

Rapport

Analyse av langblåst tunnel med varmepumpe i by-pass (L5a)

Rasjonell klippfisktørking

Forfatter(e)

Erlend Indergård



Rapport

Analyse av langblåst tunnel med varmpumpe i by-pass (L5a)

Rasjonell klippfisktørking

EMNEORD:

Klippfisk

Tørking

Tunneltørke

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:

16 + 0 vedlegg

SAMMENDRAG

Analyse av langblåst tunneltørke med varmpumpe 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.

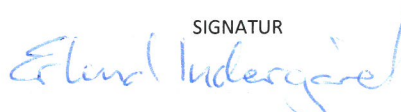
Denne rapporten innbefatter industriforsøk på 140 vogners langblåst tunneltørke med YIT aggregat i by-pass. Forsøket ble gjennomført i november 2012.

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 energi-beregninger.

UTARBEIDET AV

Erlend Indergård

SIGNATUR



KONTROLLERT AV

Michael Bantle

SIGNATUR



GODKJENT AV

Petter Røkke

SIGNATUR



RAPPORTNR

TR A 7503

ISBN

978-82-594-3633-7

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Historikk

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

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn	4
2	Langblåst tunnel med YIT aggregat i by-pass	4
2.1	Luftmengde og luftprofil:	5
2.1.1	Luftmengde:.....	5
2.1.2	Luftfordeling.....	5
2.1.3	Mengde avfuktet luft.....	6
2.1.4	Lufttilstand gjennom tørken.....	7
2.2	El-forbruk av aggregatene.....	8
3	Tørking	9
3.1	Tørking av saltfisk i tunnel	9
3.1.1	kWh pr tonn klippfisk.....	11
3.1.2	Mellomlagring.....	11
3.1.3	Forhold under mellomlagring og denne betydning på tørkehastighet.	13
3.1.4	Sluttørking i tunnel	13
3.1.5	Plassering på vogner	15
4	Diskusjon:	16

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.

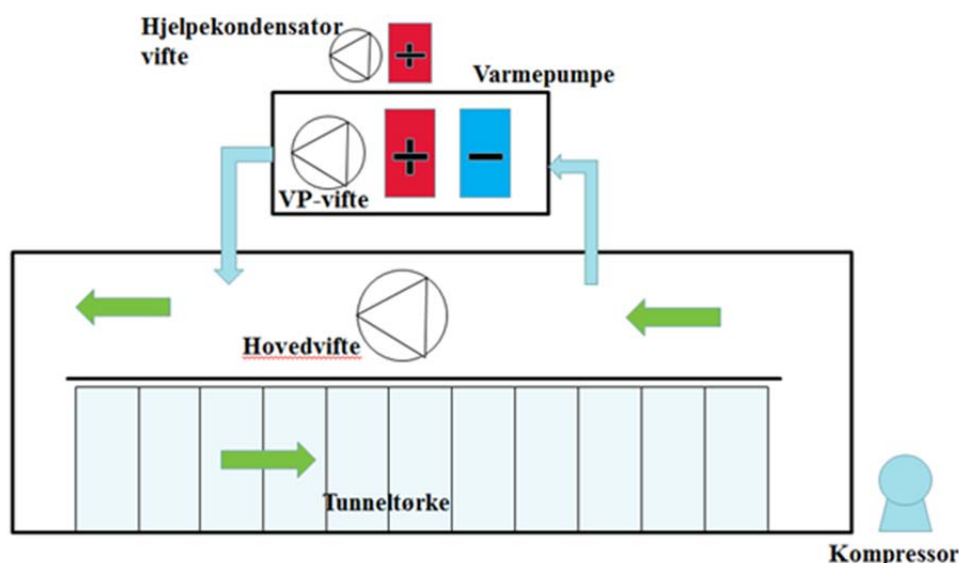
Enkeltstående rapporter er utarbeidet for analyse på ett industrielt anlegg for hver teknologisk kategori, og denne rapporten omhandler analyse av langblåst tunnel med plass for 140 vogner med 2 YIT-avfukningsaggregat, og det gjennomføres mellomlagring

Forsøket ble gjennomført i november 2012. 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 Langblåst tunnel med YIT aggregat i by-pass.

Industrielle målinger ble utført på en tunnel med plass til $7 \times 20 = 140$ vogner. På denne er 2 stk like avfukningsaggregat installert. Både luftsystemet, aggregatene og produktet ble undersøkt.

Teknologien baserer seg på eksisterende eller nye tunneler der relativt store mengder luft sirkulerer fra sirkulasjonsvifter på mesanintak, ned gjennom vogn-rekken og opp til viftene igjen. En del av sirkulasjonsluften (30-40 %) blir sugd ut av tunnelen ved bruk av et separat aggregat med varmepumpe. Den fuktige luften ut fra vognene blir avfuktet og oppvarmet ved bruk av varmepumpen, før luften går tilbake til tunnelen og blandes med sirkulasjonsluften før den går inn på vognene.



