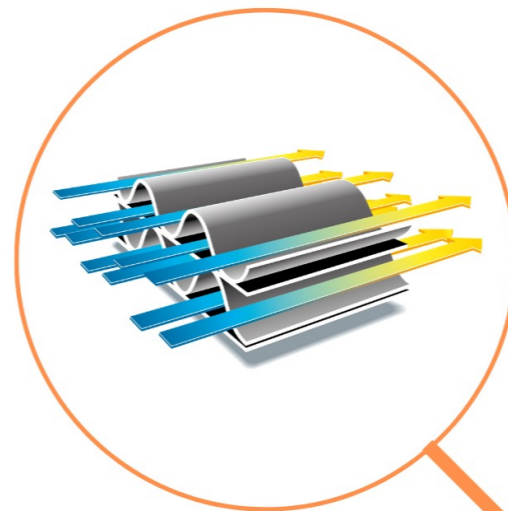
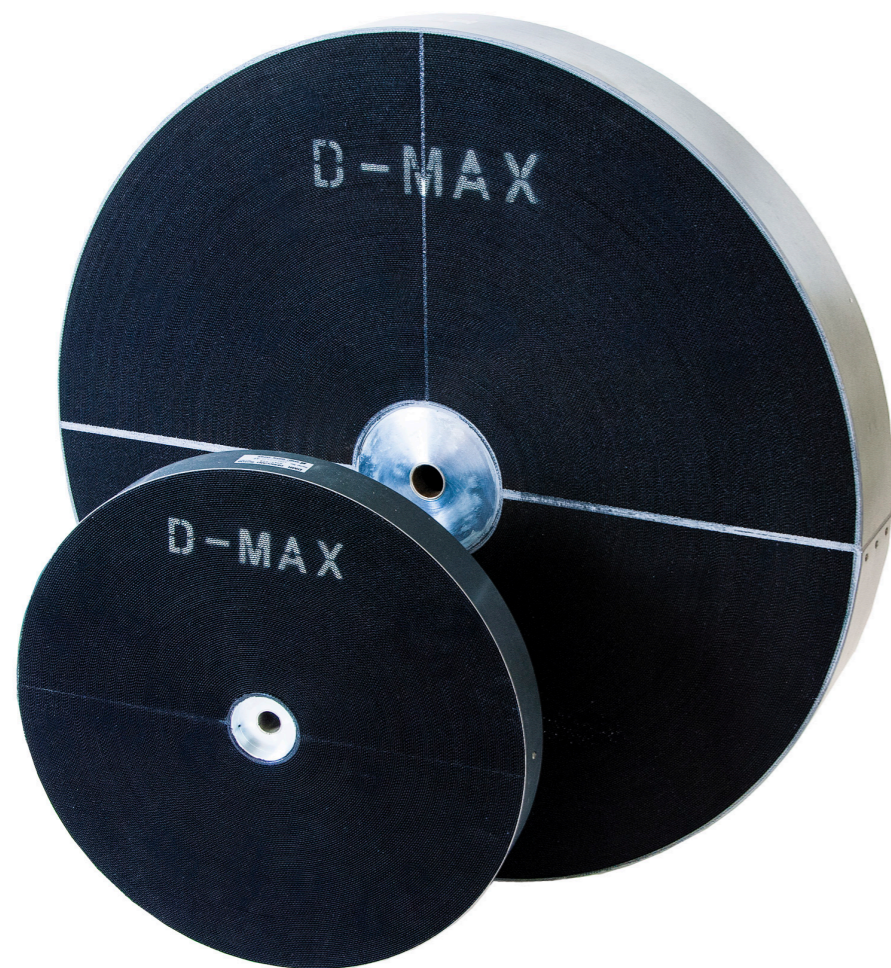
- * Funktionsområde: $-20 \dots +30^{\circ}\text{C}$
- * “Lille luftmængde, stor kapacitet”
- * Standard udført for kanaltilslutning
- * Prismæssigt: Små affugtere er dyre, store affugtere er “billige”
 - * (sammenlignet med kondensaffugtere)
- * stort set konstant specifik kapacitet

Arbejdsprinsipper



Selve rotoren

Sorption rotors

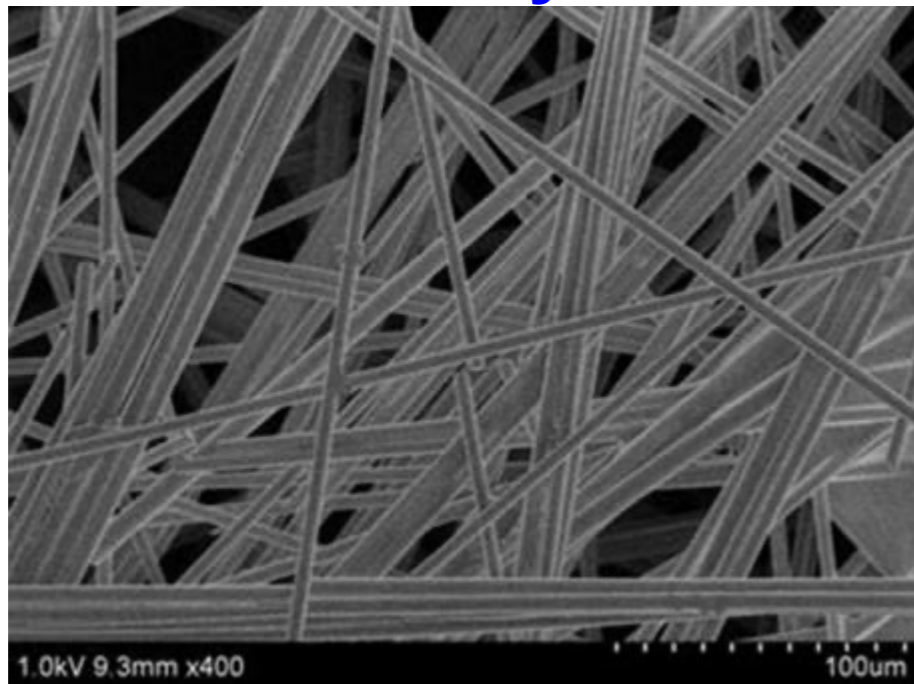


Selve rotoren

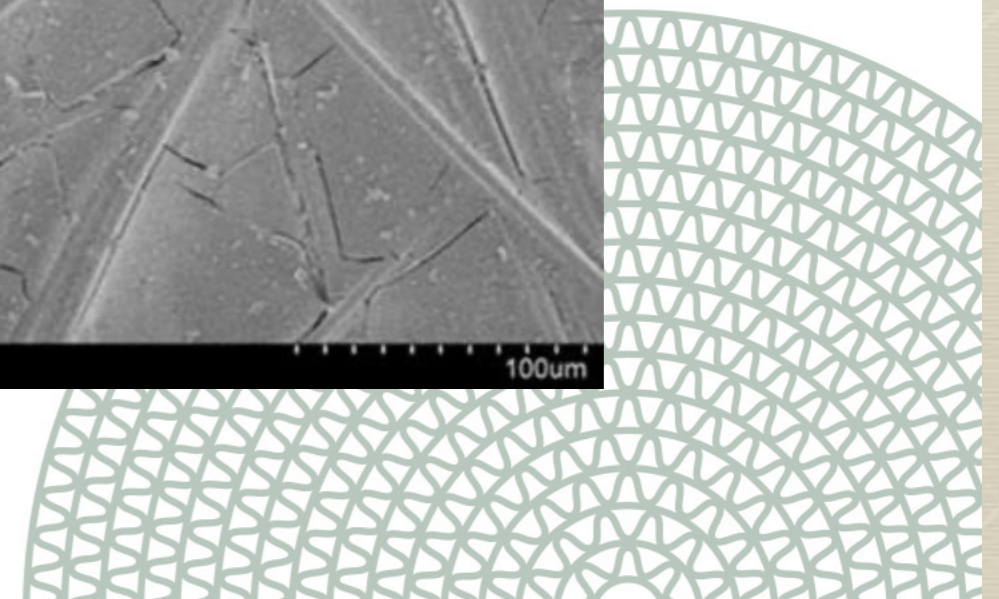
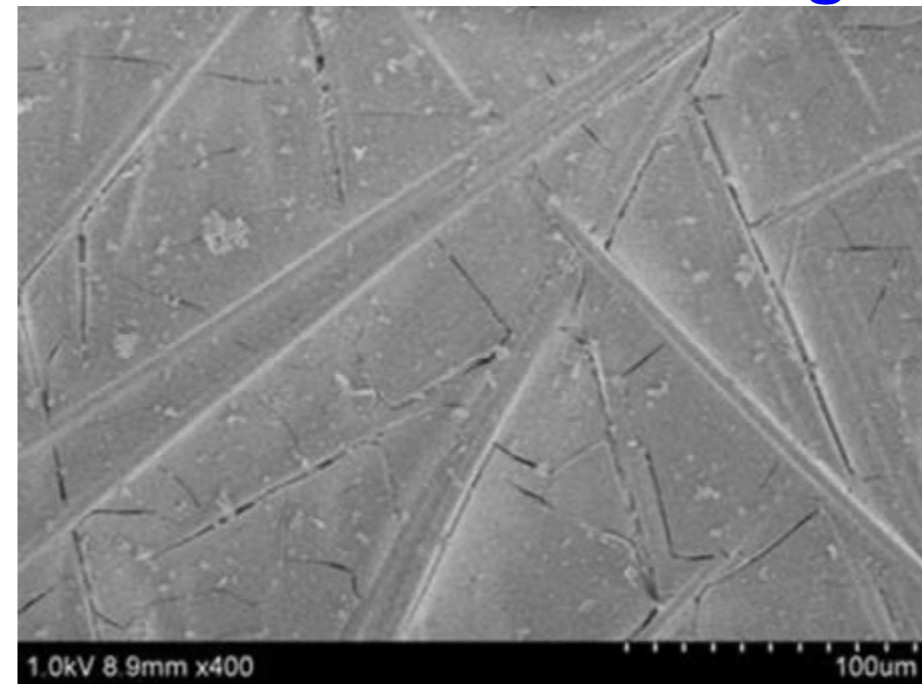
Silica gel bounded to the carrying material = long life time



Glass fiber only

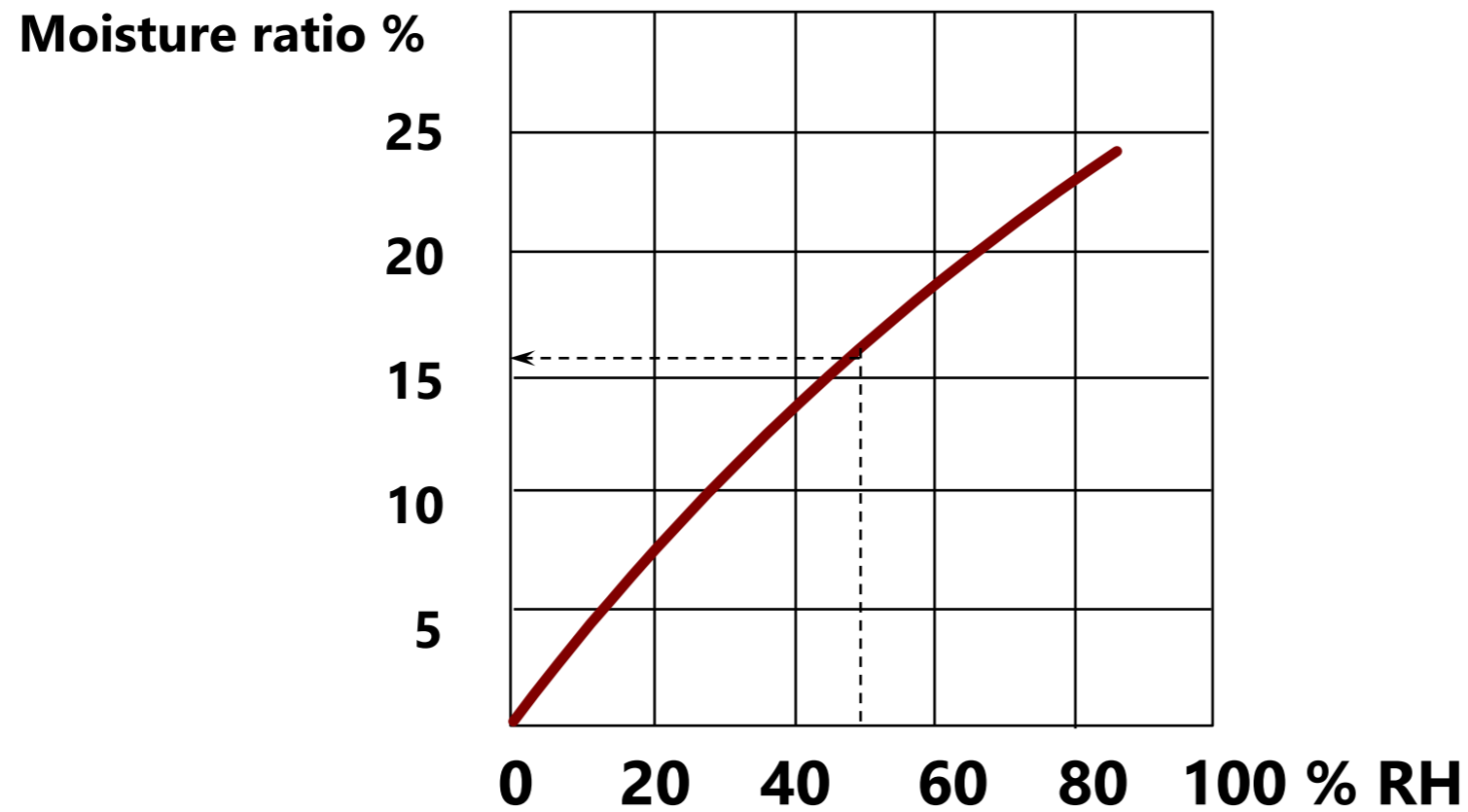


Glass fiber with silica gel



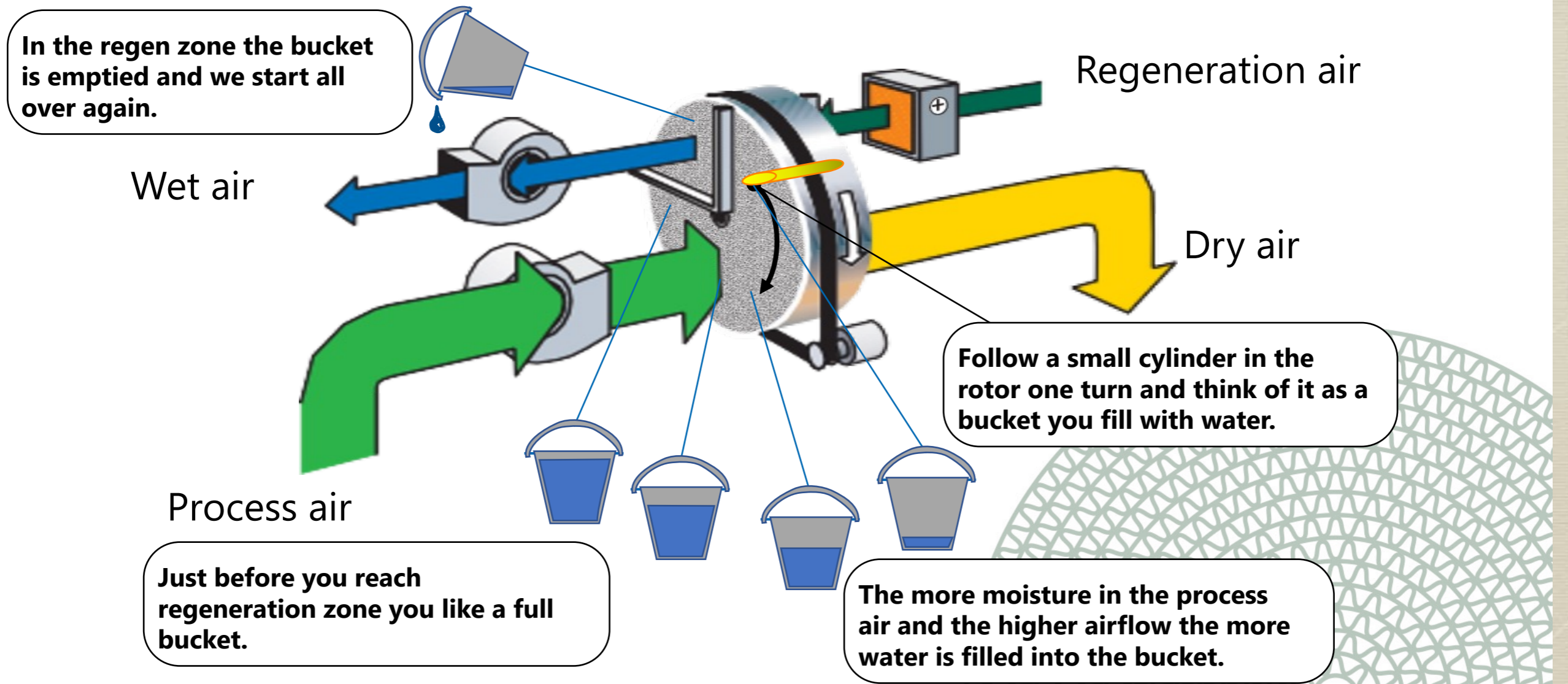
Selve rotoren

Equilibrium curve



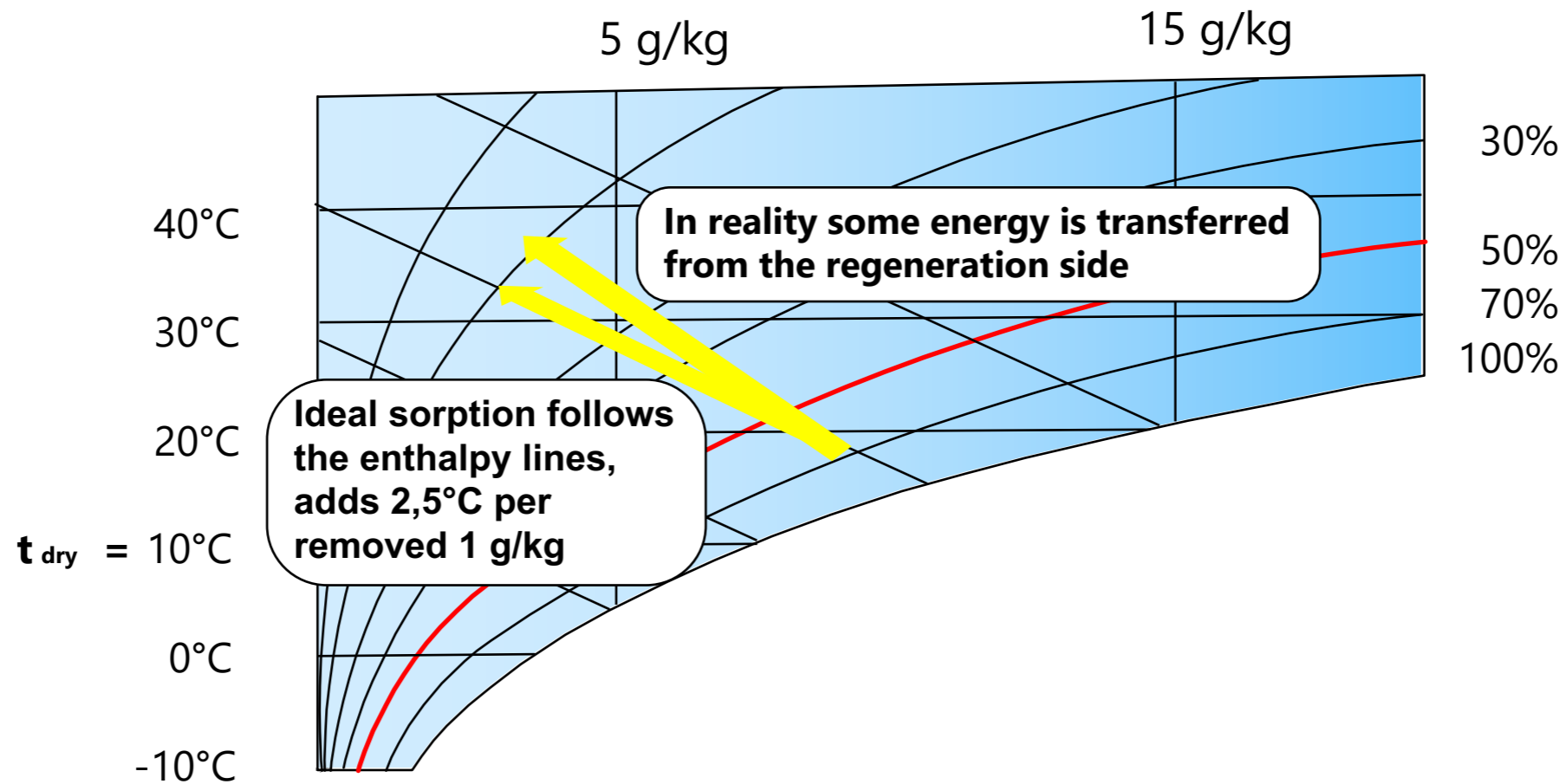
Selve rotoren

Rotors speed of rotation



Selve rotoren

Dry air in the I/X-chart



Mobile affugtere

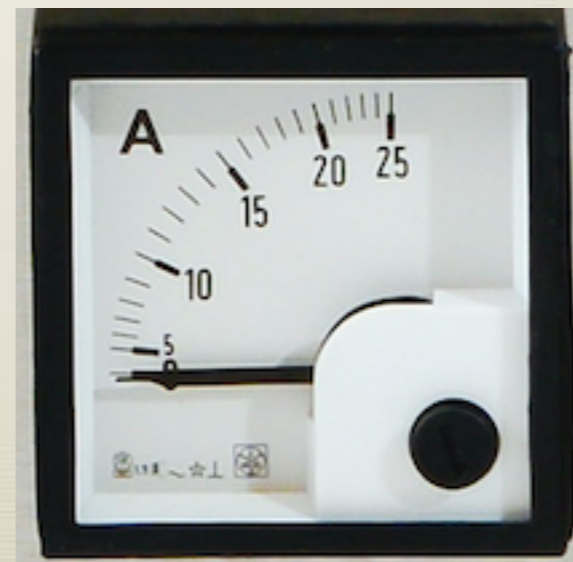


PTC varmelegemer

positiv temperatur koefficient



- * Nem indregulering af regenerations-luft via amperemeteret.
- * Ingen fare for overophedning



