

# **Måling av sorpsjonsisotermer for tørrfisk**

**Anne Karin T. Hemmingsen, Ingrid C. Claussen  
og Anders Haugland**

**Januar 2005**

**SINTEF Energiforskning AS**

Postadresse: 7465 Trondheim  
Resepsjon: Sem Sælands vei 11  
Telefon: 73 59 72 00  
Telefaks: 73 59 72 50

www.energy.sintef.no

Foretaksregisteret:  
NO 939 350 675 MVA

**TEKNISK RAPPORT**

SAK/OPPGAVE (tittel)

**Måling av sorpsjonsisotermer for tørrfisk**

SAKSBEARBEIDER(E)

Anne Karin T. Hemmingsen, Ingrid C. Claussen og Anders Haugland

OPPDRAKSGIVER(E)

FHL, Industri og Eksport

TR NR. TR A6084	DATO 2005-01-07	OPPDRAKSGIVER(E)S REF. Frank Jakobsen	PROSJEKTNR. 16X493.01
ELEKTRONISK ARKIVKODE		PROSJEKTANSVARLIG (NAVN, SIGN.) Anne K. T. Hemmingsen <i>Anne K. T. Hemmingsen</i>	GRADERING Åpen
ISBN NR. 82-594-2786-9	RAPPORTTYPE	FORSKNINGSSJEF (NAVN, SIGN.) Inge R. Gran <i>Inge R. Gran</i>	OPPLAG      SIDER 15            12
AVDELING Energiprosesser	BESØKSADRESSE Kolbjørn Hejes vei 1d	LOKAL TELEFAKS 73 59 39 50	

## RESULTAT (sammendrag)

Hensikten med prosjektet var å utarbeide sorpsjonsisotermer for tørrfisk ved forskjellige temperaturer. Slike isotermer kan bli brukt til å definere produktspesifikke optimale lagringsforhold for tørrfisk.

Det ble utført analyser av tørrstoff, farge og sorpsjonsegenskaper for tørrfisk fra Røst og Lofoten. Resultatene viste at det var noe forskjell i tørrfiskens karakteristiske evne til vannopptak og vannavgivelse avhengig av fisketype og hvor på fisken analysen blir foretatt. Vanninnholdet i fisken varierte også med fisketype og hvor på fisken analysen ble foretatt. Det ble ikke funnet tydelige forskjeller på fargen til de ulike fisketyperne.

Prosjektet har gitt en bedre forståelse av hvordan vanninnhold og sorpsjonsisotermer for tørrfisk av ulike type og størrelse varierer. Det har blitt identifisert flere problemstillinger i tilknytning til tørking og lagring av tørrfisk der SINTEF har kompetanse som kan være utfyllende i forhold til annen forskningsaktivitet tilknyttet FHL.

**STIKKORD**

EGENVALGTE	Tørrfisk	Vanninnhold
	Adsorpsjon	Desorpsjon

## INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1	INNLEDNING ..... 2
2	NYTTEVERDI..... 3
3	MATERIALER OG METODER ..... 3
3.1	RÅMATERIALER OG BEHANDLING..... 3
3.2	VANNINNHold ..... 3
3.3	FARGEMÅLINGER..... 3
3.4	SORPSJONSISOTERMER..... 4
4	RESULTATER OG DISKUSJON ..... 4
4.1	VANNINNHold ..... 6
4.2	FARGE ..... 6
4.3	SORPSJONSISOTERMER..... 8
5	KONKLUSJONER OG VIDERE UTVIKLINGSBEHOV ..... 11

### 1 INNLEDNING

Vanninnhold og tilgjengelig vann i en vare er den enkeltfaktoren som har størst betydning for kvalitetsreduserende prosesser i varen. Mikrobiell nedbrytning er den raskest inntredende kvalitetsreduserende prosess. Ved vannaktiviteter høyere enn 0,7 vil det være grunnlag for mikrobiell vekst i produktet. Adsorpsjons- og desorpsjonskurver (sorpsjonskurver) gir grunnlag for å kunne forutsi riktige lagringsbetingelser for næringsmidler. Kurvene angir den vannaktiviteten hvor varen er stabil og tillater forutsigelser angående effekten av endring i fuktinnholdet på vannaktivitet og lagringsstabilitet. Vannaktivitet ( $a_w$ ) tilsvarer % relativ fuktighet (%RH) over varen når en antar at likevekt er oppnådd mellom varen og lufta)