Figur 1: Langblåst tunnel med YIT aggregat i by-pass

2.1 Luftmengde og luftprofil:

Riktig mengde luft i tunnelen, og luftens fordeling mellom brettene er sentral for å få god, jevn og økonomisk tørking. Så stort areal som mulig av tunneltverrsnittet bør fylles med vogner for å hindre falskluft i systemet. Det er også viktig at luftmengden justeres og tilpasses mengde fisk i tunnelen for at varmepumpesystemet skal fungere mest mulig økonomisk.

Produksjonsleder har et inntrykk av at aggregatenes vannfjerningskapasitet er begrensende for tørkingen i tunnelen, og disse gikk derfor for fullt hele tiden. Luftmengden er derfor like stor gjennom hele tørkeforløpet.

2.1.1 Luftmengde:

Lufthastighet ble målt over tverrsnittet over mesanintaket, og vist i Figur 2. Gjennomsnittlig lufthastighet og kjent tverrsnittsareal (12 m²) gav en beregnet luftmengde på 102.000 m³/t. Dette er erfaringsmessig rikelig med luft, og ligger noe i overkant av hva YIT forventer av slike anlegg (90.000 m³/t).

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

Figur 2: Lufthastigheter målt i tunnel-tverrsnittet over mesanin-taket. Tverrsnitt $8,0 * 1,5 = 12 \text{ m}^2$

2.1.2 Luftfordeling

Lufthastighet ble målt rundt og gjennom vognene i tunneltverrsnittet ut fra vognene på saltfisksiden. Den totale luftmengden må nødvendigvis være den samme som målt over mesanintak. Lufthastigheter målt mellom Brett ut fra vognene (Figur 3), viser en lufthastighet mellom 1-2 m/s som bør være tilstrekkelig. Snittmålinger gir beregnet et åpent tverrsnitt ca. 65 % (dvs. 35 % er dekt av vogner og fisk). Det er vanskelig og ettergå dette tallet mer nøyaktig, men ut fra visuell inspeksjon virker dette fornuftig.

	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	

Figur 3: Lufthastigheter målt mellom Brett og rundt vognene på saltfisk-siden

Det var moderat falskluft over (10-15 cm) og under (10 cm) vognene (Figur 4), men en noe større åpning på sidene mot veggene da det er plassert innvendig bærebjelker ut fra veggene som hindrer vognene å stå helt inntil veggene. Disse bærebjelkene vil imidlertid sannsynligvis skape turbulent strømming gjennom tunnelen, og det er dermed usikkert om hvor stor betydning åpningene mot veggene har å si på falskluft.



Figur 4: God nok plass mellom brettene, moderat rom for falskluft over og under vognene, men en utfordring med støttebjelker på sidene som tar plass av tverrsnittet.

2.1.3 Mengde avfuktet luft.

Konseptet med avfuktingsaggregat i by-pass er at kun en del av luftmengden som sirkulerer rundt i tørken tas ut gjennom aggregatene og avfuktes/oppvarmes. Total tas til enhver tid 37.300 m³/t ut av luftstrømmen på 102.000 m³/t (36,6 %) og behandles. Tanken bak dette er at mengde luft sirkulert er viktigere enn lavere relativ fuktighet på tørkeluften som går inn på tørken. Typisk vil luften gjennom aggregatene ha 60-70 % RH, 19-20 °C inn og 20-25 % RH og 30-32 °C ut. Den tørre og varme luften ut fra aggregatene blandes med

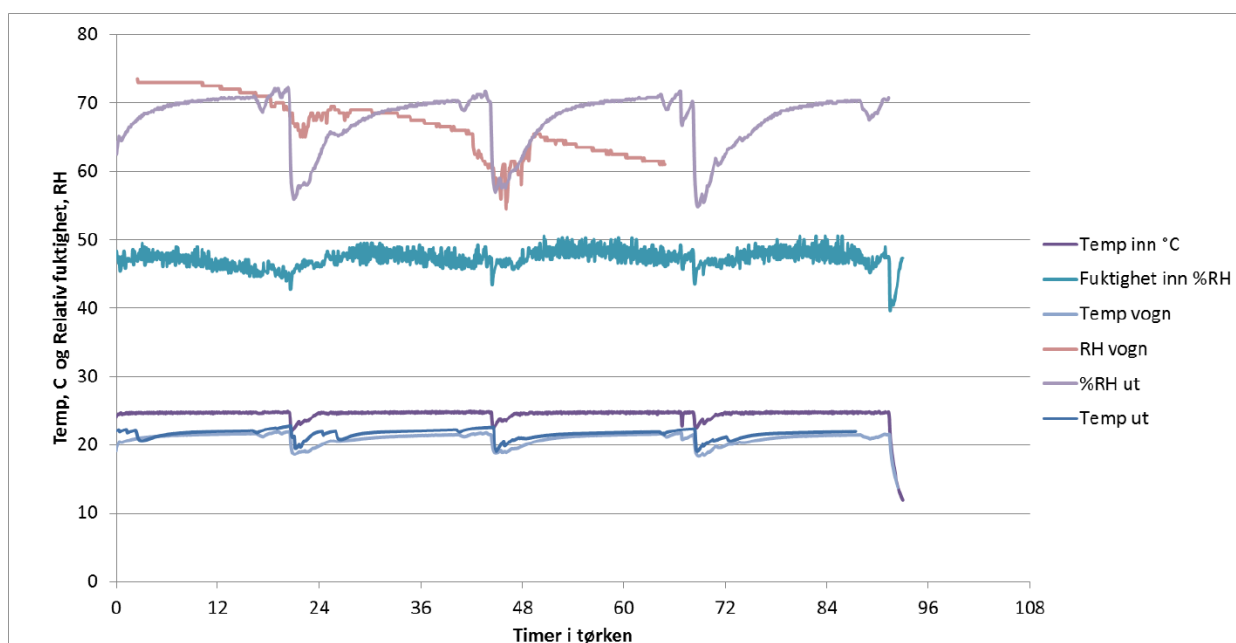
fuktig (60-70 % RH, 17-20 °C) sirkulasjonsluft før denne går inn på fisken. Luften inn på produktet har typisk 45-50 % RH, 24-25 °C.

