

# Rapport

## Rasjonell klippfisk produksjon: Kvalitetsforskjell med ulike råvarer

**Forfatter(e)**

Michael Bantle

Ole Stavset



# Rapport

## Rasjonell klippfisk produksjon: Kvalitetsforskjell med ulike råvarer

**EMNEORD:**

Emneord

**VERSJON**

1

**DATO**

2015-06-02

**FORFATTER(E)**

Michael Bantle

Ole Stavset

**OPPDRAGSGIVER(E)**

Fiskeri og Havbruksnæringens Forskningsfond (FHF)

**OPPDRAGSGIVERS REF.**

FHF #900662

**PROSJEKTNR**

16Y003

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**

13+ vedlegg

**SAMMENDRAG****Overskrift sammendrag**

Ulike tørkeforsøk for klippfisk ble gjennomført, og påvirkningen råmaterialet brukt for saltfiskproduksjon (fryst/tint i forhold til fersk) har på tørkehastigheten ble vurdert.

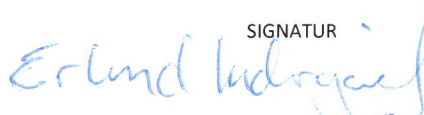
Ved å bruke fryst og tint råmateriale ble tørkeraten redusert sammenlignet med bruk av ferske råmaterialer. Tørketiden ved bruk av fryst og tint råmateriale økte med omtrent 30 % sammenlignet med ferske råmaterialer.

Innholdet av vannløselig protein var stabil ( $\approx 2\%$ ) for alle råmaterialene og lagene som ble undersøkt, og det kunne ikke trekkes noen konklusjon mellom tørkerate og mengden vannløselig protein.

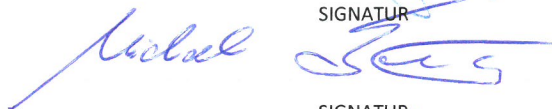
Saltkonsentrasjonen i overflatelaget av den fryste og tinte klippfisken var 5 prosentpoeng høyere enn i klippfisken produsert fra ferske råvarer. Denne saltkonsentrasjonen i overflatelaget er sannsynligvis årsaken til at tørketiden økte, og bør inkluderes i framtidige undersøkelser.

**UTARBEIDET AV**

Michael Bantle

**SIGNATUR****KONTROLLERT AV**

Erlend Indergård

**SIGNATUR****GODKJENT AV**

Petter Røkke

**SIGNATUR****RAPPORTNR**

TR A7509

**ISBN**

978-82-594-3639-9

**GRADERING**

Åpen

**GRADERING DENNE SIDE**

Åpen

# Historikk

---

<b>VERSJON</b>	<b>DATO</b>	<b>VERSJONSBESKRIVELSE</b>
Version 1	2015-06-02	Teknisk rapport basert på eksperimentell evaluering av tørkeegenskaper for standard og fryst-tint klippfisk

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Introduksjon: Tørkeforhold for klippfisk .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Formålet med undersøkelsen .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Material og metode.....</b>	<b>5</b>
3.1	Forberedelse av råmaterial .....	5
3.2	Tørkesystemet .....	6
3.3	Gjennomføring av eksperimentet.....	6
3.4	Analyse av saltinnhold og løselig protein i klippfisk .....	6
<b>4</b>	<b>Diskusjon.....</b>	<b>7</b>
4.1	Analyse av tørkedata .....	7
4.2	Stabilitet i tørkesystemet.....	8
4.3	Bilder av klippfisk før og etter tørking.....	8
<b>5</b>	<b>Resultater .....</b>	<b>9</b>
5.1	Tørkeforløpet i "Standard"-forsøket .....	9
5.2	Tørkeforløpet "Fryst-tint" i forhold til "Standard" .....	10
5.3	Analyse av saltinnhold .....	11
5.4	Analyse av vannløselig protein .....	13
<b>6</b>	<b>Konklusjoner .....</b>	<b>14</b>

## BILAG/VEDLEGG

---

Vedlegg Ia a og Ib: Temperatur, fuktighet og lufthastighet i eksperimentet "Standard" og "Fryst-tint"

---

## 1 Introduksjon: Tørkeforhold for klippfisk

Tørking av klippfisk er en kostbar og tidkrevende prosess, siden dehydrasjonsraten for fiskemusklene mettet av salt er lav. Ethvert tiltak som vil øke tørkeraten vil derfor bli ansett som fordelaktig for industrielle bruksområder, siden produksjonsraten vil øke, mens produksjonskostnadene antageligvis vil bli redusert. Raskere tørking vil imidlertid ikke nødvendigvis føre til en billigere tørkeprosess, siden den latente energimengden som trengs for å fordampe vannet ikke påvirkes av fysiske tiltak. De fysiske egenskapene for produktet forandres i løpet av tørkingen og det er viktig å kontrollere tørkeprosessen slik at kvaliteten på sluttproduktet blir akseptabel.

Siden 1970-tallet er klippfisk blitt tørket i industrielle varmpumpetørkere hvor tørketemperaturen og til en viss grad relativ luftfuktighet og lufthastighet over fisken kan kontrolleres. Klippfisk er svært temperatursensitiv og en tørketemperatur på 22 °C er ofte ansett som passende for prosessen med tanke på tørketid og produktkvalitet. Samtidig er luftfuktigheten til tørkeluften ved innløpet mellom 30 og 40 %, og lufthastigheten over fiskene er mellom 1,5 og 2 m/s. Disse driftsparametrene er som oftest basert på erfaringer fra de individuelle operatørene, og varierer til en viss grad mellom de ulike fabrikkene.

