

TR A7505 - Åpen

# Rapport

## Analyse av 3-kammertørke med varmepumpe og absorber i by-pass (L5c)

Rasjonell klippfisktørking

### **Forfatter(e)**

Erlend Indergård



# Rapport

## Analyse av 3-kammertørke med varmepumpe og absorber i by-pass (L5c)

Rasjonell klippfisktørking

EMNEORD:

Klippfisk

Tørking

Kammertørke

Energieffektivisering

Mellomlagring

VERSJON

V1

DATO

2015-04-22

FORFATTER(E)

Erlend Indergård

OPPDRAGSGIVER(E)

FHF

OPPDRAGSGIVERS REF.

Lorena Gallart Jornet

PROSJEKTNR

FHF-900662, SINTEF-16Y003

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

14 + 0 vedlegg

SAMMENDRAG

### Analyse av 3-kammertørke med varmepumpe og absorber i by-pass

Arbeidet er en del av prosjektet Rasjonell Klippfisktørking, og innbefatter studier av de 4 mest vanlige måtene (teknologiene) å tørke klippfisk på per i dag:

- 1) Langblåst med YIT aggregat i by-pass
- 2) Kammertørke med YIT aggregat i by-pass
- 3) 3-kammerløsning med AG aggregat
- 4) Langblåst med Nordvestmiljø/Johnson Control system.

Denne rapporten innbefatter industriforsøk på 3-kammertørke med A&G aggregat i by-pass. Forsøket ble gjennomført i januar 2013.

Det må merkes at beregningene i dette dokumentet er basert på et driftsbilde gitt under forsøksperioden. En annen drift (spesielt fiskeart og størrelse) vil gi andre energiberegninger. I etterkant av målingene er det kommet frem at mellomlagring uten å ta av vognene er en stor fordel, og spesielt egnet i 3-kammerløsninger.

UTARBEIDET AV

Erlend Indergård

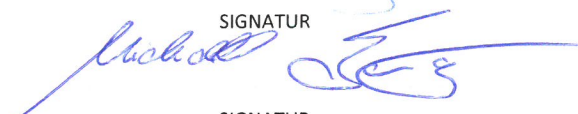
SIGNATUR



KONTROLLERT AV

Michael Bantle

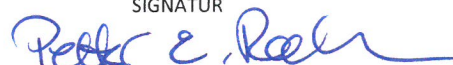
SIGNATUR



GODKJENT AV

Petter Røkke

SIGNATUR



RAPPORTNR

TR A7505

ISBN

978-82-594-3635-1

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

# Historikk

---

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
V1	2015-04-22	Versjon 1 – åpen

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Bakgrunn.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Tørkesystemet:.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Effektforbruk i kammertørke .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Temperatur og fuktighet under tørkeforløpet .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Luftprofil i kammeret.....</b>	<b>8</b>
5.1	Tørkekammeret .....	8
5.2	Lufthastighet .....	10
5.3	Luftmengde .....	10
5.4	Beregnet vannfjerning .....	11
5.5	Målt vannfjerning i kammer, vektendring .....	11
5.5.1	Vekt på saltfisk.....	11
5.5.2	Vanninnhold i saltfisk.....	12
5.5.3	Vektendring på fisk under tørking .....	12
<b>6</b>	<b>Energiforbruk .....</b>	<b>14</b>

## BILAG/VEDLEGG

Ingen

## 1 Bakgrunn

Analysen av anlegget er en del av prosjektet Rasjonell Klippfisktørking, og innbefatter studier av de mest vanlige måtene (teknologiene) å tørke klippfisk på per i dag. Industriforsøk vil i prosjektet bli målt på følgende 4 teknologier.

- 5) Langblåst med YIT aggregat i by-pass
- 6) Kammertørke med YIT aggregat i by-pass
- 7) 3-kammerløsning med AG aggregat
- 8) Langblåst med Nordvestmiljø/Johnson Control system.

Enkeltstående rapporter er utarbeidet for analyse på ett industrielt anlegg for hver teknologisk kategori.

Industrielle målinger presentert i denne rapporten ble gjennomført på 3-kammertørke i uke 4, 2013. Det var i hovedsak ryggsei som ble tørket, men 3 vogner med torsk ble i tillegg undersøkt.

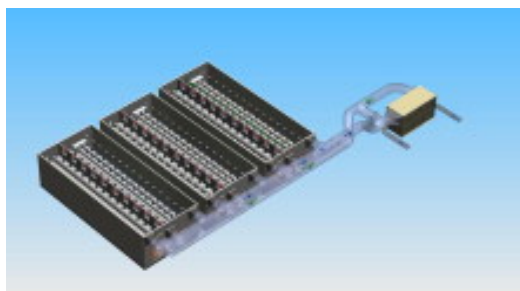
På grunn av tekniske utfordringer ble tiden på gjennomføringen redusert. Bedriften fulgte derimot opp med supplerende målinger i dagene etter. Selv om det hadde vært ønskelig å følge produksjonen i en lengre periode, ble resultatene ansett som tilstrekkelig pga. svært kort tørketid på fisken.