Likevekts fuktighet for salt-/klippfisk ligger på 76 %, og man vil ikke kunne få høyre fuktighet ut fra tunnelen enn denne.

2.1.4 Lufttilstand gjennom tørken

Under forsøkene var tørken full av fisk med ulik størrelse, og med jevn innfylling av saltfisk. Dette gir god oppfuktning av tørkeluften. Dette kan man se ut fra Figur 5 under der % relativ fuktighet ut fra tunnelen ligger i størrelsesorden 70 % i en stor del av tørkeforløpet over døgnet. Det må merkes at % RH faller ved innfylling, da mye falskluft blir dratt med inn i systemet. Det tar inntil 10-12 timer før maksimal oppfuktning registreres igjen. Dette skyldes nok at saltfisken trenger tid til oppvarming, og at denne dermed har redusert vannfjerning i en periode. Forsøk med temperert saltfisk i forhold til kald saltfisk vil bli undersøkt senere i prosjektet.

YIT har instrumentert tunnelen, og deres målinger på RH ut fra tunnelen ligger jevnere litt lavere, mellom 60-68 %. Dette kan skyldes plassering av loggerne. YIT har logging like før sirkulasjonsviftene på mesaninen på midten av tunnelen og vil i større grad fange opp eventuell falskluft som blandes med den fuktige luften ut fra vognene. I og med at deres målte RH ligger noe lavere kan tyde på at litt falskluft kommer igjennom tunnelen uten å ta opp fuktighet.



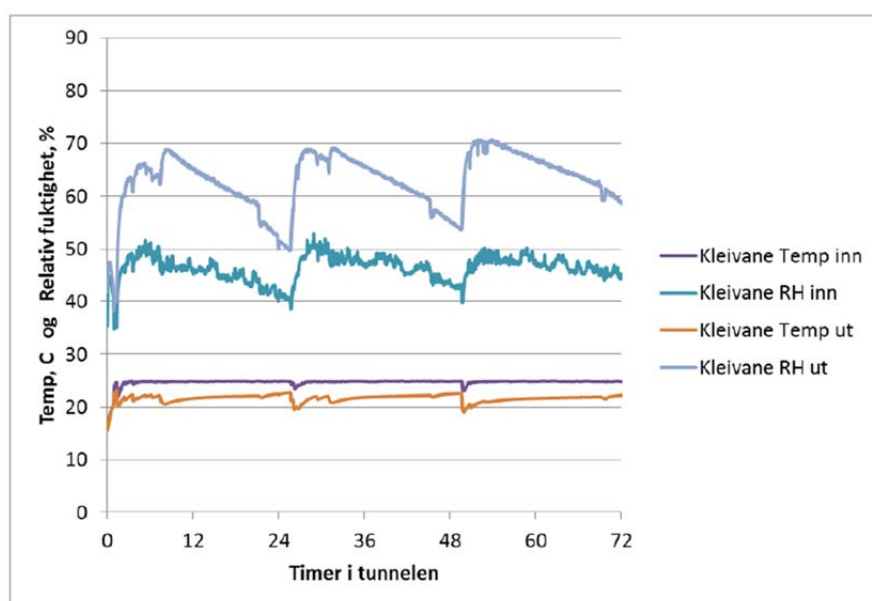
Figur 5: Temperatur og relativ fuktighet inn og ut av tørketunnelen, samt i vogn som går i gjennom tunnelen

Ut fra Figur 5, ser man at tørkepotensialet i tørkeluften er tilnærmet maksimalt brukt. Dvs. fuktigheten i luften ut av tunnelen ligger over 70 %. RH ut fra vognen ligger jevnt over 70 % i minst 12 timer, og minker ikke mer enn til 65 % etter 24 timer. Dette tyder på at avfuktingen fra de bakerste vognene sannsynligvis er minimal, og man får ikke utnyttet potensialet i lengden av tunnelen.