DST RL-6I
DST RL-7I
1.300 - 3.200 m³/h
7,5 - 17 kg/h



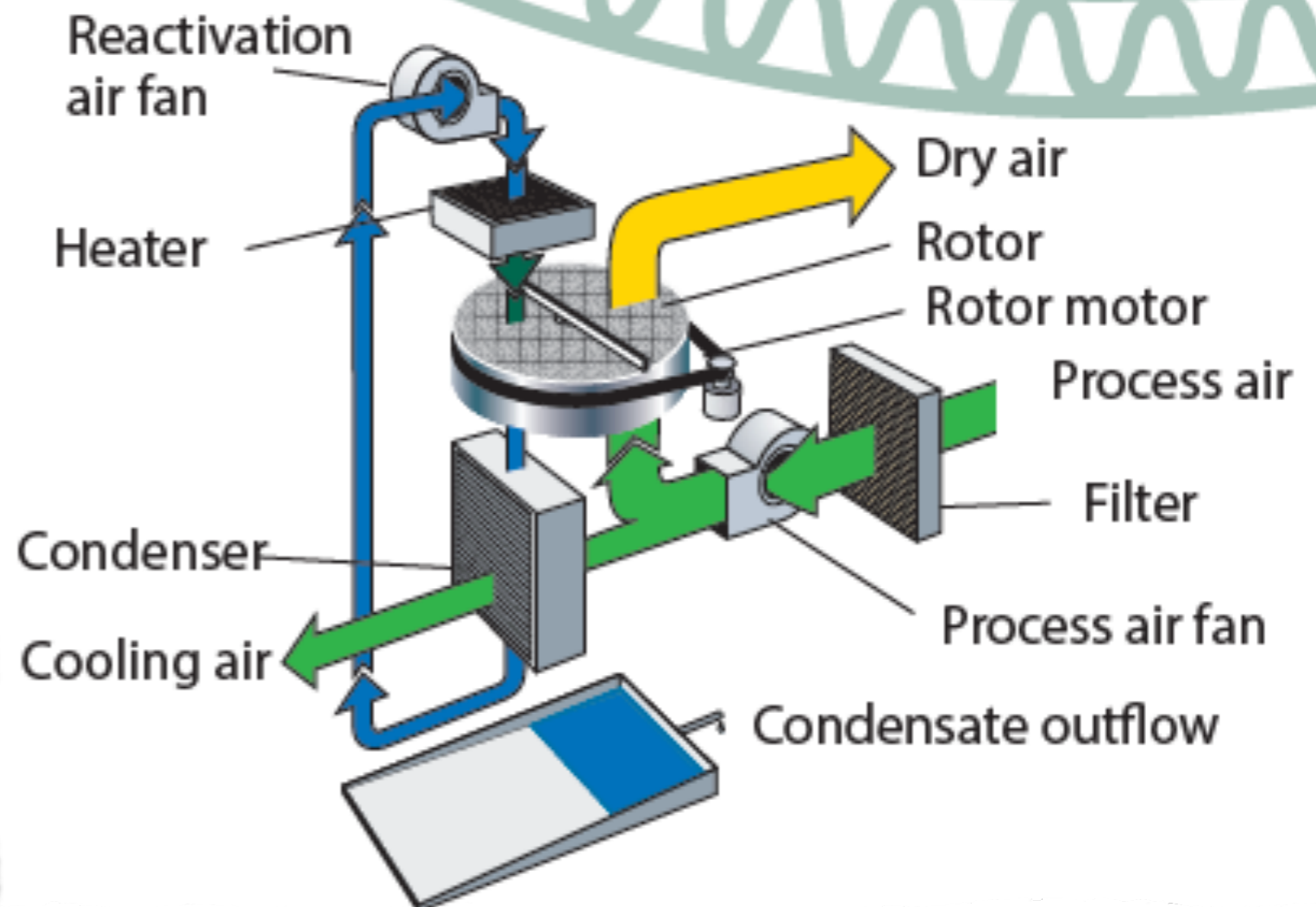


RLZ-81-
104

2.900 - 10.500 m³/h

AQ AquaSorp

Det bedste fra 2 verdener
Adsorption + kondens + pumpe



EFP-8I-102

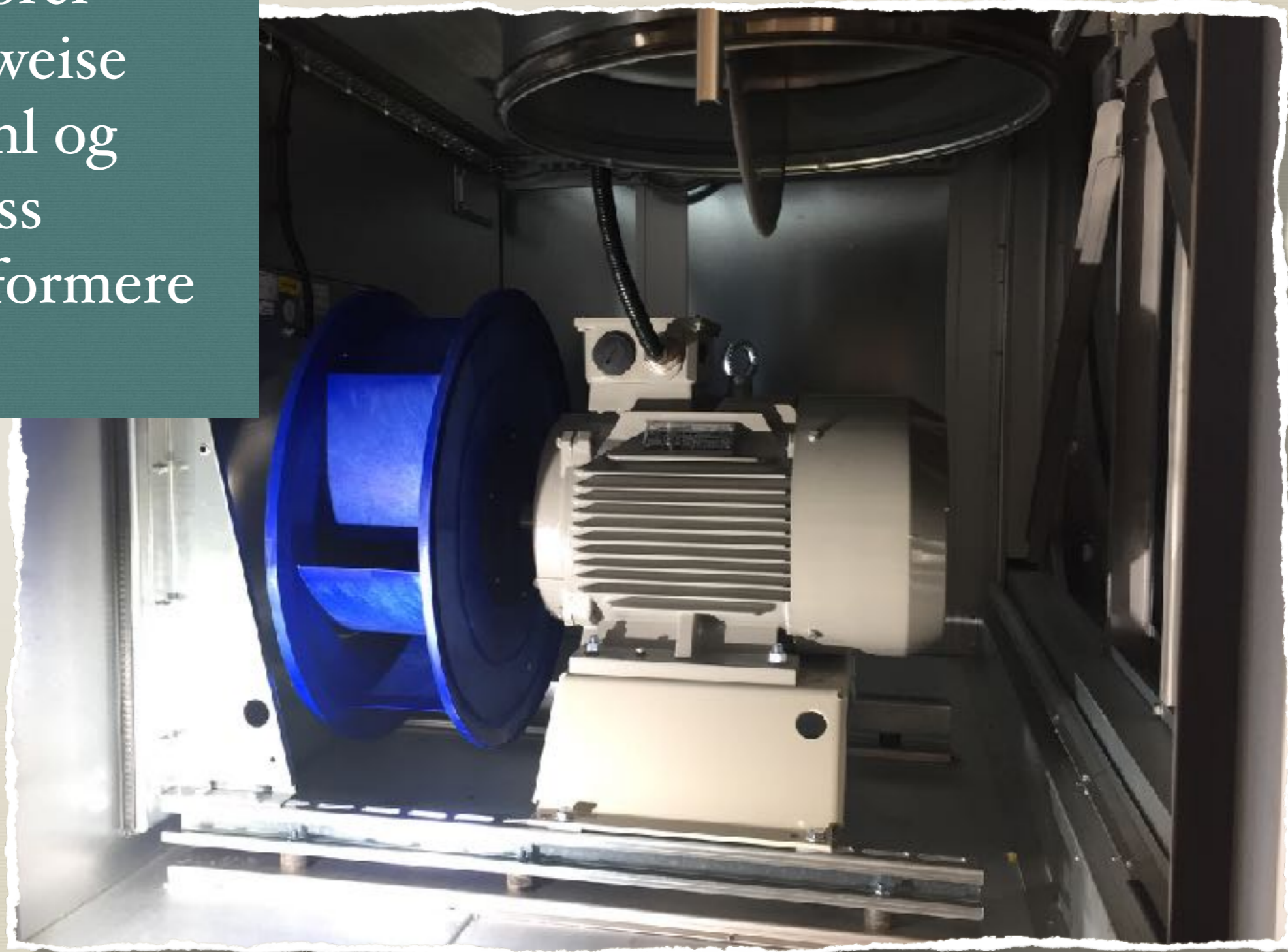
3.000 - 8.500 m³/h 15,4 - 51,4 kg/h



Rotorkassetten



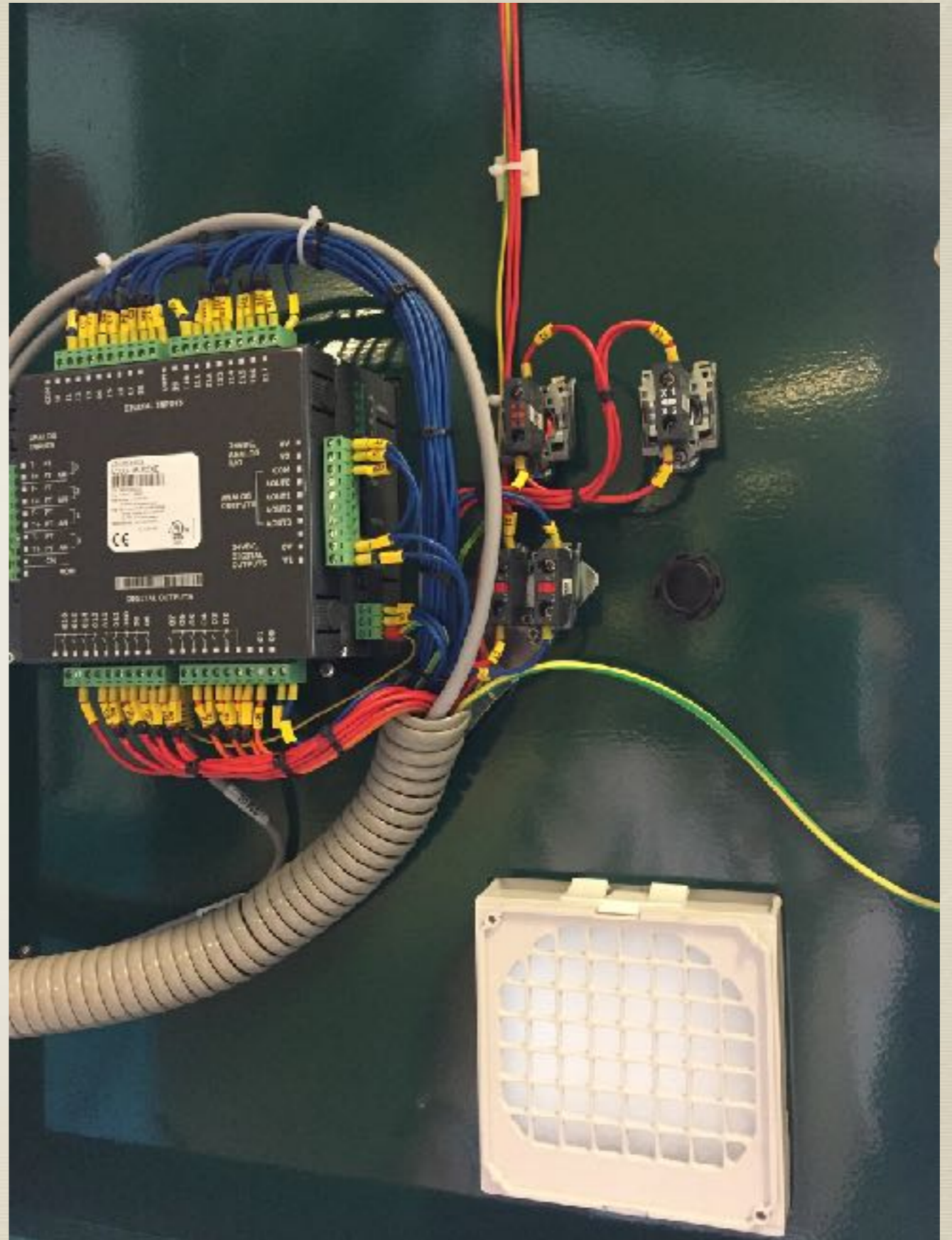
Ventilatorer
normalerweise
Fabr. Ziehl og
Danfoss
frekvensomformere