Det må merkes at beregningene i dette dokumentet er basert på et driftsbilde gitt under forsøksperioden. En annen drift (spesielt fiskeart og størrelse) vil gi andre energiberegninger.

## 2 Tørkesystemet:

Systemet består av 3 tørkekammer, hver med plass til 40 vogner (4 x 10 vogner). Luft sirkuleres gjennom vognene ved hjelp av 10 vifter i hvert kammer. De tre kamrene er koblet til et felles avfuktingsaggregat (Aggregat EF-192R) levert av Alfsen & Gunderson. Aggregatet har varmepumpeløsning med avfuktingsfilter. Filteret tørkes ved bruk uteluft og overskuddsvarme fra varmepumpen, samt ekstra el-batteri på 40 kW. Dette batteriet er for tiden koblet ut pga. problemer med kuldesystemet.

Produsent har fast innstilling på 20 °C og 35 % RH ut fra aggregat. Det er oppgitt fra produsent at det stort sett kjøres kun ett kammer i gangen pga. begrenning i avfuktingskapasitet, spesielt første døgn etter innsats av våt saltfisk. To kammer kan kjøres samtidig når begge inneholder halvtørr fisk. Det ene kammeret brukes som kjølerom. Eget, felles kjøleanlegg er koblet til hvert kammer via aggregat på mesanintak. Det er samtidig installert el-batteri på 72 kW i aggregatene for å holde temperatur i kammeret konstant oppe, og slås inn ved behov.



**Figur 1:** Kammertørkesystem (3 kammer) med eksternt aggregat fra Alfsen & Gunderson. Det er i tillegg installert kjøle-/varmebatteri inne i hvert kammer.



**Figur 2:** Sirkulasjonsvifter i kammer, med kanal for tilførsel av tørkeluft fra aggregat.

### 3 Effektforbruk i kammertørke

Man kan dele inn effektforbruk i 4 deler:

- 1) Varmepumpen i aggregatet (kompressor og vifter) - 52,5 kW, sammen med 10 stk. sirkulasjonsvifter à 2,2 kW, Totalt 74,5 kW
- 2) El-batteri i aggregat – 40 kW
- 3) Kjølesystem til ett kammer ved bruk som kjølerom, inkl. 10 % viftekapasitet – 15 kW (målt)
- 4) El-batteri i kjøleaggregat inne i kammer – 72 kW (per kammer)

**Tabell 1:** Aggregatspesifikasjon EF-192R

Nominell avfuktingskapasitet ved 20C, 60 % RH	93 kg vann/time
Ved 20 °C, 45 % er kapasiteten ~75 %	70 kg vann/time
Luftmengde inn på aggregat	24.000 m3/h
Våtluft mengde (uteluft) til tørking av filter	4-16.500 m3/t
Kompressor effekt	26,4 kW
Vifte (2 stk.) aggregat nominell effekt	15+11 kW
Total nominell effekt	52,5 kW
El-batteri nominell effekt	40 kW
Kuldemedium	R407c
Sirkulasjonsvifter (10 stk.) pr kammer	22 kW
Eget kuldeanlegg til kjøling. Sirkulasjonsvifter på 10 % ved kjøling.	Totalt ca. 30 kW/h (målt)

Figur 3 viser målt effektforbruk under tørking i ett kammer. Tørkingen starter ved tid 0. Etter ca. 21 timer fikk man teknisk stopp som varte i ca. 9 timer. Det er sett bort fra denne stoppen i videre energiberegninger, samt i senere tørkekurver. Etter stoppen ble tørking utført i ytterligere 18 timer før produktet ble funnet tørt