Ved en bestemt temperatur vil produktet ha en bestemt sorpsjonsisoterm. Produktets likevektsfuktighet vil da være i likevekt med den relative fuktigheten i omgivelsene. Endres den relative fuktigheten i omgivelsene endres også vannaktiviteten i produktet. Vannaktivitet i en sorpsjonsisoterm kan være forskjellig fra om det er opptak eller avgivelse av fukt i produktet. Dette fenomenet kalles hysteres. Forskjellen er stor i noen matvarer og er viktig blant annet med hensyn til fuktopptak under lagring..

Ad- og desorpsjonskurver finnes ved å plassere produkt under varierende atmosfærer med henholdsvis økende og synkende relativ fuktighet til likevekt innstilles mellom produkt og omgivende atmosfære. Vektøkning måles etter innstilling.

Hensikten med prosjektet var å utarbeide sorpsjonsisotemer for tørrfisk ved forskjellige temperaturer for å kunne definere produktspesifikke optimale lagringsforhold for tørrfisk. Det var videre ønskelig å finne ut om tørrfisk av ulik størrelse og fra ulike anlegg ville kreve ulike lagringsforhold.

## 2 NYTTEVERDI

Bedriftene tilknyttet tørrfiskforum vil kunne få retningslinjer for en lagring av tørrfisk som gir bedre og mer forutsigbar holdbarhet av produktene. Informasjonen fra dette prosjektet vil være viktig input til prosjektet "Optimal lagring av Tørrfisk" som SINTEF og FHL Tørrfiskforum kjører i samarbeid med flere bedrifter i Lofoten og på Røst, og som skal munne ut i anbefalinger om styring av lagringsbetingelser for tørrfisk.

Forståelse av sorpsjonsisotermer og betydningen av tilgjengelighet av vann (vannaktivitet) i produktene er også viktig ut over det ovenfor nevnte prosjektet, essensiell kunnskap for hele tørrfisknæringen og et viktig bidrag til bedre forståelse av produktet tørrfisk.

## 3 MATERIALER OG METODER

Prosjektet ble i samråd med Oppdragsgiver tilknyttet en stipendiat ved SINTEF Energiforskning. Det var derfor mulig å utføre ekstra fargeanalyser i tilknytning til aktivitetene beskrevet i prosjektforslaget.

### 3.1 RÅMATERIALER OG BEHANDLING

Tørrfisk fra Røst og Lofoten (Ballstad) ble september 2004 sendt til SINTEF der den ble lagret i plastemballasje i tørre og mørke omgivelser. Tabell 1 gir en oversikt over mottatt fisk.

**Tabell 1:** *Utvalg av tørrfisk fra Røst og Lofoten*

Fisk	Navn	Beskrivelse	Lokalisering
a	Lub	Stor, tykk	Røst
b	Westre Piccolo	Liten, tykk	Røst
c	Westre Ancona	Medium, halvtykk	Røst
d	Hollender	Medium, tykk	Røst
e	-	Stor	Lofoten
f	-	Liten	Lofoten

Fisken ble veid og det ble tatt ut tre snitt (skiver) på ca 1 cm fra hver fisk, ett snitt midt under hver finne. Snittene ble nummerert fra 1 til 3, der snitt 1 var snittet nærmest hodet til fisken. Største bredde og høydediameter ble målt ved hjelp av linjal for alle snittene. Det ble utført analyser av tørrstoff, farge og sorpsjonsegenskaper.

### 3.2 VANNINNHOLD

Produktenes vanninnhold ble bestemt ved å tørke fiskemuskel (~2g) i en konveksjonsovn ved 105°C inntil konstant vekt. To parallelle analyser ble foretatt for hvert snitt av hver fisk. Det ble ikke tatt med skinn eller bein i disse analysene.