Gearmotor og remtræk

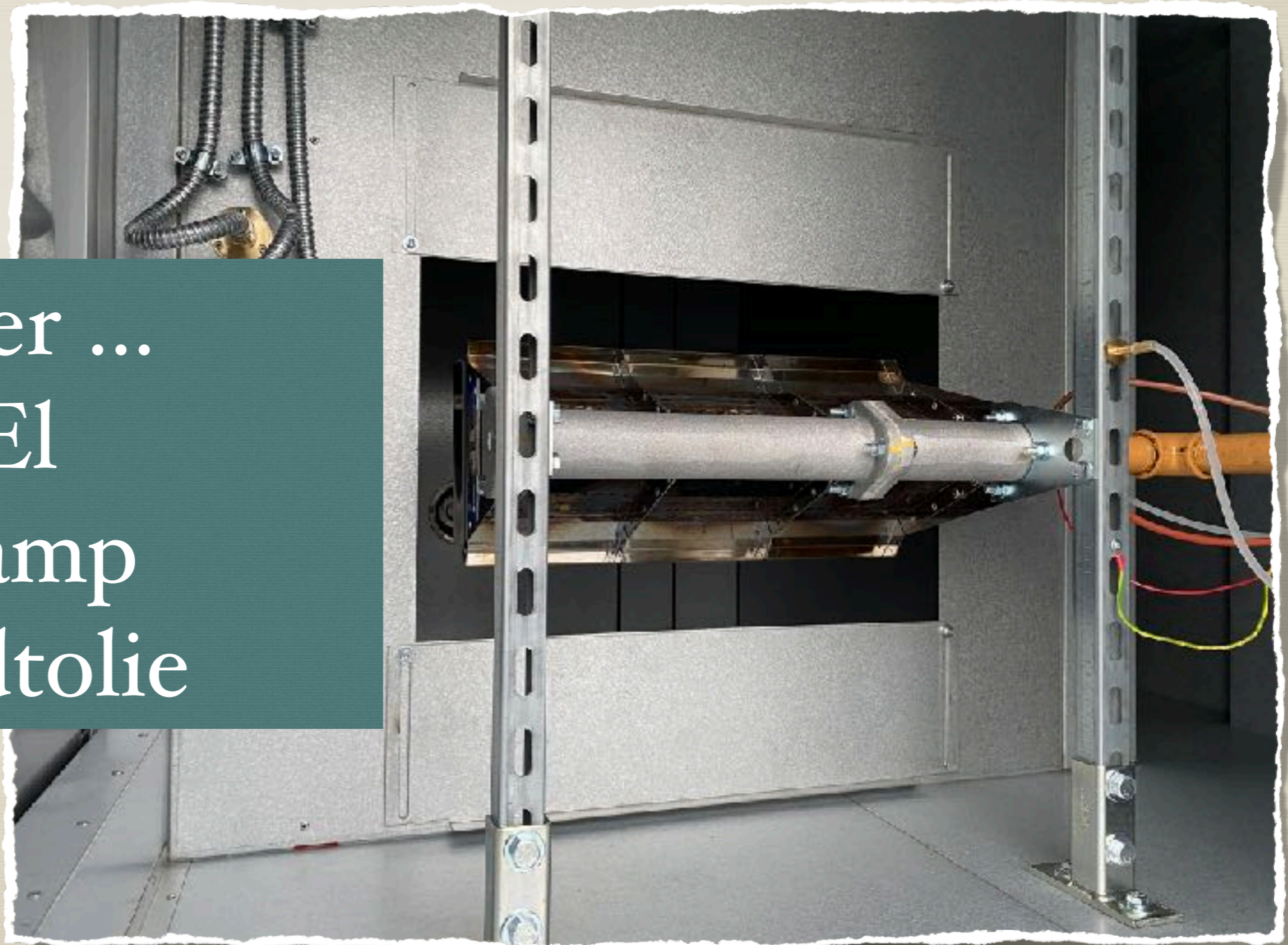


El-skab m. PLC-styring

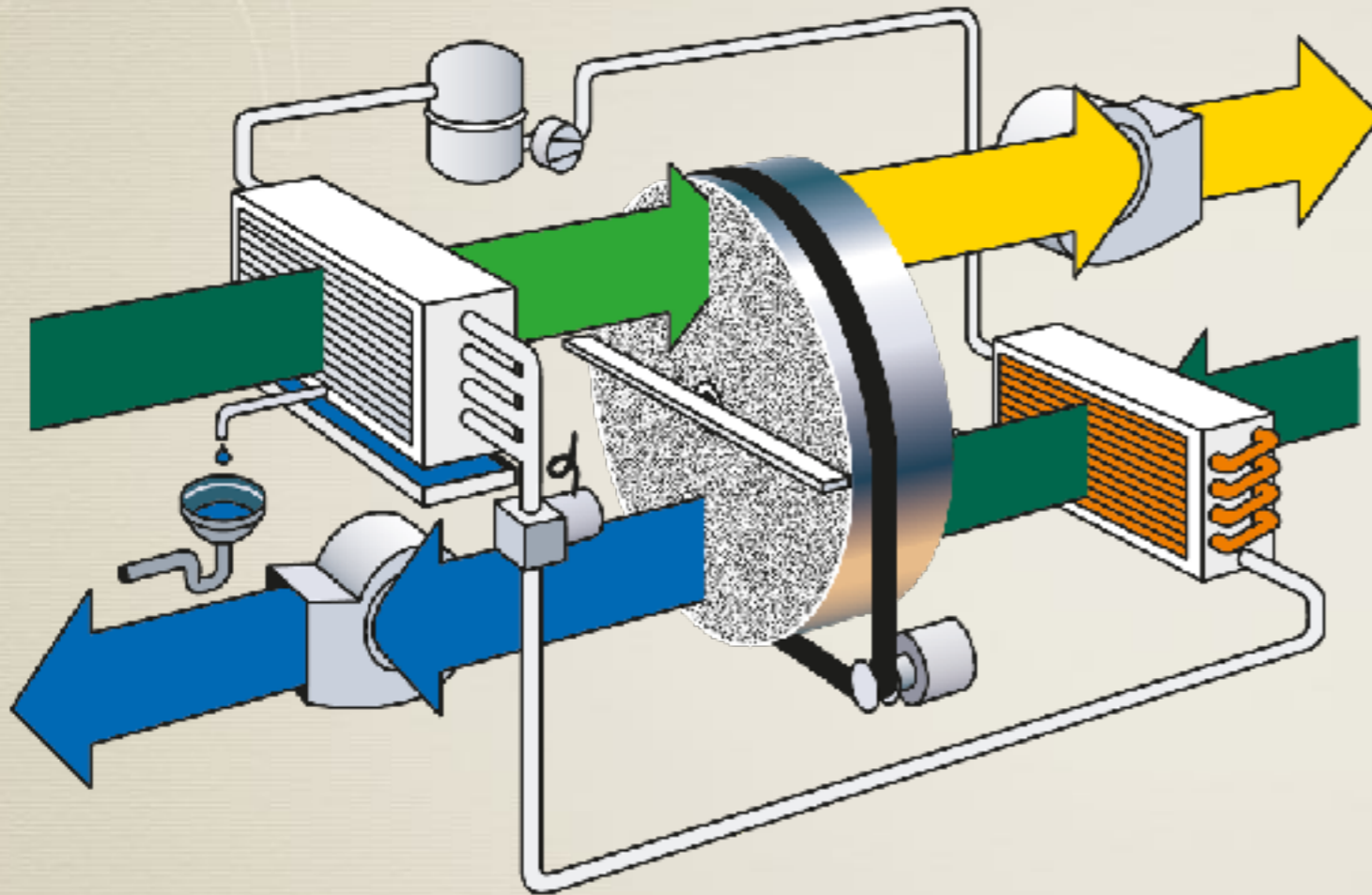


Regenerering også med gas

Eller ...
El
Damp
Hedtolie



Econosorb m/varmepumpe



Capacity



$$\frac{8,4 \text{ kW}}{22,3 \text{ kg/h}} = 0,38 \text{ kWh/kg} \quad !!!$$

	EFP-81	EFP-81 L	EFP-101	EFP-101 L	EFP-102	EFP-102L
Capacity at 20C 60%RH:	15,4 kg/h	19,3 kg/h	22,3 kg/h	27,5 kg/h	43,5 kg/h	51,4 kg/h
Process airflow: at available static pressure:	3 000 m3/h 200 Pa	3 700 m3/h 200 Pa	4 300 m3/h 200 Pa	5 000 m3/h 200 Pa	6 500 m3/h 200 Pa	8 500 m3/h 200 Pa
Regen airflow, nominal:	1 100 m3/h	1 350 m3/h	1 500 m3/h	1 800 m3/h	3 500 m3/h	3 400 m3/h
Regen airflow, max: at available static pressure:	1 800 m3/h 200 Pa	1 800 m3/h 200 Pa	2 300 m3/h 200 Pa	2 300 m3/h 200 Pa	4 400 m3/h 200 Pa	4 400 m3/h 200 Pa
Compressor power, nominal:	5,3 kW	6,5 kW	6,7 kW	8,7 kW	12,3 kW	15,3 kW
Fan power, nominal:	1,4 kW	1,8 kW	1,7 kW	2,2 kW	4,3 kW	6,0 kW
Total nominal power	6,6 kW	8,2 kW	8,4 kW	10,9 kW	16,6 kW	21,2 kW

Tilsvarende alm. affugter 30 kW = 1,36 kWh/kg

ECOair

Adsorptionsaffugter
med

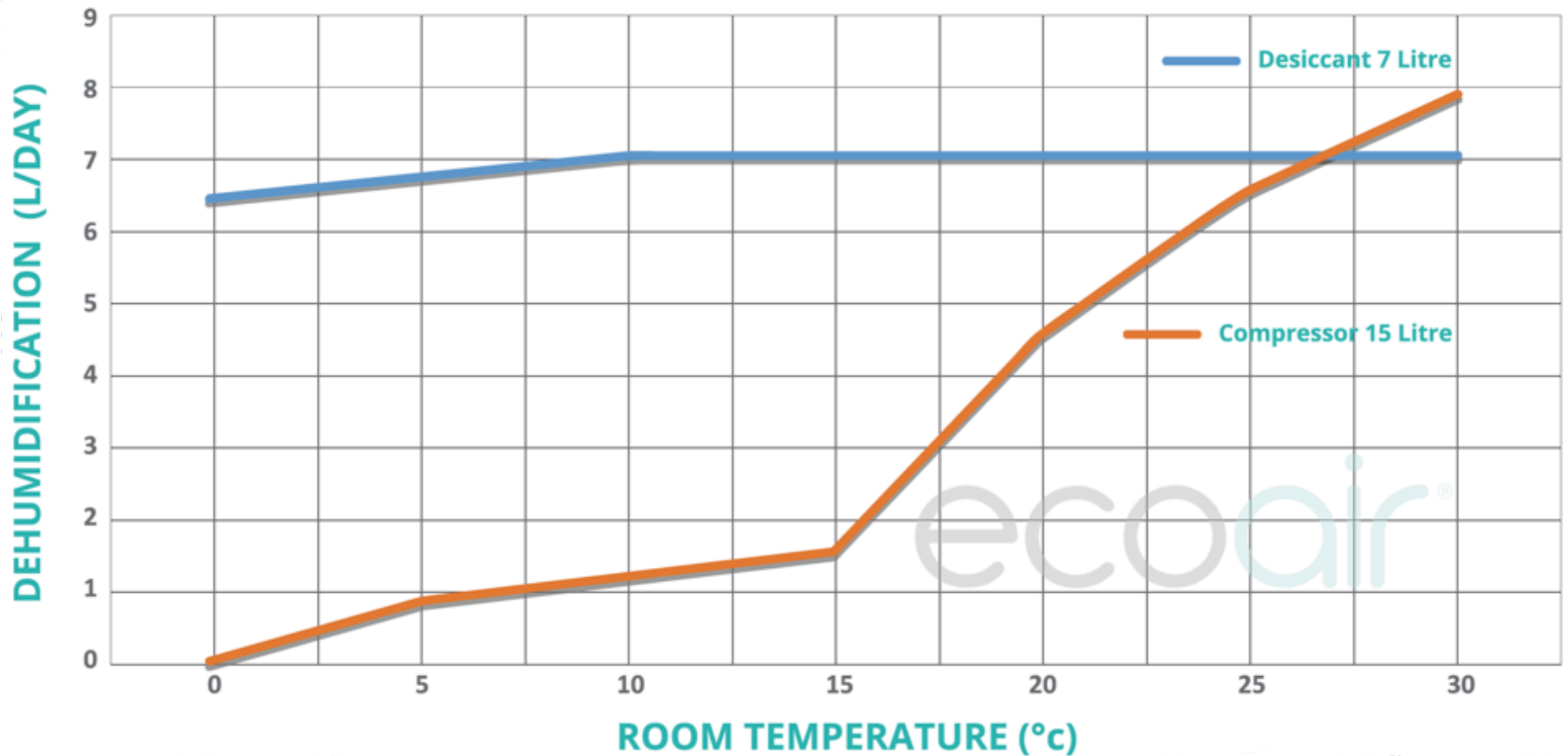
Luftkølet kondensator

7 liter / døgn

Starter automatisk ved
strømutfald



Desiccant VS Compressor Dehumidifier (60%RH)



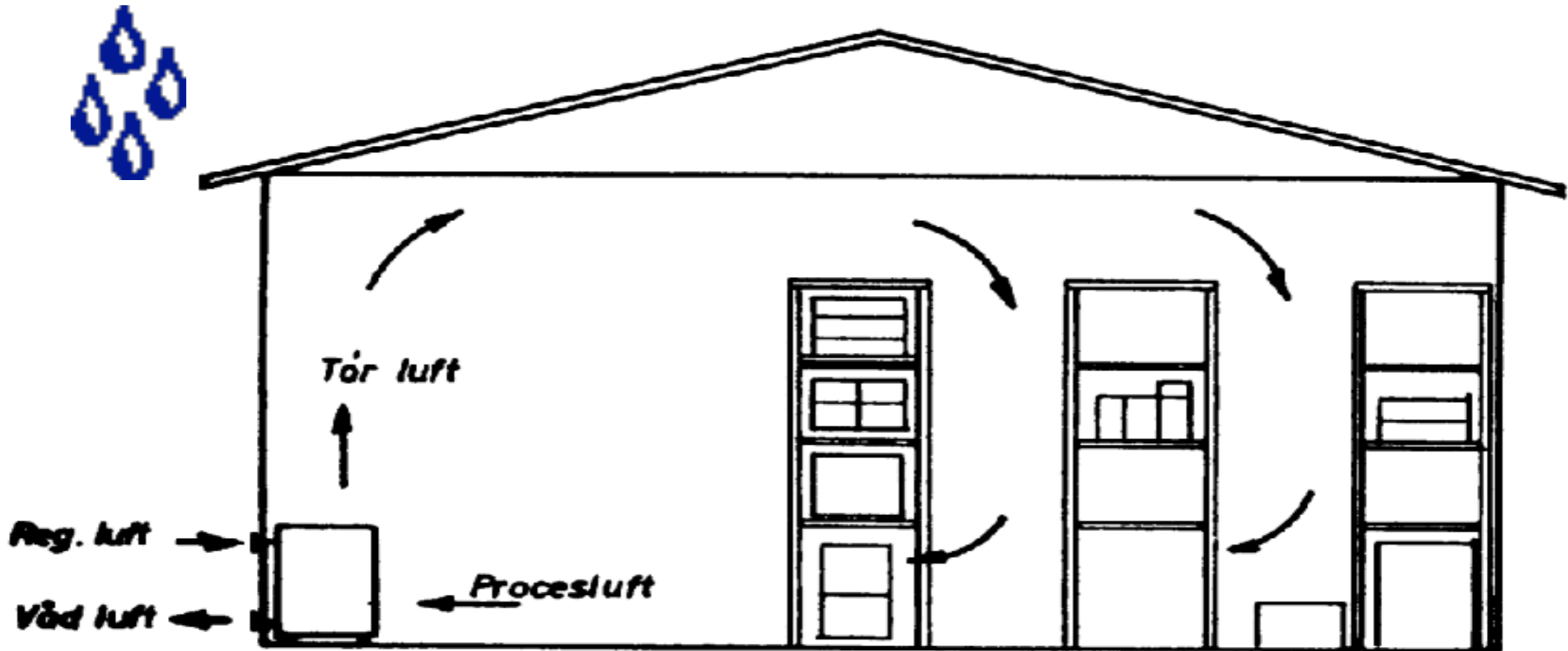
Tørluft lager

Affugtning af:

- * Isoleret, opvarmet hal
- * Uisoleret, men affugtet hal



Tørluft lager



Koldlager med adsorptionsaffugter



Fordele ved tørluft lager

* Eksempel:

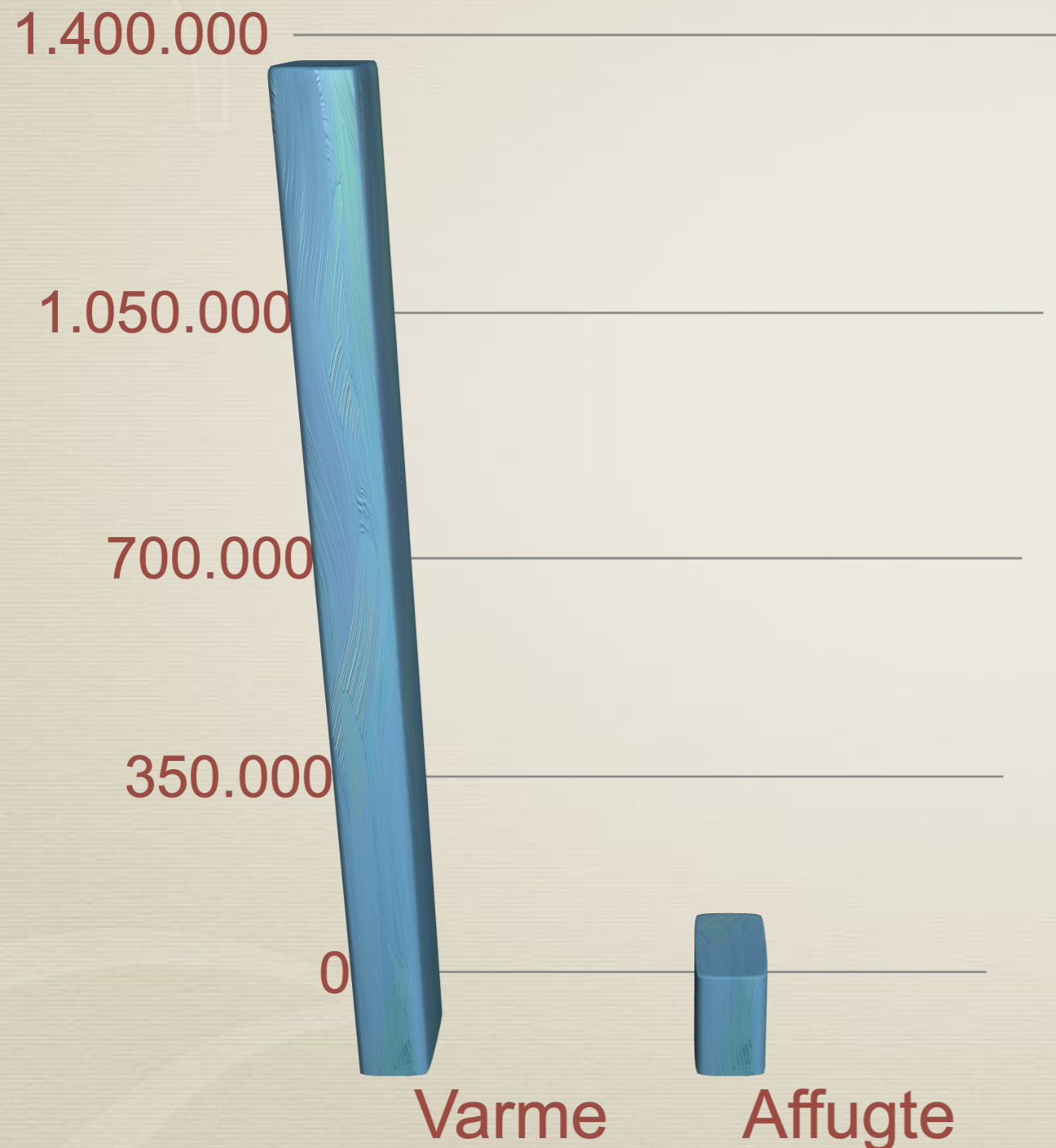
* Bygning på 6.000 m² = 48.000 m³

* Middel udetilstand 6°C, 80%RF

* Opvarmet hal, 18°C hele året



Energiforbrug i kWh pr. år

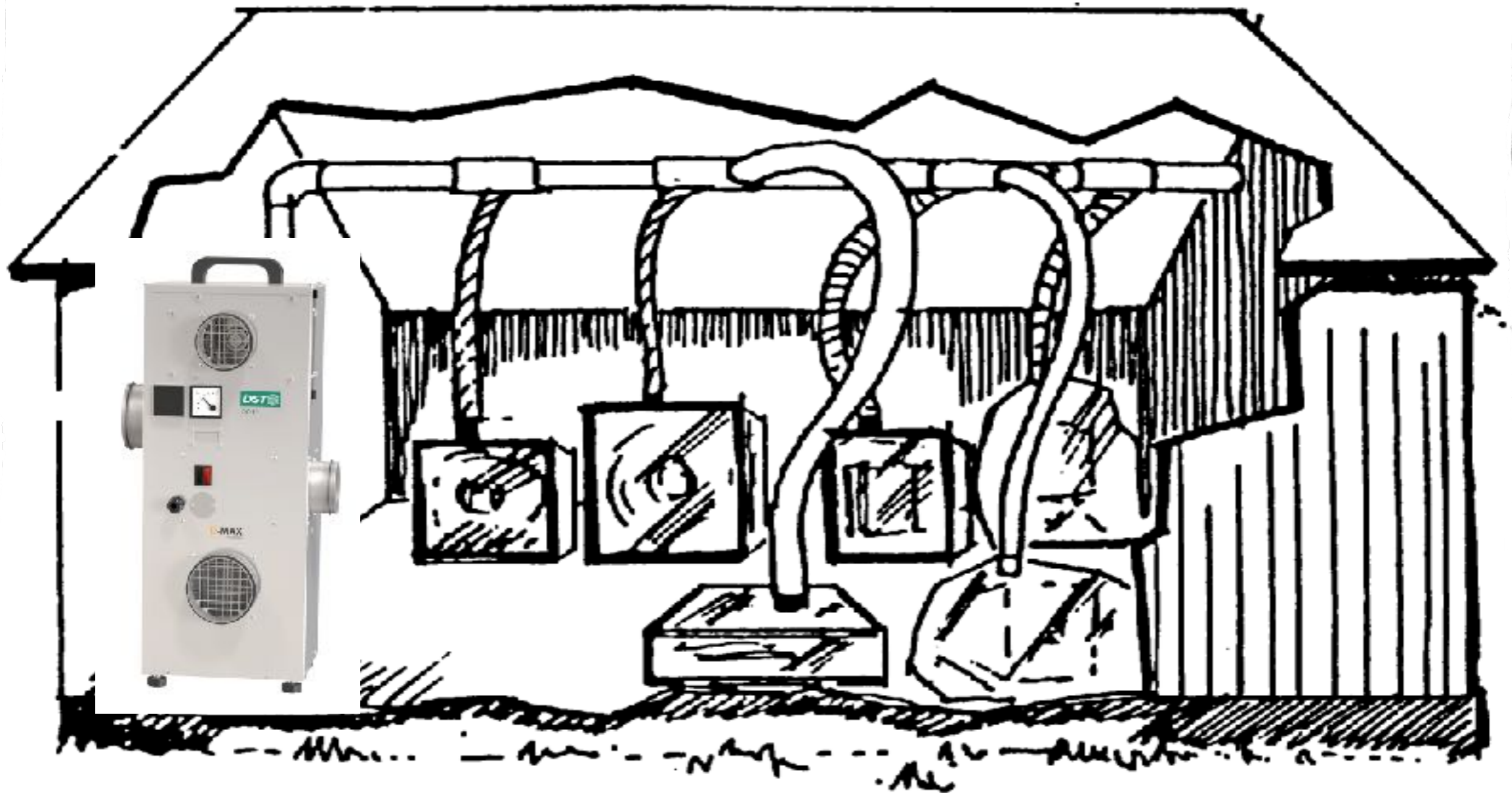


- * 85% energibesparelse
- * 60% RF året rundt dvs.
- * Ingen korrosion
- * Desuden spares udgifter til isolering = lav investering

