

# Rasjonell Klippfiskproduksjon

## MÅL

Prosjektets hovedmål er å anbefale en rasjonell produksjon av klippfisk med jevn kvalitet for økt produksjon, effektivisering av arbeid samt reduserte drifts- og energikostnader.

## Hovedaktivitet

Ved å tilpasse FoU aktiviteter til den enkelte bedrift med forskjellige tørkeprosesser og driftsmetoder, vil en kunne dokumentere hvordan en kan øke produksjonen, effektivisere arbeidsoppgavene og redusere drifts- og energikostnadene for ulike typer anlegg.

# Rasjonell Klippfiskproduksjon

I flere år har forskning vist til enkelttiltak som i klippfiskproduksjonen har økt kapasitet og redusert energiforbruket.

Mange produsenter har fått bedre forståelse av mekanismene bak effektiv tørking, og har justert driften i henhold til dette. Dette er bl.a.

- reduksjon av falkluft,
- økt avstand mellom brett
- størrelsessortering,
- justering av luftmengder gjennom tørkeforløpet.
- Avrenning før tørking

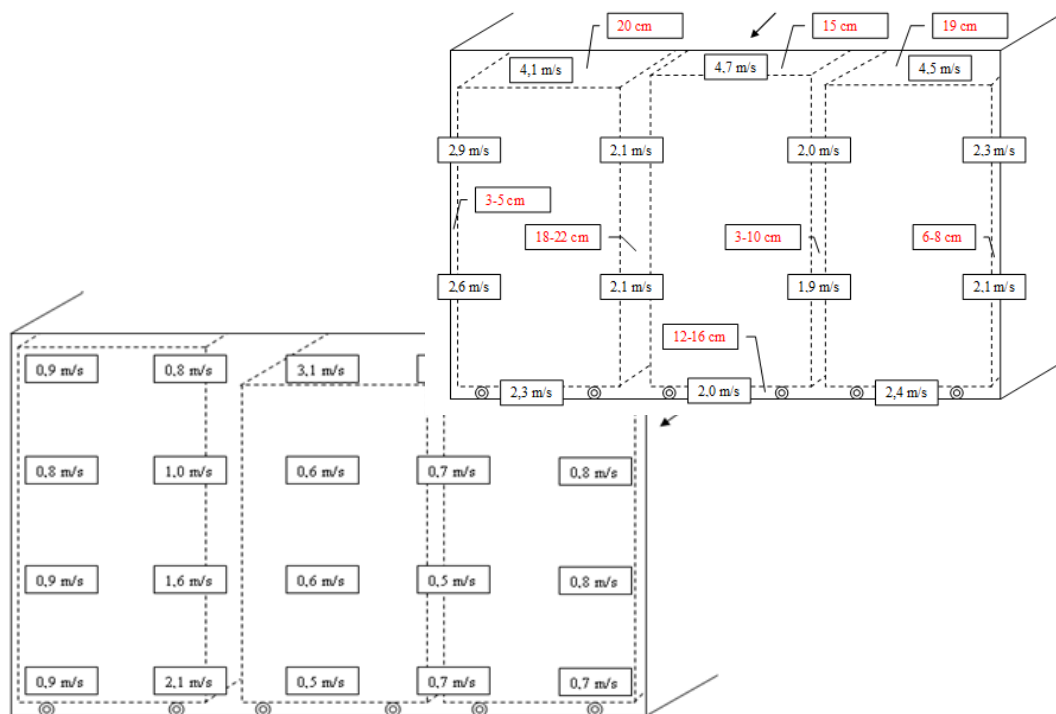


De mange ulike produsentene langs norskekysten har ulike teknologi, drift og forutsetning.

For å energi effektivisere hele næringen, må optimal teknologi og drifts synliggjøres for flere ulike kategorier av produsenter.

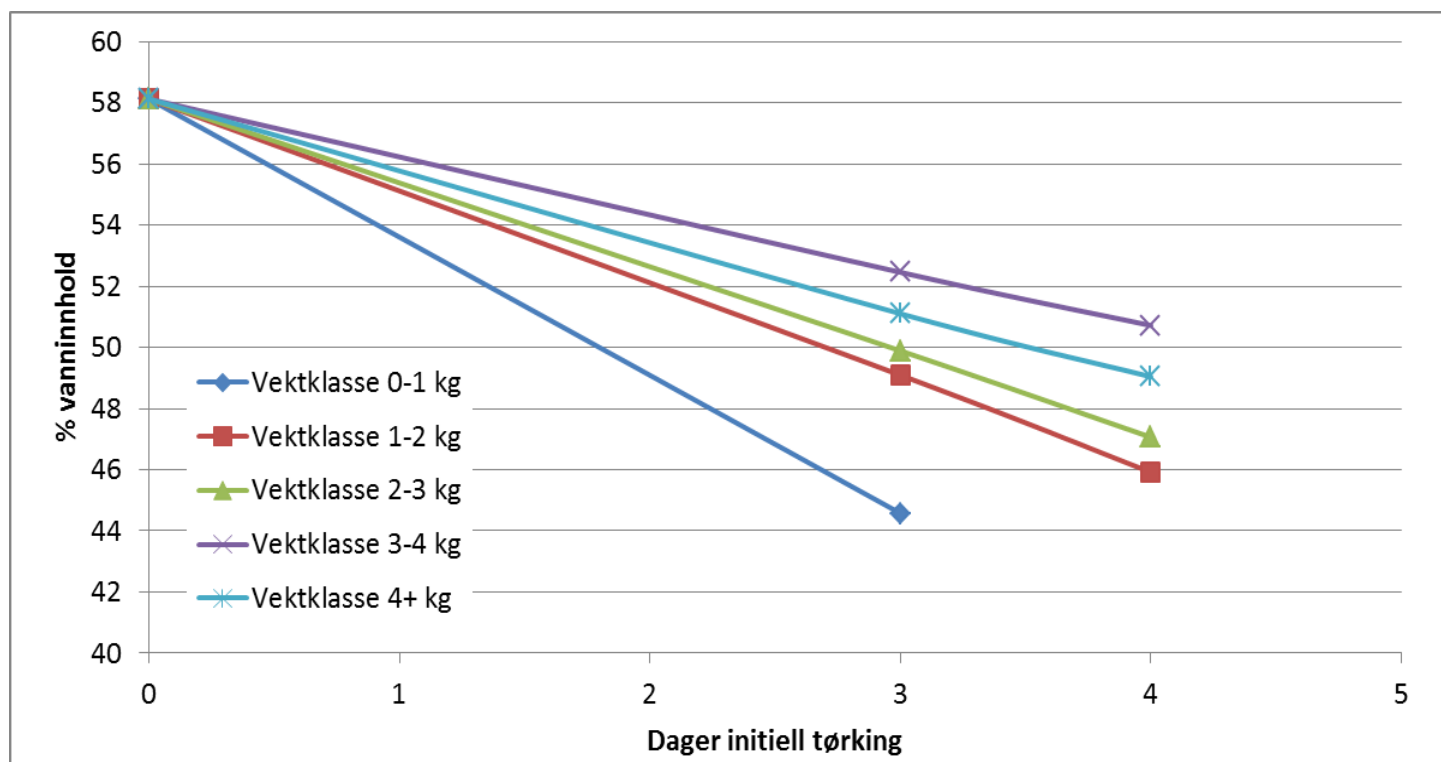
# Rasjonell Klippfiskproduksjon - Falskluft

- Reduksjon av falskluft, utnytte tverrsnittet i tørkene
- Økt avstand mellom brett (fra 5 til 6 cm)
- Målt inntil 50 % falskluft



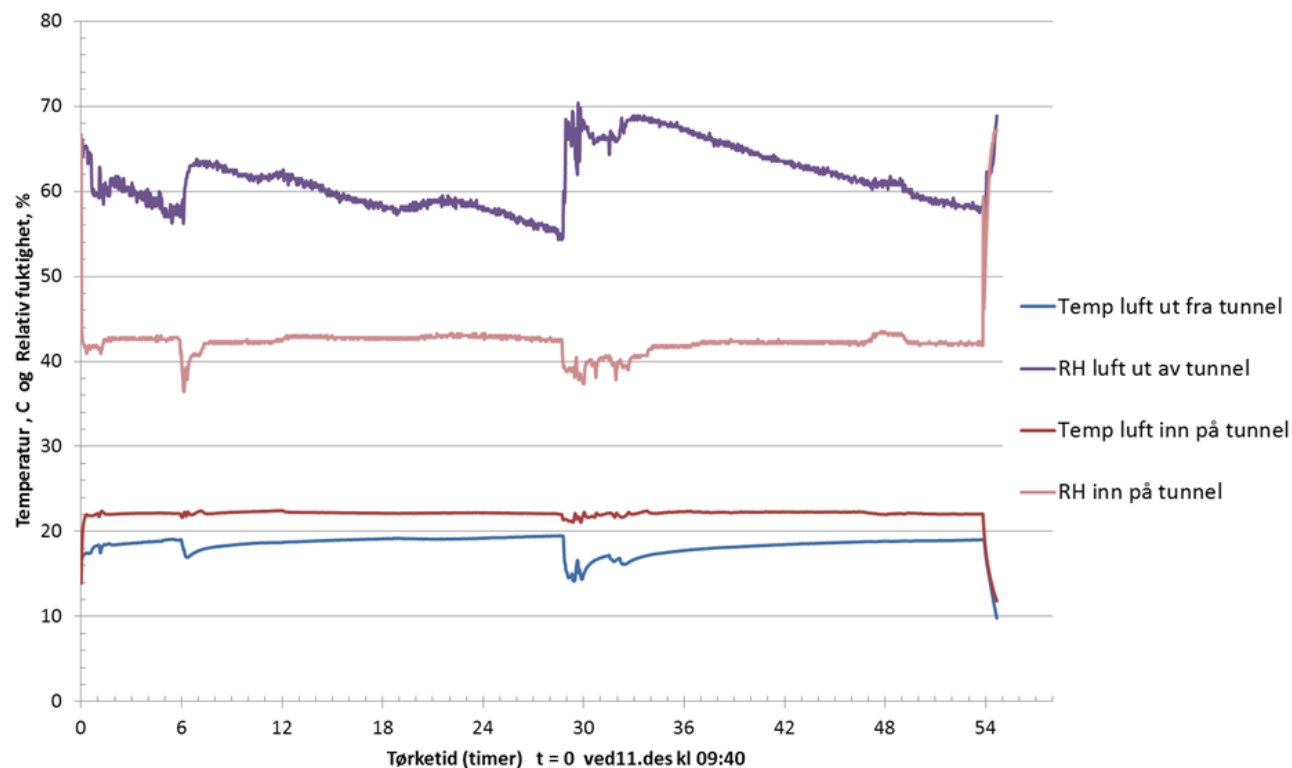
# Rasjonell Klippfiskproduksjon - Sortering