## 2 Formålet med undersøkelsen

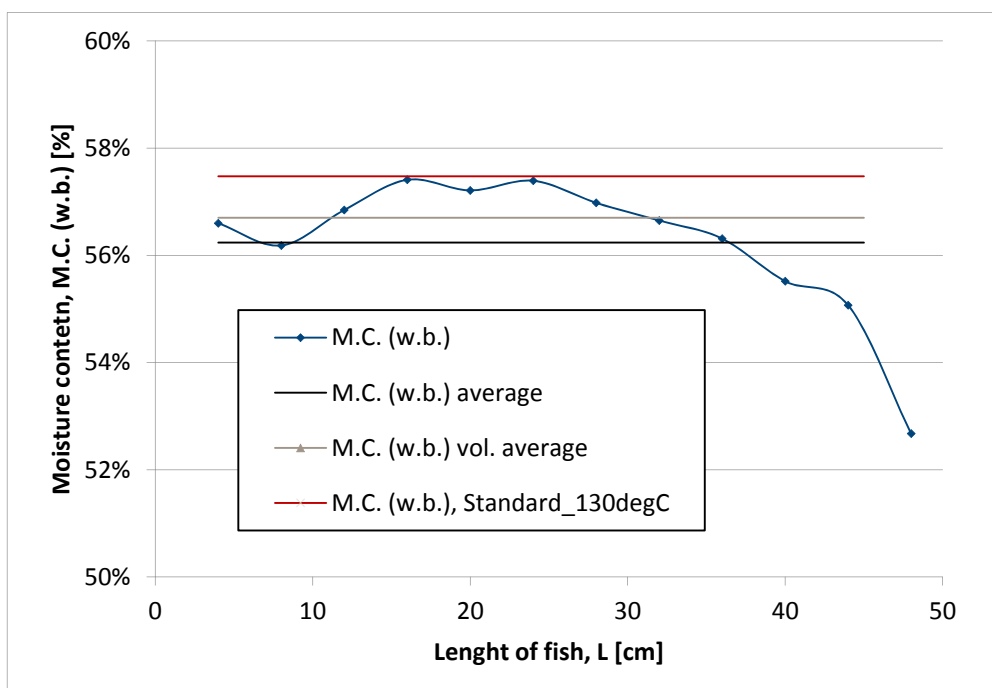
Noen fabrikkoperatører rapporterer at saltfisk, som fryses og tines før salting, vil tørke raskere enn saltfisk som produseres fra fersk/avkjølt fisk. Det er mulig at det mekaniske stresset som oppstår i fiskemusklene og cellene under frysing og tining, vil påvirke de fysiske parameterne av fisken, og dermed også tørkeraten. Det er imidlertid vanskelig å verifisere denne påstanden, siden de dokumenterte tørkeforhold, tørkerater/-kurver eller produktkarakteristikker ikke kan generaliseres. Formålet med denne undersøkelsen er derfor å verifisere om denne observasjonen kan bekreftes ved identiske tørkeforhold.

### 3 Material og metode

#### 3.1 Forberedelse av råmateriale

For å vurdere hvilken innvirkning frysing og tining av råmaterialet har på tørkeprosessen er det viktig at råmaterialet er så identisk som mulig. For klippfisk er dette utfordrende, siden det er både sesong- og individuelle variasjoner i en fangst. Saltprosessen vil også påvirke egenskapene til råmaterialet (vanninnholdet) og bør derfor kontrolleres.

For denne undersøkelsen ble det brukt tørr, saltet fisk fra samme leverandør med en vekt på 3 kg (+/- 100g). Alle fiskene kom fra samme parti for å sikre at det ble brukt likt råmateriale i tørkeeksperimentene. Fuktighetsinnholdet ble målt med ulike metoder og var 56,7 % i gjennomsnitt (volumetrisk) og hadde kun små variasjoner (se). For eksperimentene med fryst og opptint saltfisk gikk fiskene gjennom den samme saltingsprosessen. Fuktinnholdet var 57,6 %, noe som anses som en akseptabel variasjon i forhold til hensikten med dette forsøket.



**Figur 1: Fuktinnholdsmålinger for en klippfisk**

### 3.2 Tørkesystemet

En laboratoriumtørketunnel ble brukt for å gjennomføre denne undersøkelsen. Kapasiteten er på omtrent 30 klippfisk (100 kg). Hvert forsøk brukte maksimalt 10 fisker, og de ble fordelt vertikalt for å unngå at det ble utviklet en horisontal fuktighetsprofil gjennom tunnelen. Tørkeluften ble avkjølt ved fordampere til et varmepumpesystem, og oppvarmet ved kondensoren til den samme varmepumpen. Temperaturen ved kondensoren var godt kontrollert, mens den relative luftfuktigheten var en konsekvens av fordampertemperaturen som måtte forandres i løpet av eksperimentet. Lufthastigheten over fisken var satt til 1,5 m/s for alle gjennomførte forsøk.

### 3.3 Gjennomføring av eksperimentet

En oversikt over de gjennomførte eksperimentene vises i Tabell 1. I hvert eksperiment ble 10 fisker plassert i brettørkeren og vektreduksjonen for hver fisk ble målt etter gitte tidsintervall. På denne måten kom man fram til 10 tørkekurver for identiske tørkeforhold, noe som gir en viss statistisk reproduserbarhet av det oppnådde tørkeforløpet.

**Tabell 1: Oversikt over gjennomførte eksperiment i denne undersøkelsen**

Eksperiment	Material	Temperatur	Relativ fuktighet	Lufthastighet
Standard	Fersk og saltet fisk	22 °C	40 %	1,5 m/s
Fryst-tint	Fryst, tint og saltet fisk			

### 3.4 Analyse av saltinnhold og løselig protein i klippfisk

Prøver fra hvert forsøk ble sent til NTNU, Institutt for Materialer og Kjemi, for analyse av saltinnhold og løselig protein.