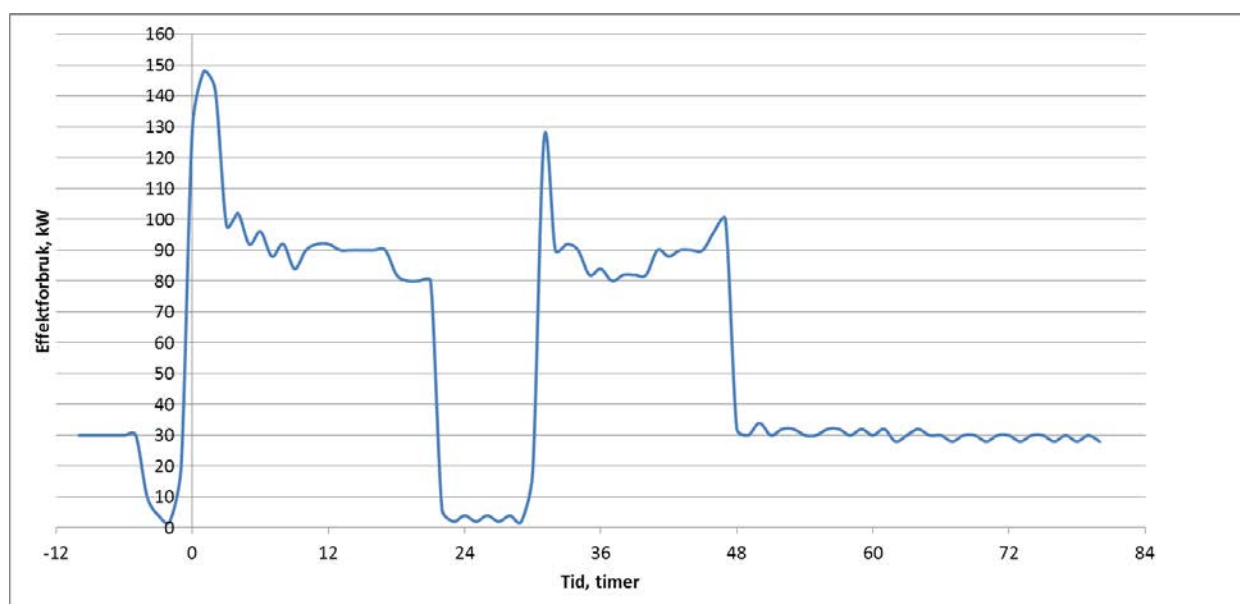


nok til utjevning. Innstillingen til kammeret ble deretter endret til kjølerom, og produktet sto til utjevning i 24 timer før omlegging på pall.

I forkant av tørkingen var kun kjøleaggregat (inkl 10 % kapasitet på sirkulasjonsviftene) i drift, som viser et forbruk på 30 kW/t. Under kjøle-/utjevningsperioden ser man den samme effektbruken.

Under den første tørkeperioden på 21 timene lå effektforbruket i snitt på 94,2 kW/t, mens under den neste perioden (30-48 timer) lå forbruket på 86,2 kW/t. På slutten av første tørkeperiode ble det registrert lekkasje av kuldemedium som førte til stopp av tørking, og det er usikkert om dette har påvirket effektforbruket.

Fra Figur 3 ser man at i starten av tørkingen ligger effektforbruket opp mot 150 kW, for så å gå jevnt nedover mot 80 kW. Det er installert frekvensregulering, og det er naturlig at effektforbruket går ned når belastningen på aggregatet blir lavere (produktet blir tørrere, og oppfukning av luften mindre). Dette kan ses i sammenheng med fuktighetskurvene i Figur 4.



**Figur 3:** Effektforbruk under tørking.

Erfaringstall fra tidligere produksjon har vist at effektforbruket totalt har ligget rundt 104 kW/t totalt, litt høyere enn det ble registrert under forsøket. I og med at el-batteri (40 kW) i aggregatet ikke er innkoblet, samt at kjølesystemet ikke var slått på, kan dette forklare det noe lavere forbruket.

Med bakgrunn i de tidligere erfaringstallene på tørketid og effektforbruk kan man beregne forbruk av kWh for hvert tonn klippfisk produsert.

Sei 33 timer:  $104 - 129 \text{ kW} \cdot 32 \text{ timer} = 3333 - 4128 \text{ kWh} / 15,5 \text{ tonn sei} = 215 - 266 \text{ kWh/tonn}$

Torsk 80 timer:  $104 \text{ kWh} \cdot 80 \text{ timer} = 8320 \text{ kWh} / 15 \text{ tonn torsk} = 554 \text{ kWh/tonn}$