- Størrelsessortering før tørking (og helst salting)
- Stor sjanse for overtørking (vekttap) ved å vente på større fisk



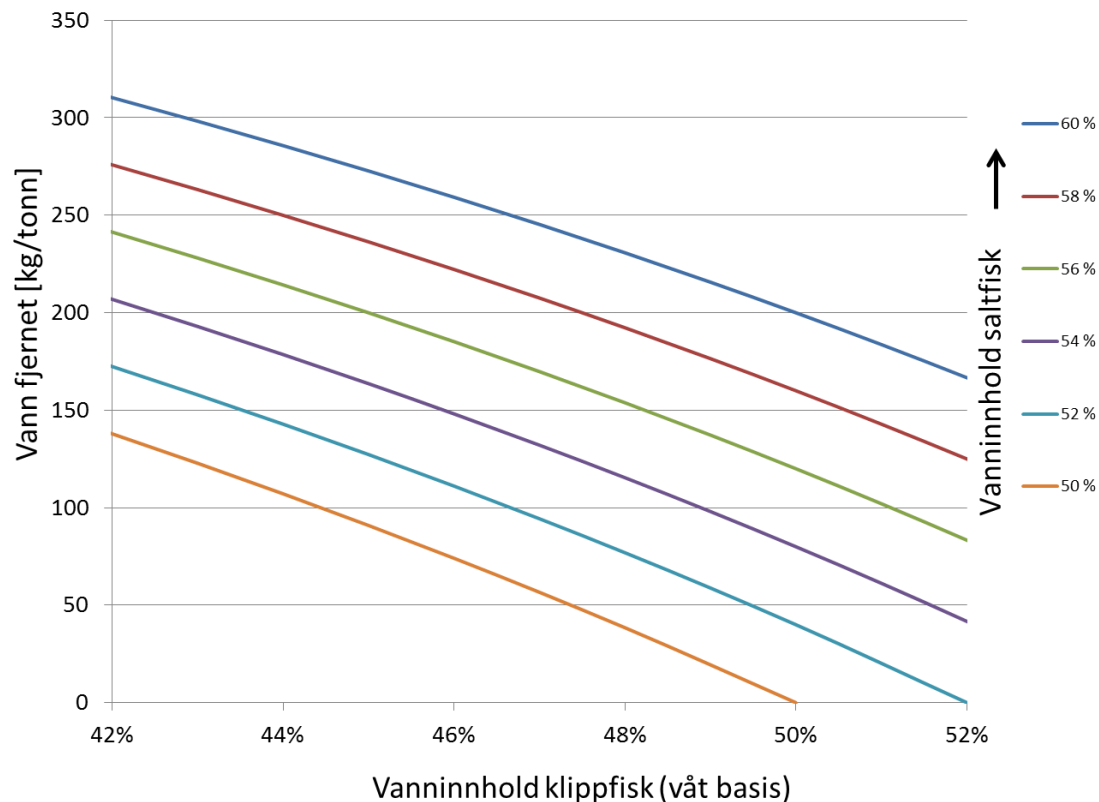
# Rasjonell Klippfiskproduksjon - Luftmengde

- Justering av viftehastighet under tørking
- Gir dobbel besparelse av kWh. Først vifte-, så kjøle-energi



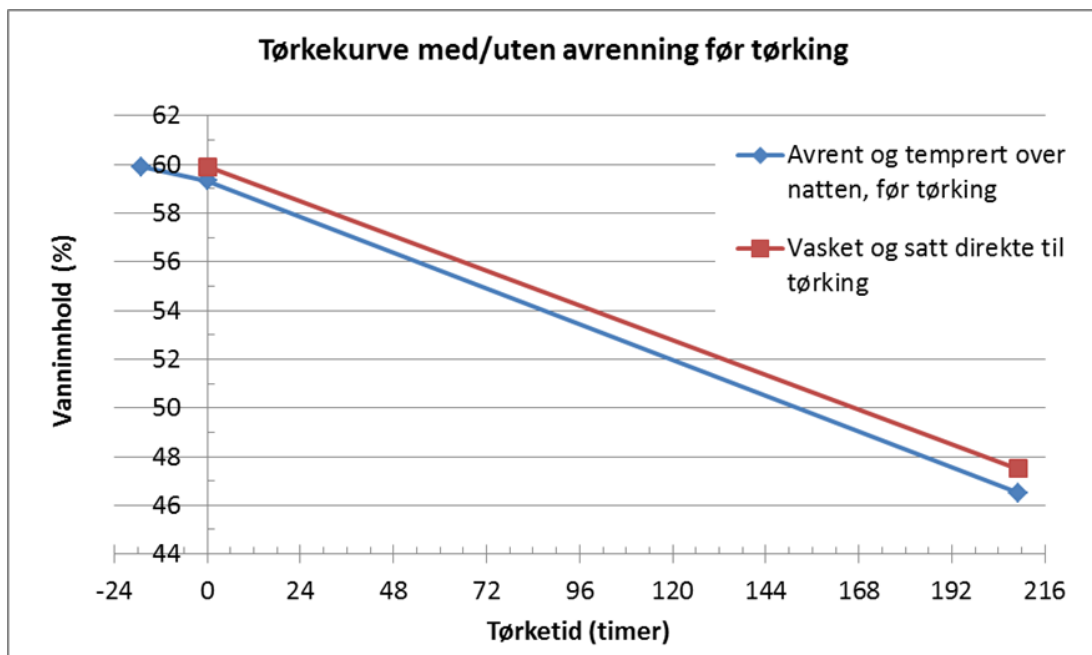
# Rasjonell Klippfiskproduksjon - Saltmodning

- Saltmodning ("gratis" vannfjerning)
- Fra 60 til 57 % vanninnhold sparer ett døgn i tørken, dvs. redusere energi og øke kapasiteten



# Rasjonell Klippfiskproduksjon - Avrenning

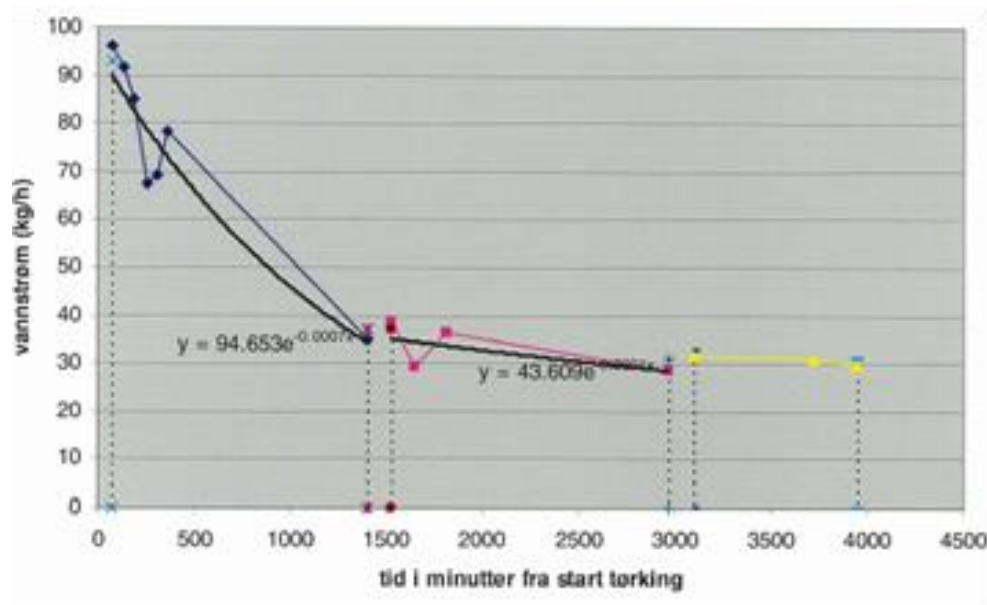
- Avrenning og temperering av saltfisk før tørking
- Slipper å bruke energi på tørking, og samtidig øke kapasiteten i tunnelen.



- Unødvendig å belaste tørkesystemet med overflatevann og temperaturøkning.
- Vanninnholdet i saltfisken har gått ned 0,6 % i løpet av de 17 timene vognene sto til avrenning.
- Man sparer nesten ett døgn i tunnelen ved å avrenne og temperere produktet før tørking.

## Mellomlagring etter innledende tørking

Etter perioden med relativt høy vannfjerningshastighet, får man tørr overflate og fuktig kjerne. Utjevning av fuktighetsforskjellen under mellomlagring er målt.