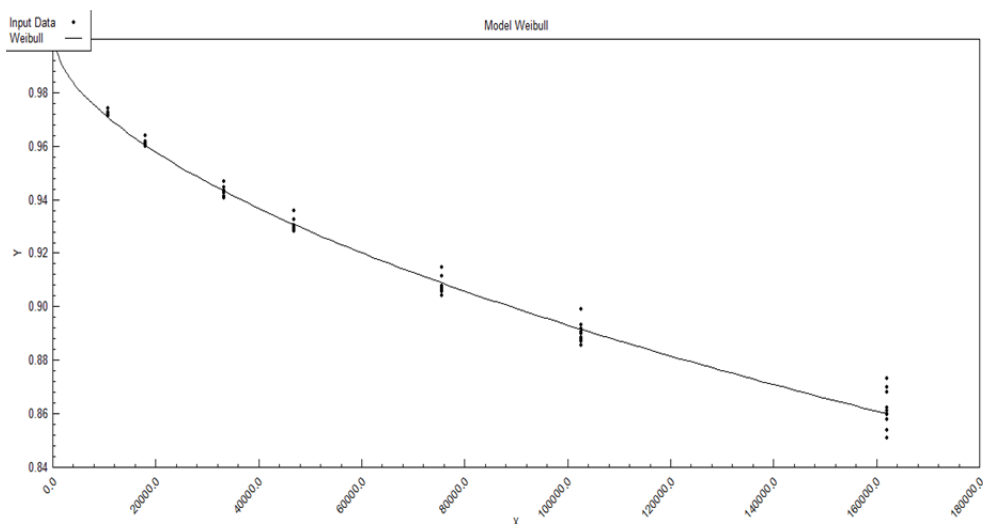
## 4 Diskusjon

### 4.1 Analyse av tørkedata

Tørkekurvene som ble funnet (10 tørkekurver for hvert eksperiment, Standard og Fryst-tint), ble brukt som rådata for å finne et aritmetisk gjennomsnitt. Den gjennomsnittlige tørkekurve ble funnet ved Weibull-modellen (Likning 1), som har vist god nøyaktighet i tidligere eksperiment. Den empiriske Weibull-modellen er lik den analytiske løsningen av Ficks lov om diffusjon, men formfaktor "b" gir høyere nøyaktighet.

$$MR = \frac{M(t) - M_{eq}}{M(0) - M_{eq}} = e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^b} = e^{-\left(\frac{D_{calc} t}{L^2}\right)^b} \quad \text{Likning 1}$$

Figur 2 viser et eksempel av hvordan ett sett med eksperimentelle data blir midlet (beste tilpasningsmetode). Med denne tilnærmingen er det nå mulig å analysere og beskrive tørkeprosessen ved et bestemt tørkeeksperiment med en matematisk beskrivelse.



**Figur 2: Aritmetisk gjennomsnittstørkekurve for ett eksperiment**

I tabell 2 vises parameterne for Weibull-modellen i ligning 1. Nøyaktigheten er bedre en 97,2 % for alle eksperimentene, noe som er en gjennomsnittlig nøyaktighet, med tanke på 10 tørkekurver. Nøyaktigheten til en enkelt kurve er normalt over 99,5 %, noe som er ganske høyt. En viss variasjon mellom de ulike eksperimentellbaserte tørkekurvene må man imidlertid forvente og akseptere, siden hver klippfisk har sin individuelle tørkekurve.

**Tabell 2: Parametere i Weibull-modellen for ulike eksperimenter**

Eksperiment	Skaleringsfaktor "a"	Formfaktor "b"	Coeff. of determination (R <sup>2</sup> )
Standard	2771147	0,650267	0,99259
Fryst-tint	2522743	0,743338	0,97265



## 4.2 Stabilitet i tørkesystemet

I vedlegg 1 kan man finne temperaturen, den relative fuktigheten og lufthastigheten over fiskene for alle eksperimentene. Temperatur og lufthastighet er godt kontrollert i systemet. Den relative fuktigheten er stabil i de første 1-2 dagene av eksperimentet, men etter en viss tid er tørkeprosessen så sen at den ikke frigjør nok vann til å holde luften fuktig. Dette er ikke en ideell situasjon for et vitenskapelig forsøk. Tørkesystemet bør forbedres til senere forsøk med en fuktgiver og en automatisk temperaturkontroller ved fordamperen. På denne måten vil man også kontrollere luftfuktigheten, noe som gir høyere vitenskapelig nøyaktighet.

Tørkeraten ved klippfisktørking er svært liten ved slutten av tørkeperioden, og påvirkes i liten grad av eksterne tørkeforhold. Det ble derfor antatt at de dokumenterte resultatene er akseptable for denne undersøkelsen.

## 4.3 Bilder av klippfisk før og etter tørking

Alle klippfiskene ble fotografert før og etter tørking. Bildene kan brukes til å vurdere kvaliteten til det tørkede produktet. Alle de tørkede klippfiskene ble vurdert for hånd og kvaliteten ble ansett som god. Dette er også konklusjonen etter bildeanalysen (se eksempel i Figur 3). Det ble imidlertid ikke gjennomført en videre analyse av bildene, siden ingen signifikante forskjeller ble oppdaget.