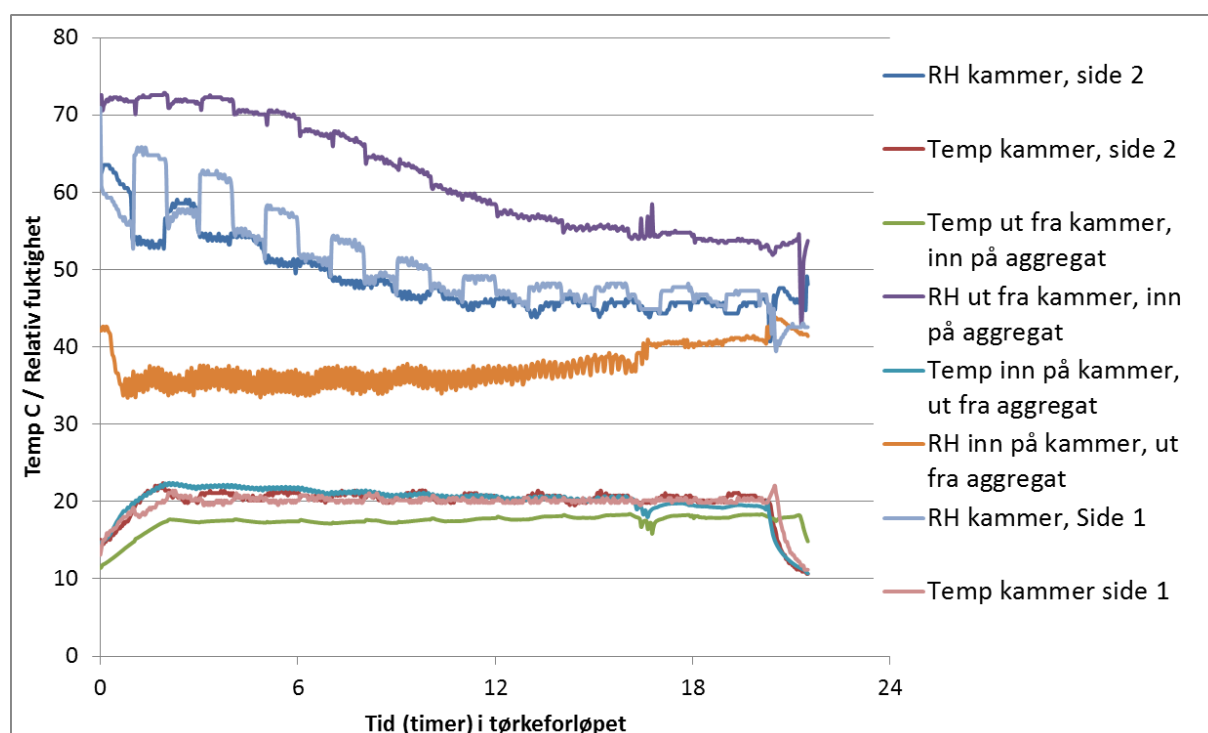
Torsk 54 timer:  $129 \text{ kWh} \cdot 54 \text{ timer} = 6966 \text{ kWh} / 15 \text{ tonn torsk} = 464 \text{ kWh/tonn}$

Det må merkes at ved fylling og drift av to kammer samtidig, vil effektforbruk per tonn klippfisk reduseres betydelig.

## 4 Temperatur og fuktighet under tørkeforløpet

Temperatur og relativ fuktighet ble registrert under tørkeforløpet. Tørkeforløpet ble delt i to perioder pga. teknisk stopp. Figur 4 viser temperatur og fuktighet i første periode, mens Figur 5 viser hele tørkeforløpet. Anleggets sett-punkt er 20 °C og 35 % RH (ut fra aggregatet), og registreringene (oransje og turkis linje) i Figur 4 viser at målte verdier er i henhold til sett-punktet.

Under forsøket var tørkekammeret 75 % fylt med 1-2 kg sei og 3 vogner med 1,5-3 kg torsk. Ut fra Figur 4 og 5 ser man at den oppfuktete luften ligger rundt 60-70 % i starten (de blå linjene), for så å gå ned og flate ut mot 45-50 % etter 12 timer. Det er differansen mellom inngående (35 %) og oppfuktet luft som varmpumpen i aggregatet jobber mot. Dess høyere fuktighet ut fra kammeret, dess mer energieffektiv varmpumpe. Hadde det ikke blitt teknisk svikt på anlegget, ville luften i kammeret sannsynligvis gått raskere ned mot 35 %. Fra Figur 5 ser man at dette skjedde etter reparasjon og oppstart igjen.