Når mellomlagring bør utføres er avhengig av størrelse på fisken, typisk etter 2-3 døgn på torsk 2-6 kg

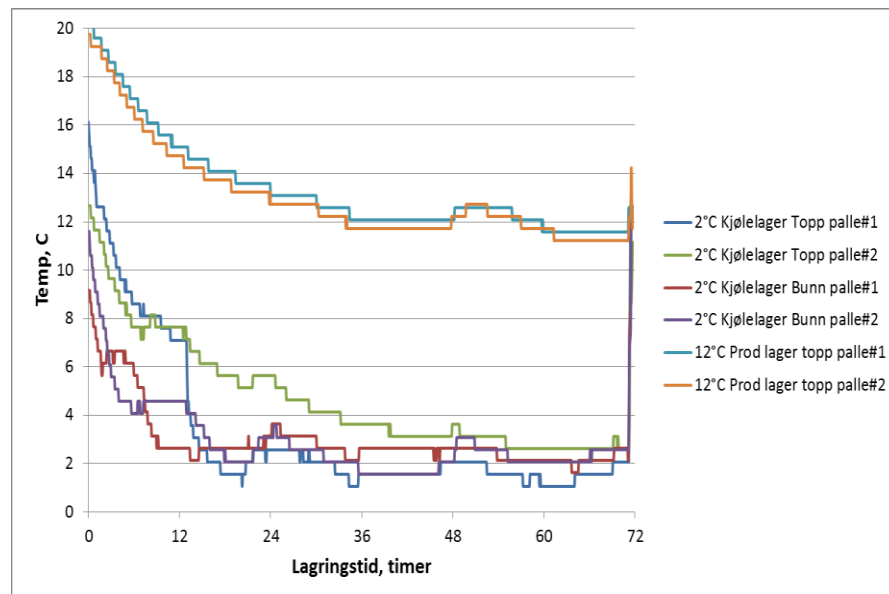


# Mellomlagring på pall

Enkelte produsenter tar av fisken fra vognene og legger disse på pall på kjølelager under mellomlagring. Arbeidskrevende, og nødvendigheten med dette ble undersøkt.

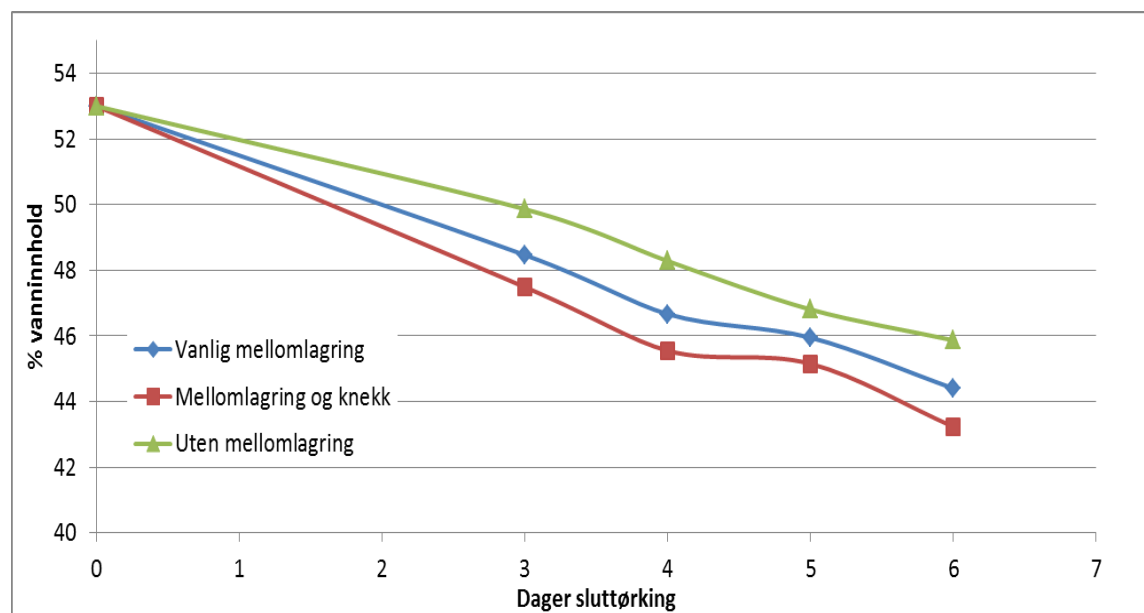
Ingen letning under 3 dagers mellomlagring.

Det er ingen vesentlig forskjell på tørkehastighet avhengig av hvordan fisken på pall har blitt mellomlagret. (+4 °C vs. +15 °C, topp vs. bunn)



# Mellomlagring på pøll – bryting av tørrsjukt

Det er en oppfatning at fysisk håndtering av fisken vil bryte opp tørrhinnen og øke tørkehastigheten. Dette ble utprøvd ved å knekke slakkfisken langs ryggbeinet før sluttørking, og sammenlignet med vanlig- og ingen mellomlagring.

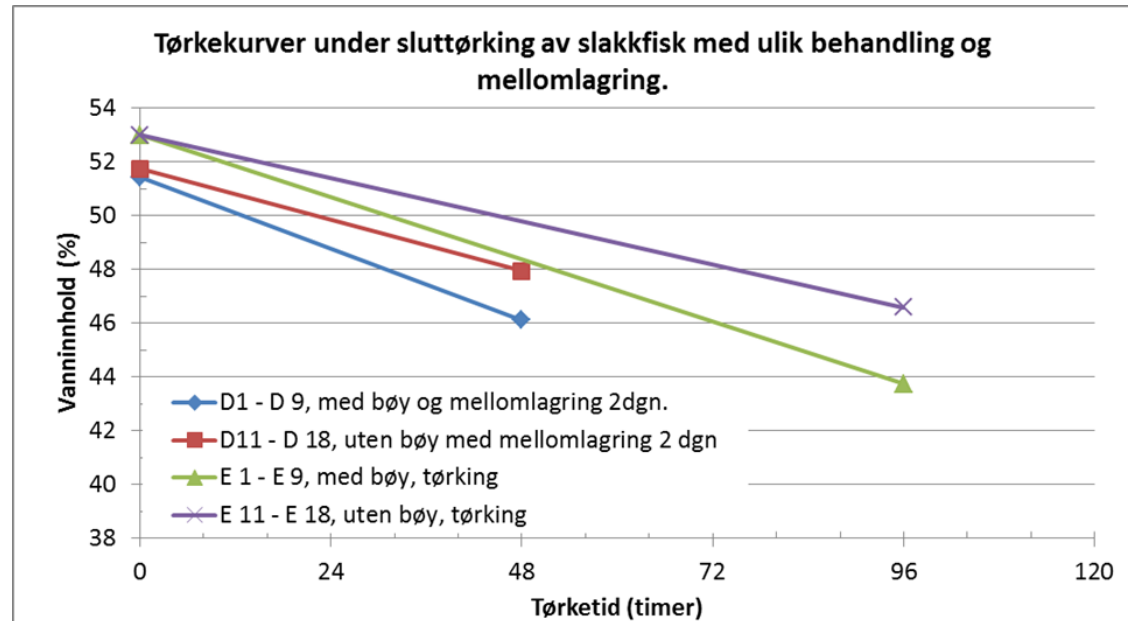


Mellomlagret fisk gav høyere vannfjerning, og knekk langs ryggbeinet gav videre økt vekttap. Mellomlagret og knekt slakkfisk har hele 40 % mer vekttap de siste 4 døgn i forhold til fisk som ikke er mellomlagret.

# Mellomlagring på vogn

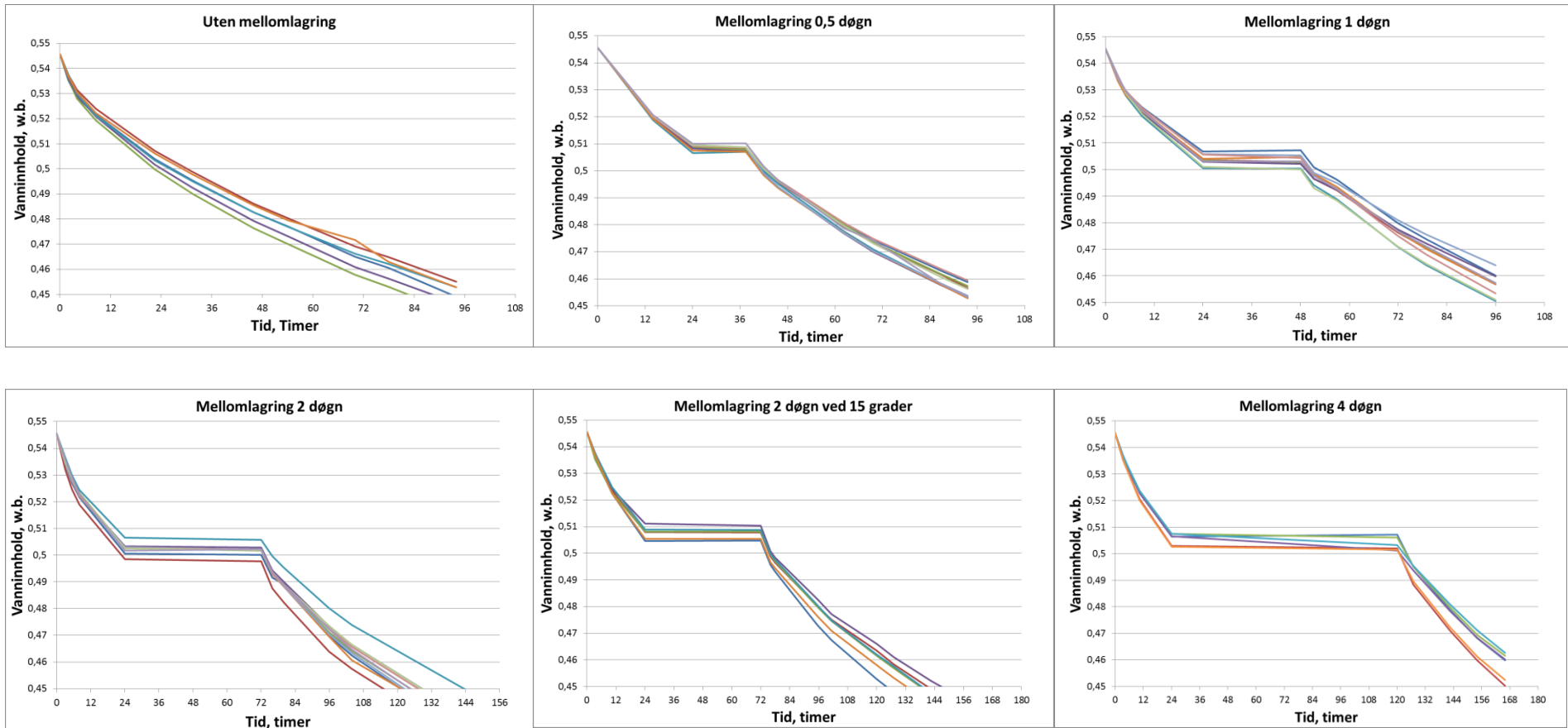
Ved å mellomlagre fisken på vogn letter man arbeidet. Mulighet å benytte produksjonshall ol. Fysisk knekking ble videre utprøvd.