### 3.3 FARGEMÅLINGER

Filetenes farge ble bestemt ved å måle lyshet ( $L^*$ ), rødhets ( $a^*$ ) og gulhet ( $b^*$ ) ved bruk av X-rite colourmeter. Apparatet vektet filetenes farge i de tre komponentene sort/hvitt ( $L^*$ ), rødt/grønt ( $a^*$ )

og gult/blått (b\*). Til disse forsøkene er fargen målt etter metoden CIE (1979). Fargen ble målt som gjennomsnittet av 3 målinger ved hvert snitt (3 målinger på høyre side av snittet). Målingene ble foretatt i øvre område av fiskekjøttet (nær ryggfinnen, uten skinn og ben). For alle fiskene unntatt Lofoten-liten ble det foretatt ytterligere 3 målinger nære buken til fisken ved snitt 1.

### 3.4 SORPSJONSISOTERMER

Adsorpsjonskurver for fire typer tørrfisk ble analysert ved hjelp av apparaturen CISorp etter et 2<sup>4</sup> faktorielt design med følgende variable:

- Luft temperatur (10°C og 20°C)
- Fisk – lokalisering (Røst og Lofoten)
- Fisk – størrelse (Liten og stor)
- Snittflate (1 og 3)

For liten fisk fra Røst og stor fisk fra Lofoten ble det også foretatt desorpsjonsanalyser. Forsøksdesignet er vist i Tabell 2.

**Tabell 2:** Forsøksvariable og deres variasjonsnivå ved analyser av sorpsjonsisotemer for tørrfisk.

Forsøk	Kjøring	Temperatur 20°C(+)/10°C(-)	Fisk IRøst(+)/Røst(-)	Størrelse stor(+)/liten(-)	Snittflate 1(+)/3(-)	Adsorpsjon (A) Desorpsjon (D)	Fisk
1	III	+	+	+	+	AD	e
2	III	+	+	+	-	AD	e
3	I	+	+	-	+	A	f
4	I	+	+	-	-	A	f
5	VI	+	-	+	+	A	a
6	VI	+	-	+	-	A	a
7	II	+	-	-	+	A	b
8	II	+	-	-	-	A	b
9	IV	-	+	+	+	A	e
10	IV	-	+	+	-	A	e
11	VIII	-	+	-	+	A	f
12	VIII	-	+	-	-	A	f
13	V	-	-	+	+	A	a
14	V	-	-	+	-	A	a
15	VII	-	-	-	+	AD	b
16	VII	-	-	-	-	AD	b

## 4 RESULTATER OG DISKUSJON

Bilder av snittene som ble brukt i de ulike analysene er vist i Figur 1-6.



**Figur 1:** Bilde av tre utsnitt av tørrfisk fra Røst (Lub)



**Figur 2:** Bilde av tre utsnitt av tørrfisk fra Røst (Westre Piccolo)



**Figur 3:** Bilde av tre utsnitt av tørrfisk fra Røst (Westre Ancona)



**Figur 4:** Bilde av tre utsnitt av tørrfisk fra Røst (Hollender)



**Figur 5:** Bilde av tre utsnitt av tørrfisk fra Lofoten (Liten)



**Figur 6:** Bilde av tre utsnitt av tørrfisk fra Lofoten (Stor)

Bildene i Figur 1-6 viser at størrelsen på ulike tørrfisktyper varierer.

#### 4.1 VANNINNHOLD

Vanninnhold, vekt og diameter for de ulike tørrfiskvariantene er gitt i Tabell 3.

**Tabell 3:** Vanninnhold, diameter og vekt av ulike typer tørrfisk.

Produkt	Snitt	Diameter D1 [mm] n=1	Diameter D2 [mm] n=1	Vekt av hel fisk [g] n=1	Vanninnhold våt basis Ws [%] n=2
<b>Westre Piccolo</b>	1	-	8,6	577,4	17,8
	2	2,8	8,4		19,7
	3	1,6	5,8		15,2
<b>Lub</b>	1	8,4	11,9	1680,4	24,6
	2	5,5	10,2		24,9
	3	2,3	7,6		16,1
<b>Hollender</b>	1	7,1	9,6	779,0	23,8
	2	3,9	4,0		22,7
	3	2,0	6,2		18,6
<b>Westre Ancona</b>	1	7,2	8,4	841,4	21,4
	2	5,7	7,5		20,6
	3	2,0	6,1		16,2
<b>Lofoten, liten</b>	1	6,7	5,4	320,6	16,0
	2	2,5	6,2		17,3
	3	1,2	5,0		11,8
<b>Lofoten, stor</b>	1	8,6	9,2	879,8	19,2
	2	5,9	8,4		20,9
	3	2,3	6,2		15,7