**Figur 4:** Temperatur og relativ fuktighet under den første tørkeperioden.

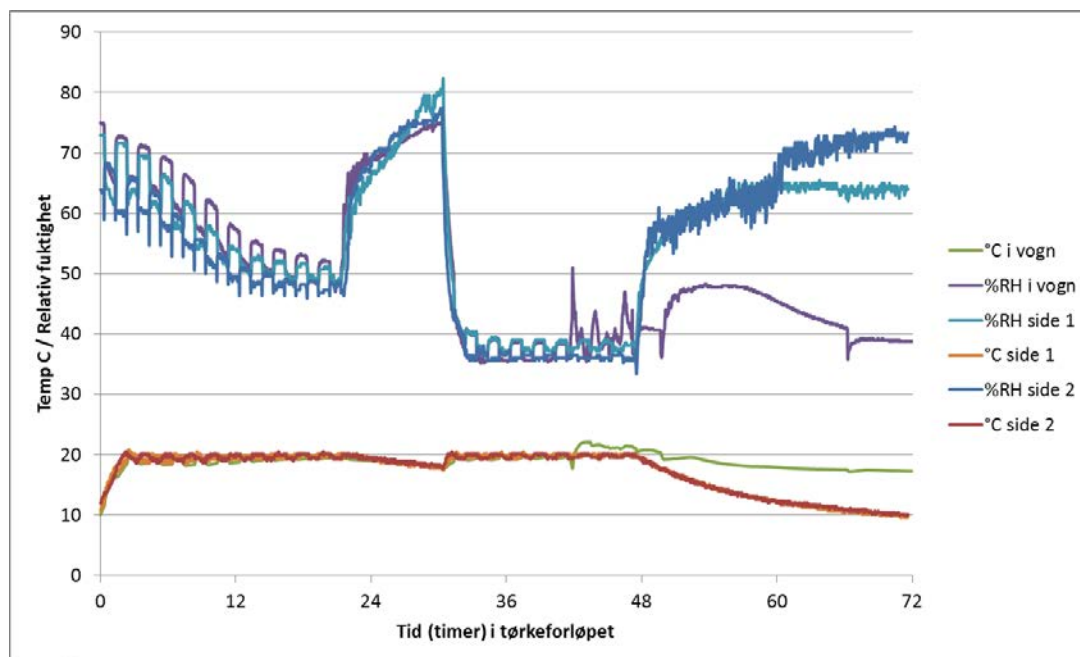
Relativ fuktighet inn på aggregatet (lilla linje) skal i prinsippet være lik den høyeste av de to blå linjene ettersom denne luften hentes fra sirkulasjonsluften i kammeret. Man ser samtidig at temperaturen (grønn linje) inn på aggregatet er noe lavere. Dette kommer nok av at luften fra kammeret avkjøles i ventilasjonskanalene på vei til aggregatet. Målepunktet (for lilla linje) er plassert etter filter inne i aggregatet. Ut i fra fuktigluft diagram (Mollier-diagram) finner man at en temperaturreduksjon fra 20 til 17 °C medfører en økning i relativ fuktighet på 5-8 % som forklarer hvorfor den lilla linjen ligger over de blå. Den absolute fuktighet (kg vann/kg luft) er den samme. Fra de blå linjene ser man svingninger, og denne systematiske variasjonen i fuktighet i kammeret skyldes at viftene snur luftstrømmen hver time. Svingningene blir mindre utover tørkeforløpet pga. at mindre fuktighet tas opp i tørkeluften etter hvert som fisken blir mer tørr.

Av Figur 4 (blå linjer) er det verdt å merke seg at opptak av fuktighet er noe ulik avhengig av hvilken vei viftene blåser. Det er ingen logisk forklaring på dette, annet enn at det først var tenkt at plassering av loggere kan tilfeldig ligge i soner med falskluft. Men i og med at denne forskjellen også registreres av to andre



loggere (Figur 5), samt inne i aggregatet (lilla linje – figur 4), så tyder dette på at det faktisk er forskjeller i avfuktings-hastigheten mellom de to luftretningene.

Etter omkring 14 timer ser man at RH ut fra aggregatet begynner å stige til over 40 %. Denne stigningen skyldes nok lekkasjen av kuldemedium, og anlegget måtte stenges for vedlikehold etter ca. 22 timer.



**Figur 5:** Temperatur og relativ fuktighet gjennom hele tørkeforløpet.

Inne i en vogn som sto i ytterkant av kammeret, ble det plassert en logger. Fuktigheten inne i vognen (lilla linje – figur 5) er litt høyere enn i luften ut av kammeret (lyseblå linje). Dette kan skyldes at noe falskluft (f.eks. fra under vognene) blandes med luften ut fra vognene.

Under produksjonsstoppen fra ~21-30 timer ser man at fuktigheten i kammeret raskt stiger til over 70 % fuktighet. Dette gjør at man under denne perioden sannsynligvis ikke vil ha vesentlig vektendring på fisken. Etter oppstart igjen, ser man at tørkeluften raskt kommer ned mot sett-punkt på 20 °C og 35 % RH.

Etter 48 timer (inkl. stopp) stilles kammeret inn som kjølelager, og man ser at temperaturen drar seg ned mot 10 °C (rød linje). Temperaturen (grønn linje) inne i vognen (som står ved porten) faller derimot ikke lenger enn 16 °C, samtidig som fuktigheten (lilla linje) ligger lavere enn målerne (blå linjer) lenger inne i kammeret. Det er vanlig at dørene på kammeret står åpen under denne prosessen, noe som sannsynligvis også har blitt gjort her.

## 5 Luftprofil i kammeret

### 5.1 Tørkekammeret

Tørkekammeret har tverrblåst luftstrøm, der luften sirkulerer igjennom 4 vogner ved hjelp av 10 stk. vifter plassert over mesanintaket. Luften som avfuktes gjennom aggregatet suges ut av kammeret på tverrenden. Tilførselsluft fra aggregatet blir jevnt fordelt over mesanintaket ved bruk av ventilasjonsrør med åpninger fordelt i hele lengderetningen.

Det er plassert et kuldeaggregat på mesanintaket til bruk når kammeret er ønsket som kjølelager. Dette kjøleaggregatet er plassert i luftstrømmen, men det synes ikke å ha betydning for luftstrømmen gjennom vognene (Figur 7).