Vesentlig letning av fisken i vogn under mellomlagring.



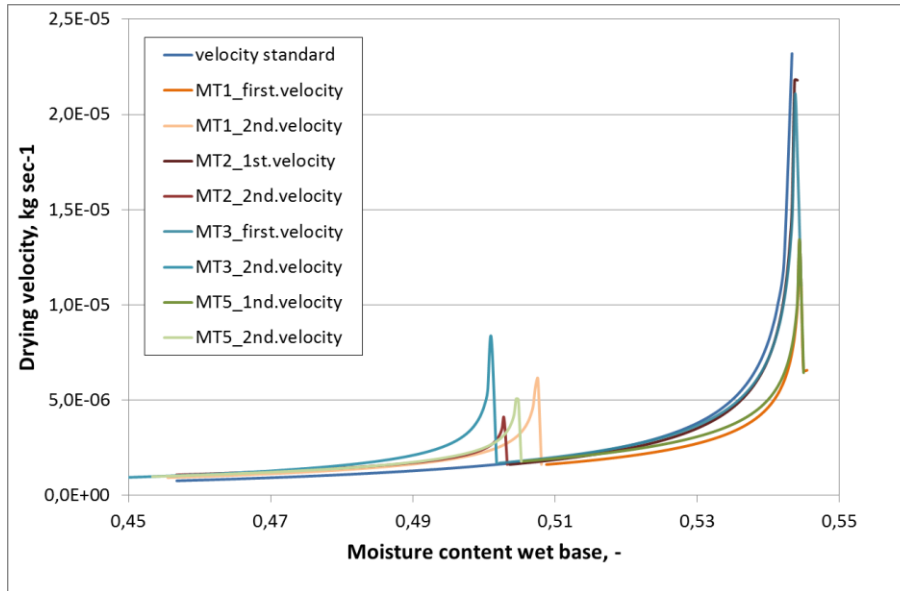
- Mellomlagringen reduserer sluttørketiden med ca. 1,5 døgn, mye pga. letningen.
- Knekking uten mellomlagring har også god effekt på sluttørkingen.
- Utføres knekking av slakkefisk i tillegg til mellomlagring, reduseres sluttørketiden med ytterligere 0,5 døgn, totalt over 2 døgn.

# Mellomlagring – varierende mellomlagringstid



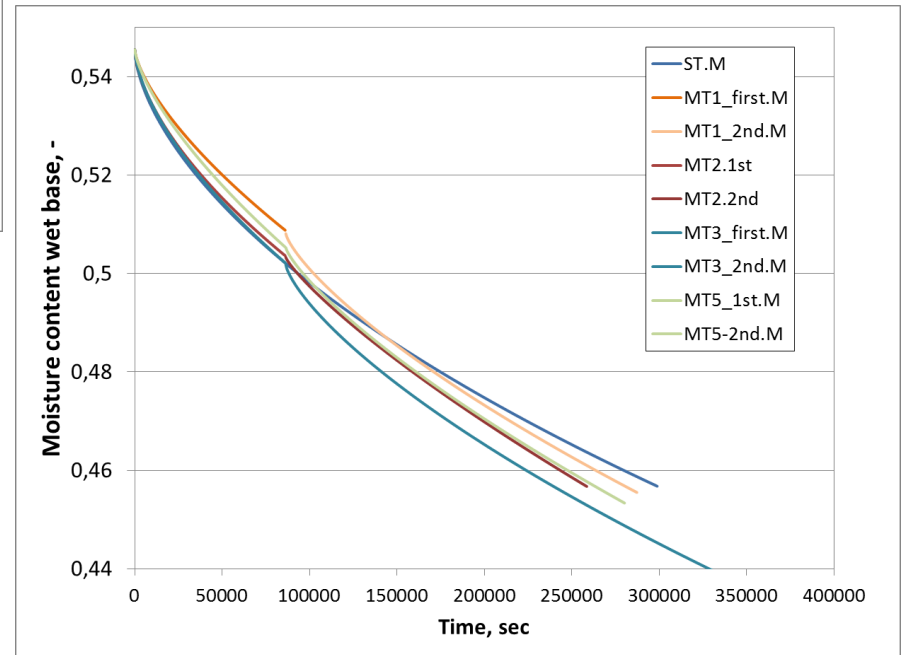
Tørkeforløp under ulike lengder på mellomlagring. Lagret ved kjøleromtemperatur på +4C

# Mellomlagring – varierende mellomlagringstid

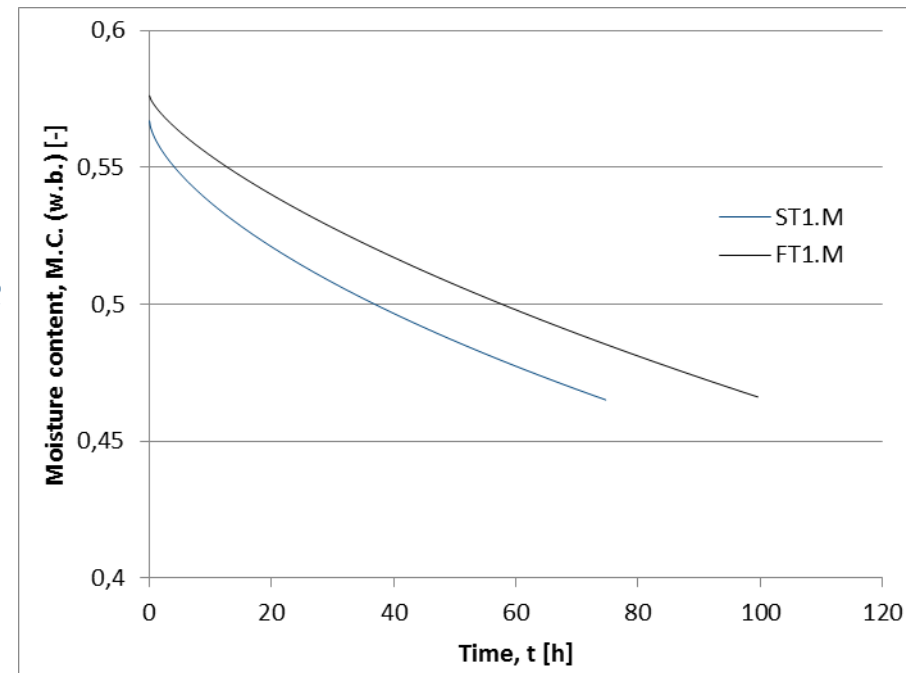
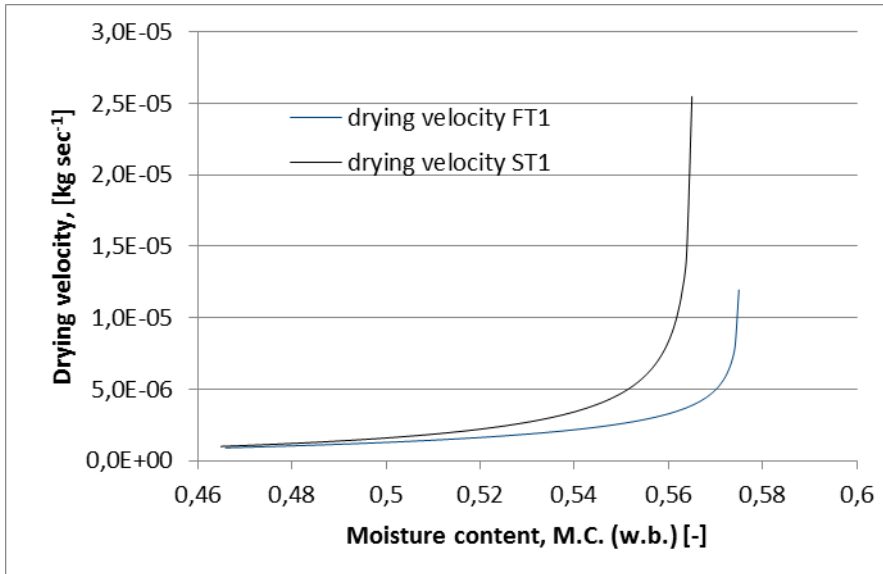


Tørkeforløp under ulike lengder på mellomlagring. Lagret ved kjøleromtemperatur på +4°C

Temperaturen (+4 °C vs. +15 °C) har liten betydning



# Frosset/tint vs. fersk saltfisk som råvare



- Tørketid for frosset/tint saltfisk var ~30 % høyere
- Vannløselige proteiner hadde samme nivå (~2 %)
- Saltkonsentrasjonen var 5 % høyere i overflate-laget i forhold til ferskt – mulig årsak til økt tørketid.

