

Rapport

Analyse av kammertørke med varmepumpe i by-pass (L5b)

Rasjonell klippfisktørking

Forfatter(e)

Erlend Indergård



Rapport

Analyse av kammertørke med varmepumpe i by-pass (L5b)

Rasjonell klippfisktørking

EMNEORD:
Klippfisk
Tørking
Tunneltørke
Energieffektivisering
MellomlagringVERSJON
V1DATO
2015-04-22FORFATTER(E)
Erlend IndergårdOPPDRAGSGIVER(E)
FHFOPPDRAGSGIVERS REF.
Lorena Gallart JornetPROSJEKTNR
FHF-900662, SINTEF-16Y003ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
7 + 0 vedlegg**SAMMENDRAG****Analyse av kammertørke med varmepumpe 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 40 vogners kammertørke med YIT aggregat i by-pass. Forsøket ble gjennomført i november 2012.

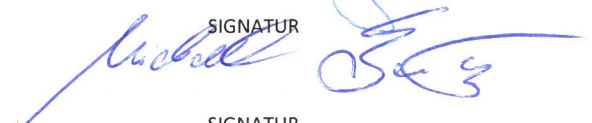
Det må merkes at beregningene i dette dokumentet er basert på et driftsbilde gitt under forsøksperioden. En annen drift (spesielt fiskeart og størrelse) vil gi andre energi-beregninger.

UTARBEIDET AV
Erlend Indergård

SIGNATUR

KONTROLLERT AV
Michael Bantle

SIGNATUR

GODKJENT AV
Petter Røkke

SIGNATUR

RAPPORTNR
TR A7504ISBN
978-82-594-3634-4GRADERING
ÅpenGRADERING DENNE SIDE
Åpen

Historikk

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

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn.....	4
2	Tørking i kammertørke med YIT i by-pass	4
2.1	Luftmengde og luftprofil:	5
2.1.1	Lufttilstand gjennom tørken.....	6
2.2	Tørkehastighet.	6
2.3	El-forbruk av aggregatene.....	7
3	Diskusjon:	7

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 kammertørke med YIT-aggregat, og med plass for 40 vogner. Denne løsningen har erstattet de fleste Portugaltørkene som var installert tidligere.

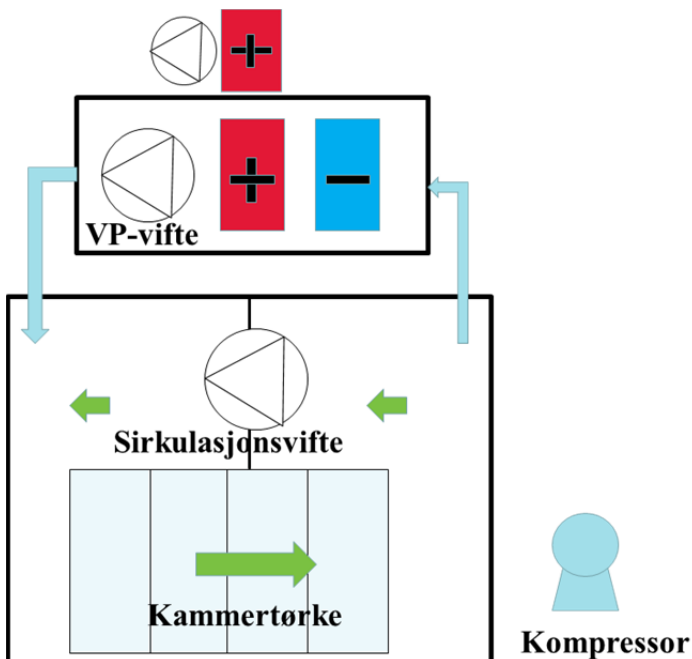
Forsøket ble gjennomført i november 2012. Det må merkes at beregningene i dette dokumentet er basert på et driftsbilde gitt under forsøksperioden. En annen drift (spesielt fiskeart og størrelse) vil gi andre energiberegninger.

2 Tørking i kammertørke med YIT i by-pass

I utgangspunktet var hensikten med å undersøke kammertørke med YIT aggregat i by-pass å studere hele tørkeprosessen med bruk av denne teknologien. I og med at bedriften kun brukte kammertørken til sluttørking etter først å ha tørket fisken innledningsvis i 70 vogners tunnel, ble forsøket noe redusert. Det er likevel her vist til resultater som er viktig for bransjen.

Kammertørken hadde plass til $10 \times 4 = 40$ vogner. Det var under forsøkene fylt inn vogner i 3 rader totalt 32 vogner.