**Figur 6:** Sirkulasjonsvifter i kammertørken, samt kanal fra kjøleaggregat.

Kammeret er 1 av 3, og har plass til 4 x 10 vogner. Dimensjoner er beskrevet i tabell under.

**Tabell 2:** Dimensjoner i kammertørken

**Mål kammertørke**

Gulv til mesanintak	2,29 m
Bredde tunnel totalt (luftretning)	6,12 m
Bredde vognplass	4,05 m
Lengde tunnel	15,15 m
Avstand fra langsgående vegg til mesanintak	1,06 m
Areal luftverrsnitt tom tørke (2,29 * 15,15)	34,7 m <sup>2</sup>
Dekningsareal 10 stk. vogner m/fisk	16,3 m <sup>2</sup>
Fritt areal for luftstrøm m/vogner	18,4 m <sup>2</sup>

Vogner	1,5 x 1,0 m
	23 brett inkl. hjulbrett: 2,20 meter høy
	Fri høyde fra øverste brett til mesanintak 0,1 m
	Høyde gulv til hjulbrett 0,1 m

## 5.2 Lufthastighet

Lufthastigheten ble målt i hele langsgående tverrsnitt på luften som kommer ut fra vognene. Pga. kort avstand fra viftene på mesanintaket til veggen får man svært høy turbulens, og dermed ikke mulighet til lufthastighetsmålinger over mesanintak.

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

**Figur 7:** Målt lufthastighet ut fra vognene i kammertørke.

Gjennomsnittlig lufthastighet gjennom vognene er beregnet til 3,7 m/s

## 5.3 Luftmengde

Både lufthastighetsmålingene og beregning av åpent tverrsnitt (areal for luftstrømming) er forbundet med usikkerhet. Med et fritt areal på 18,4 m<sup>2</sup> (53 % lysåpning) som vist i Tabell 2, er luftmengde beregnet til 245.000 m<sup>3</sup> pr time. Leverandør har oppgitt luftmengde til 210-220.000 m<sup>3</sup> pr time, så den målte mengden er rimelig.

Luftmengde i tørkekammeret:  $3,7 \text{ m/s} \times 18,4 \text{ m}^2 = 68,1 \text{ m}^3/\text{s} = 245.000 \text{ m}^3/\text{time}$

Luftmengde som tas ut fra kammeret og avfuktes/oppvarmes gjennom aggregatet ble lest av på kontrollpanelet. Dette lå jevnt rundt 23.500 m<sup>3</sup>/time, noe som kun er ca. 10 % av luftmengden som sirkuleres i kammeret.



**Figur 8:** God nok plass mellom brettene, lite rom for falskluft rundt vognene.

## 5.4 Beregnet vannfjerning

Ut fra målinger av temperatur og relativ fuktighet (Figur 4 og 5), kan man grovt beregne fjernet vannmengde.

Første 6 timer, snittverdier: 20 °C og 35 % i tilførselsluft og 20 °C 60 % i utluft. Behandlet luftmengde konstant på 23.500 m<sup>3</sup>/t. Ut fra fuktig luftdiagram finne man absolutt vanninnhold til hhv 0,0085 og 0,0050 kg vann/kg luft ved disse to forholdene. Vekt luft er 1,19 kg/m<sup>3</sup> ved gitt temperatur.

Beregning: 23.500 m<sup>3</sup> luft/t \* 1,19 kg luft/m<sup>3</sup> luft = 27.965 kg luft/t sirkulert gjennom aggregatet.

Mengde vann inn til aggregat: 27.965 kg luft/time \* 0,0085 kg vann/kg luft = 237,7 kg vann/t

Mengde vann i tilførselsluft: 27.965 kg luft/time \* 0,005 kg vann/kg luft = 139,8 kg vann/t

Ut fra fuktighetsberegninger er uttak av vann i aggregatet 97,9 kg/t som er i henhold til lovnader fra leverandør. Tar man utgangspunkt i 17 °C, 70 % RH som er målt inne i aggregatet, får man samme resultat.

Fra 6 til 12 timer er snittverdiene 20 °C og 35 % i tilførselsluft og 20 °C 55 % i utluft. Ved å bruke absolutt vanninnhold på 0,0075 kg vann/kg luft finner man at utskilt mengde vann er 69,9 kg vann/time

Tilsvarende, i tiden fra 12 timer og utover, er snittverdiene: 20 °C og 35 % i tilførselsluft og 20 °C 47 % i utluft. Med absolutt vanninnhold på 0,0068 kg vann/kg luft finner man at utskilt mengde vann ligger på 50,4 kg vann/t. Oppgitt kapasitet fra leverandør av aggregatet er her 80 kg vann/time. Dette betyr at aggregatet har kapasitet til å ta ut mer vann i denne perioden, dvs. muligheter for å kunne ta i bruk det andre kammeret uten at dette skal gå utover tørketiden.