# Rasjonell Klippfiskproduksjon - Teknologi

## Ulike fokus og utfordringer blant produsentene:

- Fra volumproduksjon til tørking når man ikke for solgt saltfisk – svært ulike teknologier.
- Fra produksjon av kun små sei til spekter av kvaliteter
- Fra egen produksjon av saltfisk til innkjøp i variabelt marked.
- Fra fast stab til periodearbeid
- Energireduksjon og kapasitetsøkning i sammenheng med investerings- og arbeidskostnader.

# Rasjonell Klippfiskproduksjon - Teknologi

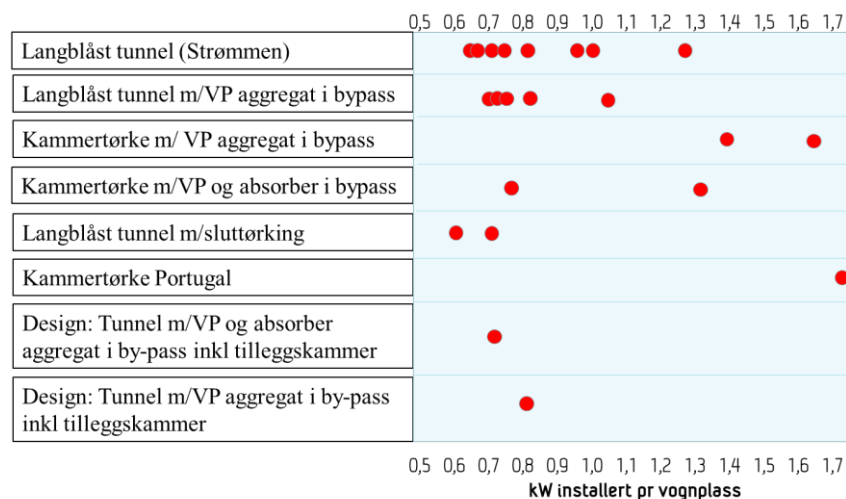
Kartlegging av 20 tørkeanlegg er gjennomført.

Med bakgrunn i denne gjennomgangen er det delt inn i 4 teknologiske kategorier:

- Langblåste tunneler med varmepumpe (Strømmen)
- Langblåste tunneler med varmepumpe i by-pass.
- Kammertørker med varmepumpe og absorpsjonsanlegg i by-pass
- Kammertørket med varmepumpe i by-pass

Det vil kunne være stor forskjell på installert energi og forbruk av energi .

Dette avhenger av driften (mange forhold).





# Industrielle faktorer

- Råvaresituasjon. Tilgang, fersk/frosset, modningsgrad - vanninnhold
- Vekttap og kapasitetsmålinger, Tonn pr døgn
  - Mellomlagring/fysisk behandling
- Energiforbruk, kW pr time og kW pr tonn
- Drift (kapasitet- eller markedsstyrt – personer pr oppgave)
- Avfuktingskapasitet i aggregat– i henhold til leverandørspesifikasjoner
- Registrering av eventuelle avvik. Enkle tiltak som påvirker effektiviteten (fylling av kammer, falskluft osv.)
- Luftmengde, luftfordeling og lufthastighet.
- Vurdering av systemløsninger avhengig av ønsket drift.
- Lagersituasjon.

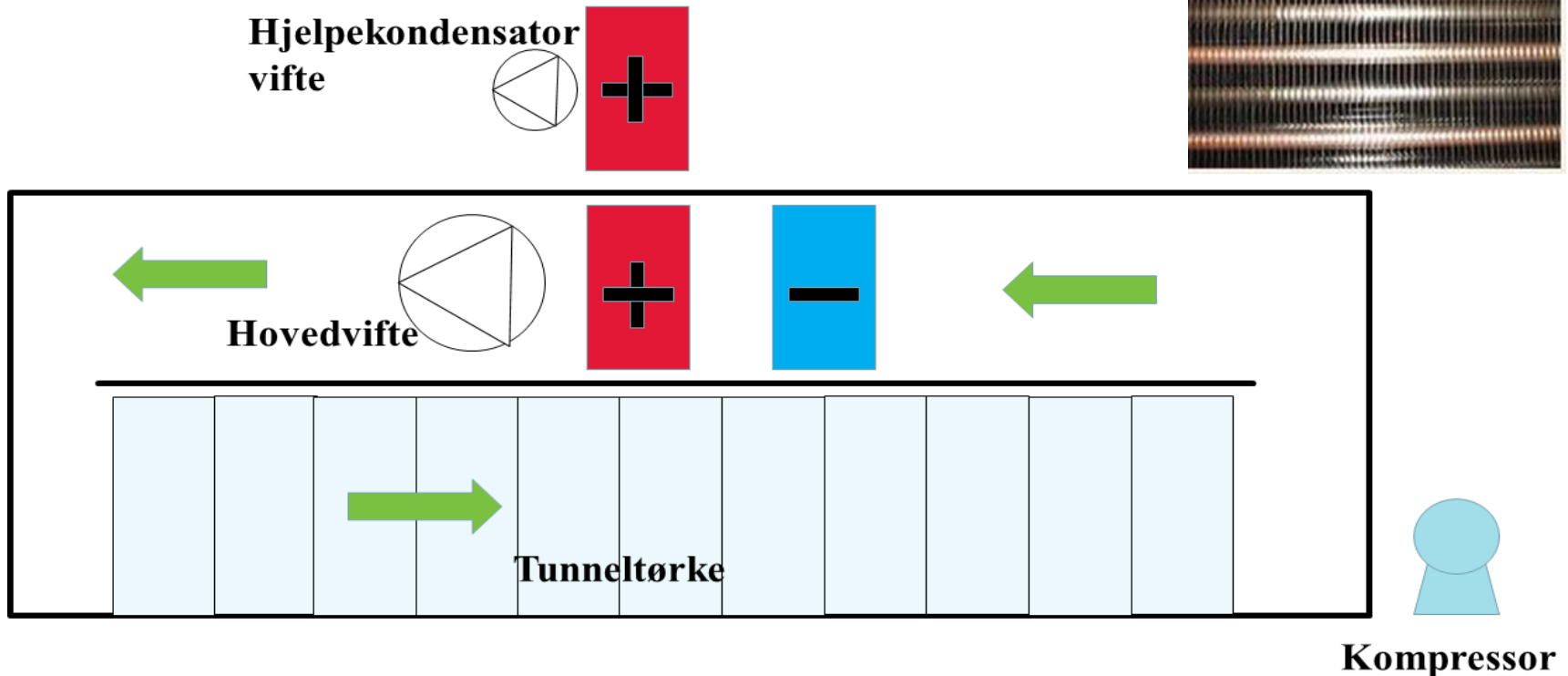
# Industrielle målinger på ulike teknologier

- Langblåste tunneler med varmepumpe (Strømmen)
- Langblåste tunneler med varmepumpe i by-pass.
- Kammertørker med varmepumpe og absorpsjonsanlegg i by-pass
- Kammertørket med varmepumpe i by-pass

**Viktig at man ikke direkte sammenligner resultatene mellom de ulike teknologiene videre i presentasjonen.**

**Målt ved ulike forutsetninger og drift.  
Situasjonsbilde**

# Langblåst med VP-system i hele tverrsnitt (Strømmen)



Langblåst tunnel – Typisk 100-140 vogner, semi-kontinuerlig  
All luft blir behandlet i varmepumpen

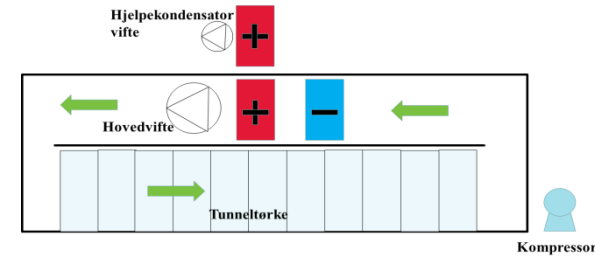
# Langblåst med VP-system i hele tverrsnitt (Strømmen)

132 vogner (6 x 22)

150.000 m<sup>3</sup>/time gjennom tunnel; 1,2-3,5 m/s mellom brett

All luft behandles av varmepumpen

Lufthastighet og -fordeling over tunneltverrsnittet



	4,5		4		4,6		3,9		4		4,4	
4,2	2,5	3,1	1,6	1,4	2,8	2,5	1,9	2,6	2,6	2,7	2,6	3,3
	2,1		3		2,7		2,4		2,2		2,4	
4,3		3,1		1		3,5		2,4		1,2		3,6
	2,8		2,5		2,2		2,4		1,3		2,8	
4,4	2,3	3,3	2,8	2,1	2	3	1,9	2,2	2,8	2,6	2,9	4,2
	1,2		4,2		3,6		3,5		3,9		2,5	