Høy fuktighet ut fra tunnelen jevnt over døgnet betyr at aggregatene arbeider optimalt, og man får minst mulig kWh forbruk per tonn. Det er derimot klart at det er aggregatene som er begrensende når det gjelder

vannfjerningen. Selve aggregatene leverer tørr og varm luft, så for å få økt kapasitet i tunnelen må mer av den sirkulerte mengden luft tas ut og behandles. **Det er tydelig at 37 % av denne luften ikke er tilstrekkelig når man har full last i tunnelen. Man må få ned relativ fuktighet inn på tunnelen.**

I Figur 6 under, vises temperatur og relativ fuktighet inn og ut av tunnelen i en annen periode enn da det ble gjennomført forsøk. Hva som ble tørket under denne perioden er ikke kjent, men det er tydelig at en større del av tunnelen er fylt med "tung-tørket" fisk eller mer tørr fisk enn under forsøkene beskrevet over. Her ser man at de bakre vognene har høyere tørkepotensiale mye tidligere. Under slike forhold vil nok aggregatene kunne være begrensende i starten på hvert døgn, men sannsynligvis ikke over hele døgnet. I dette tilfelle ville en trinnsvis reduksjon i sirkulert luftmengde etter ca. 12 timer redusert strømforbruket på sirkulasjonsviftene. Da har relativ fuktighet ut fra tunnelen holdt seg jevnt høyrer, og man ville fått øke effekt på varmepumpen i aggregatene. Man ville samtidig fått lavere relativ fuktighet inn på tørken.



Figur 6: Temperatur og relativ fuktighet inn og ut av tørketunnel i en periode med mer "tung-tørket fisk".

2.2 El-forbruk av aggregatene

Den langblåste tunnelen har installert 2 like aggregat, og disse har følgende installert effekt:

Energidata 140 vogn (tilsammen for 2 aggregat):

- 4 stk kompressorer a 16 kW = 64 kW
- 6 stk kondensatorvifter a 1,95 kW = 11,7 kW
- 2 stk aggregatvifter a 11 kW = 22 kW
- 6 stk tunnelvifter a 1,5 kW = 9 kW
- **Totalt installert effekt: = 106,7 kW**

Det ble beregnet forbruk over gitte perioder hver dag, og denne ble funnet til $81,1 \pm 1,1$ kW/h. Ettersom aggregatene gikk for fullt hele tiden, er dette forbruket jevnt over tørkeperioden. El-forbruk til lys, ladning av trucker, event oppvarming av produksjonsarealer, samt til kjølelager er ikke hensyntatt.

3 Tørking

Med begrenset tid tilgjengelig, var det ikke mulig følge samme fisk fra helt fra saltfisk til klippfisk da dette tok 8-9 dager inkludert mellomlagring. Forsøkene på tørkehastigheter ble derfor delt inn i 3 deler:

- 1) Saltfisk tørket innledningsvis i 3 døgn frem til mellomlagring
- 2) Mellomlagring
- 3) Sluttørking i tunnel

3.1 Tørking av saltfisk i tunnel

Kjølt (2 °C) saltfisk ble skylt i kar med vann og lagt på vogner. Saltfisk fra 3 vogner ble tatt av og veid på pall. Gjennomsnittsvekt av fisk per vogn var 384 +/- 41,9 kg. Vanninnhold i saltfisk ble målt ved bruk av IR analysevekt, og funnet å være 58,1 % +/- 0,8 % (6 paralleller).

Fisken som ble analysert var Sortido Mix, og hadde en viss størrelsesspredning fra 0,9 til 4,0 kg, med hovedvekt på 1-3 kg (89 %). Gjennomsnitt per fisk var 1,9 kg.

3 x 9 saltfisk ble veid og lagt 3 ulike vogner. Fiskene ble spredd på vognene hhv i front og bak på brett, samt topp, midt på og i bunn av vognene. Fuktighet og temperatur ble logget inn og ut av tunnelen, samt en logger ble plassert i vognen sammen med fisken som var veid. Fisken lå i tunnelen i 3 døgn.

Tabell 1: Vektfordeling av analysert fisk, Sortido Mix.

Størrelse	Antall analysert	Prosent fordeling
0-1 kg	1 stk	3,7 %
1-2 kg	13 stk	48,1 %
2-3 kg	11 stk	40,7 %
3-4 kg	1 stk	3,7 %
4-5 kg	1 stk	3,7 %
Totalt antall	27 stk	100,0 %

Tabell 2: Beregning av kg vann fjernet pr døgn. Antall døgn pr vektklasse er funnet med bakgrunn i målingene på Sortido mix, men kan ikke sies å være helt nøyaktige. Det forutsettes et sluttvanninnhold på 46 % i klippfisken.