Gjennomsnittlig **vannfjerningskapasitet første 22 timer er 68,7 kg vann/t** (97,9\*6 + 69,9\*6 + 50,4\*10). Det må presiseres at dette er grovt beregnet med bakgrunn i svingende fuktighetskurver.

## 5.5 Målt vannfjerning i kammer, vektendring

### 5.5.1 Vekt på saltfisk

Avkjølt saltfisk ble banket fri for overskuddssalt og lagt på brett, med 23 brett pr vogn. Kammeret ble fylt med 30 vogner sei, samt 3 vogner torsk. Av de 30 vognene med sei ble 18 vogner fylt 2 døgn før tørking og plassert i tørrlager utenfor kammeret. 7 tomme vogner fylte tomrommet.

9 stk. fisk fra to vogner med sei (temperert og ikke temperert) og fra 3 vogner med torsk ble veid under tørkeforløpet. Samtidig ble totalvekt på disse vognene registrert. Den ene vognen med sei sto temperert på vogn i 2 døgn før tørking, mens den andre ble lagt på direkte fra kjølerom.

Flatseien som ble analysert hadde en viss størrelsesspredning fra 0,5 til 2,4 kg, med hovedvekt på 1,0-1,7 kg (83 %). Gjennomsnitt per fisk var 1,27 kg.

Torsken ble tatt fra to paller Crescido og fordelt på 3 vogner. Vekten lå mellom 1,6 til 2,7 kg, med gjennomsnitt på 2,13 kg.

Gjennomsnittsvikt av sei per vogn var 439,9 ± 32 kg.

Gjennomsnittsvikt av torsk per vogn var 516,8 ± 15,2 kg.

Total vekt saltfisk i kammer: 30\*439,9 + 3\*516,8 kg = 13197 + 1550 = 14.747 kg

### 5.5.2 Vanninnhold i saltfisk.

Vanninnhold i saltfisk ble målt ved bruk av IR analysevekt.

Temperert sei ble funnet å være 54,55 %  $\pm$  1,31 % (4 paralleller).

Utemperert sei ble funnet å være 55,94 %  $\pm$  1,85 % (4 paralleller).

Torsk ble funnet å være 56,08 %  $\pm$  1,56 % (5 paralleller)

Seien er ikke omlagt på pall slik torsken er. Den er saltet i kar den 20.nov 12 og snudd den 10.jan 13 og lagret på 8 °C. Torsken er omlagt på pall april 12 og lagret på kjølerom med 2-4 °C.

Produsenten er bevisst på at modningsprosessen tar lang tid, noe som også gjenspeiles i det lave vanninnholdet i saltfisk før tørking. Vanninnhold ligger rundt 56 %, og er 2-3 % lavere enn målinger utført hos andre produsenter. Dette er vann som er "gratis" tatt ut i forhold til om dette skulle vært tørket ut i tørkekammeret.

I et kammer med 40 vogner á 500 kg, tilsvarer denne forskjellen i vanninnhold (mot 59 %) **hele 1.364 liter vann. Med en avvanningskapasitet på 83 liter pr time, tilsvarer dette 16 timer ekstra i tørkekammeret.**

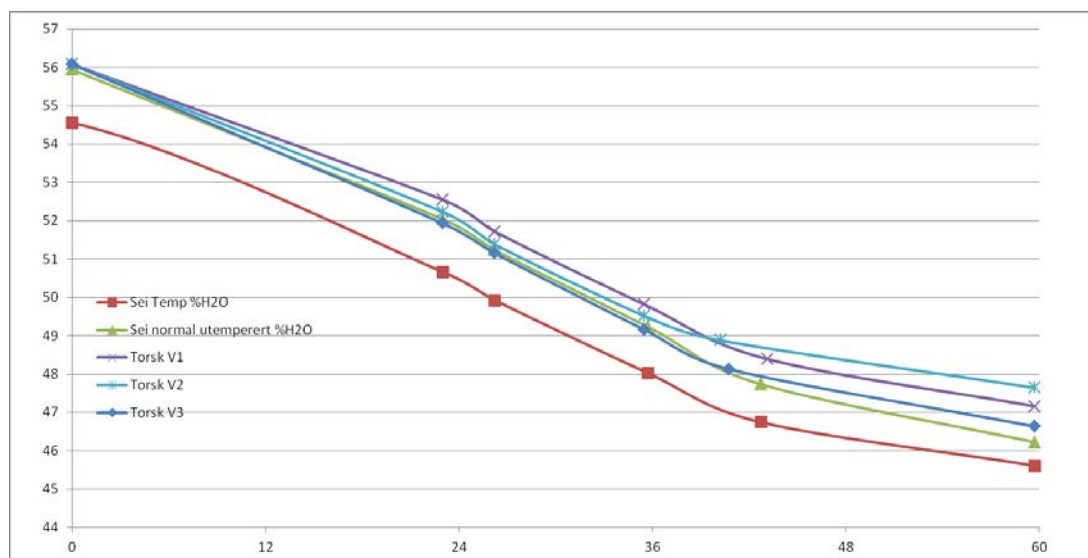
Vanninnhold i temperert sei, dvs. fisken har ligget på brett i 2 døgn før tørking, har et vanninnhold på 54,6 % som er 1,4 % lavere enn ikke temperert sei. Det er for få paralleller (4 stk.) til at man kan konkludere med dette, men det synes som fisken letter betydelig kun ved å stå på tørrlager før tørking. Hvis denne lettingen er reell tilsvarer dette 6-8 timer mindre tørketid i kammer (ref. Figur 9).

