

■ www.energy.sintef.no ■

**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)

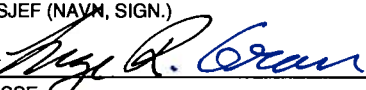
Brenning og skorpedannelse i klippfisk - laboratorieforsøk

SAKSBEARBEIDER(E)

Ola Jonassen og Per Magne Walde

OPPDRAKSGIVER(E)

FHL bacalaoforum

TR NR.	DATO	OPPDRAKSGIVER(E)S REF.	PROSJEKTNR.
* TRF6418 *	2006-08-29	Arnt Olav Aarseth	16x543.01
ELEKTRONISK ARKIVKODE		PROSJEKTANSVARLIG (NAVN, SIGN.)	GRADERING
060829114427		Inge Gran	Fortrolig
ISBN NR.	RAPPORTTYPE	FORSKNINGSSJEF (NAVN, SIGN.)	OPPLAG SIDER
82-594-3133-5	Fortrolig	Inge Gran 	7 13
AVDELING	BESØKSADRESSE	LOKAL TELEFAKS	
Energiprosesser	Kolbjørn Heies vei 1D	73593950	

RESULTAT (sammendrag)

Det er kjørt 5 tørkeforsøk i laboratoriet med saltmoden torsk og sei. Forsøkene er gjort ved ulike tørketemperaturer. Konklusjonen er at brenning inntreffer i temperaturområdet 26.5 til 27 °C og at det ikke var økning i tørreskorpe ved hard tørking.

Torsk er påvist å tørke betydelig raskere enn sei.

Tørketiden kan reduseres ved en økning i temperaturen. Hvis vi ser på tallene fra forsøkene i tabell 1 og sammenligner forsøk 1 ("dagens situasjon" med temperatur 21.9 °C) med forsøk 4 ("høyest tenkelige temperatur uten brenning" 26.5 °C) finner vi en reduksjon i tørketiden for torsk på ca 30 % og for sei ca 44 %. Seiene i forsøk 5 er noe større enn i forsøk 1.

* Rapporten er åpnet 2008-02-06*

STIKKORD

klippfisk	skorpedannelse
temperatur	brenning

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1 INNLEDNING	2
2 FORSØKENE	3
3 RESULTATER	4
4 KONKLUSJON.....	7
5 VEDLEGG	8

1 INNLEDNING

FHL Bacalaoforum har tatt initiativ til og gjennomfører prosjektet ”Fremtidens klippfiskbedrift”. SINTEF Energiforskning AS, avdeling Energiprosesser er utførende institutt. Prosjektet startet i 2005 og er planlagt for en periode på 3 år.

Det har i prosjektet blitt gjort målinger på tre tørketunneler sommeren 2005 og mange resultater fra dette arbeidet er samlet i rapportene TRF6320 *Energianlegg og luftfordeling i 3 klippfisktørker* og TRF 6383 *Undersøkelse av tre tørker*. Videre er disse rapportene utgitt: TRF 6363 *Styringsstrategi for tverrblåste batchtørker* og TRF 6372 *Simuleringer av strømningsforhold i to klippfisktørker*. Disse rapportene er under utarbeidelse:

- Laboratorieforsøk i vakuumtørke
- Muligheter for automatisk drift av langblåste tunneler

Tørking av saltmettet torsk og sei til høykvalitets klippfisk setter noen krav til tørkeprosessen. Det er kjent at ved for ”hard” tørking kan det inntreffe brenning av fiskekjøttet. Brenning er kjent for å inntreffe over en viss temperatur i tørkeforløpet. Dette vises ved at kjøttet får en mykere og mindre fast konsistens og det løsner fra skinnet. Deler av klippfisk som er brent må skjæres bort ved tilberedelse av fisken. Dette betraktes som en alvorlig kvalitetsreduksjon.

Videre er det i bransjen ofte omtalt en viss skorpedannelse som også skal inntreffe ved for ”hard” tørking, særlig i starten av tørkingen. I denne sammenhengen menes med hard tørking at vannfjerningen er for rask. Under tørkingen vil vannet på fiskens overflate fordampe og vanddampen transporteres bort med tørkeluften. Etter hvert som overflaten tørker, transporteres det vann fra innenforliggende og våtere deler av fiskekjøttet ut mot overflaten. Dette vannet har mye oppløst salt som ikke forlater overflaten og dette vil oppkonsentreres og danner en saltskorpe. Denne saltskorpen kan danne en viss motstand mot vanddampovergang mellom fiskeoverflaten og den strømmende tørkeluften, og også en motstand mot transport av varme fra luften og inn til overflaten, hvor fordampningsvarmen forbrukes.