Teknologien baserer seg på tørkekammer der relativt store mengder luft sirkulerer fra sirkulasjonsvifter på mesanintak, ned gjennom vognene og opp til viftene igjen. I motsetning til tunneler går luften kun gjennom 4-5 vogner med fisk. Sirkulasjonsviftene kan om ønskelig snus hver time slik at luften endrer retning. En del av sirkulasjonsluften blir sugd ut av kammeret ved bruk av et separat aggregat med varmepumpe. Den fuktige luften ut fra vognene blir avfuktet og oppvarmet ved bruk av varmepumpen. Typisk kjøres kammertørker som batch, dvs. vognene med produkt står i kammeret til disse er tørre uten at ny og våt fisk tilføres underveis.



Figur 1: Kammertørke med varmepumpeaggregat i by-pass. Deler av sirkulert luftmengde i kammer blir avfuktet vha. varmepumpe. Denne løsningen har erstattet de fleste Portugaltørkene som var installert tidligere.

2.1 Luftmengde og luftprofil:

I en kammertørke sirkulerer luften gjennom kun noen få vogner (normalt 4-5) og man får ikke så stor oppfukning av tørkeluften i forhold til langblåst tunnel. Dette gir dårligere effektivitet på varmepumpen. Også i kammertørker er luftens fordeling mellom brettene sentralt for å få god og jevn tørking. Så stort areal som mulig av tunneltverrsnittet bør fylles med vogner for å hindre falskluft i systemet. Det er her spesielt viktig at luftmengden justeres og tilpasses mengde fisk i tunnelen for at varmepumpesystemet skal fungere mest mulig økonomisk.

I og med at luftstrekket over mesanintaket på kammertørker er så kort, kun et par meter, vil lufthastighetsmålinger her være u hensiktsmessig. Dette pga. turbulens fra viftene. Det beste er å måle lufthastighet ut fra vognene, selv om dette også er forbundet med usikkerheter. Målt lufthastighet ut fra vognene i tverrsnitt av kammertørke er vist i Figur 2 under.

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

Figur 2: Lufthastighet fordelt over kammertverrsnittet

Det går godt med luft mellom alle brettene, men det er tydelig at mye av luften slår ned langs gulvet og det er høyere lufthastighet i nedre del av vognene.

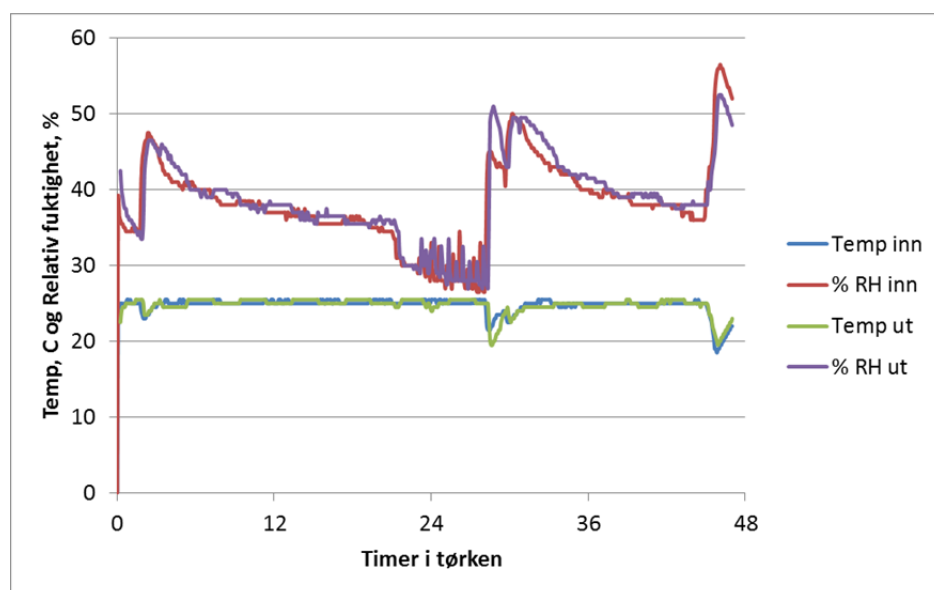
Gjennomsnittlig lufthastighet ble målt til 2,65 m/s. Det er bruk av samme type vogner som i langblåst tunnel, og fyllingsgraden av tverrsnittet er tilnærmet likt den langblåste, dvs. rundt 35 %. Tverrsnitt i forhold til luftretningen er 30,2 m². Det frie tverrsnittet er dermed ca. 19,6 m². Dette **gir beregnet luftmengde på 187.000 m³/t**. Det er tidligere vist til at lufthastigheten ikke har så stor betydning på tørkehastigheten i siste del av tørkeprosessen. Selv om det er knyttet usikkerhet til nøyaktigheten på beregning av luftmengde, er det klart at luftmengden er uforholdsmessig høy. Det er installert 10 stk 1,5 kW sirkulasjonsvifter.