Eksempel 2

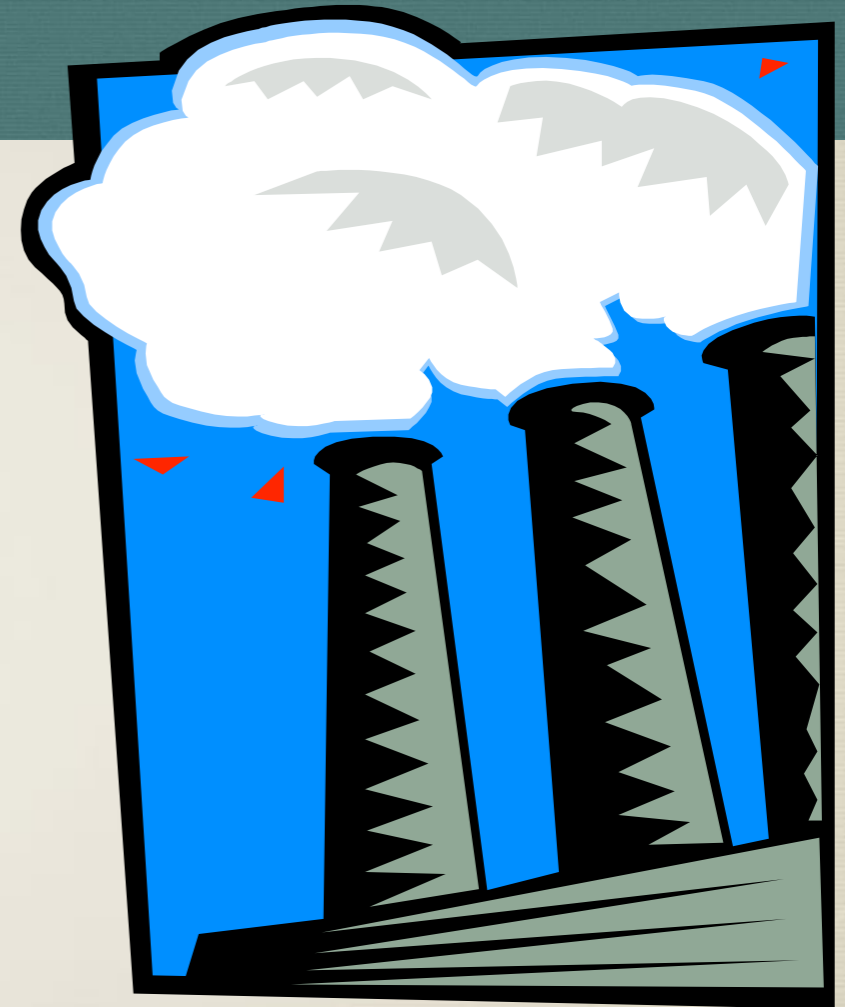


Objektivis affugtning



Fjernvarmekedel

- * Korrosionsbeskyttelse af kedel under stilstand
- * Indblæsning af tør luft på vandsiden
- * Opvarmning kun delvis brugbar
- * Affugtning bedre og billigere



Brokonstruktion

- * Alternativ til overfladebehandling
- * Indvendig overfladebeskyttelse med tør luft
- * Ingen overfladebehandling
- * Lukkede rum, velegnet for affugtning, lille energiforbrug



Bryggeri



Uisoleret ØL-tank

- * Problem: mug/skimmel
- * Valg af affugter: adsorption
- * alternativ: ingen

Vandværker



- * Undgå kondens
- * Undgå mug og skimmel
- * Reducerede vedligeholdelseskostninger

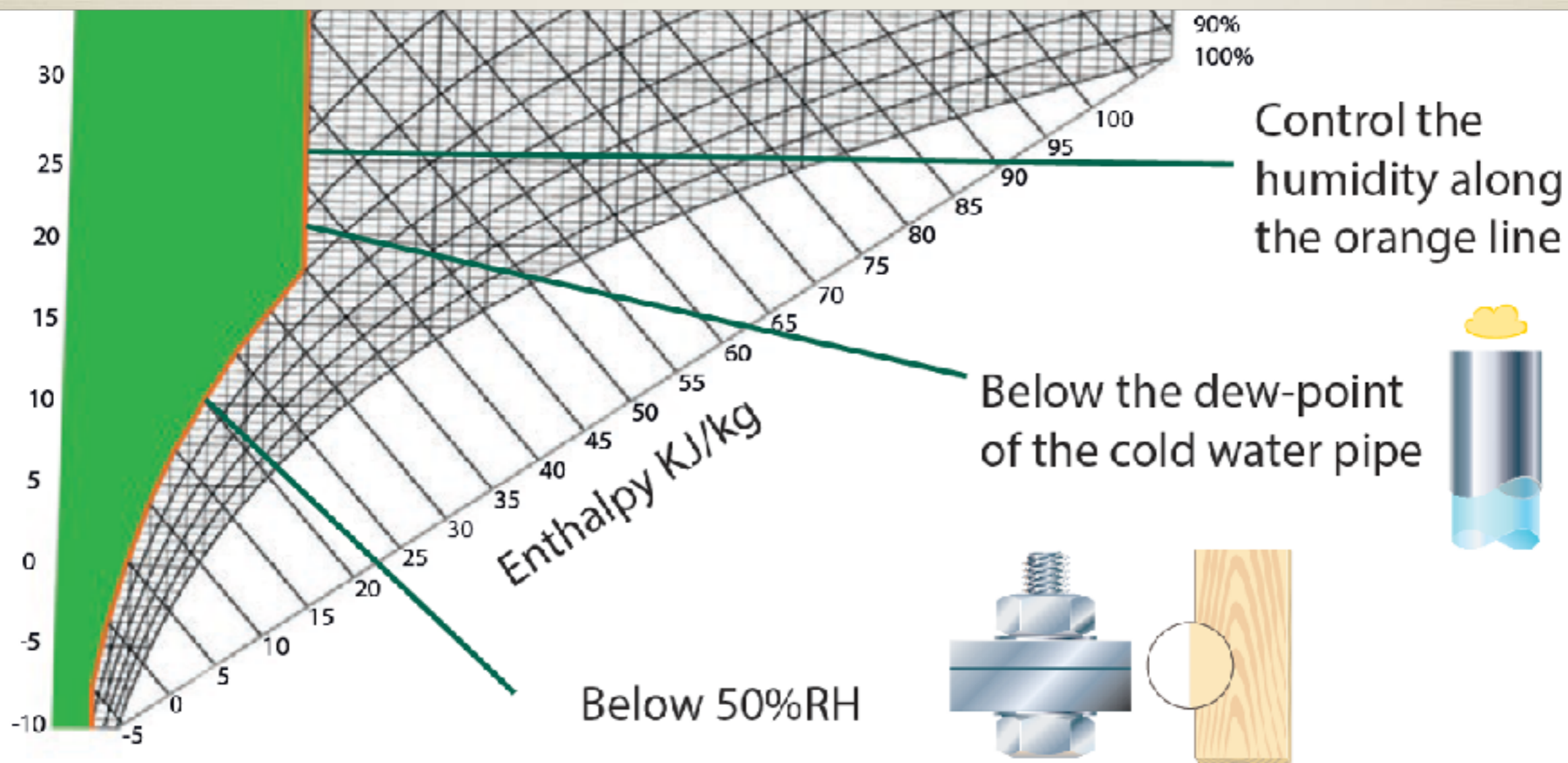
DST EH3/T2



Styring

Relativ luftfugtighed
og
Dugpunkt i luften
samtidig
Dugpunkt overflade

- Under dugpunktet på vandrøret f.eks. 5°C = ingen kondens
- Under 50-60 % RF i luften for at undgå mug og skimmel



EH4 - simpel ON/OFF



Følsom elektronikk



Det driver af fugt



Temperatur-
svingninger
giver meget
kondens

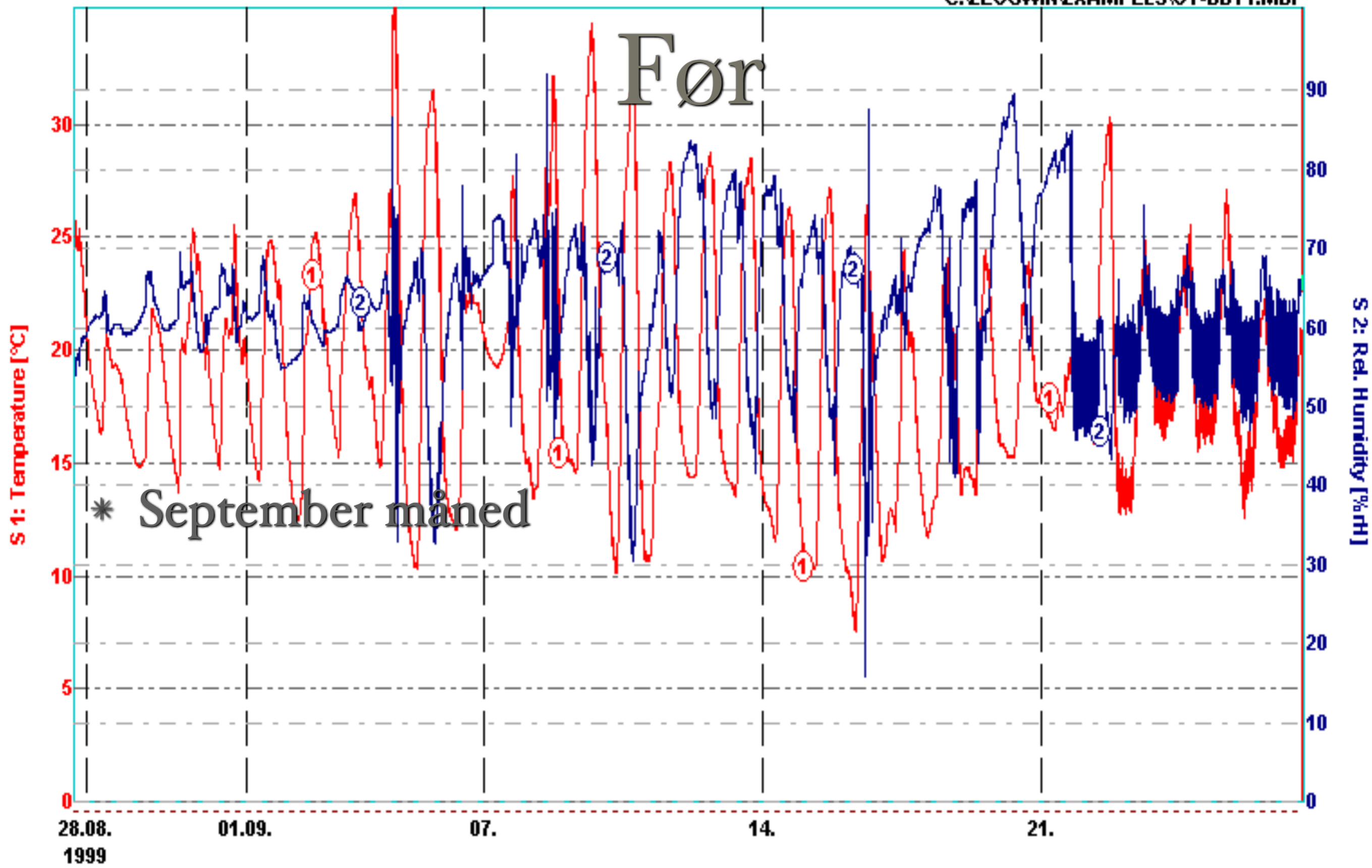
Løsningen



En lille affugter som denne på 1,0 kW kan klare 6 af denne slags fly, (skibe, campingvogne etc.)

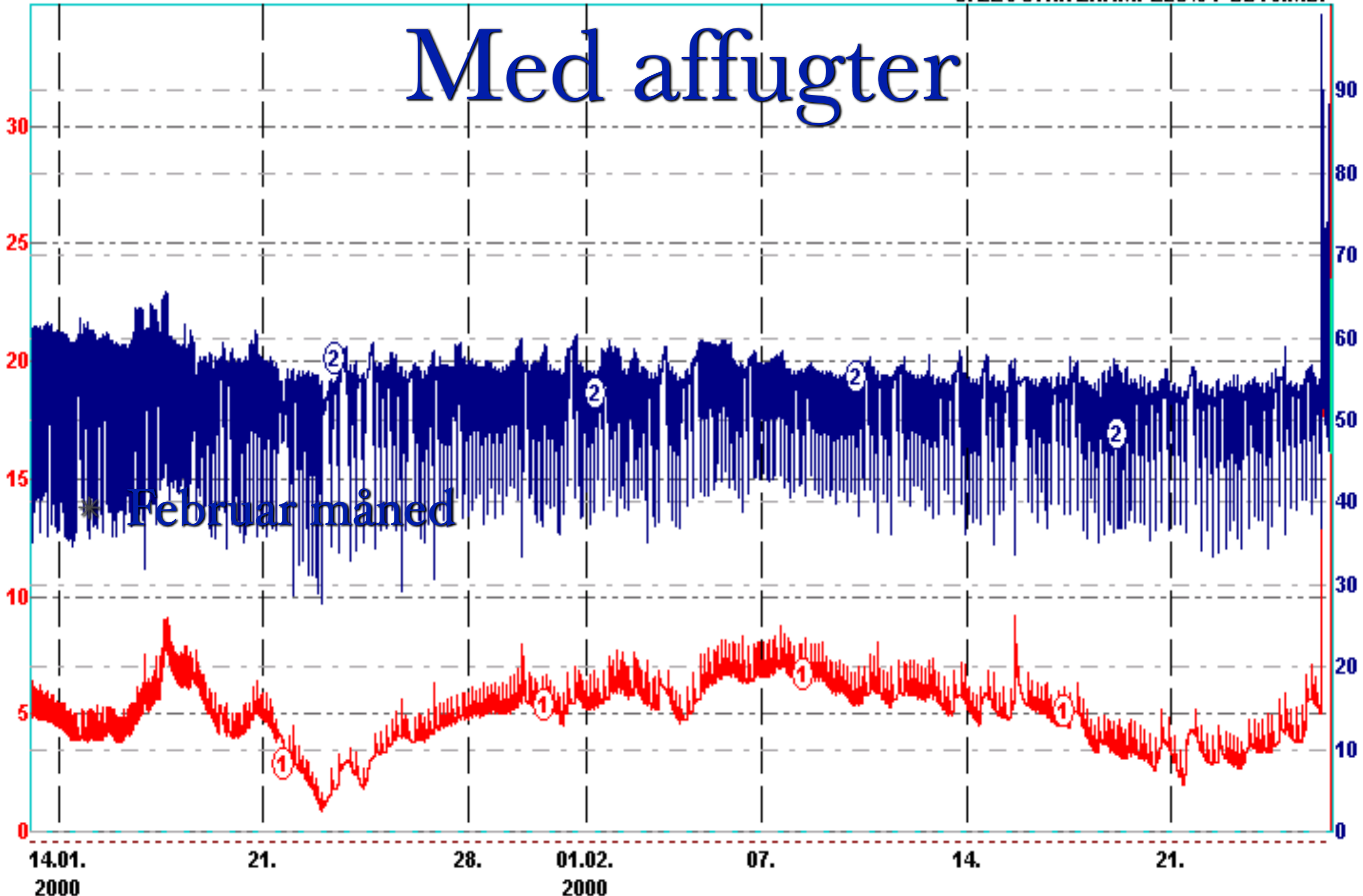


Før



* September måned

Med affugter



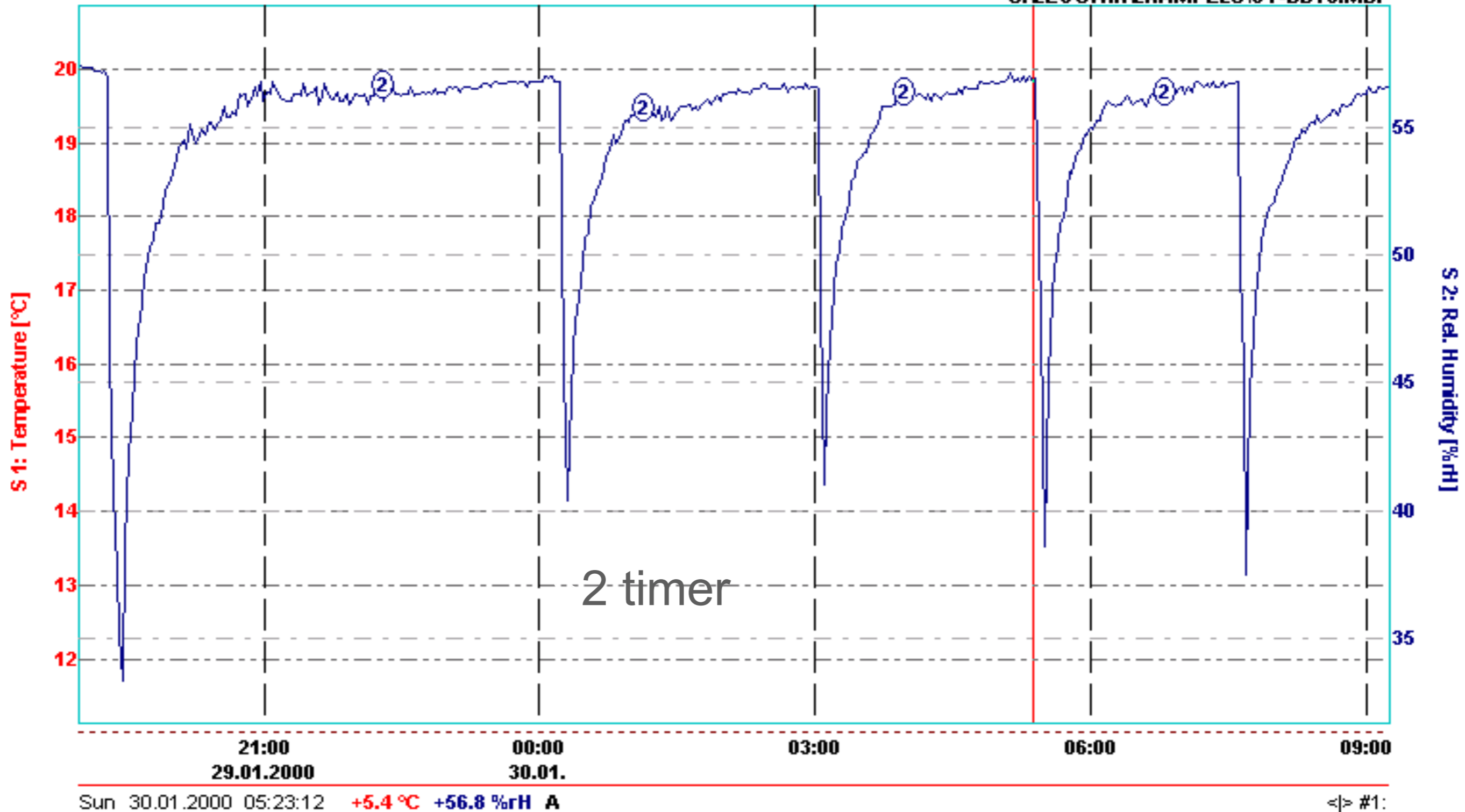
Energi: 7 øre/døgn

Ecolog TH1 ID:50952

[2 min] 6 min.