Tabell 3 viser at det var stor forskjell i vanninnhold mellom de ulike fisketypene. De minste fisketypene (Røst-Westre Piccolo og Lofoten-Liten) hadde lavest vanninnhold. Disse fiskene kjentes også sprøere og tørrere. Vanninnholdet ved snitt 3 (snittet nærmest sporden) hadde betydelig lavere vanninnhold enn de to andre snittene. Det var ingen tydelig tendens til forskjell i vanninnhold mellom snitt 1 og 2. SINTEF har ikke spesifikke opplysninger om prosessering av de ulike fiskene. De minste fiskene gjennomgår samme tørkeprosess (tid) som større fisk og får dermed et lavere vanninnhold (jfr samtale med Marit Sandbakk, prosjektleder for prosjektet "Optimal lagring av Tørrfisk").

#### 4.2 FARGE

Resultatene for fargeanalysene er gitt i Tabell 4. Tabellen gir verdier for lyshet, rødhet og gulhet i fiskekjøttet. I Figur 7 er gjennomsnittsverdiene for de ulike tørrfisktypene sammenlignet.

**Tabell 4:** Resultater av fargeanalyser av ulike tørrfisktyper. L, a\* og b\* angir tørrfiskkjøttets lyshet, rødhet og gulhet. 1a og 1b viser til fargemåling for snitt 1 nær henholdsvis rygg og buk.

Produkt	Snitt	L n=3	a* n=3	b* n=3
Westre Piccolo	1a	44,82 ± 2,40	0,87 ± 0,16	7,81 ± 0,76
	1b	45,49 ± 2,34	0,61 ± 0,23	9,87 ± 0,47
	2	41,04 ± 1,40	1,09 ± 1,16	8,48 ± 1,01
	3	46,23 ± 8,16	1,78 ± 1,24	9,90 ± 2,04
Lub	1a	48,08 ± 1,47	0,29 ± 0,65	10,42 ± 1,07
	1b	41,69 ± 1,47	5,44 ± 0,49	13,04 ± 0,08
	2	46,69 ± 4,74	2,65 ± 0,39	15,95 ± 4,30
	3	42,63 ± 1,92	1,42 ± 0,42	8,93 ± 1,24
Hollender,	1a	50,49 ± 1,96	-0,10 ± 0,26	10,23 ± 1,08
	1b	46,54 ± 0,64	-0,07 ± 0,36	7,61 ± 0,51
	2	52,55 ± 3,82	1,98 ± 0,44	13,94 ± 0,33
	3	41,91 ± 0,60	1,46 ± 0,31	7,98 ± 0,19
Westre Ancona	1a	49,95 ± 4,73	-0,15 ± 0,16	8,51 ± 1,27
	1b	41,04 ± 1,80	-0,12 ± 0,16	5,29 ± 0,98
	2	39,78 ± 1,55	0,24 ± 0,22	6,28 ± 0,65
	3	45,03 ± 3,14	0,31 ± 0,37	7,10 ± 0,78
Lofoten, liten	1a	50,46 ± 4,79	2,73 ± 0,14	13,99 ± 2,35
	1b	-	-	-
	2	41,34 ± 0,38	2,38 ± 0,26	10,55 ± 1,22
	3	60,88 ± 0,32	1,61 ± 0,78	16,63 ± 0,80
Lofoten, stor	1a	42,60 ± 2,23	0,00 ± 0,34	7,72 ± 1,36
	1b	41,32 ± 3,23	0,35 ± 0,81	7,05 ± 1,61
	2	43,18 ± 7,08	0,37 ± 0,47	5,81 ± 0,91
	3	38,99 ± 1,42	1,17 ± 0,31	5,92 ± 0,55