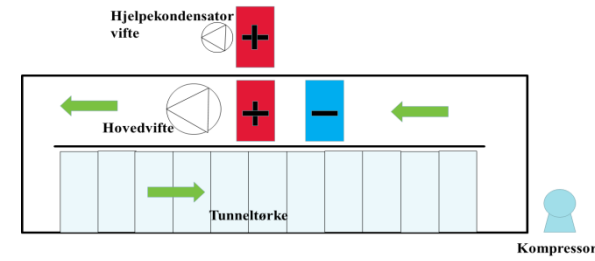
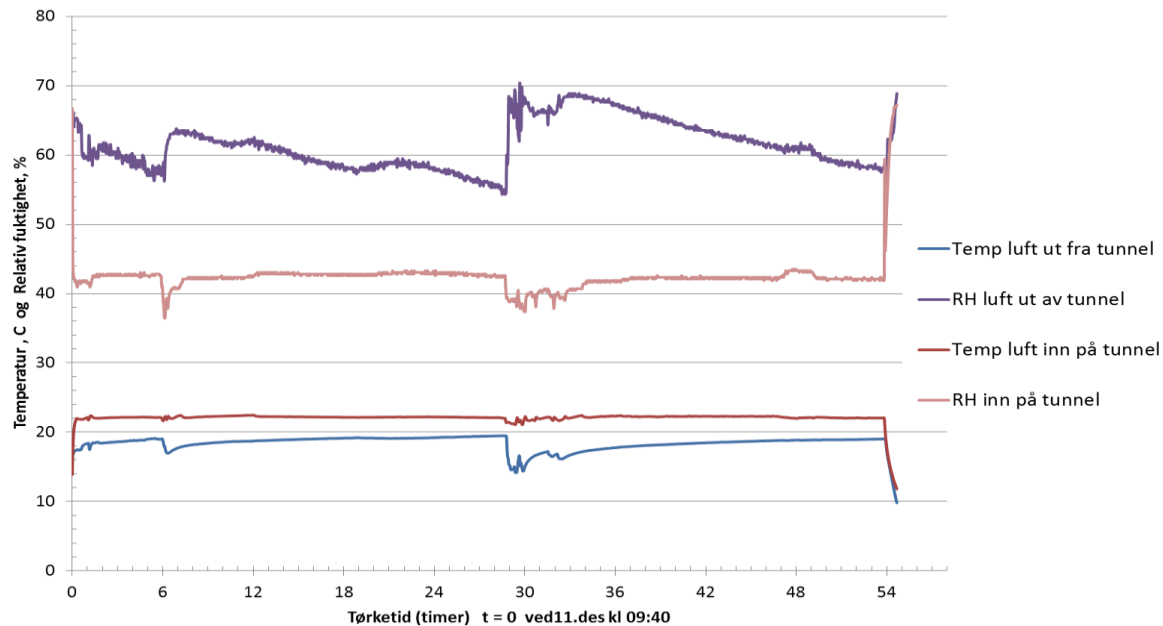
# Långblåst med VP-system i hele tverrsnitt (Strømmen)

Temp / RH inn; 22 °C / 42 %

Temp / RH ut; 16-19 °C / 55-70 %

Snitt oppfukning:  $61,4 - 42,5 = 18,9 \%$

Varmepumpepotensial: Snitt: 19 % RH (150.000 m<sup>3</sup>/time)



## Energi og kapasitet

6 x 22 = 136 vogner

Installert effekt: 0,88 kW/vogn

Forbrukt effekt: 0,86 kW/vogn

Snitt tørketid torsk: 7 døgn

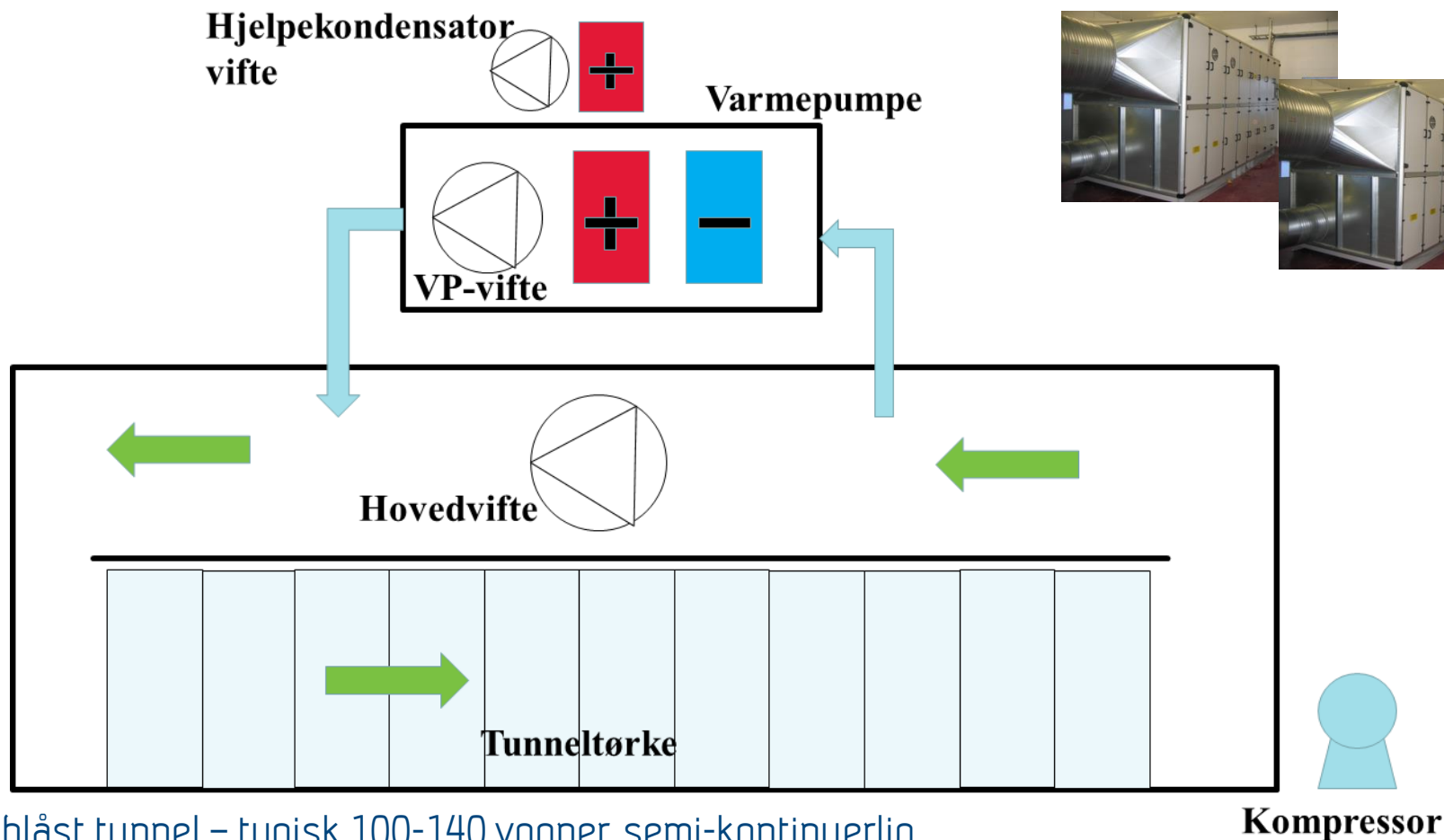
Vannfjerning: 108 kg/h

Effektforbruk: 114 kW/h

SMER: 0,94 kg vann/kWh

347 kWh pr tonn klippfisk

# Langblåst med VP-system i by-pass



Langblåst tunnel – typisk 100-140 vogner, semi-kontinuerlig

Luftstrøm i by-pass blir behandlet, rundt 37 %

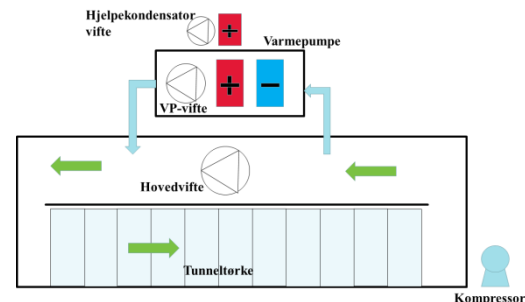
# Langblåst med VP-system i by-pass

140 vogner (7 x 20)

102.000 m<sup>3</sup>/time gjennom tunnel; 1-2 m/s mellom brett

37.000 m<sup>3</sup>/time luft behandles i aggregat

Lufthastighet og -fordeling over tunnelverrsnittet:



	5,4	3,9	4,3	4,9	4,8	4,6		
4,1	2	1,9	2	1,6	2,1	1,6	5,4	3,7
4,3	2,1	2	2,3	1,4	1,8	1,7	1,3	3,3
3,6	1,6	1,6	1,7	1,2	2	1,6	1,1	4,2
4	2	1,6	1,7	1	1,8	1,6	1	3,2
4,5	1,6	1,3	1,6	1,5	1,7	1,7	1,5	4
	2,1	3	2,4	2,6	3,1	3,1	2	

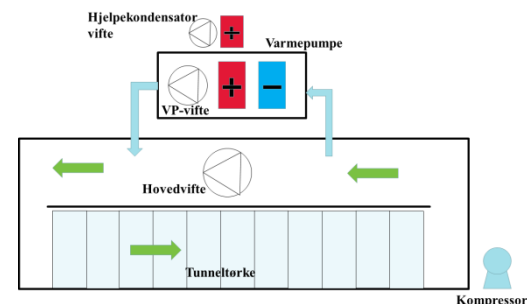
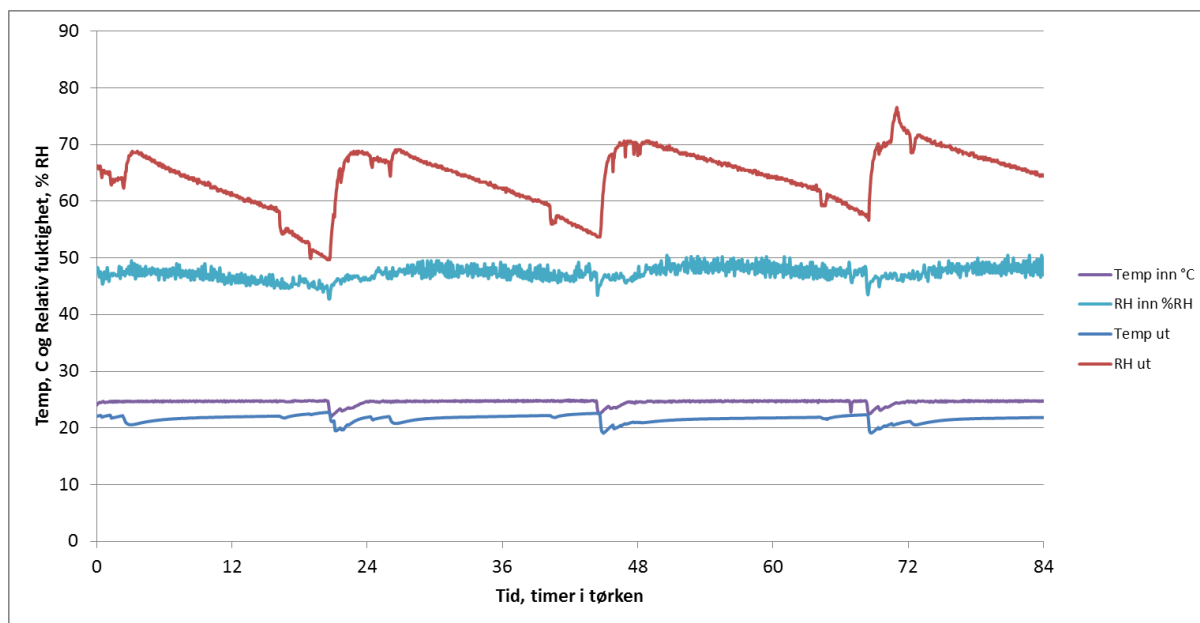
# Langblåst med VP-system i by-pass