Ved sortido mix	%	Total våtvekt (saltfisk) i tunnel, kg	Antall vogner	Døgn innledende tørking	Døgn sluttørking (etter mellomlagring)	Total antall døgn i tunnel	Vann fjernet pr dag, kg
Vektklasse 0-1 kg	3,7	1.991,1	5,2	3	0	3	149,0
Vektklasse 1-2 kg	48,1	25.884,4	67,4	3	1	4	1.452,9
Vektklasse 2-3 kg	40,7	21.902,2	57,0	3	2	5	983,5
Vektklasse 3-4 kg	3,7	1.991,1	5,2	4	2	6	74,5
Vektklasse	3,7	1.991,1	5,2	4	3	7	63,9

4-6 kg							
Vektklasse 6+ kg	0	0	0	4	4	8	0
		53760,0	140				2 723,7
Vannfjerningshastigheten tilsvarer en produksjon av klippfisk pr døgn på (kg)							12 159,0
Ved Superiour, 50 % av hver vektklasse							
Vektklasse 4-6 kg	50	26.880,0	70,0	4	3	7	862,14
Vektklasse 6+ kg	50	26.880,0	70,0	4	4	8	754,37
		53760,0	140				1.616,51
Vannfjerningshastigheten tilsvarer en produksjon av klippfisk pr døgn på (kg)							7.217
Det er da ikke tatt høyde for antatt høyre mengde saltfisk pr vogn ved Superiour.							
Forutsetninger							
Vekt pr vogn		384,0	Kg				
Antall vogner		140	Stk				
Vann pr vogn		223,2	Kg				
Tørrestoff pr vogn		160,8	Kg				
Vanninnhold saltfisk		58,1	%				
Vanninnhold klippfisk		46,0	%				

Fra tabell 2 ser man at under tørking av Sortido Mix vil vannfjerningshastigheten være rundt 2720 kg pr døgn. Loggedata fra YIT viser en noe fluktuerende vannfjerningshastighet med gjennomsnitt 120 liter pr time. Dette tilsvarer 2880 kg vann pr døgn, og er bra i henhold til beregnet vannfjerningshastighet på 2720 kg pr døgn.

YIT har oppgitt garantert avvanningskapasitet for 2 aggregat til å være (forutsatt full tørke):

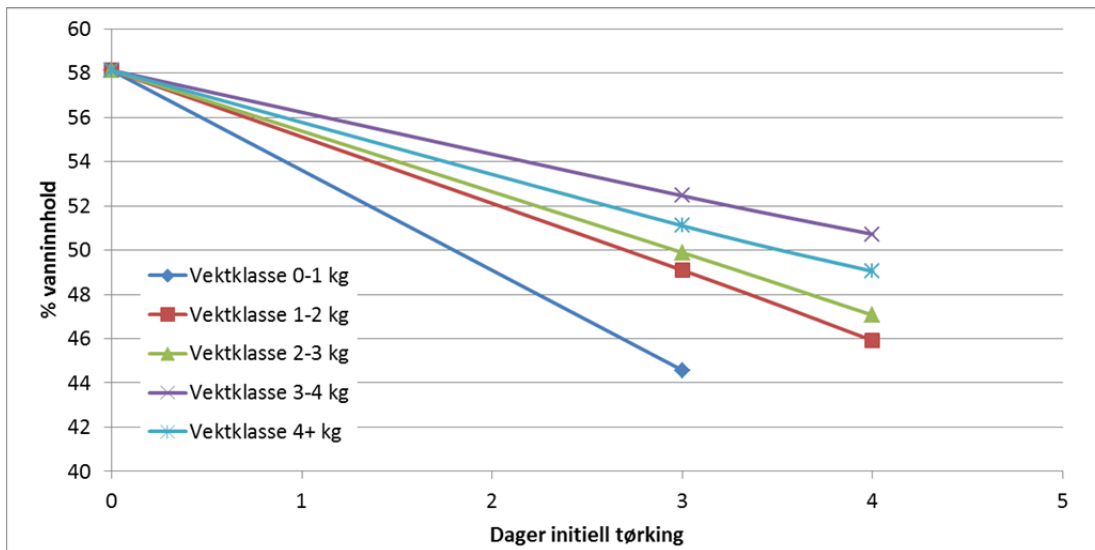
Ved 24 °C og 50 % relativ fuktighet: 124 kg/t

Ved 24 °C og 40 % relativ fuktighet: 98 kg/t

Målt (omtrentlig) vannfjerningshastighet er 113 kg/time og registrert fra YIT er 120 kg/t. Dette er i samsvar med de garanterte tallene.

Ved tørking av Superiour som består av større fisk vil forventet vannfjerningshastighet gå ned til rundt 1616 liter vann pr døgn. Det er da ikke tatt høyde for forventet økt mengde saltfisk pr vogn i forhold til Sortido Mix.

Ut fra vektmålingene på Sortido Mix under initiell tørking, vil prosent vanninnhold kunne beregnes. Det forutsettes at startvanninnholdet i de ulike vektklassene er det samme. Fiskenes (omtrentlige) vanninnhold under initiell tørking er vist i Figur 7 under.



Figur 7: Med forutsetning om lik startvanninnhold for de ulike størrelsene (Sortido Mix) vil tørke-forløpet forløpe seg som vist i figuren.

3.1.1 kWh pr tonn klippfisk

Totalt installert effekt for 2 aggregat er 106,7 kW

Målt effekt på disse to aggregatene ble funnet til 81,3 +/- 1,1 kW/h = 1951 kW/døgn (uten sirkulasjonsviftene, 9 kW)

SMER: 1,43 kW per kg vann fjernet. Dette er nøyaktig samme som YIT sine beregninger som er vist på styringsenheten.