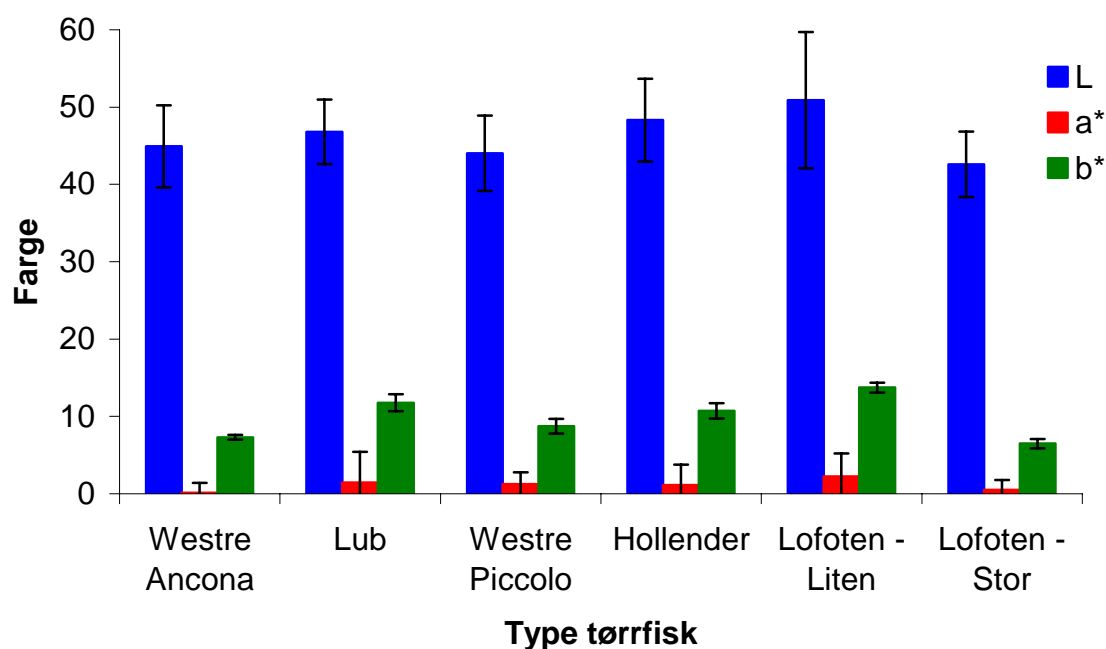
Resultatene fra fargemålingene viser at fiskenes lyshet varierer noe innenfor samme fisk. Det ser imidlertid ikke ut til å være noen tydelige trender for hvordan verdiene varierer. Det er heller ingen tydelige trender i fiskenes lyshet og rødhet.

Figur 7 indikerer at de gjennomsnittelige målingene for fiskekjøttets rødhet og gulhet var lavere for tørrfisk av typen Røst-Westre Ancona og Lofoten-Liten enn for de andre tørrfisktypene. Fiskekjøttets lyshet varierte også noe mellom tørrfisktypene, men på grunn av relativt store standardavvik er det vanskelig å fastslå noe trend her.

Fisk som har vært utsatt for frost, særlig i begynnelsen av tørkeprosessen, vil kunne være lysere og mer porøs i kjøttet. Fargen på fiskekjøttet kan i mange tilfeller gi en pekepinn på om fisken er av prima eller sekunda (kan inneholde noen feil) kvalitet. Prima fisk bør ha lyst og fint kjøtt. Sekunda fisk kan ofte være mørkere og mer blodpreget (Ref: Informasjonshefte om tørrfisk, Utarbeidet av SND, Eksportutvalget for fisk, Fiskeriprodusentenes Fond, FFK og Norges Råfisklag).

Det så ikke ut til at noen av fiskene som ble analysert i prosjektet var utsatt for frostskaader. Imidlertid var det tydelig innslag av mikrobiell vekst på enkelte av tørrfiskene.