26.02.2000 10:41:10

C:\ELOGWIN\EXAMPLES\OY-BBT3.MDF



Sun 30.01.2000 05:23:12 +5.4 °C +56.8 %rH A

<> #1:

Følsom elektronik



1 år: 554 timer = 630 kWh
Ved 50%RF og svingende
temperatur

Forsvar



- * **Flymotorer**
- * **Elektronisk udstyr**
- * **Kampvogne**
- * **Ammunition**
- * **Materieldepoter**

Kraftværker

- * Stilstands-korrosion
- * Turbiner
- * Rør
- * Kedler
- * Pumper



Bygningsudtørring

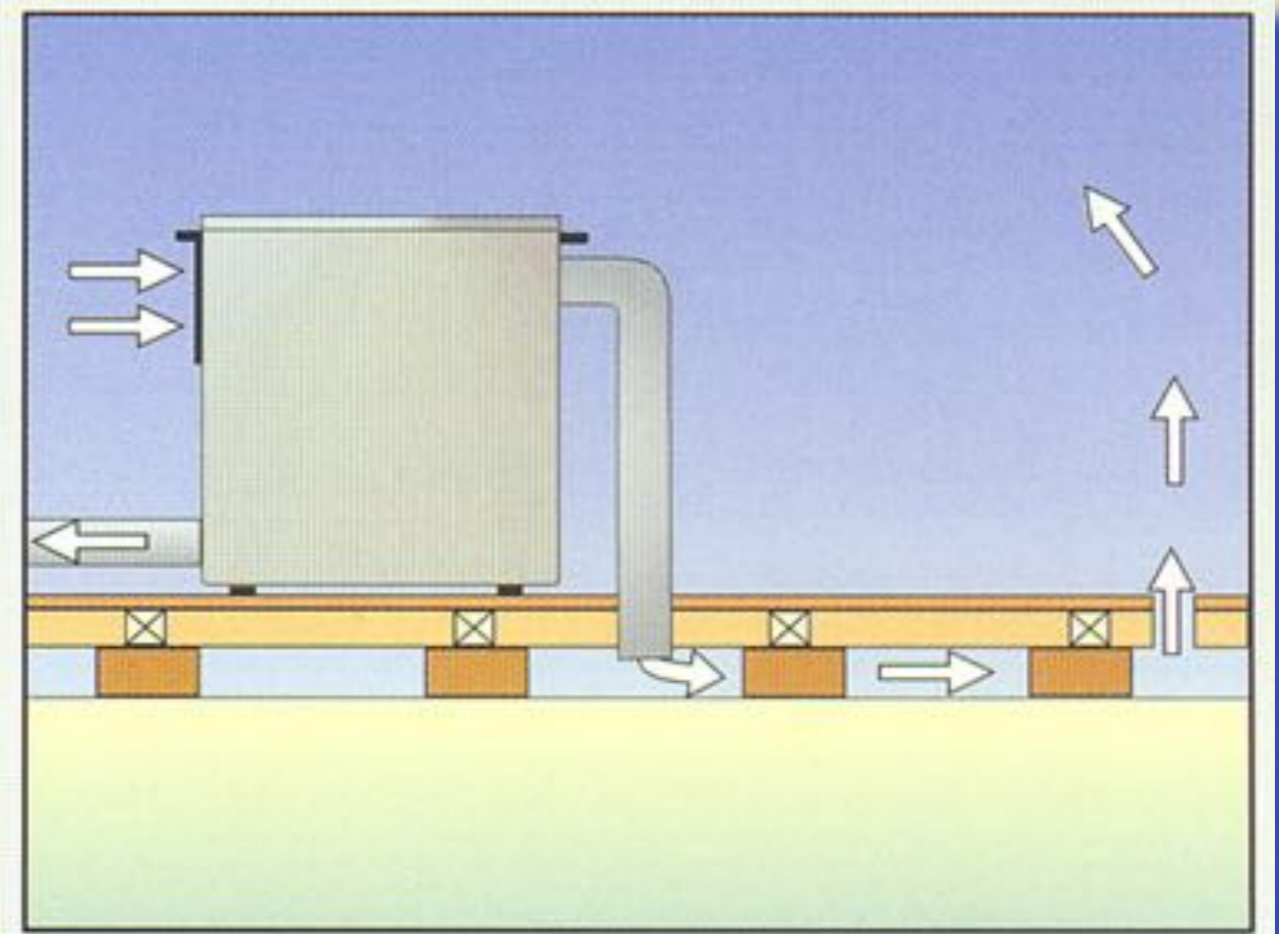
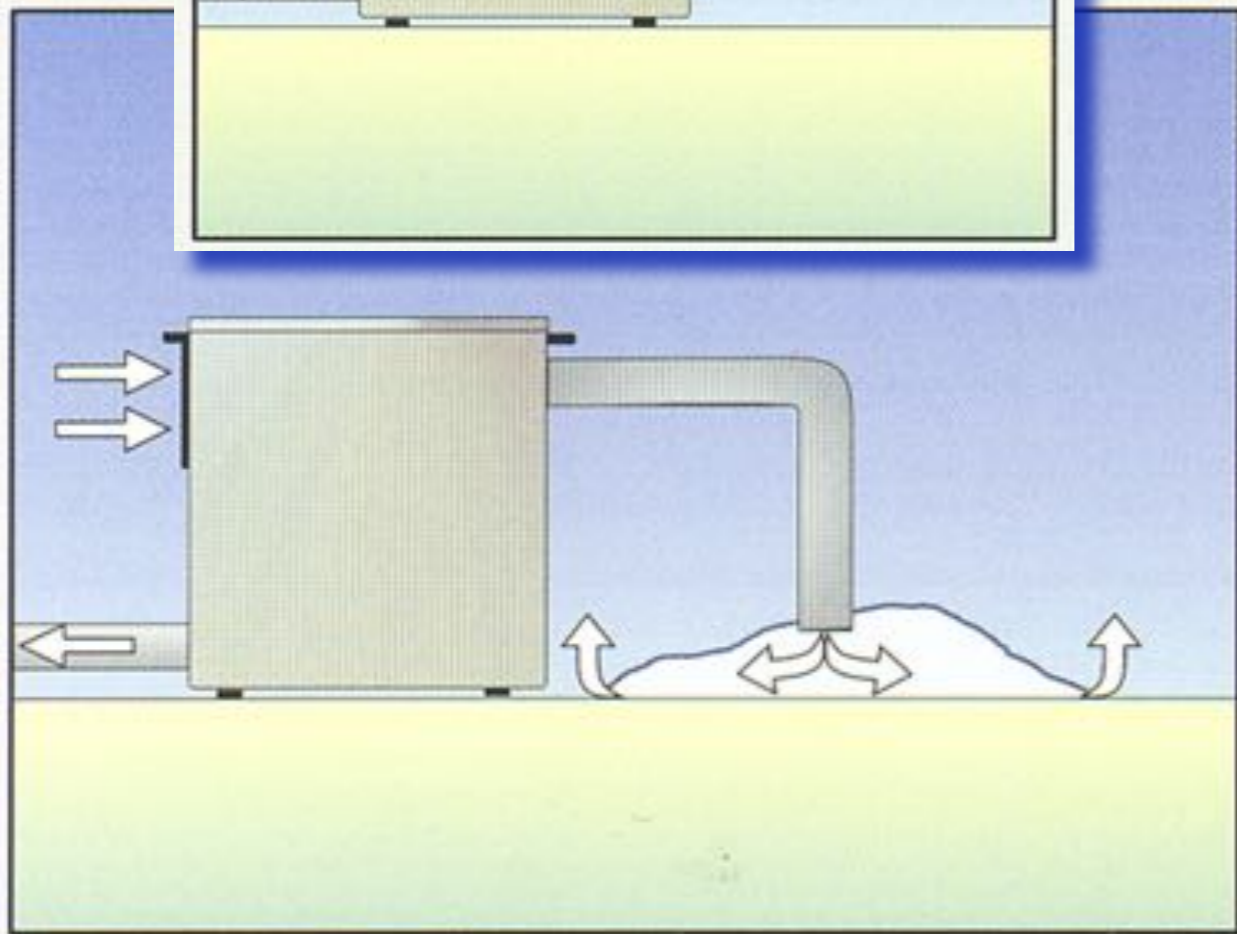
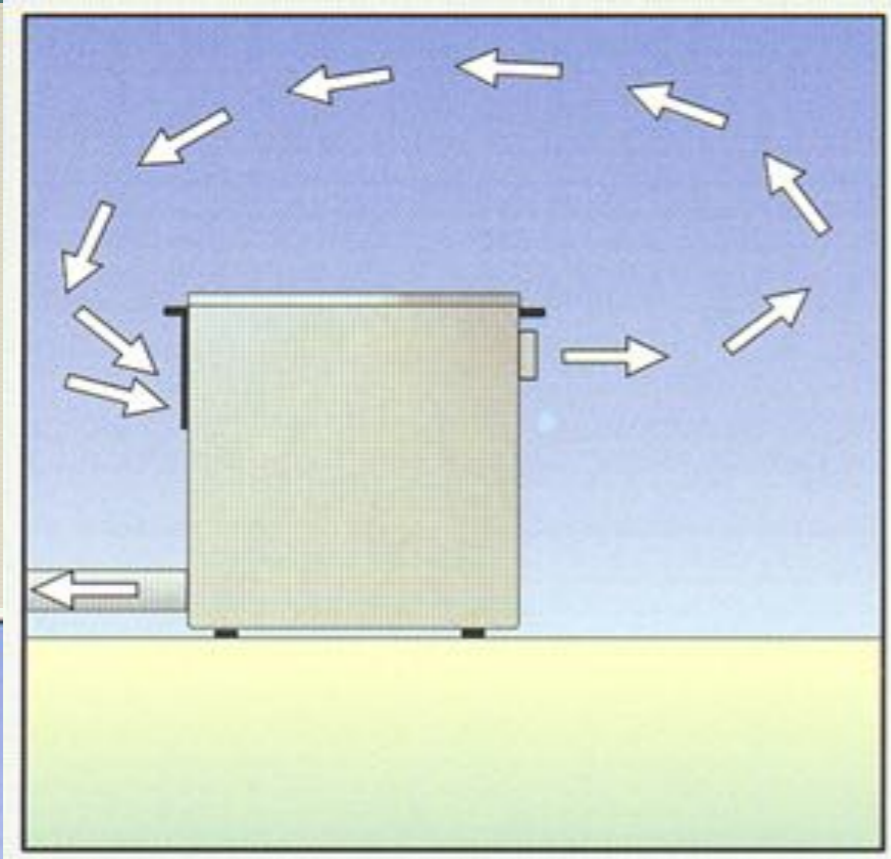


- * Nybyggeri
- * Vandskader

Recirkulation
eller
Indblæsning af
tør luft??

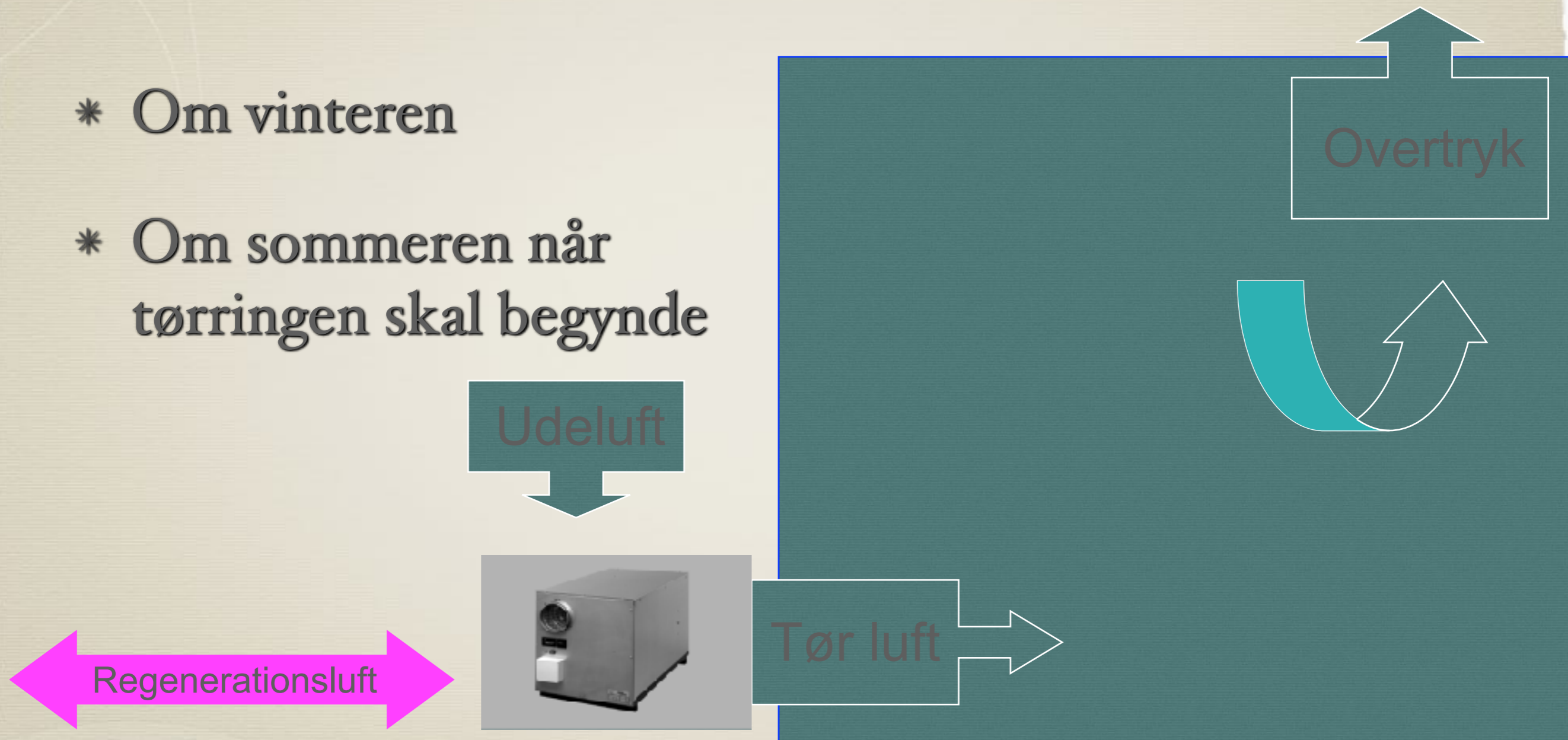


Installations eksempler



Indblæsning af tør luft

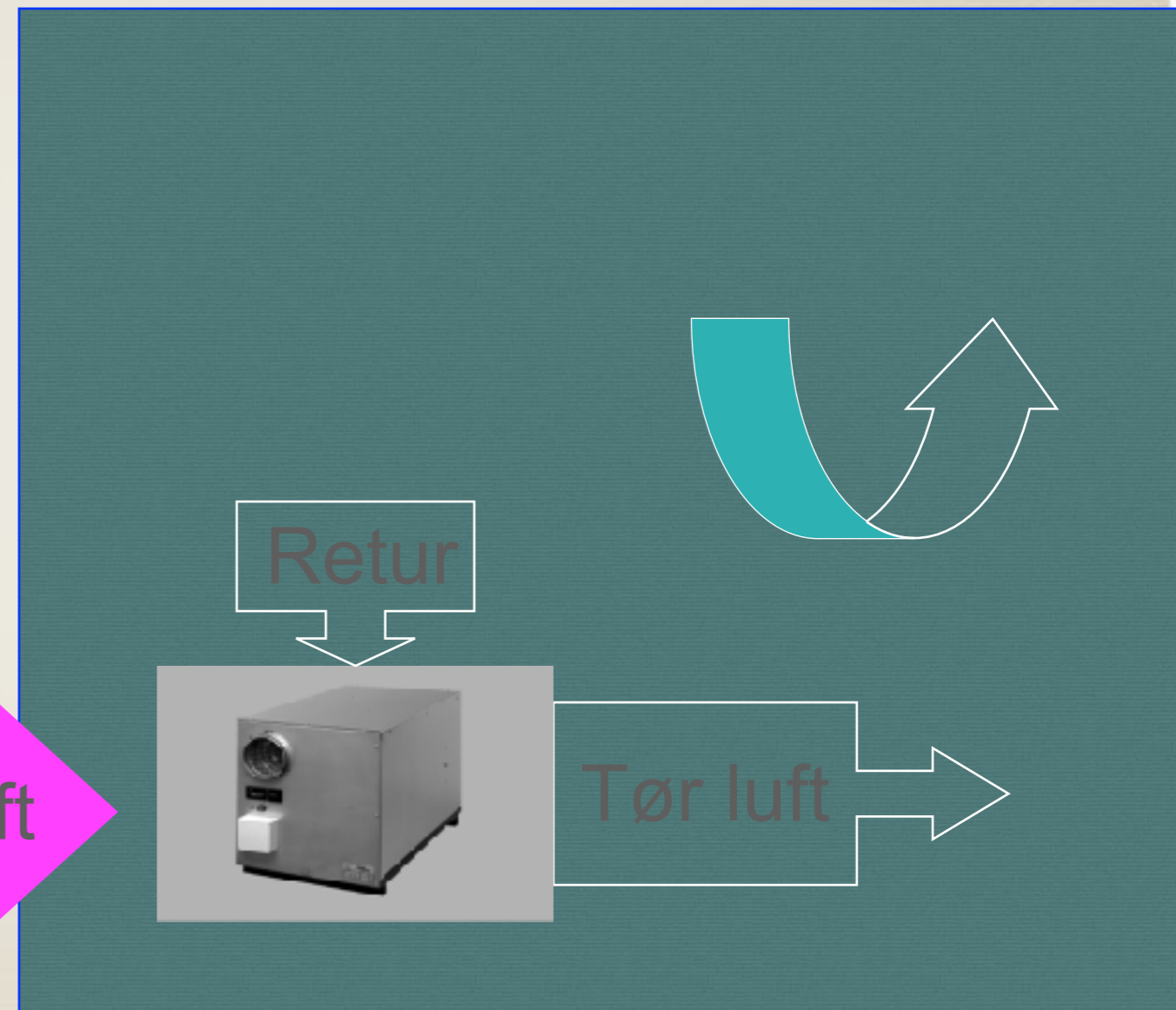
- * Om vinteren
- * Om sommeren når tørringen skal begynde



Recirkulation

- * Om sommeren når den første tørreperiode er overstået

← Regenerationsluft →



Procestørring



- * Tabletproduktion
- * brusetabletter
- * tyggegummi
- * Sukkervarer
- * bolcher, vingummi
- * Tørgær og mælkepulver
- * Medical oil - Cannabis

Procestørring



- * Kæmpepille 192g mineraltilskud til køer der har kælvet
- * Ligevægtsfugtighed på 30%RF
- * Glidelaget skallede
- * JAC 2000

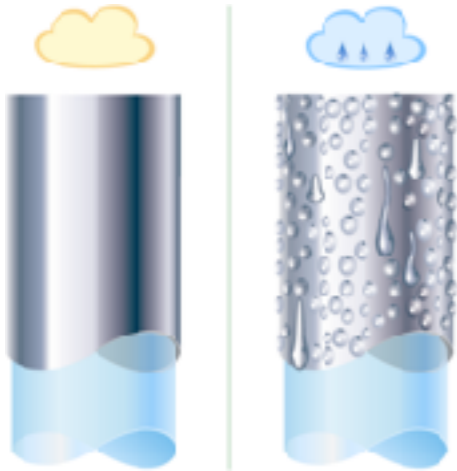


Affugtning i frostrum for ($<-20^{\circ}\text{C}$)

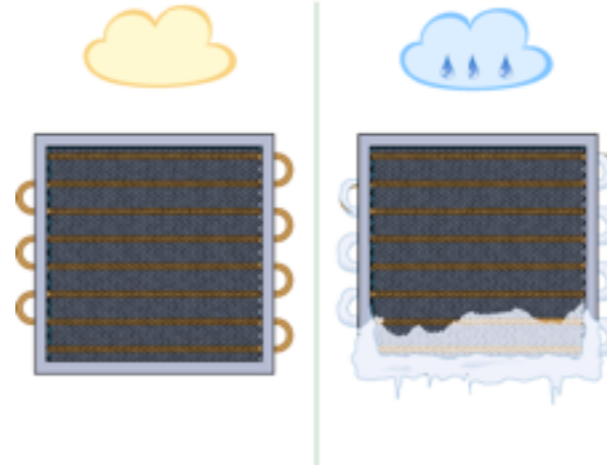
presented by
Seibu Giken DST AB
"The Dry Air Specialists"