Effekten på sirkulasjonsviftene ble ikke målt. Disse gikk på maks effekt hele tiden, og forbrukt effekt er forventet å ligge rundt installert effekt på 9 kW. Totalt effekt ligger derfor rundt 90 kW = 2160 kW/døgn.

Dette gir et SMER på 1,26 kg vann/kWh.

Ut fra målt vekttap på Sortido Mix under forsøkene **ble el-forbruk beregnet til 177 kWh pr tonn klippfisk**. Ettersom tunnelen var fylt med "lett-tørket" fisk, og man hadde full oppfukning av luften ut av tunnelen, vil nok dette el-forbrukt være tilnærmet det laveste mulig.

3.1.2 Mellomlagring

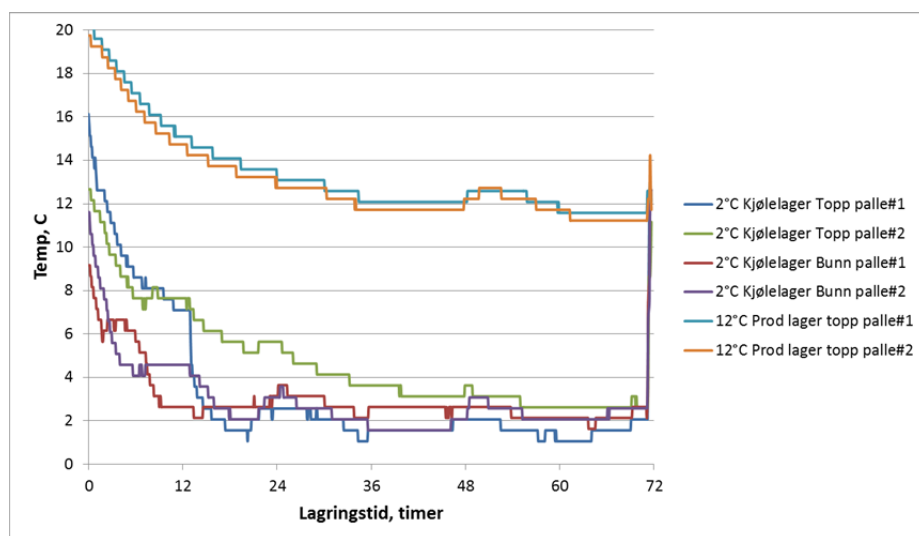
Et nytt forsøk, nå med Superiour, 4+ kg ble gjennomført. Etter 4 døgn i tørken, 3x9 stk slakkfisk mellomlagret ved at denne fisken ble tatt av vognene og lagt på pall. 3 ulike forsøk ble gjennomført:

- 1) Slakkfisk plassert øverst (under ett lag med fisk) på pall og lagret på kjølelager 2 °C
- 2) Slakkfisk plassert nederst (over ett lag med fisk) på pall og lagret på kjølelager 2 °C
- 3) Slakkfisk plassert øverst (under ett lag med fisk) på pall og lagret i produksjonen ved 12 °C



Figur 8: Mellomlagring av slakkfisk. Etter 2-4 dager tas fisken ut av tunnel og lagres i 2-3 dager før sluttørking.

Saltfiskvekten på disse var ikke kjent. Temperaturen ble registrert under mellomlagring, og er vist i Figur 9 under.



Figur 9: Temperatur mellom slakkfisk under 3 døgn mellomlagring ved hhv 2 °C og 12 °C.

Vekt før og etter mellomlagring ble målt for kontroll. Det var ubetydelig vektendring under mellomlagringen.

Tabell 3: Vektendring på slakkfisk under mellomlagring

Plassering	Vekt før (snitt #9), kg	Vekt etter (snitt #9), kg
Ved +2C, øverst på pall	3,61	3,60
Ved +2C, underst på pall	3,69	3,68
Ved +12C, øverst på pall	3,40	3,38

3.1.3 Forhold under mellomlagring og denne betydning på tørkehastighet.

Tørkehastigheten på fisk fra de tre ulike forholdene under mellomlagring (+2 °C topp, +2 °C bunn og +12 °C topp) ble sammenlignet.

Etter sluttørking i 2 dager ble en del fisk funnet tørr, mens resterende sto i tørken i ett døgn ekstra. Vekttap ble målt.

Tabell 4: Vekttap under sluttørking etter ulike mellomlagring.

Metode mellom-lagring	Antall fisk, ferdig tørket av 9 stk	Snittvekt, kg Dag 0	Snittvekt, kg Dag 2	Snittvekt, kg Dag 3	% vekttap, Dag 2	% vekttap, Dag 3
Topp på pall, 2 °C (2 døgn tørking)	8	3,61	3,34		7,65	
Topp på pall 2 °C (3 døgn tørking)	1	3,53		3,17		10,20
Bunn av pall 2 °C (2 døgn tørking)	7	3,71	3,42		7,74	
Bunn av pall 2 °C (3 døgn tørking)	2	3,56		3,19		10,39
Topp av pall 12 °C (2 døgn tørking)	5	3,13	2,89		7,61	
Topp av pall 12 °C (3 døgn tørking)	4	3,70		3,35		9,46

Det er ingen vesentlig forskjell på tørkehastighet avhengig av hvordan fisken har blitt mellomlagret. Det er en tendens til at fisk lagret ved +12 °C har en litt lavere tørkehastighet enn de lagret ved +2 °C, men det er for lite grunnlag til å konkludere med dette. Denne har samtidig 0,3 kg lavere snittvekt enn fisk fra de lagret ved +2 °C.