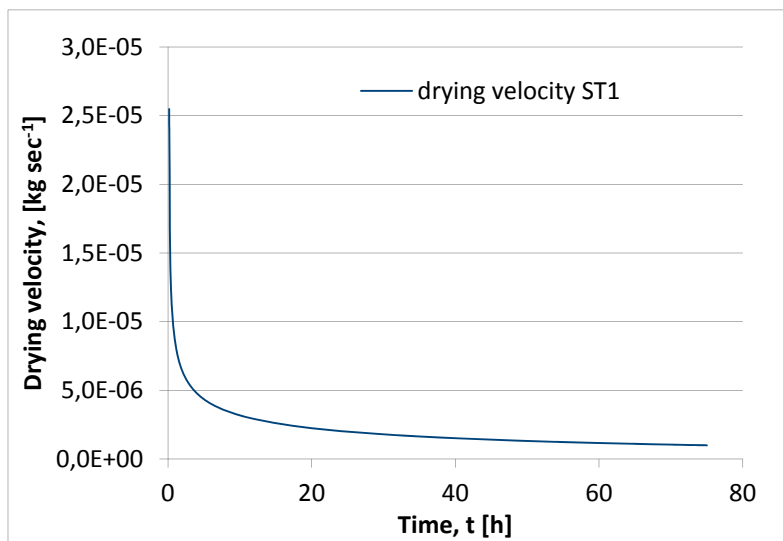


**Figur 3: Eksempel av en klippfisk før og etter tørking**

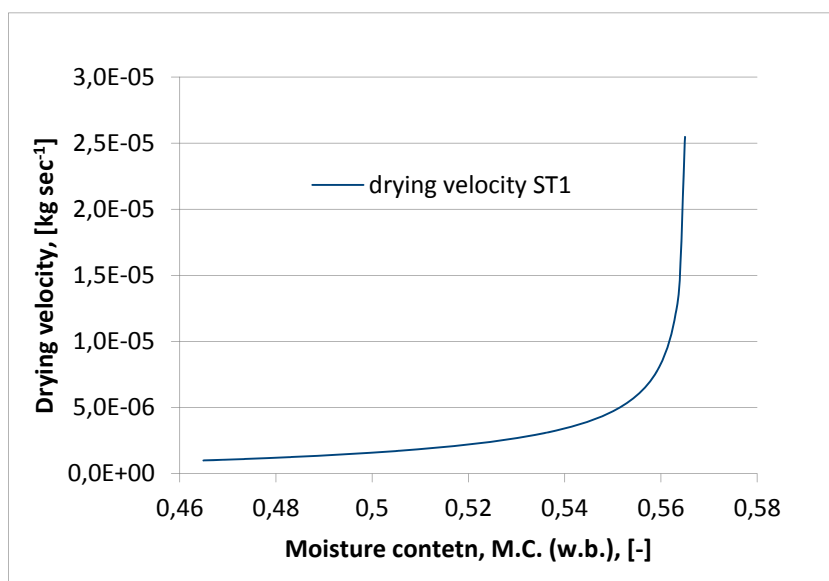
## 5 Resultater

### 5.1 Tørkeforløpet i "Standard"-forsøket

Figur 4 og Figur 5 viser gjennomsnittlig tørkehastighet for en klippfisk som funksjon av henholdsvis tørketid og fuktinnhold. Begge figurene viser samme trend. I løpet av den første dagen er tørkehastigheten relativt høy, men flater ut ved en lavere verdi mot slutten av tørketiden. Tørkeraten er aldri konstant, og følgelig går tørkingen inn i en såkalt andre tørkeperiode, som hovedsakelig kontrolleres av diffusjonsmekanismer. Mot slutten av tørkeperioden er prosessen så sen at diffusjonen er den ratekontrollerte mekanismen. Dette forklarer også hvorfor de eksterne tørkeparametrene kun har underordnet innflytelse i slutten av perioden, som rapportert i tidligere undersøkelser og erfart av driftsoperatørene på fabrikkene.



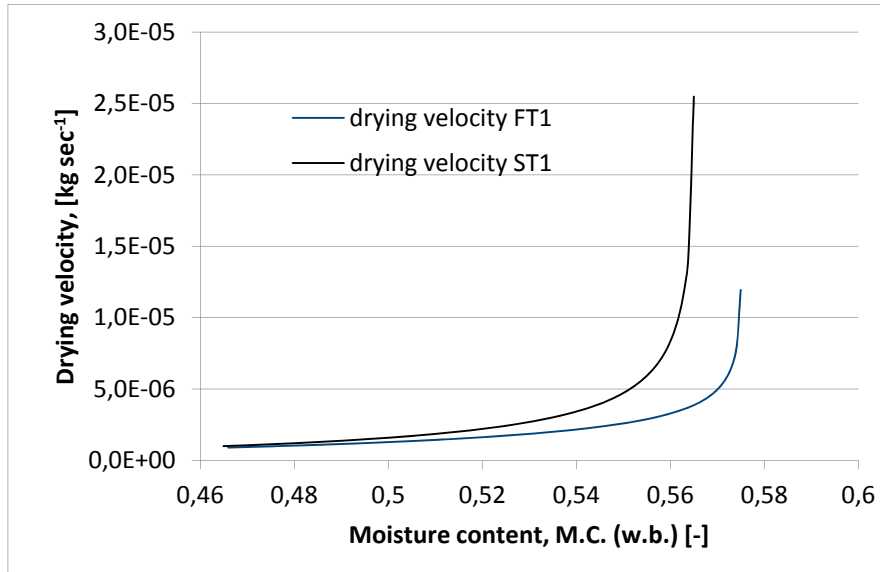
**Figur 4: Gjennomsnittlig tørkehastighet av en klippfisk som funksjon av tørketid**



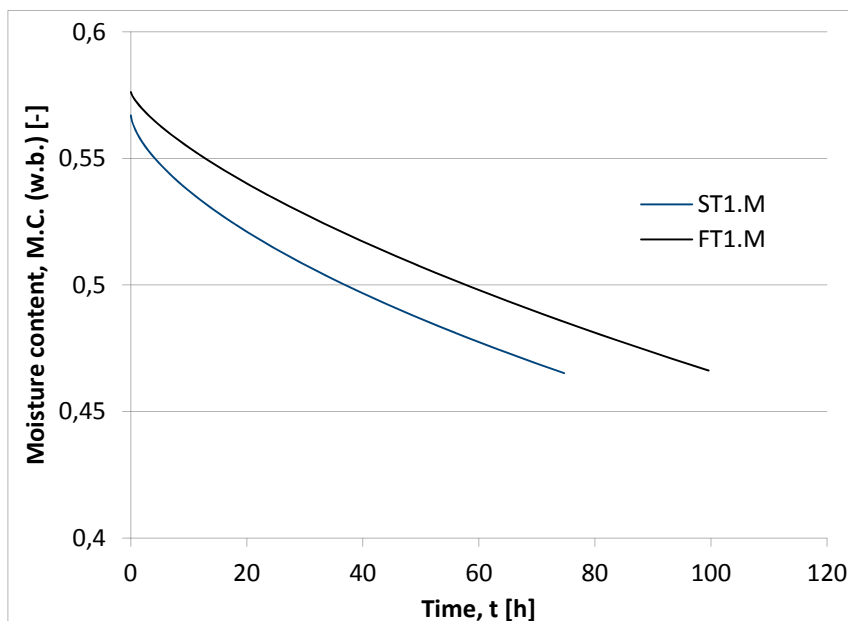
**Figur 5: Gjennomsnittlig tørkehastighet for en klippfisk som funksjon av fuktinnhold**