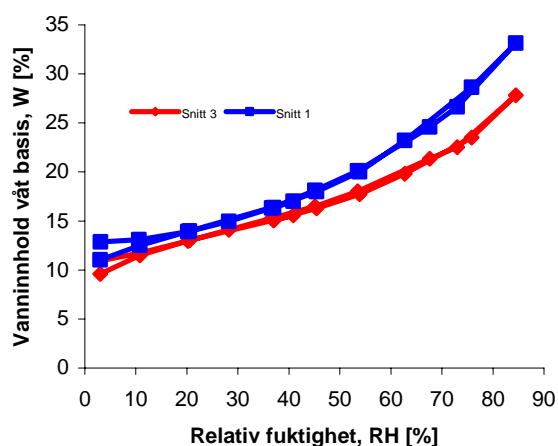




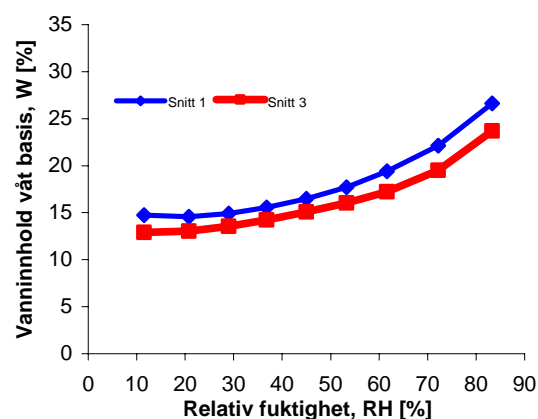
**Figur 7:** Gjennomsnittlige fargeverdier for ulike tørrfisktyper. L, a\* og b\* angir tørrfiskkjøttets lyshet, rødhets og gulhet. n=9. Verdier målt nær buken for snitt 1 er ikke tatt med i gjennomsnittsanalysene.

### 4.3 SORPSJONSISOTERMER

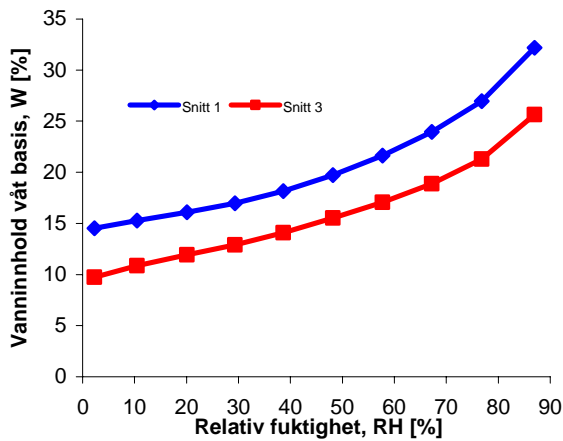
Sorpsjonsisotermer for tørrfisk fra Lofoten og Røst er vist i henholdsvis Figur 8-11 og Figur 12-15.



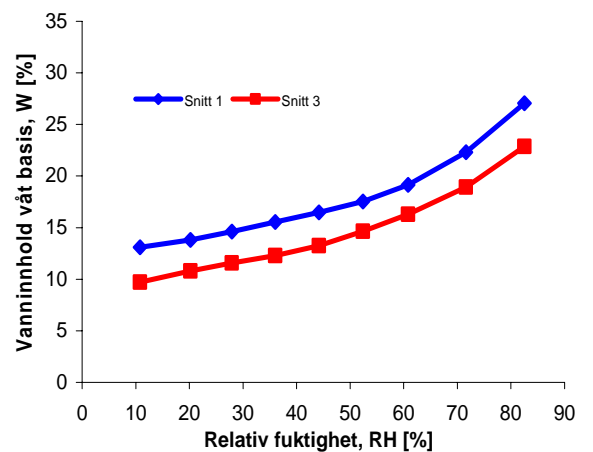
**Figur 8:** Sorpsjonsisoterm (adsorpsjon og desorpsjon), Tørrfisk fra Lofoten (stor), 20°C, Snitt 1 og 3



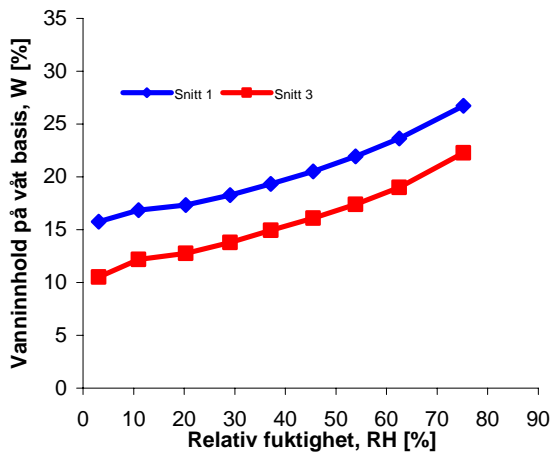
**Figur 9:** Adsorpsjonsisoterm, Tørrfisk fra Lofoten (stor), 10°C, Snitt 1 og 3