3.1.4 Sluttørking i tunnel

Det ble gjennomført forsøk der betydningen av mellomlagring ble undersøkt. 2 x 9 fisker ble hentet fra +2 °C der de hadde vært mellomlagret i 3 døgn. 9 av disse ble lagt rett på vogn, og 9 stk. ble ekstra knekt langs ryggen 2 ganger på hver side før disse ble lagt på vogn. Dette ble sammenlignet med fisk som ikke hadde vært mellomlagret, dvs. sluttørket direkte videre etter innledende tørking.

Etter mellomlagring er fisken fortsatt noe slakk, men selvfølgelig hardere enn saltfisk. Teorien om at det etter mellomlagring fortsatt er et tørrsjikt som hindrer hastigheten på vanntransporten fra det indre av fisken til overflaten. Dette ble testet ved at slakkefisk ble bøyd og knekt langs ryggbeinet for å bryte opp eventuell tørrsjikt.

Tabell 5: Vektendring under sluttørking av fisk med og uten mellomlagring og ekstra knekk langs ryggbeinet.

	Dager sluttørking Vekt kg #9,			Dager sluttørket, Kg vekttap		Dager sluttørket, % vekttap	
	0	3	4	3	4	3	4
Vanlig mellomlagring	3,58	3,27	3,20	0,31	0,38	8,80	10,59
Mellomlagring og knekk	4,13	3,71	3,58	0,42	0,55	10,48	13,26
Uten mellomlagring	3,69	3,46	3,36	0,23	0,33	6,26	9,04

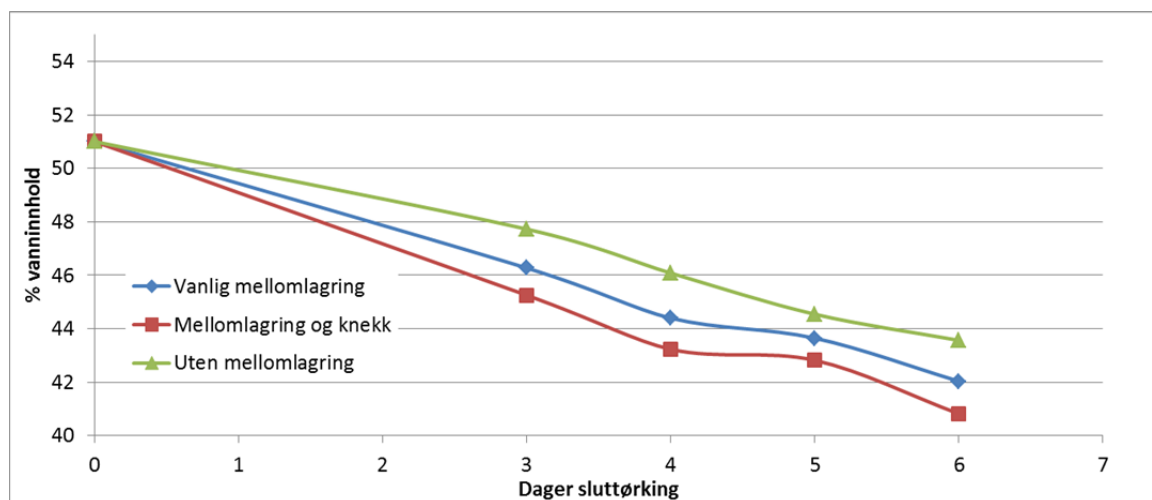
Ut fra tabellen over ser man at fisk bøyd langs ryggbeinet gav høyest vannfjerning. Denne behandlingen gav videre økt vekttap på hele 31 %. Ved å sammenligne mellomlagret og ekstra knekt slakkefisk mot fisk som står i tørken under hele tørkeperioden, har den førstnevnte hele 40 % mer vekttap de siste 4 døgn.

Dette tyder på at en fysisk bøying på slakkefisk før sluttørking er positivt. Løsninger på hvordan dette praktisk og effektivt kan gjøres industrielt vil bli skissert senere i prosjektet.