## 5.2 Tørkeforløpet "Frost-tint" i forhold til "Standard"

Figur 6 viser at tørkeraten for klippfisk som ble fryst og tint før salteprosessen er redusert sammenlignet med "Standard" tørking, hvor det brukes fersk klippfisk som råmateriale. Dette resulterer i en tørkekurve som vises i Figur 7, som viser at tørketiden øker med omtrent 30 % for fryst-tint klippfisk. I den nåværende tilstanden er det ingen forklaring på dette fenomenet. Det kan være at saltkonsentrasjonen i den fryst-tinte-klippfisken er høyere, noe som kan forklare det viste tørkeforløpet (se resultater i kapittel 0).

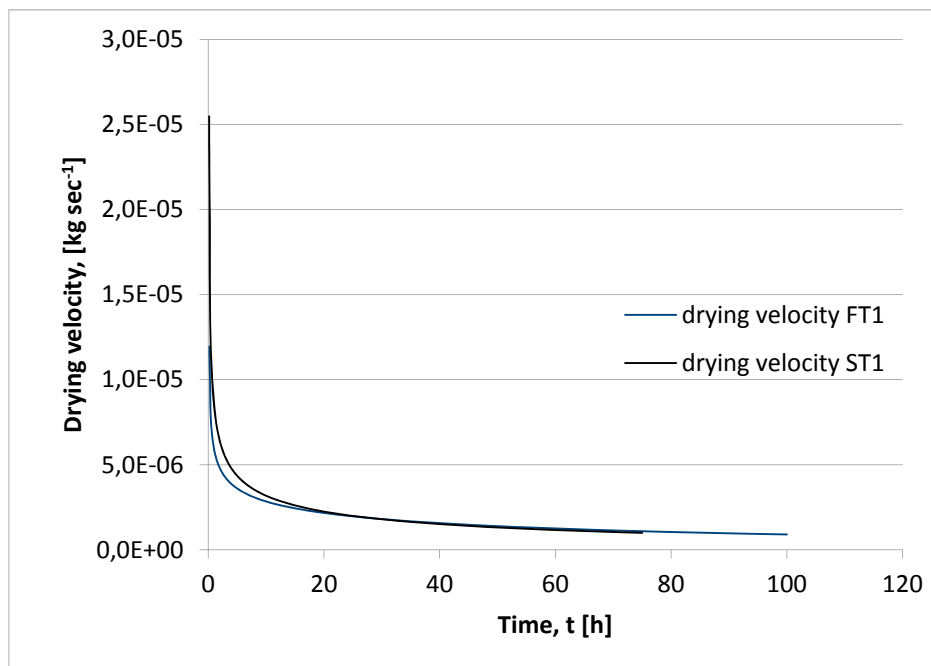


**Figur 6: Gjennomsnittlig tørkerate for fryst-tint klippfisk i forhold til standard klippfisketørring**



**Figur 7: Gjennomsnittlig tørkeforløp for fryst-tint klippfisk i forhold til standard klippfisketørring**

Figur 8 viser gjennomsnittlig tørkehastighet for begge eksperimentene som funksjon av tiden. Figuren understreker ikke at den ene tørkeprosessen er signifikant raskere enn den andre, siden tørkehastigheten er uttrykt som funksjon av tiden. Tørkeraten i den andre tørkeperioden er en funksjon av fuktinnholdet og må derfor analyseres sammen med fuktinnholdet når man skal sammenligne ulike eksperimenter. Enkel tidsavhengighet er ikke den riktige måten å sammenligne tørkerater på, siden tørkeraten er en funksjon av fuktinnholdet (fysisk egenskap).



**Figur 8: Tørkehastighet for fryst-tint klippfisk sammenlignet med standard klippfisktørking som funksjon av tiden**

### 5.3 Analyse av saltinnhold

Det ble tatt prøver av fersk og tørket klippfisk for saltinnholdanalyse. Saltinnholdet ble målt ved overflaten og i midten av prøvene fra den tykkeste delen av fisken og resultatene vises i Tabell 3 og Figur 9.

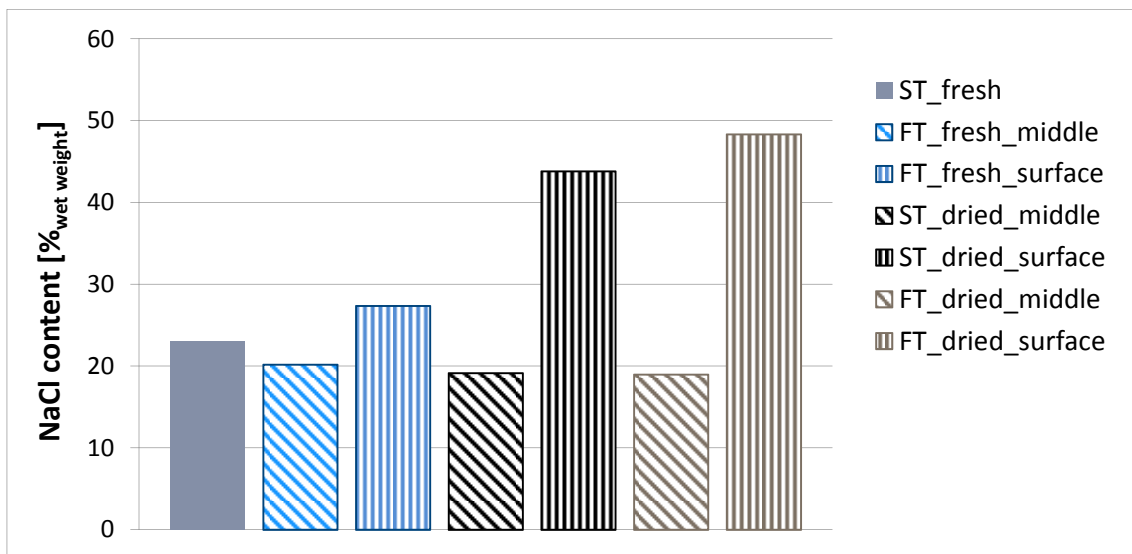
**Tabell 3: Saltinnhold ved overflaten og i midten av klippfisk**