### 5.5.3 Vektendring på fisk under tørking

Figur 9 viser endring i vanninnhold på hhv. sei og torsk under tørkingen. Etter 21 timer hadde man et stopp på 9 timer, og som beskrevet tidligere ikke mer med i videre beregninger.

For torsk består vogn 1 av fisk som har ligget øverst på pallen før den ble lagt på brett, så den har ikke samme press som vogn 2 der fisken har ligget underst. Vogn 3 er fisk fra toppen av ny pall, samt noe fra bunnen av første pall.

Sei som har stått på vogn i 2 døgn før tørking (temperert) har lavere startvanninnhold enn de øvrige vognene. På grunn av at fisken underveis i tørkeprosessen vil få varierende fuktighetsprofil i kjøttet, er det ikke mulig å måle vanninnhold uten å ødelegge fisken. Vanninnholdskurven i Figur 9 er derfor presentert med bakgrunn i vanninnhold på saltfisk, og videre på vektendring. Feil i vanninnhold i saltfisk vil derfor følge hele kurven.



**Figur 9:** Tørkekurver på flatsei og torsk under tørking i kammer. Kurvene er basert på målt (4-5 parallelle) vanninnhold i saltfisk, og deretter vektendring.

Beregning av kg vann fjernet er vist i Tabell 3, mens konkrete tall på vektendring for hver fisk er vist i vedlegg.

**Tabell 3:** Beregning av kg vann fjernet pr døgn.

	Sei temperert	Sei ikke temperert	Torsk	Sum
<b>% vanninnhold i saltfisk</b>	54,6	55,9	56,10	
<b>Antall vogner</b>	18	9	3	30
<b>Kg våtvekt (saltfisk) i kammer</b>	7920	3960	1551	13.431
<b>Kg vann i saltfisk</b>	4324	2214	870	7408
<b>Kg tørrstoff i saltfisk</b>	3596	1746	681	6023
<b>% vanninnhold etter 24 timer</b>	50,4	51,8	52,0	
<b>Kg vann i fisk, 24 t</b>	3654	1876	738	6268
<b>% vanninnhold etter 48 timer</b>	46,4	47,3	48,0	
<b>Kg vann i fisk, 48 t</b>	3113	1567	629	5309
<b>% vanninnhold etter 60 timer</b>	45,6	46,2	47,1	
<b>Kg vann i fisk, 60 t</b>	3014	1499	606	5119

Med bakgrunn i data fra tabellen kan målt vannfjerning beregnes.

Vannfjerning 0-24 timer = 7408-6268 kg = 1140 kg = 51,2 kg vann pr time (22 timer)

Vannfjerning 24-48 timer = 6268-5309 kg = 959 kg = 53,3 kg vann pr time (18 timer)

Vannfjerning 48-72 timer = 5309-5119 kg = 190 kg = 7,9 kg vann pr time (18 timer kjølerom)



Vannfjerning første 24 timer er 51,2 kg vann pr time, og ligger i underkant av beregnet vannfjerning basert på fuktighetsmålinger som vist i Figur 4 og 5 (69 kg vann/time), men med bakgrunn i usikkerheten her pga. svingningene i fuktighet så synes ikke resultatet å være urimelige. Fra de tidligere beregningene ligger vannfjerningshastigheten 30 % høyere i starten enn gjennomsnittet de første 24 timene. Med bakgrunn i målt vannfjerning fra fisken, vil tilsvarende vannfjerningshastighet de første 6 timer være 66,8 kg vann pr time.

## 6 Energiforbruk

Forbruk av energi angis ofte på 2 måter:

- 1) SMER – kWh brukt for å fjerne 1 kg vann

Det er i perioden brukt totalt 4076 kWh, og det er fjernet 2289 kg vann  
SMER-tallet blir dermed 0,56 kWh pr kg vann

- 2) kWh/tonn – kWh brukt for å produsere ett tonn ferdig klippfisk.

Det er i perioden produsert 11,14 tonn klippfisk. Med et forbruk i samme periode på 4076 kWh, gir dette et **effektforbruk på 366 kWh pr tonn klippfisk produsert**. Ved å fylle enda ett kammer med våt fisk i perioden der første kammer har delvis tørr fisk, vil kunne omtrent halvere effektforbruk pr tonn produsert



Teknologi for et bedre samfunn

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)