General moisture problems

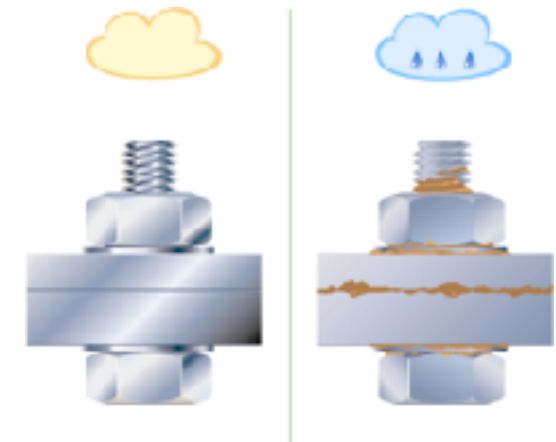
Condensation



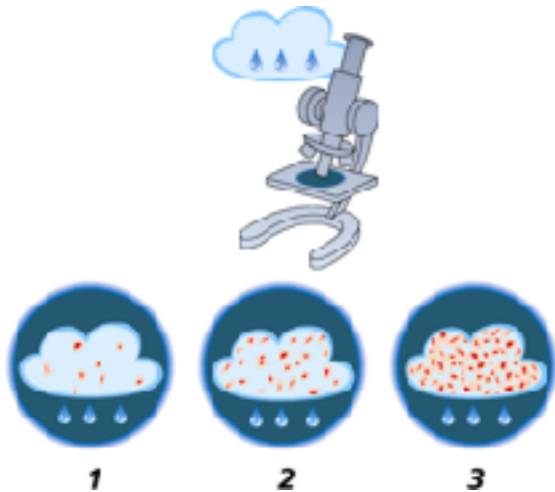
Ice



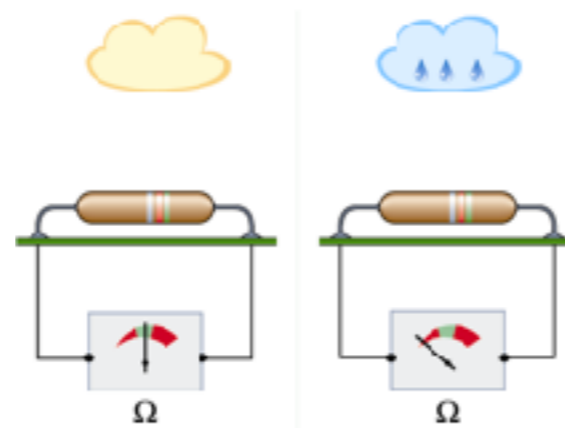
Corrosion



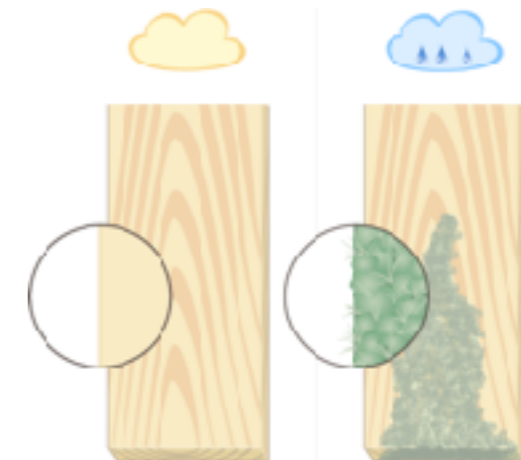
Bacteria growth



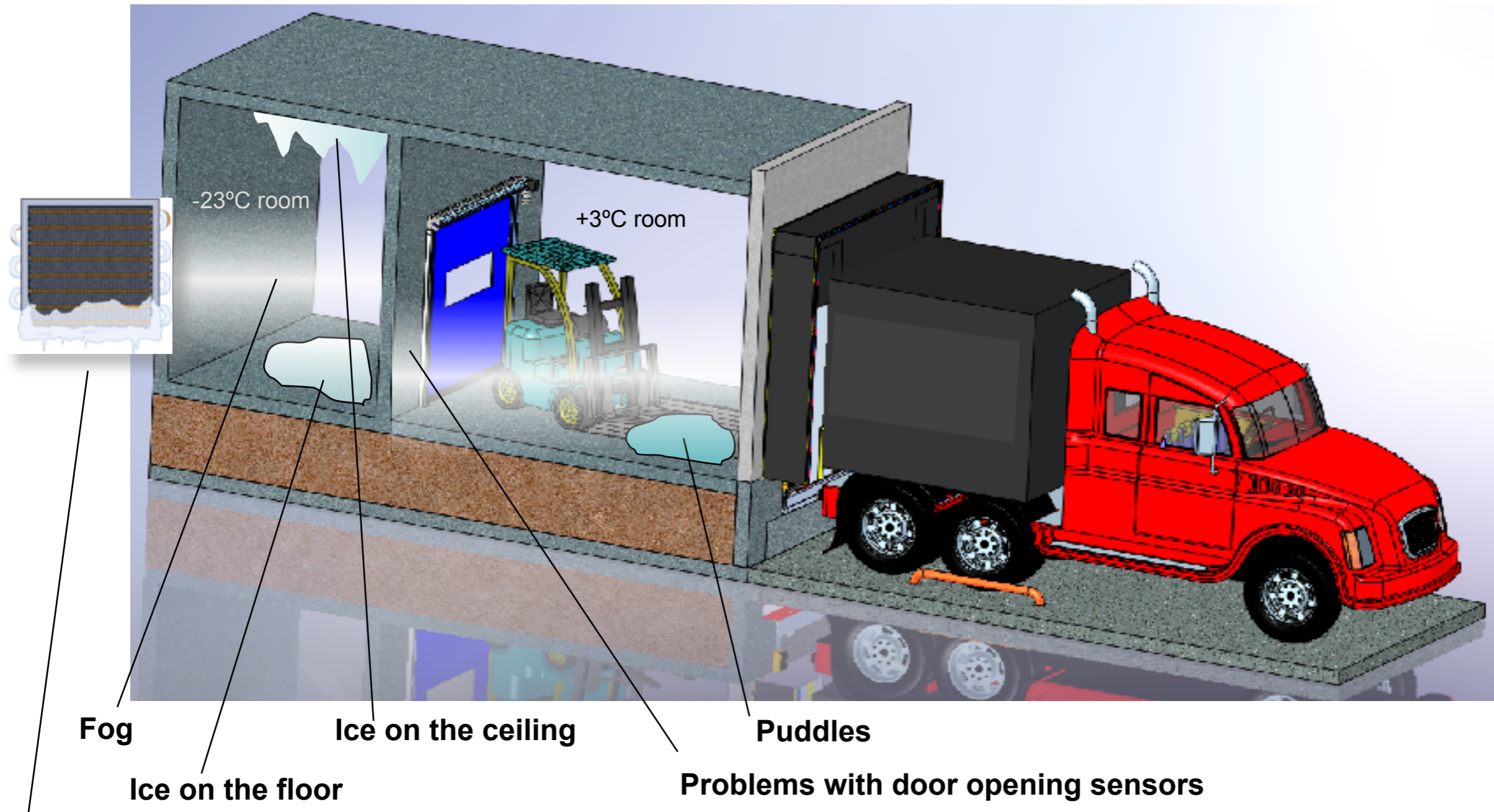
Electronic errors



Mould



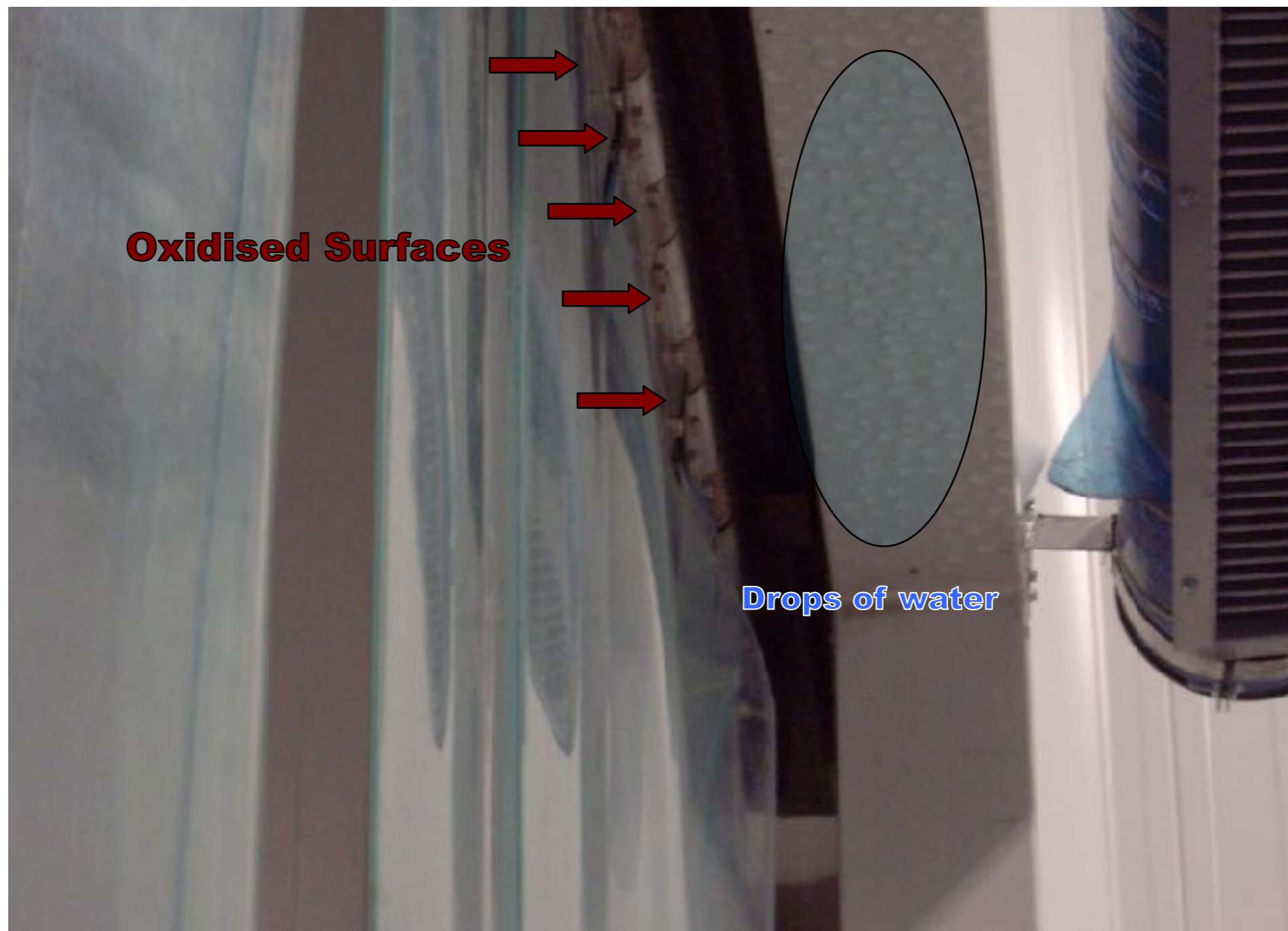
Specific problems relating to moisture in cold stores



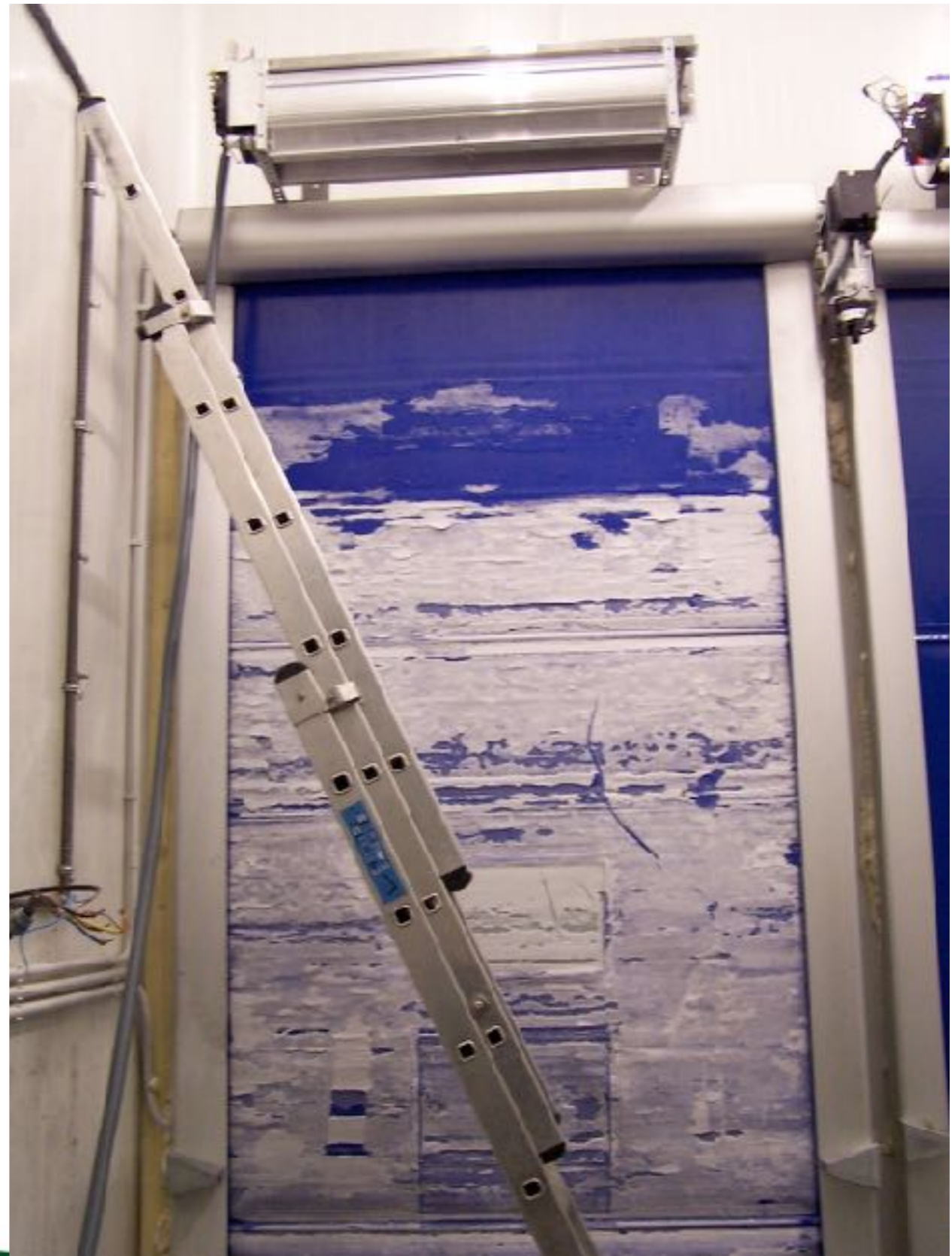
Frequent defrost cycles on evaporators

Health & safety issues for personnel – accidents caused by ice, snow, water and fog.

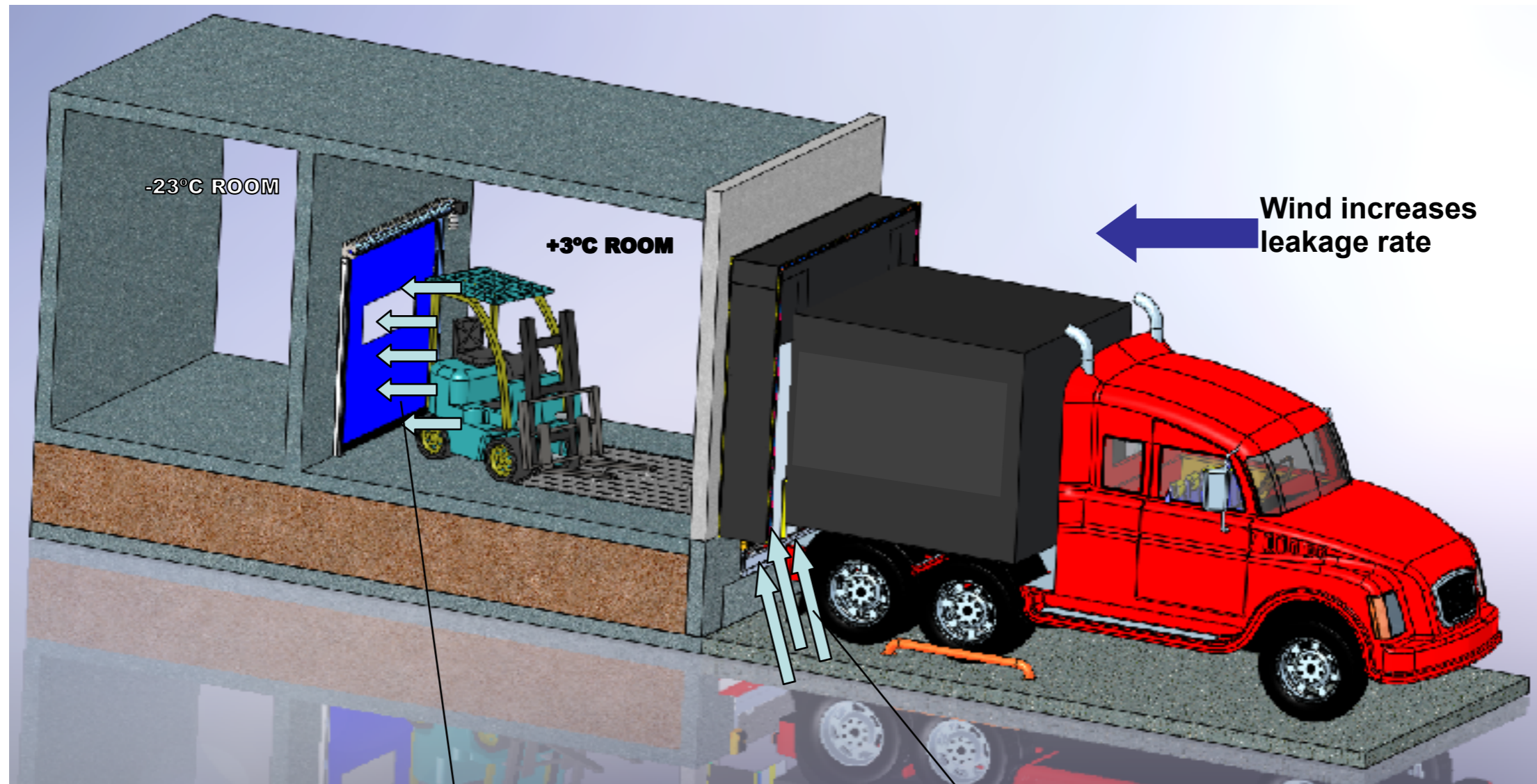
From the loading bay area (+3°C)



Ice on the cold store door.



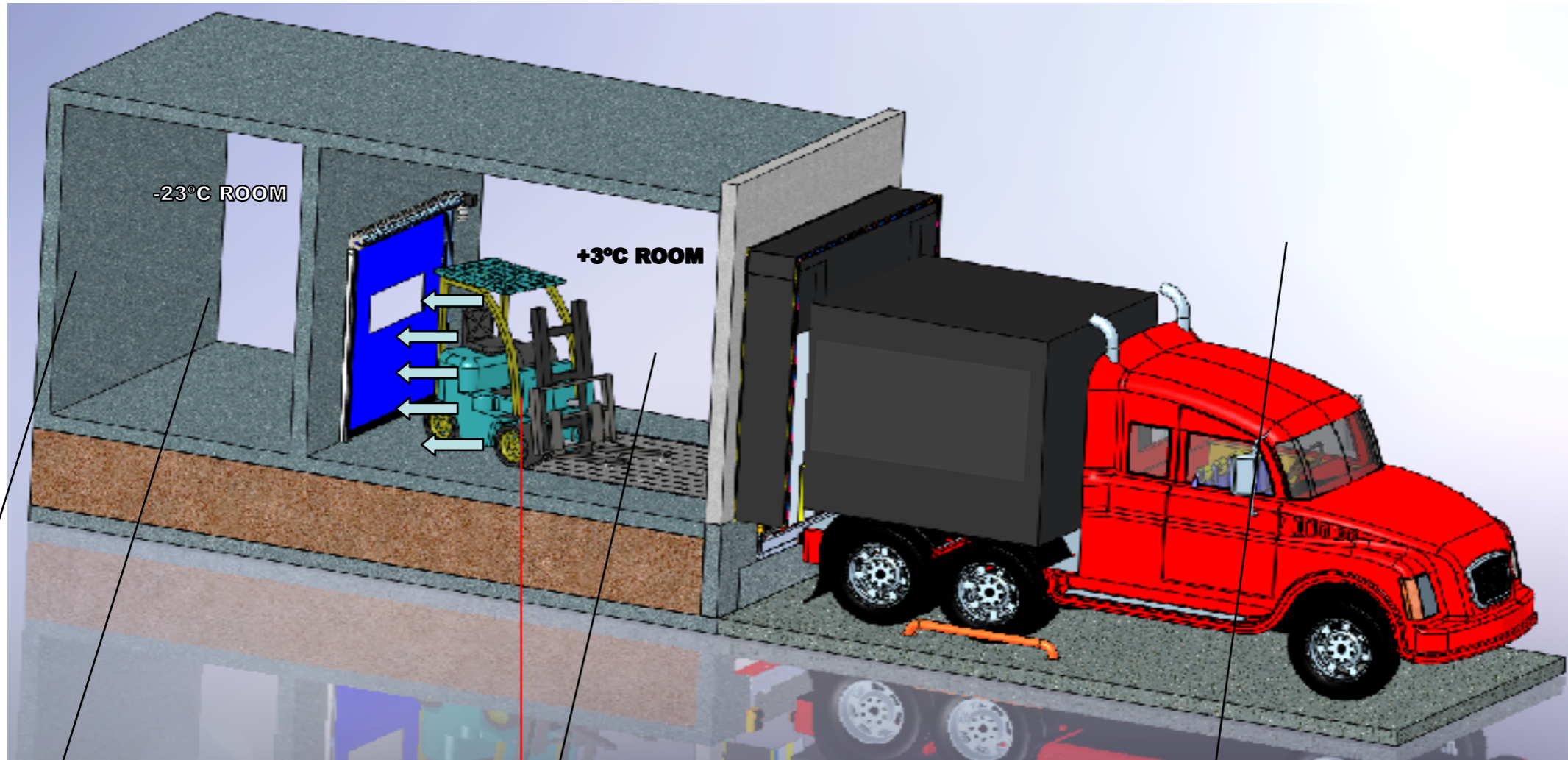
How does moisture enter a cold store?