Saltinnhold, % NaCl	Standard	Fryst-tint
Fersk_overflate	23.03	27.35
Fersk_midten		20.18
Tørket_overflate	43.80	48.31
Tørket_midten	19.14	18.97

Det ble ikke funnet noen signifikant forskjell i midten av prøvene. Saltinnholdet ble redusert fra 20 % til 19 %, noe som kan forklares ved litt saltdiffusjon under tørkingen. Saltinnholdet ved overflaten var imidlertid allerede høyere ved begynnelsen av tørkeprosessen (27,3 %). Dette illustrerer at saltkonsentrasjonsprofilen

som oppstår under saltingsprosessen utvikles med høyere andel salt nær overflate, sammenlignet med midten av produktet. Saltkonsentrasjonsprofilene er åpenbart ikke lik over tid.

Denne saltprofilen øker mens produktet tørkes. For råmaterialet som er fryst og tint øker saltinnholdet ved overflaten med mer enn 20 prosentpoeng, så det ender med 48,3 % NaCl ved overflaten. Det tilsvarende saltinnholdet i klippfisk som er tørket fra ferskt råmateriale er 43,8 %, omtrent 5 prosentpoeng lavere. Det er viktig å påpeke at det endelige vanninnholdet i begge produktene er likt ( $\approx 46\%$ ). Dette betyr at det er mer salt til stede i det endelige klippfiskproduktet fra fryst-tint råmateriale.



**Figur 9: Saltinnhold i fersk (ST) og fryst-tint (FT) klippfisk**

Det virker som om det fryst-tinte råmaterialet tørkes på en måte som gjør at mer salt utkrystalliseres og lagres på overflaten. Siden prosesseringen (salting og tørking) var lik for begge materialene, må forklaringen ligge i de fysiske forandringene som skjer i frysing og tiningen.

Generelt har fryste og tinte produkt lavere vanninnholdskapasitet siden cellene delvis er ødelagt, strukturen er mindre stabil og mikro eller makro sprekker oppstår i produktet. Derfor kan mer salt diffundere inn i produktet under saltingsprosessen. Dette kan forklare at det er høyere saltkonsentrasjon ved overflaten i det fryste og tinte råmaterialet.

Saltinnholdet måles i % NaCl, som betyr % av totalvekt (inkludert vann!). Det er dermed to måter å forklare det økte saltinnholdet:

1. Enten har fryst-tint klippfisk høyere saltinnhold ved overflaten fra begynnelsen, eller
2. fjernes mer vann fra overflaten (raskere initialtørking), noe som gir en høyere andel av NaCl i overflatelaget.

Forskjellen i saltkonsentrasjon ved overflaten kan imidlertid kanskje forklare at råmaterialet som er fryst og tint tørker senere. Som det er understreket i tidligere rapporter vil det ekstra saltet krystalliseres og danne et ekstra lag med masseoverføringsmotstand. Saltkrystaller har vannbindende egenskaper, noe som betyr at det binder vann fra omgivelsene. Det er derfor mulig å tenke seg at det fordampede vannet ikke fjernes av tørkeluften, men bindes i saltkrystallene i produktet.

Raskere fører generelt til mer innkrymping, noe som igjen resulterer i et tettere og mer kompakt tørt lag. Som tidligere understreket kan høyere saltkonsentrasjon være en konsekvens av en rask initialtørkesekvens. Det vil derfor dannes et tettere tørt lag, noe som vil begrense masseoverføringen mer enn et mer porøst tørt lag (økt diffusjonsmotstand).

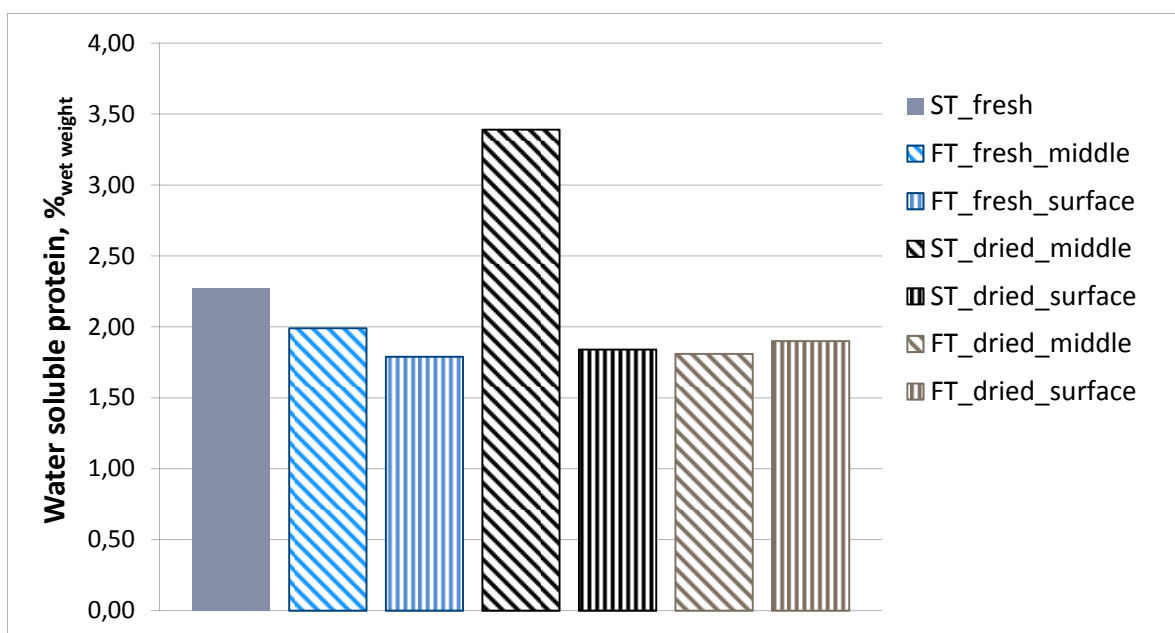
Alle disse effektene kan forklare hvorfor tørkeraten for fryst-tint råmateriale er lavere enn tørkeraten for ferskt råmateriale. Saltkonsentrasjonen som følge av strukturelle forandringer under frysing/tining er sannsynligvis årsaken til fenomenet. Framtidige undersøkelser bør studere salteprosessen og saltprofilen mer detaljert. Siden det ser ut til at saltet bidrar til å redusere tørkehastigheten, bør det forsikres at ikke for mye salt blir tatt opp av produktet. Det optimale forholdet mellom senere tørking på grunn av saltkonsentrasjonen og redusert vanninnhold på grunn av salting (osmotisk dehydrering) må finnes. Forholdet mellom saltkonsentrasjon/-innhold og tørketid bør undersøkes nærmere for å finne det optimale saltetidspunktet.