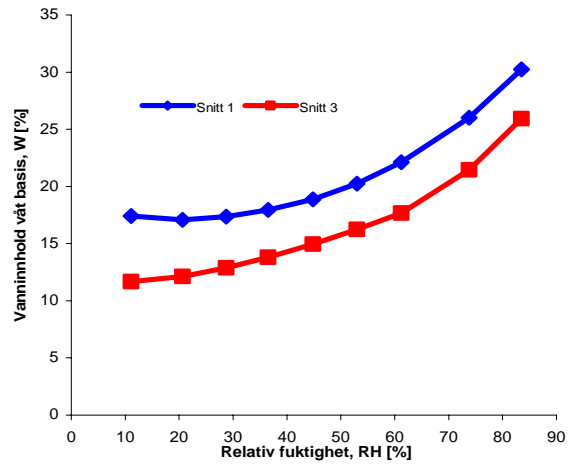
**Figur 10:** Adsorpsjonsisoterm, Tørrfisk fra Lofoten (liten), 20°C, Snitt 1 og 3



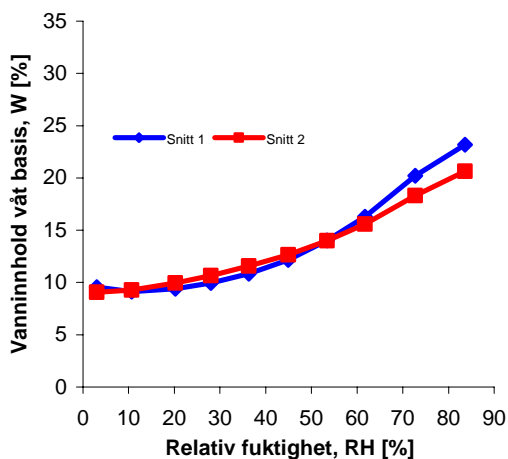
**Figur 11:** Adsorpsjonsisoterm, Tørrfisk fra Lofoten (liten), 10°C, Snitt 1 og 3



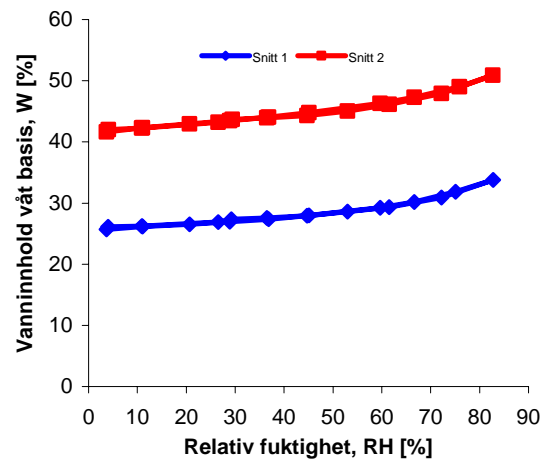
**Figur 12:** Adsorpsjonsisoterm, Tørrfisk fra Røst (Lub), 20°C, Snitt 1 og 3



**Figur 13:** Adsorpsjonsisoterm, Tørrfisk fra Røst (Lub), 10°C, Snitt 1 og 3



**Figur 14:** Adsorpsjonsisoterm, Tørrfisk fra Røst (Westre Piccolo), 20°C, Snitt 1 og 3



**Figur 15:** Sorpsjonsisoterm (adsorpsjon og desorpsjon), Tørrfisk fra Røst (Westre Piccolo), 10°C, Snitt 1 og 3. Verdiene er svært forskjellig fra de andre resultatene.