Temp / RH inn; 24,5 °C / 47 %

Temp / RH ut; 20-22 °C / 55-71 %

Snitt oppfukning:  $67,5 - 47,8 = 19,7 \%$

Värmepumpepotensial: Snitt: 40 % RH (37.000 m<sup>3</sup>/time)



## Energi og kapasitet

7 x 20 = 140 vogner

Installert effekt: 0,76 kW/vogn

Forbrukt effekt: 0,65 kW/vogn

Snitt tørketid torsk: 6,5 døgn

Vannfjerning: 113 kg/h

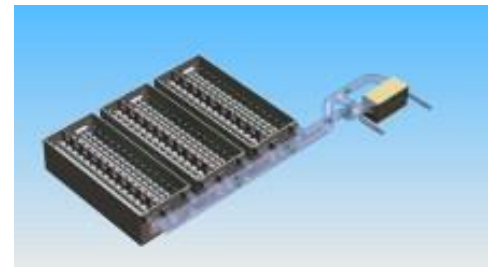
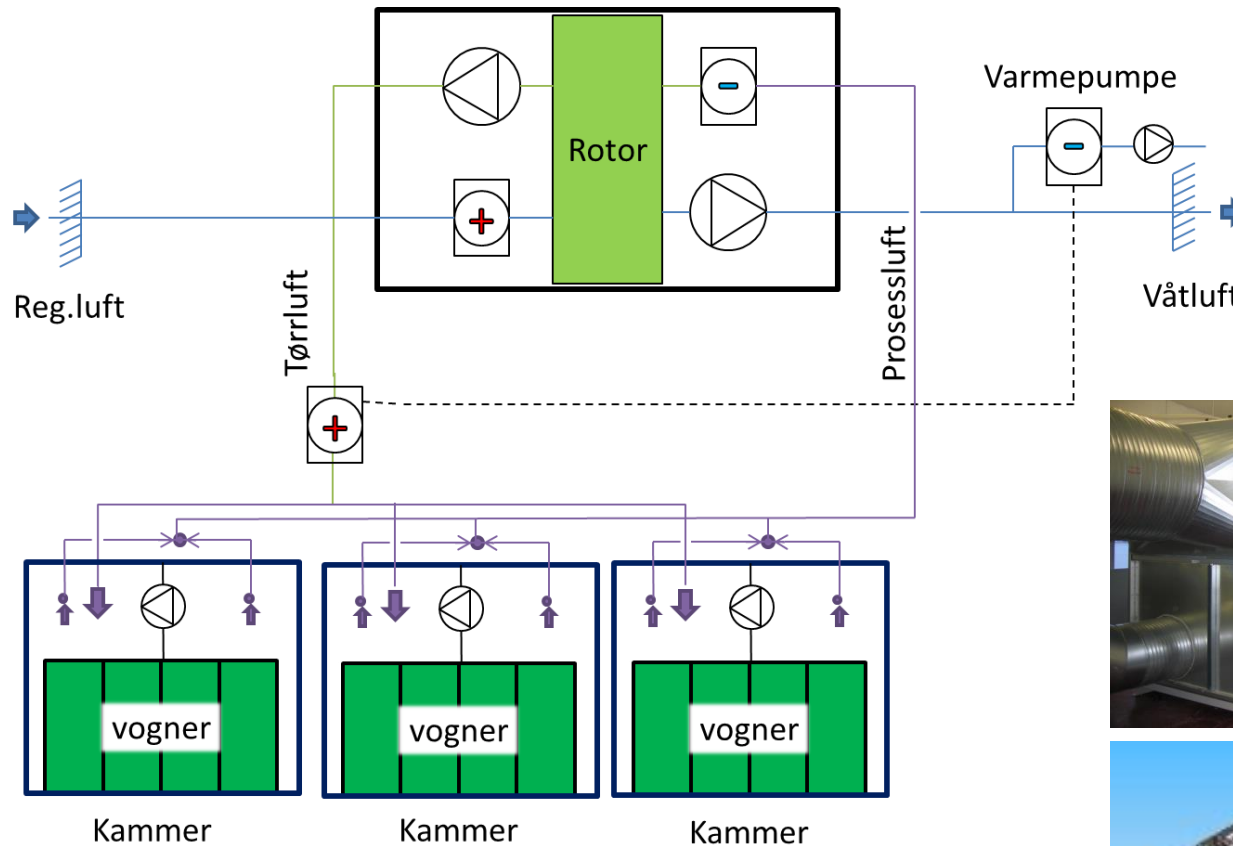
Effektforbruk: 90 kW/h

SMER: 1,26 kg vann/kWh

177 kWh pr tonn klippfisk



# Kammertørke med by-pass Absorber/varmepumpesystem



Tverrblåst kammer – typisk 40 vogner i hvert av 3 kammer, batch  
Luftstrøm i by-pass blir behandlet, rundt 10 %

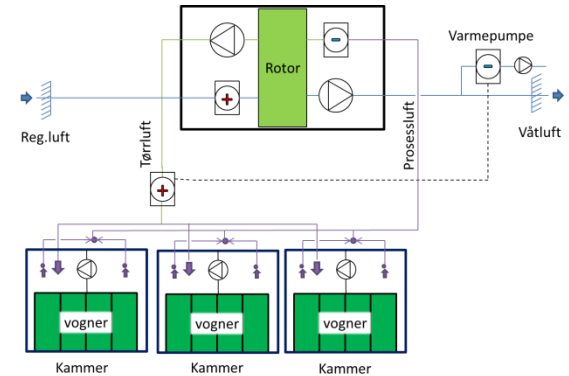
# Kammertørke med by-pass Absorber/varmepumpesystem

40 vogner (4 x 10) i 3 kammer

245.000 m<sup>3</sup>/time gjennom kammer; 2,5-5 m/s mellom brett

23.500 m<sup>3</sup>/time luft behandles i aggregat

Lufthastighet og -fordeling over tunneltverrsnittet:



5,2	5,3	4,1	4,2	5,2	5,3	5,1	5,7	4,8	4,6
4,7									
4,8	4,8	5,5	4,4	4,3	4,3	4,4	2,7	3,1	3,8
4,4									
3,9	3,6	4,3	3,4	3,5	3,1	3,7	2,9	3,6	3,8
3,2									
3,2	3	3,4	2,6	3,1	3	3,3	2,9	3	3,4
2,7									
2,2	2,6	2,5	2	2,6	2,3	2,9	3,5	2,8	3,5
2,5	3,1	2,1	2,5	3,7	4,1	3,8	4,1	3,9	5,7

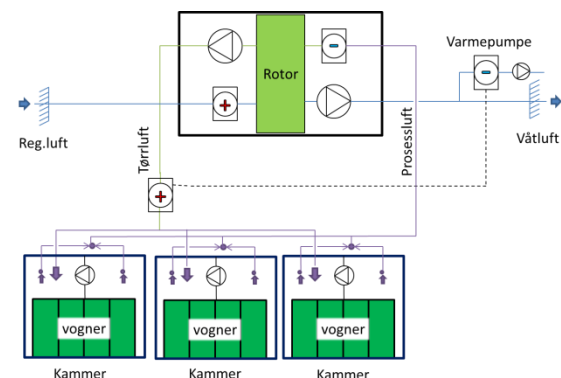
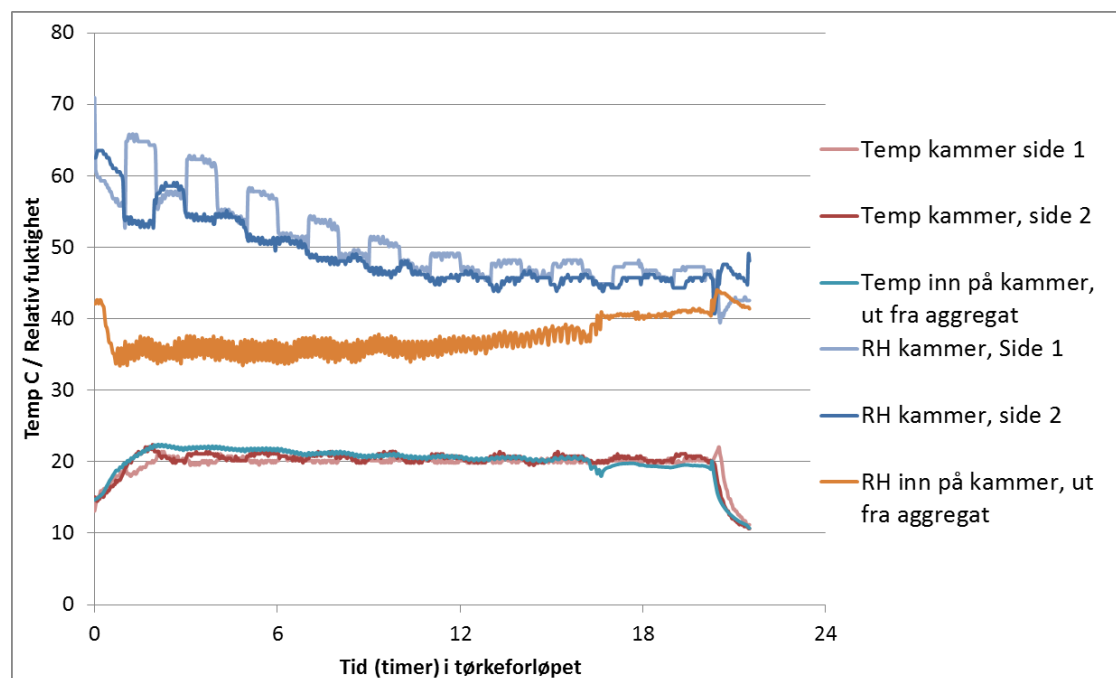
# Kammertørke med by-pass Absorber/varmepumpesystem