#### 5.4 Analyse av vannløselig protein

Mengden vannløselig protein ved overflaten og i midten av det ferske og det fryst-tinte råmaterialet vises i Tabell 4 og Figur 10. Mengden vannløselig protein er stabil på  $\approx 1,9$  % for alle prøvene bortsett fra den tørkede standardprøven. Ingen konklusjoner kan trekkes mellom tørkerate og mengden vannløselig protein.

**Tabell 4: Vannløselig protein ved overflaten og i midten av klippfisk**

Vannløselig protein, % våtvekt	Standard	Fryst-tint
Fersk_overflate	2.27	1.79
Fersk_midten		1.99
Tørket_overflate	1.84	1.90
Tørket_midten	3.39	1.81



**Figur 10: Innhold av vannløselig protein i fersk (ST) og fryst-tint (FT) klippfisk**

## 6 Konklusjoner

En sammenlignende undersøkelse for klippfisktørring ble gjennomført for å finne ut hvordan frysing og tining av råmaterialet påvirker tørkeprosessen, sammenlignet med standard tørring med ferskt råmateriale.

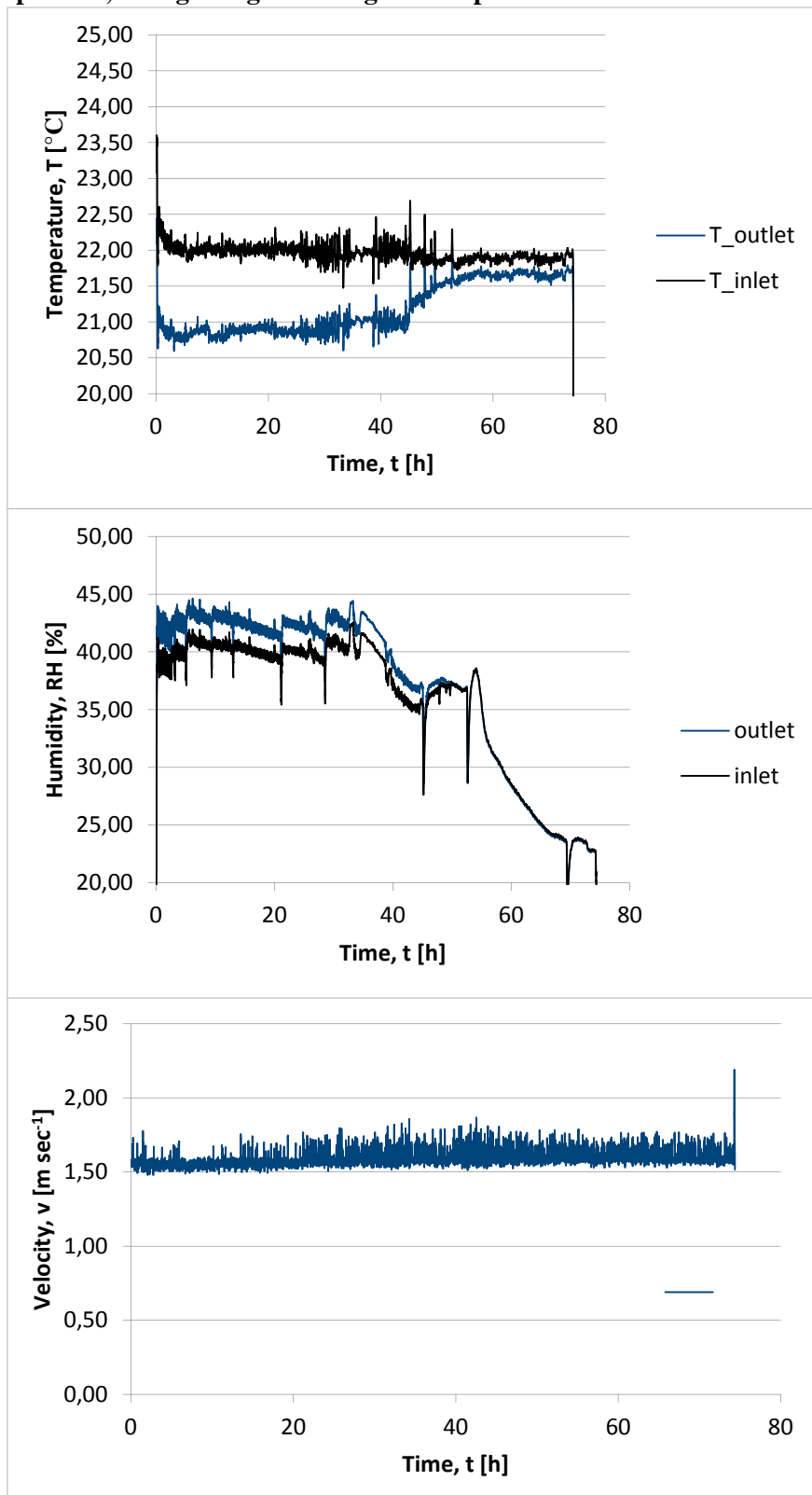
Alle undersøkelser tyder på at tørkeforholdene gav god produktkvalitet, og at de undersøkte tørkemethodene kan benyttes i industriell tørring uten at produktkvaliteten reduseres.