Figur 8-15 viser at sorpsjonsisotermene for de ulike typer og størrelser av tørrfisk er nokså like. Sorpsjonsisotermene foretatt på fiskekjøtt ved snitt 1 hadde generelt høyere vanninnhold for de ulike vannaktivitetene (RH%) enn fiskekjøtt ved snitt 3. Når lagringsbetingelser skal bestemmes anbefales det at man tar hensyn til at hele fisken skal ha lav nok vannaktivitet for å unngå mikrobiell vekst. Figur 8 og 15 viser at likevektskurvene mellom vanninnhold og vannaktivitet var uavhengig av om det var adsorpsjon eller desorpsjon som ble analysert. Det er derfor grunn til å anta at hystereseeffekt ved sorpsjonsmålinger for tørrfisk er liten.

Sorpsjonskurven for tørrfisk av typen Westre Piccolo ved 10°C (Figur 15) er svært ulik alle de andre kurvene. Vi velger å se bort fra denne kurven i tolkning av resultatene og anbefaler at det gjennomføres en ytterligere sorpsjonsanalyse ved denne temperaturen før man kan fastslå effekter av faktorer som for eksempel lagringstemperatur på likevektskurvene. Analyser av sorpsjonsisotermene er tid- og ressurskrevende og det var innenfor prosjektets rammer bare mulig å foreta en analyse for hver produktgruppe. Mengde prøvemateriale i analysene var små og man må kunne beregne noe produktvariasjon i utgangsmaterialet.

Resultatene indikerer at det innstilles andre likevekter mellom vanninnhold og vannaktivitet ved 10°C enn ved 20°C. Antall forsøk er imidlertid for få til å kunne fastslå noen sikker tendens. For å unngå mugg og bakterievekst bør vannaktiviteten i ingrediensene helst ikke overstige 0,7 (RH=70%). Fra sorpsjonsisotermene har vi estimert hvilke vanninnhold som innstilles ved denne vannaktiviteten for de ulike tørrfisktypene. Omtrentlig maksimalt vanninnhold for ulike tørrfisk er gitt i Tabell 5.

**Tabell 5:** Maksimalt vanninnhold tørrfisk bør ha for å unngå mugg og bakterievekst. Verdier for Westre piccolo ved 10°C er ikke tatt med da vi tror resultatene fra denne analysen er feil.

Produkt	Temperatur [°C]	%H <sub>2</sub> O ved RH%=70	
		Snitt 1	Snitt 3
Lofoten - stor	20	26	22
Lofoten - stor	10	22	19,5
Lofoten - liten	20	25	19,5
Lofoten - liten	10	23	19
Røst - Lub	20	26	21,5
Røst - Lub	10	25	20,5
Røst – W. Piccolo	20	20	18
Røst – W. Piccolo	10	-	-

Dersom verdiene i Tabell 5 sammenlignes med målte vanninnhold (se Tabell 3) har alle tørrfisktypene akseptable vanninnhold for lagring ved de valgte temperaturene (10°C og 20°C).

## **5 KONKLUSJONER OG VIDERE UTVIKLINGSBEHOV**

I prosjektet ble det utført analyser av tørrstoff, farge og sorpsjonsegenskaper på tørrfisk fra Røst og Lofoten. Resultatene viste at det var noe forskjell i tørrfiskens karakteristiske evne til vannopptak og vannavgivelse avhengig av fisketype, temperatur og hvor på fisken analysen ble foretatt. Vanninnholdet i fisken varierte også med fisketype og hvor på fisken analysen ble foretatt. Det ble ikke funnet noen tydelige forskjeller på fargen til de ulike fisketypene.

I prosjektet har det blitt identifisert flere problemstillinger i tilknytning til tørking og lagring av tørrfisk der SINTEF har kompetanse som kan være utfyllende i forhold til annen forskningsaktivitet tilknyttet FHL. Viktige problemstillinger kan være:

1. Vannfjerning under prosessering (tørking) til tørrfisk. (Vannopptakskinetikk ved ulike prosessbetingelser)
2. Vannopptak ved lagring og/eller tilberedning av tørrfisk. (Sorpsjonsstudier av større utvalg og flere paralleller, rehydreringsevne avhengig av endrede prosessbetingelser, effekt av lagringstemperatur)
3. Tekniske kvalitetsendringer som porøsitet, tetthet og tekstur (glassovergangsanalyser og proteindegradering) som følge av endrede prosessbetingelser.
4. Varme- og massetransport i tørrfisk under tørking og lagring.