2.1.1 Lufttilstand gjennom tørken

Den høye luftmengden og få vogner til å oppfukke tørkeluften gir dårlig forhold for effektiv bruk av varmpumpe. Dette kan også ses fra Figur 3 under, der det er vist at oppfuktingen er ubetydelig.

Temperaturen ligger jevnt på ca. 25 °C, og relativ fuktighet varierer mellom 30 og 50 %. Denne variasjonen skyldes at kun 10 % (19.000 m³ av 187.000 m³) avfuktes. 90 % av den mer fuktige luften rett etter innsatt fisk sirkulerer i all hovedsak rundt i kammeret og har redusert tørkepotensialet.

Kammertørke har fordel i forhold til langblåst tunnel ved at det er enklere å komme til enkeltvogner for bedre kontroll. Det er også noe lavere relativ fuktighet i tørkeluften som reduserer tørketiden.



Figur 3. Temperatur og relativ fuktighet inn og ut av tørketunnel i en periode med mer "tung-tørket fisk".

2.2 Tørkehastighet.

Fisk tørket innledningsvis i 70 vogn tunnel sto over natt på varmt lager (11 °C, 63 % RH) før disse ble satt inn i kammertørken. 27 fisker ble veid før sluttørking, og 9 ble plassert på topp, 9 ble plassert i midten og 9 ble plassert i bunnen av 3 vogner. De fleste av fiskene ble ansett som tørr etter ett døgn i tørken. Vektendring under sluttørkingen er vist i tabell 1.

Tabell 1: Vektendring under sluttørking i kammertørke.

	Vekt, kg dag 0	Vekt, kg dag 1	Vektendring, kg	% vektendring
Snitt alle	1,91	1,79	0,12	6,12
Snitt topp	1,91	1,79	0,12	6,47
Snitt midt	1,96	1,84	0,12	6,00
Snitt bunn	1,86	1,75	0,11	5,89

Det siste døgnet i kammertørken gav en vektreduksjon på 6 %. Det er ingen vesentlig vektendring mellom fisk lagret på bunnen i forhold til på toppen av vognene selv om lufthastigheten er dobbelt så høy i bunnen. Dette viser igjen at lufthastighet har mindre betydning for tørketiden i siste del av tørkeprosessen.

Som nevnt var vektendring på 6 % siste døgn. Forutsatt 40 vogner i kammeret, 380 kg saltfisk pr vogn, og at vanninnhold i saltfisk er 58 % og i ferdig tørket fisk 47 %, vil **759 kg vann fjernes pr døgn, dvs. 31,6 kg/t**

I henhold til YIT sine loggninger er vannfjerningshastigheten oppgitt til å være 10,5 kg/min, dvs. 630 kg/t. Dette synes å være alt for mye, og krever gjennomgang fra YIT. Det er mulig denne feilen ligger i at de bruker relativ fuktighet fra til-luft fra aggregatet i sine beregninger og ikke reell fuktighet i tunnelen etter at denne er blandet med til-luften fra aggregatet.

2.3 El-forbruk av aggregatene

Den tverrblåste tunnelen har installert ett aggregat tilsvarende de i langblåst tunnel, og denne har følgende installert effekt:

- 2 stk kompressorer a 16 kW
- 3 stk kondensatorvifter a 1,95 kW
- 1 stk aggregatvifte a 11 kW
- 10 stk tunnelvifter a 1,5 kW

Total installert effekt i kammertørke er 63,85 kW

Det er en utfordring å gi nøyaktige tall på el-forbruk, da effektmåleren sammenfatter el-forbruk for både 70 vogner tunnelen og kammertørken. Aggregatene er de samme, bortsett fra at kammeret har flere sirkulasjonsvifter. Total for begge ligger effektforbruket på 88,2 kW. Det er riktig å anta at effektforbruket i kammertørken er litt høyere enn for 70 vogn tunnelen da det er installert flere sirkulasjonsvifter. Antar derfor at **el-forbruket på kammertørken er 48 kW, dvs. 1152 kWh/døgn**. Dette tilsvarer en SMER på 0,66.

Dette forutsetter at tørken er full og at sluttørkingen er ferdig på ett døgn. Det er ikke sannsynlig at dette skjer til enhver tid. En dobling av tørketiden vil øke kWh pr kg vann fjernet tilsvarende.

3 Diskusjon:

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

Det må merkes at energiberegningene er sett fra en drift akkurat under forsøksperioden. En annen drift, gjerne med våtere fisk, vil kunne gi helt annet effektforbruk pr tonn produsert.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no