Temp / RH inn; 19,5-21 °C / 34-38 %

Temp / RH ut; 17-18 °C / 46-65 %

Snitt oppfukning: 4,4 %

Varmepumpepotensial: Snitt: 16 % RH (23.500 m<sup>3</sup>/time)



## Energi og kapasitet

10 x 4 = 40 vogner

Installert effekt: 1,68 kW/vogn  
(3 kammer)

Forbrukt effekt: - kW/vogn

Snitt tørketid torsk: 3 døgn

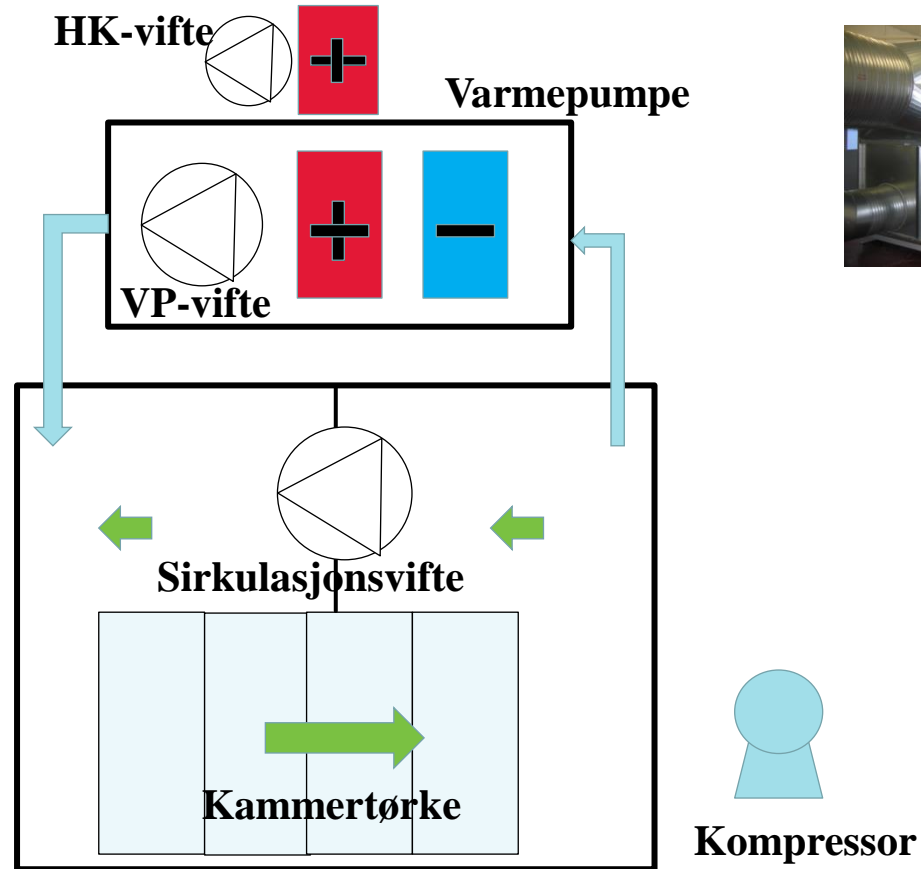
Vannfjerning: 69 kg/h

Effektforbruk: 94 kW/h

SMER: 0,56 kg vann/kWh

366 kWh pr tonn klippfisk

# Kammertørke med VP-system i by-pass



Tverrblåst kammer – typisk 40 vogner, batch  
Luftstrøm i by-pass blir behandlet, rundt 10 %

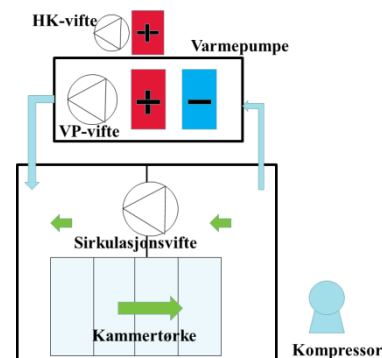
# Kammertørke med VP-system i by-pass

40 vogner (4 x 10)

187.000 m<sup>3</sup>/time; 1,5-4 m/s mellom Brett

19.000 m<sup>3</sup>/time behandles i aggregat, 10 %

Lufthastighet og -fordeling over tunnelverrsnittet:



2	1	1,3	1,2	1,5	1,3	1,3	1,3	1,4	1,6
2,2	2,2	1,8	1,9	1,5	1,4	1,6	1,4	1,6	2,5
2,8	3,1	2,6	3	2,6	2,1	2,2	2,6	2,5	2,5
3,8	3,8	3,3	3,8	3,1	3,3	3,2	3,2	3,7	3,8
3,8	3,8	3,8	3,4	3,2	3,2	3,8	3,5	3,5	3,1
3,3	3	3,2	3,8	2,4	2,3	3,1	2,5	3,2	3,3
2,5	2,5	2,8	2,8	2,8	2,6	2,4	2,8	3	3,2

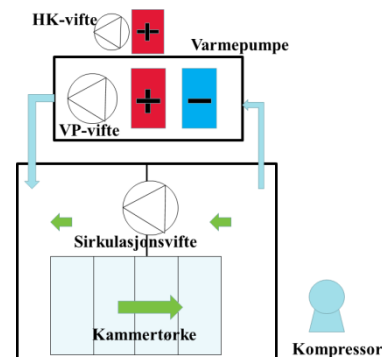
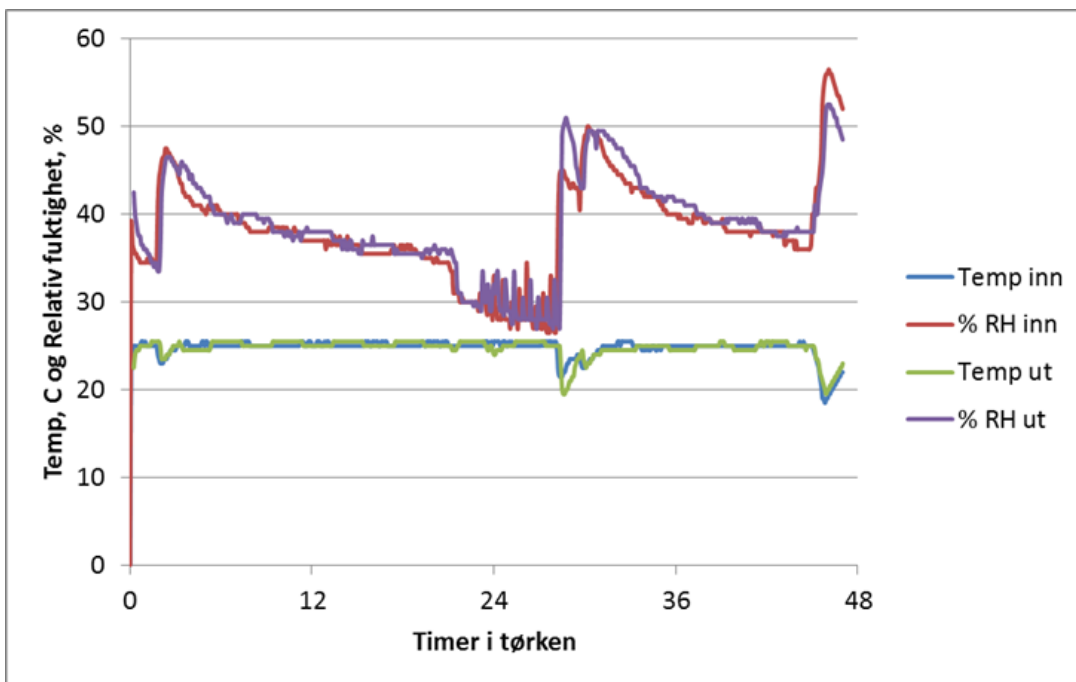
# Kammertørke med VP-system i by-pass (sluttørking)

Temp / RH inn; 25 °C / 27-52 %

Temp / RH ut; 25 °C / 27-54 %

Snitt oppfukning:  $37,7 - 38,4 = 0,7$  % (sluttørking)

Varmepumpepotensial: Snitt: 18 % RH (19.000 m<sup>3</sup>/time)



## Energi og kapasitet (sluttørking)

10 x 4 = 40 vogner

Installert effekt: 1,6 kW/vogn

Forbrukt effekt: 1,2 kW/vogn

Snitt tørketid torsk: - døgn

Vannfjerning: 31,6 kg/h

Effektforbruk: 48 kW/h

SMER: 0,66 kg vann/kWh

- kWh pr tonn klippfisk

# Takk for oppmerksomheten!

[erlend.indergard@sintef.no](mailto:erlend.indergard@sintef.no)