Ved å bruke fryst og tint råmateriale ble tørkeraten redusert i forhold til tørkeraten med ferskt råmateriale. Tørketiden for fryst og tint råmateriale økte med 30 % i forhold til ferskt råmateriale. Saltinnholdet ved overflaten i den tørkede klippfisken fra fryst og tint råmateriale var signifikant høyere enn det ikke-tørkede materialet og det ferske råmaterialet. Det er antatt at dette forårsaker den reduserte tørkeraten, men den konkrete mekanismen er ikke kjent. Mengden vannløselig protein varierte ikke mellom produktene, og påvirker sannsynligvis ikke tørkehastigheten. Framtidige undersøkelser bør inkludere forholdet mellom saltkonsentrasjonen og tørkehastigheten.

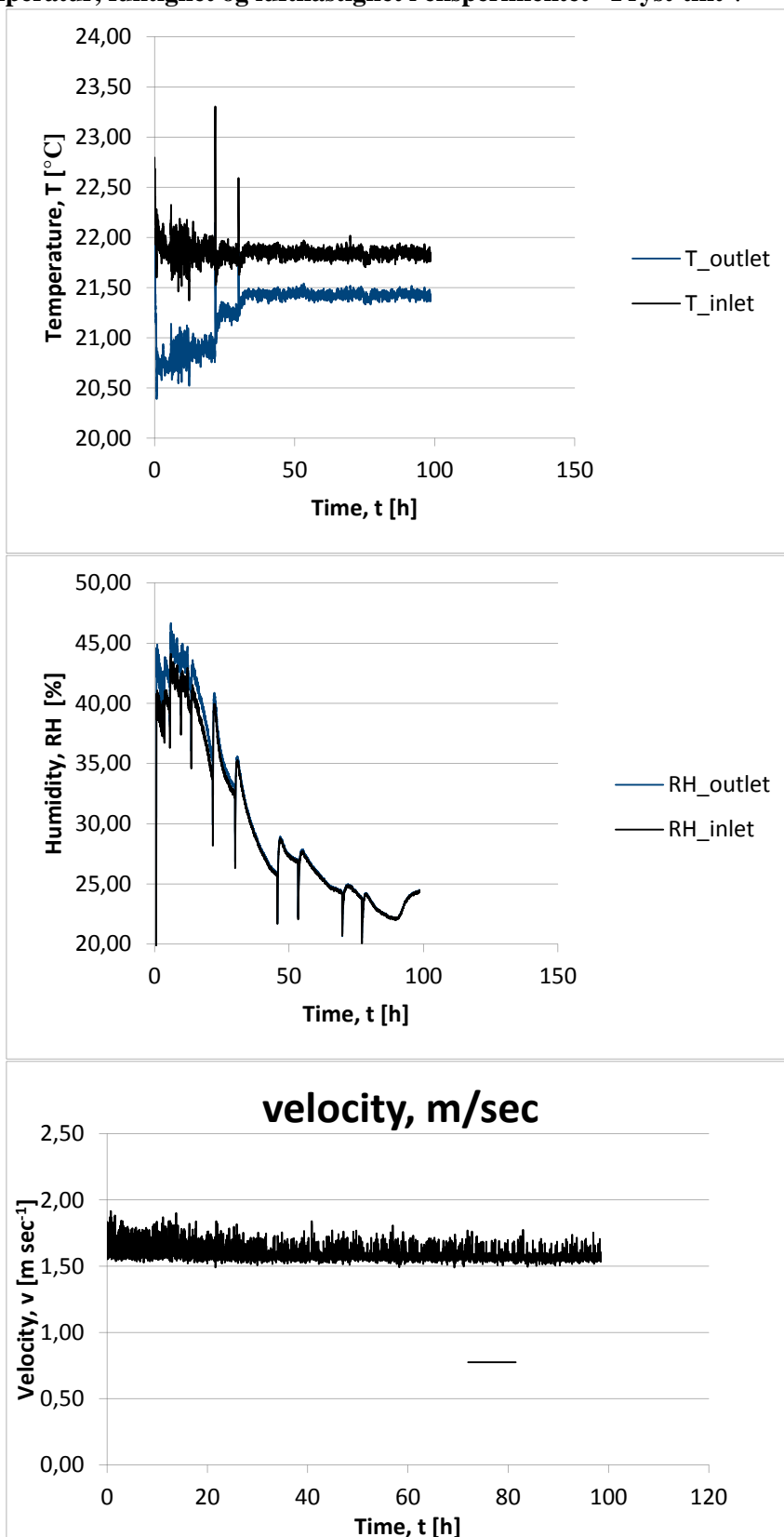
En ikke-ødeleggende metode for å måle saltinnholdet vil være den ønskede måten å bestemme saltinnholdet under prosesseringen (CT-skanning?).

Basert på disse undersøkelsene bør bruken av fryste og tinte råvarer unngås i klippfisktørring, siden lengre prosesseringstid vil redusere produktiviteten og øke produksjonskostnadene. Dersom man blander fryst-tint og ferske råmaterialer i samme tørkeparti vil det resultere i signifikante forskjeller i fuktinnholdet i sluttproduktet, og samtidig redusere effektiviteten til prosessen.

Tørkesystemene som brukes bør forbedres med en fuktgiver og et automatisk kontrolleringssystem for luftfuktighet. Ved disse metodene kan de viktigste parameterne for framtidige undersøkelser bedre kontrolleres. Dette vil være spesielt viktig dersom påvirkningen fra fuktighet ved klippfisktørring skal undersøkes i detalj.

**Vedlegg I a: Temperatur, fuktighet og lufthastighet i eksperimentet "Standard".**




**Vedlegg I b: Temperatur, fuktighet og lufthastighet i eksperimentet "Fryst-tint".**




Teknologi for et bedre samfunn

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