Air infiltration from +3°C room to -23°C room.

Air infiltration from outside to +3°C loading area through leaky seals.

Where to apply dehumidification?



Saturation (100%RH) at -23°C room is 0.5 g/kg

Saturation (100%RH) at +3°C room is 4.7 g/kg

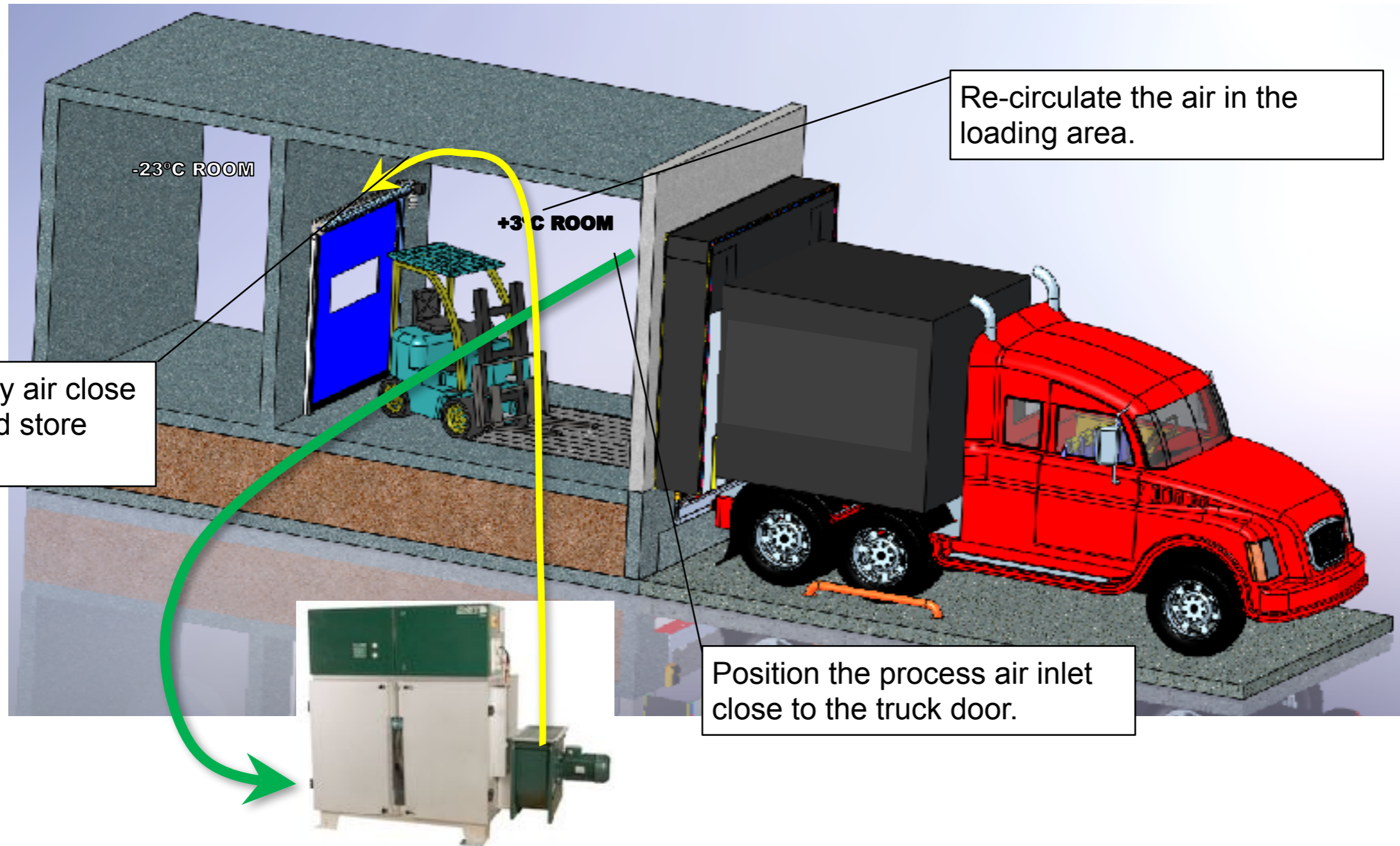
Outside air, example 25°C/50%RH is 9.9 g/kg

To dehumidify here will be very costly as drying efficiency will be low.

All infiltration air (moisture) will enter through the loading area. Dehumidification should be applied here.

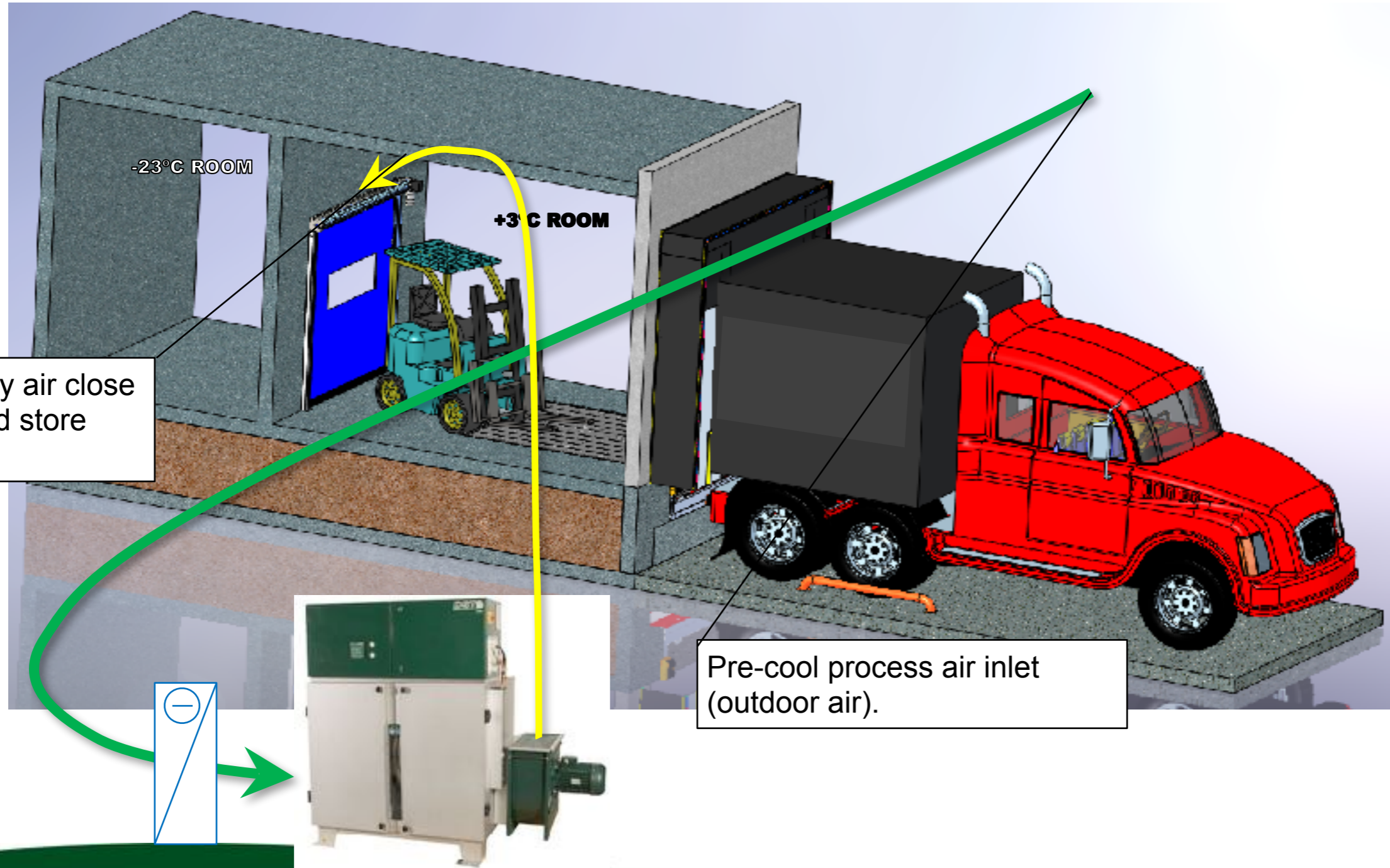
How to install the dehumidifier?

Option 1: Re-circulate the air



How to install the dehumidifier?

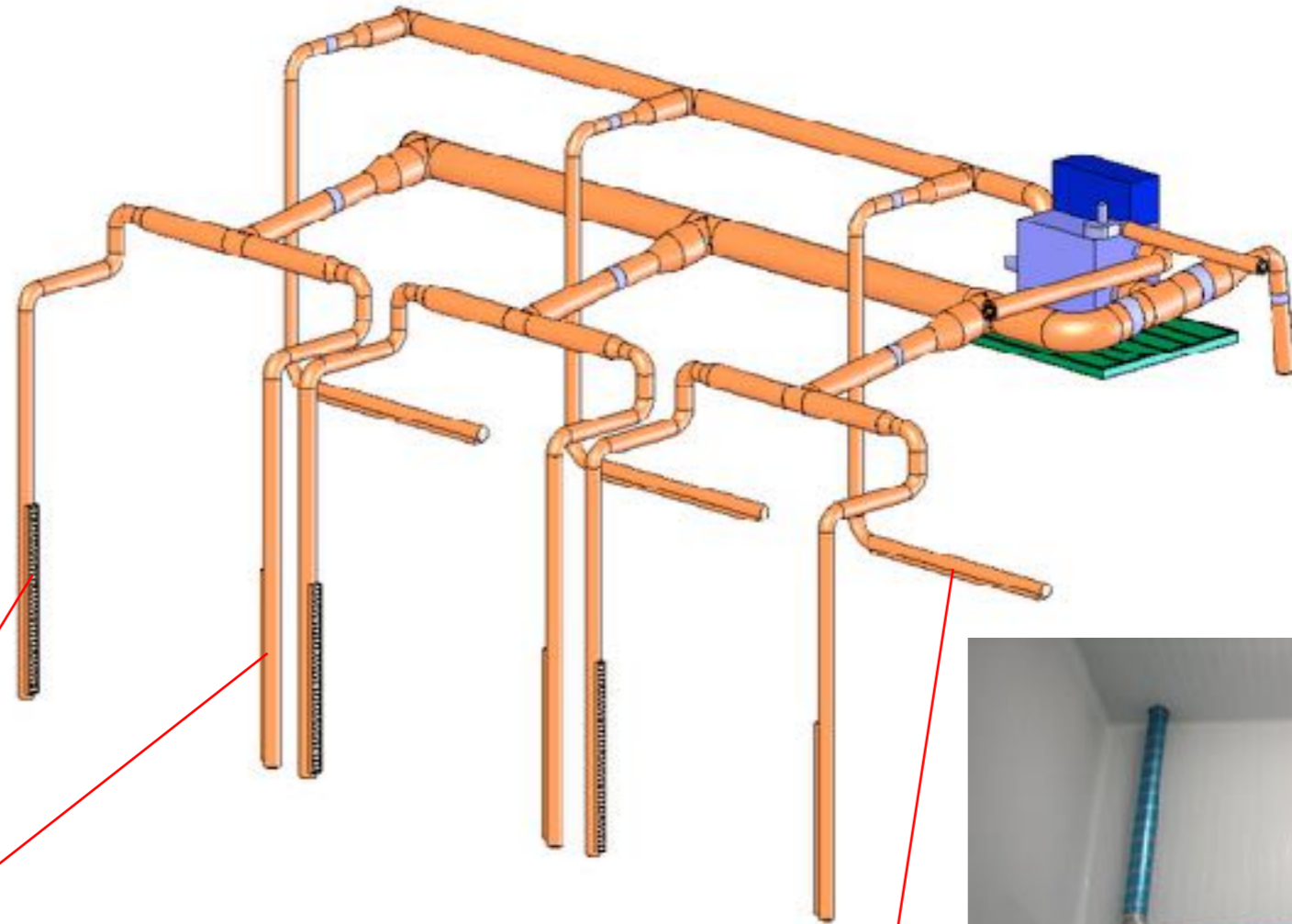
Option 2: Push in dry air



Installation examples



Position process air inlet close to the truck door.



Supply dry air close to the cold store door.

Installation examples



RZ-101R Ice to
condition 6 loading
pods.

Installation examples



Conveyor systems to cold store through airlock (double door).

One R-061R per airlock.

Installation examples

One RZ-081R for two airlocks.



Installation examples



Dry air

Return air

One R-51R for two airlocks at STEF



Installation example, pushing in dry air

One RZ-081R for 11 airlocks at REMA in Norway.

Dry air



-22C and no ice!

ARLA, Rødkærsbro 1

* Opgaven var:

* Rum på 3.800 m³

* Lufttilstand dugpunkt på
-5°C

* Køleløsning:

* Pris kr. 650.000,-

* Excl. Isolering af rum

* Arbejdstemperatur -5°C



ARLA, Rødgårdensbro 2

- * Affugterløsning:
- * Pris kr. 200.000,-
- * Isolering af rum ikke nødvendig
- * Arbejdstemperatur 18°C



ARLA, Rødkærsbro 3

* Energiforbrug til affugter:

* 30kW

* Energipris:

0,00 kr./h

Spildvarme fra
3 stk. 37 kW
Atlas Copco
kompressorer med
vandkølet efterkøler



Bifodan

Luftmængde:
2.800 m³/h

Ønsket i rum:
15%RF, 20°C

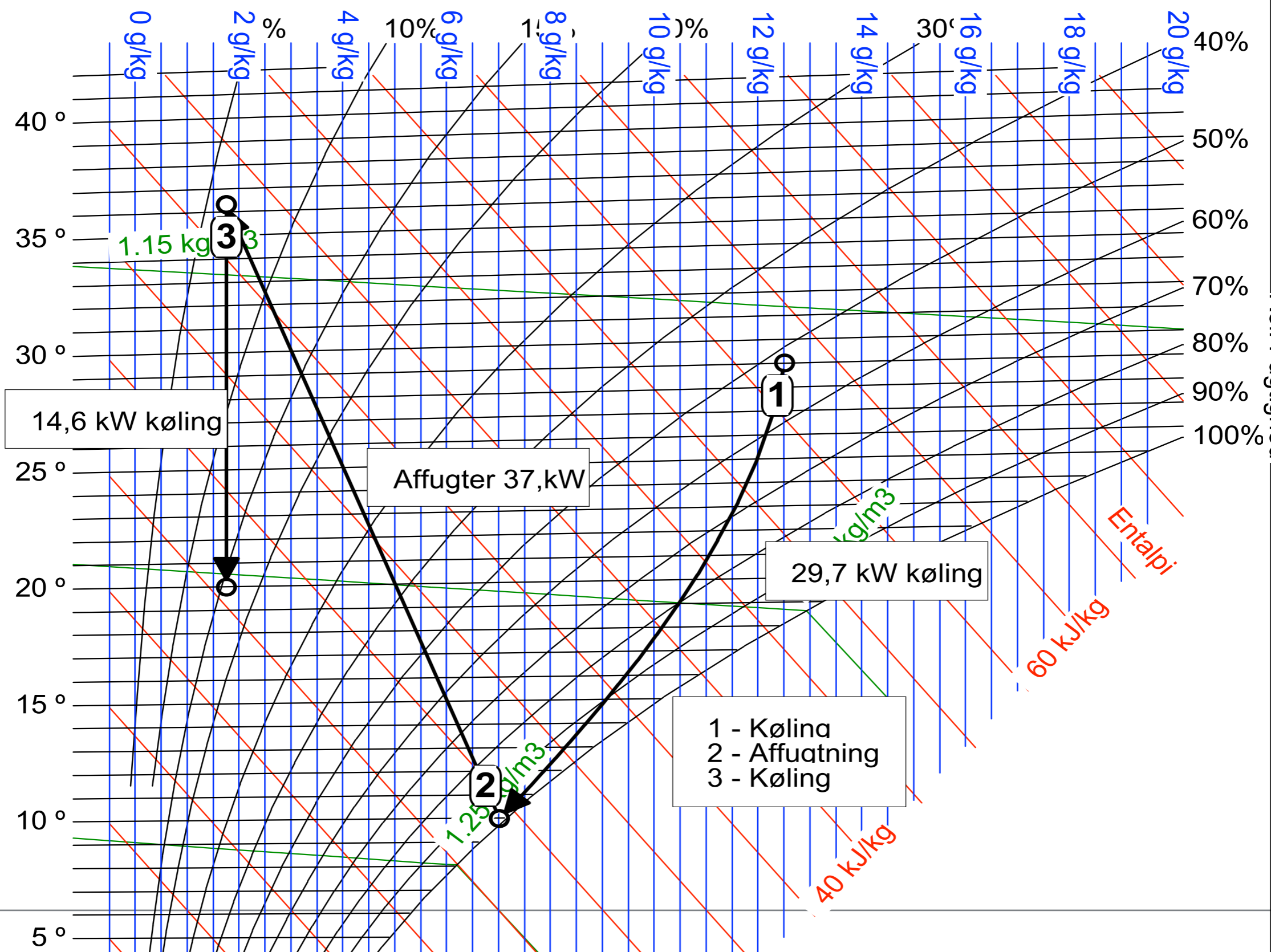
Tilstand før køleflade:
29°C, 13 g/kg

Tilstand efter affugter:
2,2 g/kg

Affugter:

CRP 4000E, 37kW





Museer

Vil selv du fatte
dit Væsens Rod,
skøn på de Skatte,
de efterlod!