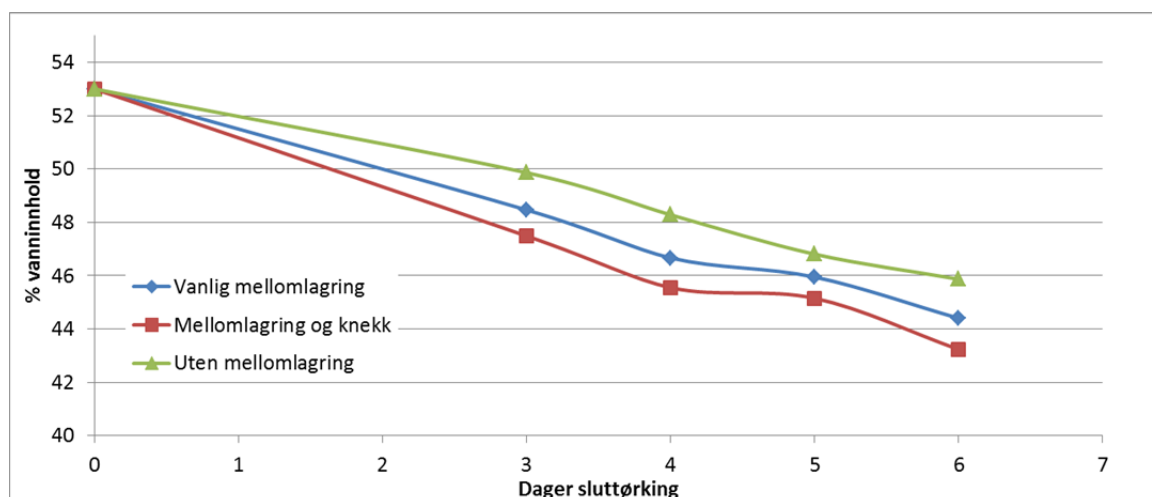
Ut i fra at vanninnhold i slakkefisk ikke er kjent, er det usikkerhet rundt etablering av en vanninnholds-kurve gjennom tørkeforløpet. Målinger gjennom innledende tørking av Sortido Mix har gitt indikasjon på at vanninnhold i slakkefisk med størrelse +4 kg har et vanninnhold rundt 51 %. Ut fra vektforløp målt på Superiour under sluttørking vil vanninnhold-kurven forløpe seg som vist i Figur 10. Det lave vanninnholdet i sluttørkingsfasen tyder på at vanninnholdet sannsynligvis vil ligge noe høyere, i størrelsesorden 53 % som vist i Figur 11.

Man kan ikke legge for stor betydning i eksakt vanninnhold her, men det som er viktig er forholdet mellom de 3 ulike metodene og mellomlagre slakkefisk på. Gjennomsnittlig vanninnhold i fiskene innen hver metode er antatt å være relativt lik. Det er tydelig at mellomlagring har stor betydning på tørkehastigheten på slutten. Man ser det samme for fysisk bøying for å bryte tørrsjiktet før siste del av tørkingen. Ved og mellomlagre slakkefisk, vil tørkeperioden reduseres med ett døgn. Ytterligere ett døgn reduksjon i tørketiden får man ved å bryte tørrsjiktet. Det er her snakk om gjennomsnittlige tall, og dette vil avhenge mellom hver enkelt fisk, så kontroll av fisken i sluttperioden er viktig for å sortere ut de som er tørr. Overtørking gir store økonomiske tap.

Ved sluttørking uten mellomlagring sto 6 av 9 fisker i tørken i 5-6 dag, ved vanlig mellomlagring var tilsvarende antall 2 av 9, mens etter mellomlagring og knekking sto kun 1 fisk i 5-6 dager.



Figur 10: Vanninnholdskurve for Superiour under sluttørking forutsatt vanninnh. på slakkfisk på 51 %.



Figur 11: Vanninnholdskurve for Superiour under sluttørking forutsatt vanninnh. på slakkfisk på 53 %.

3.1.5 Plassering på vogner

Veid fisk ble plassert henholdsvis nederst, i midten og øverst på 3 vogner. Samtidig ble det separert på fisk plassert foran og bak på vognen i forhold til luftstrømmen. Vekt etter 3 dager på Sortido Mix ble registrert og resultatet er vist i tabell 6 under.

Tabell 6: Vektendring av Sortido Mix etter innledende tørking i tunnel plassert på ulike steder på vogn.

	Vekt Dag 0	Vekt Dag 3	kg endring	% endring
Snitt vekt plassert nederst på vogn, 9#	2,26	1,91	0,36	15,71
Snitt vekt plassert i midten på vogn, 9#	1,95	1,64	0,31	15,77
Snitt vekt plassert øverst på vogn, 9#	1,58	1,29	0,30	18,67
Snitt vekt plassert foran (mot luftstrøm), 13#	2,02	1,68	0,34	16,69
Snitt vekt plassert bak (i fht luftstrøm), 14#	1,85	1,55	0,30	16,39

Man ser ut fra tabellen over at det er liten forskjell i vektreduksjon avhengig om hvor på vognen fisken er plassert. Det er et viss høyere vekttap på fisk plassert høyest, men pga. at denne samtidig har en gjennomsnittsvekt noe lavere enn de andre, kan man ikke se bort fra at dette også påvirker vannfjerningsvekten. Det er relativt godt med luft og jevn luftfordeling, så det var heller ikke forventet stor variasjon.

I en så lang tunnel, 20 vogner, vil luftfuktigheten over 1 vogn ha liten forskjell. Dette, sammen med at det er nok luft i tunnelen, gir en lik vektendring foran og bak på samme vogn.

4 Diskusjon:

De ulike faktorene i henhold til drift og parametere av langblåst tunnel med YIT-aggregat i by-pass er diskutert under hvert delkapittel.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no