Johannes V. Jensen, 1925

Luftfugtigheden i magasiner er ofte ustabil og temperaturen sædvanligvis for høj, fordi den reguleres ud fra menneskelige hensyn, der ikke nødvendigvis harmonerer med hensynet til materialerne.

af direktør Erland Kolding Nielsen – Det kongelige Bibliotek

Musikhistorisk museum

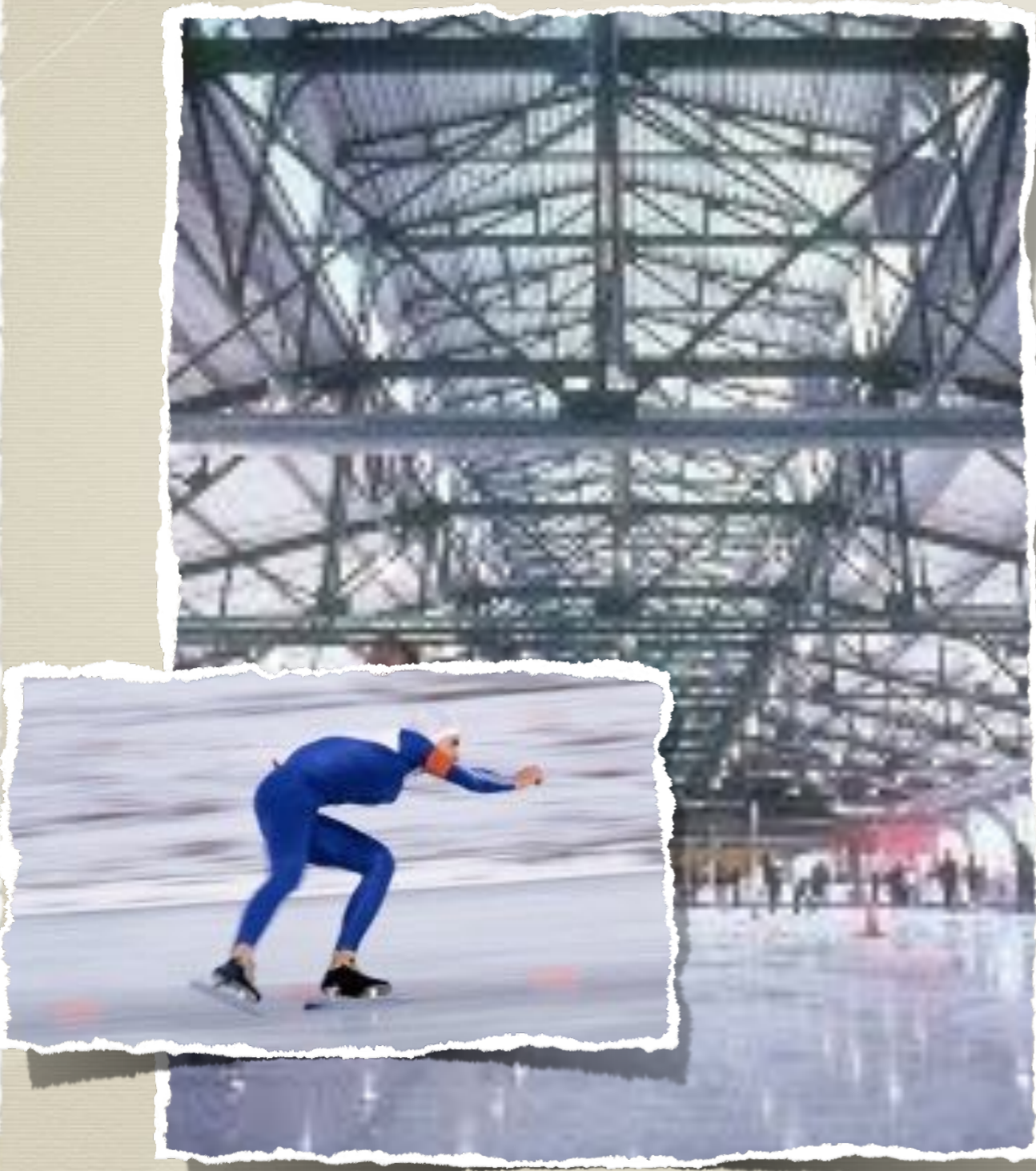
- * Konstant fugtighed for at undgå revner
- * Afhængig af temperaturen behov for befugtning eller affugtning



Musikhistorisk Museum



Skøjtehaller



- * Undgå kondens på isen
- * Undgå fugt på bygningsdele / lofter
- * Undgå dug på banderne
- * Dugpunktsstyring
- * 25%RF, v 18°C

Eksempler:

Gentofte skøjtehal JACT 3000G

Lalandia skøjtehal JACT 12000

Gladsaxe skøjtehal JAC 6000

G = gasregenereret



Undgå kondens på:

- plexiglas-bander
- bander
- isen
- lofterne

ICE-RINK DEHUMIDIFIERS CONTROL

Relative Humidity
(RH)

Relative Humidity
& Dew-point
control

CO₂ controlled
ventilation



Tør skøjtehal



Recirculating
air return duct

Dry air
supply duct

DST RLZ 102R
ICE CO2

Sandblæsning m.m.

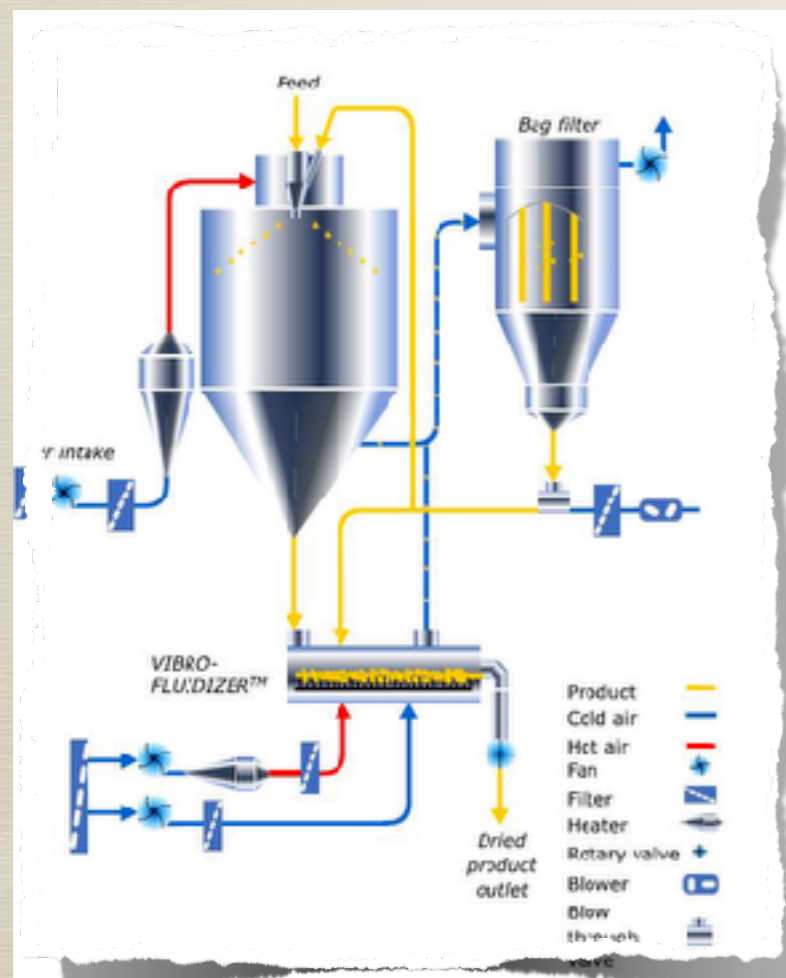


- * skibstanke
- * stålbeholdere
- * bilindustrien

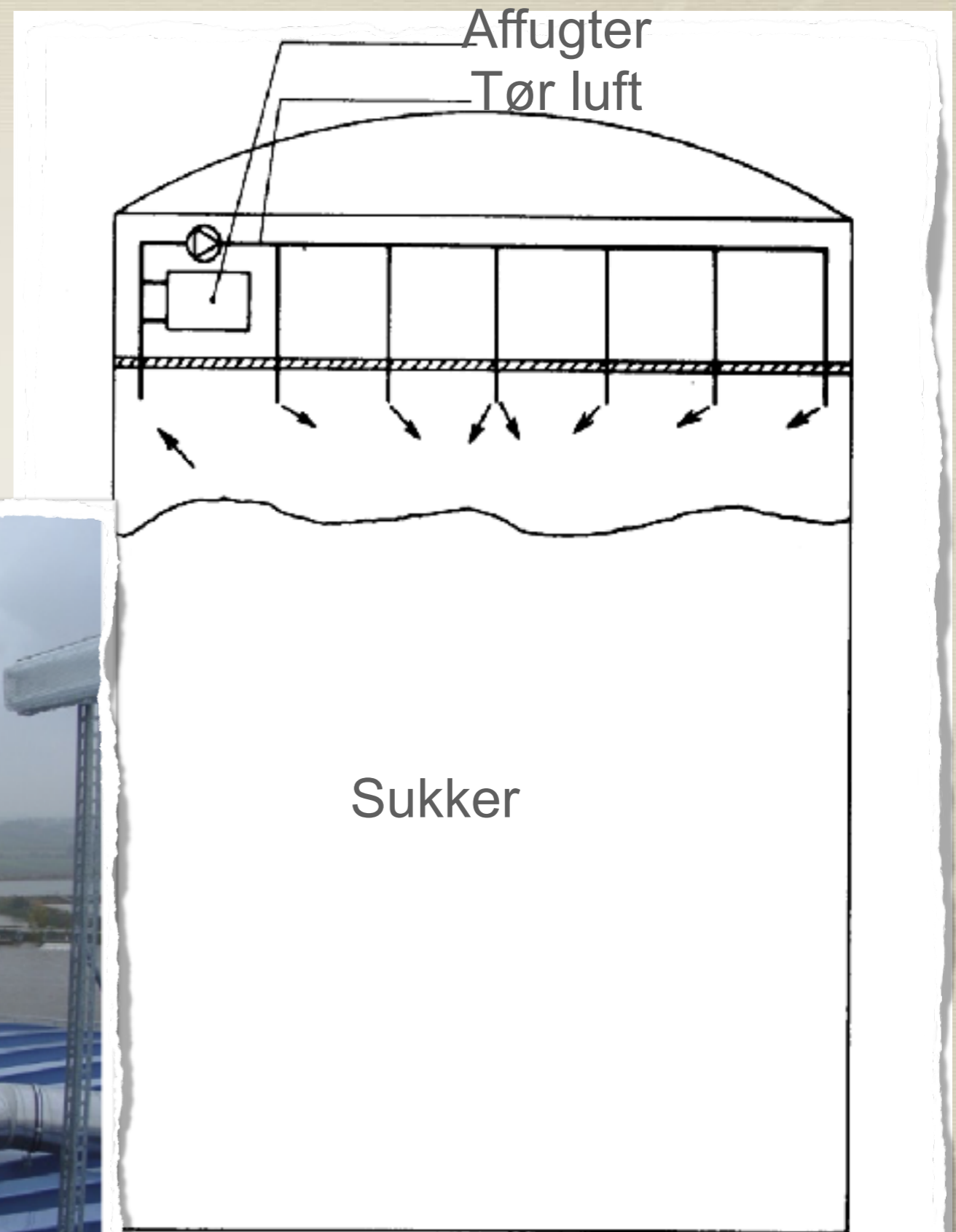


Levnedsmiddelindustri

- Pneumatisk transport hygroskopiske materialer
- Tørring af temperaturfølsomt pulver. Tomatsuppe
- Spraytørring hos De Danske Gærfabrikker



Sukkersilo hos Züdsucker, Tyskland

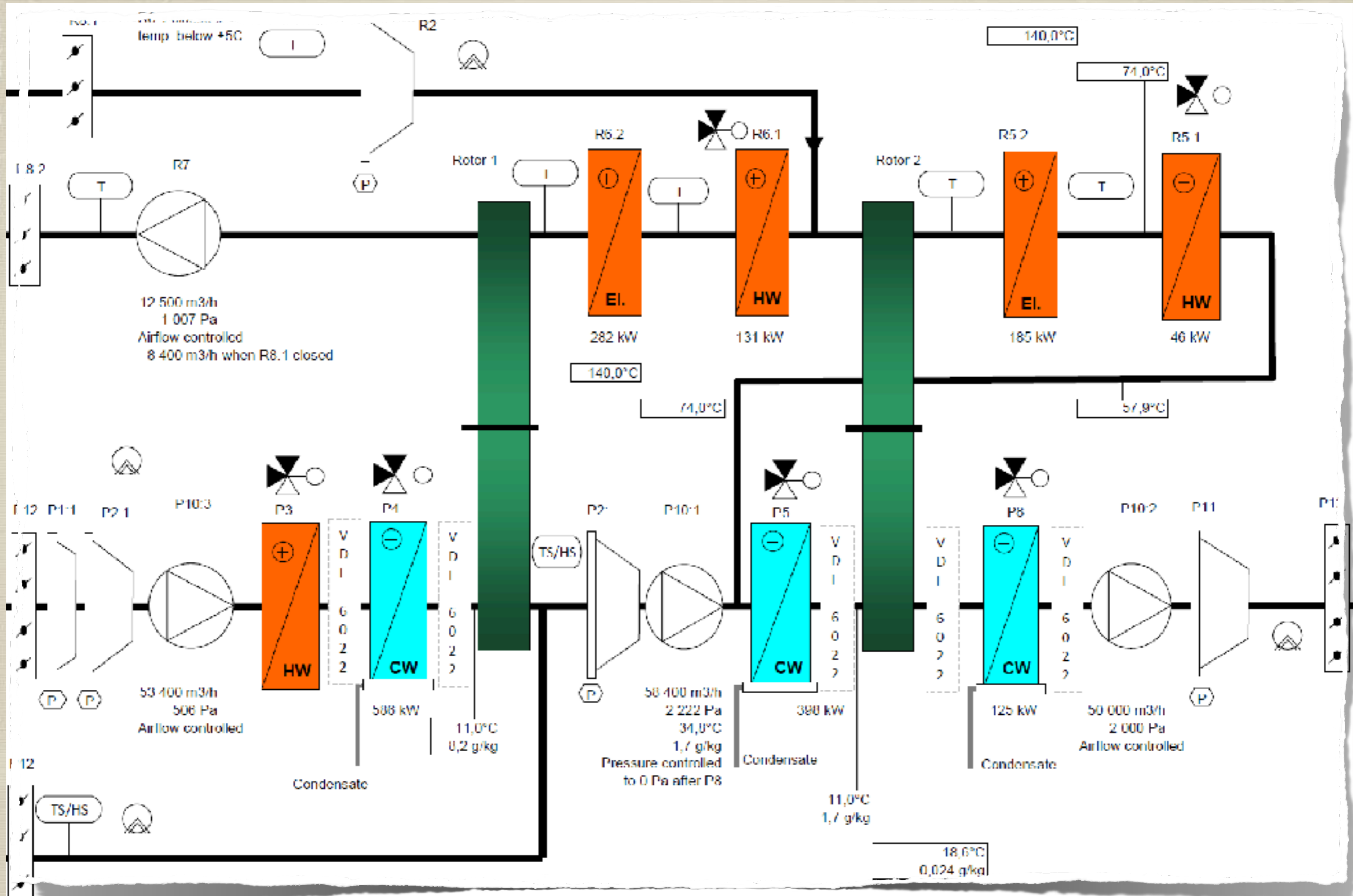


Tesla - Tyskland



- * Lavt
Dugpunkt
 -55°C
- * Tør
luftmængde:
 $50.000 \text{ m}^3/\text{h}$
- * Mål
 $14 \times 3 \times 3,8 \text{ m}$

Reg.temp. 140°C, forvarmer 74°C



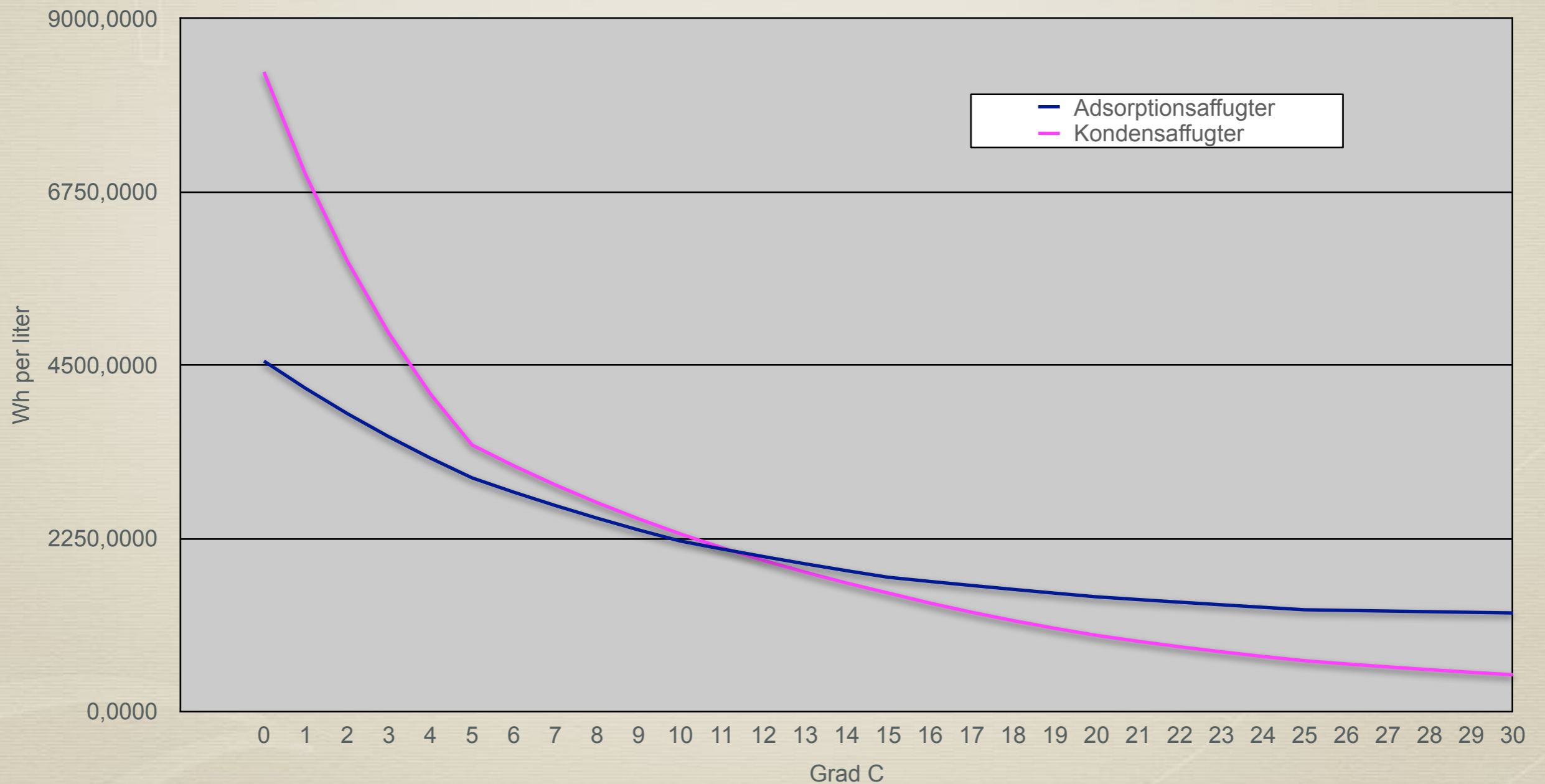
Lithium batterier



Energiforbruget

- * 1 liter vand fordampet i befugter: 0,7 kWh
- * Kondensaffugter:
- * 1 liter vand affugtet v. 30° 80%RF : 0,5-0,7 kWh
- * 1 liter vand affugtet v. 20° 60%RF: 0,7-2,0 kWh
- * 1 liter vand affugtet v. 10° 70%RF: 1,2-2,5 kWh
- * Adsorptionsaffugter:
- * 1 liter vand affugtet v. alle tilstande: 1,36 - 1,6 kWh

Sammenligning adsorption/kondens

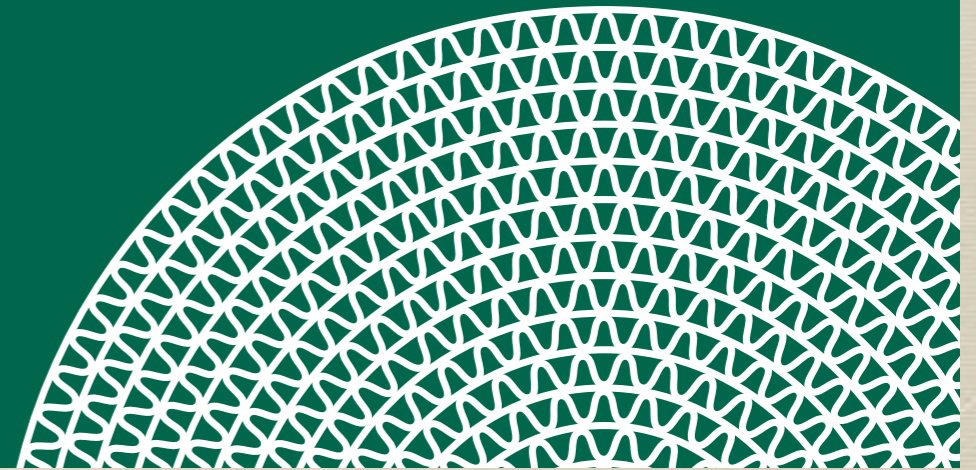


Vores leverandør



Thank you for paying attention!

**You can find out more about us at
www.dst-sg.com**





anderbergklima

Anderberg Klima A/S

Teglværksvej 8 B - 4200 Slagelse

Tlf. 43 999 888

anderbergklima.dk - info@anderbergklima.dk

Terkel Møller - tm@anderbergklima.dk - 51925995
John Anderberg - ja@anderbergklima.dk - 40356213