Dette er bakgrunnen for at man i bransjen mener å ha erfart at hurtig tørking i startfasen gjør det vanskeligere å sluttørke fisken pga av økt motstand mot varme- og vanddamptransport i den tørre

skorpen. Derfor er en del batchtørker innstilt for å tørke på lavere temperatur i startfasen og med en gradvis temperaturøkning i tørkeluften inntil vanlig temperaturnivå på ca 23 °C er oppnådd. Dette kan ta inntil 2 døgn.

Siden det er mer energikrevende å tørke på lave temperaturer og spesielt at tørkene får lavere kapasitet (kg vannfjerning/time) har det betydelige økonomiske incentiver å kunne tørke ved så høy temperatur som mulig, uten å risikere kvalitetsforringelse av fisken. Dette var bakgrunnen for at det i prosjektet ble gjort noen enkle tørkeforsøk i laboratoriet med et utvalg temperaturer, for derved å se hvor eventuelt problemene med skorpedannelse og brenning oppsto.

Tørkekapasitet følger temperaturen

Tørkeprosessen er svært temperaturavhengig. Det som styrer hastigheten på avdampningen er differansen i vanndamptrykket mellom fiskeoverflaten og omgivende tørkeluft. I tabell 1 vises vanndampens partialtrykk for mettet luft.

Tabell 1. Vanndamp partialtrykk (kolonne 2) i mettet luft ved noen temperaturer. I kolonne 3 er det gitt endringen i vanndamptrykk i forhold til trykket ved +23 °C, som er den mest anvendte tørketemperaturen i bransjen.

Temperatur °C	Vanndamptrykk Pa	Endring i vanndamptrykk i forhold til 23 °C i %
15	1705	-39
20	2338	-17
23	2809	0
25	3168	+13
27	3566	+27
30	4245	+51

En kan se i tabell 1 at vanndamptrykket stiger raskt med økende temperatur. Hvis vi forenklet betrakter fiskens overflate som omgitt av mettet vanndamp i masse-grensesjiktet og at tørkeluftens bulktilstand er 50 % metning, vil drivende trykkdifferanse være halvparten av trykkene som er gitt i kolonne 2, og prosentvis endring i drivende trykkdifferanse ved de ulike temperaturene vil være som i kolonne 3. Fra dette kan vi lese at hvis for eksempel en batchtørke driftes på 15 °C det første halve døgnet etter oppstart, vil den ha en tørkekapasitet som er 39 % lavere enn om den var kjørt på 23 °C. Hvis tørketemperaturen var holdt på 27 °C isteden for 23 °C, som er den mest anvendte temperaturen i dag, kunne vi forvente 27 % økning i tørkekapasitet. Salt- og klippfisk vil i praksis avvike betydelig fra denne teoretiske betraktningen. Viktigste årsak er at de er saltmettet og har derfor redusert vanndamptrykk.

2 FORSØKENE

Det ble kjørt 5 tørkeforsøk med tørketemperaturer fra 22 til 28 °C. I hvert forsøk ble det brukt 2 sei og 2 torsk med startvekt innenfor 1266 til 1862 gram. Startvanninnhold var ganske likt for alle fiskene i forsøket med variasjon mellom 56,4 til 58 %. Det ble brukt en brettørke i laboratoriet til SINTEF Energiforskning, faglag Næringsmiddel. Denne har innebygget varmpumpe.

Lufthastighet var i alle forsøkene 2.9 m/s. Temperatur og relativ fuktighet var forsøkt holdt konstant gjennom forsøkene, men vi målte allikevel noe variasjon. Det var lite produkt i tørken under disse forsøkene og det medfører vanligvis svært tørr luft i dette forsøksanlegget. For å få mer realistiske tilstander, satte vi inn en luftfukter som ble innstilt for å holde ca 40 % RF. Dette fuktighetsnivået ble valgt fordi det er minimum luftfuktighet som kan forventes å finnes i industrielle klippfisktørker og dermed representerer forhold for høy tørkehastighet og størst mulig fare for eventuell økt skorpedannelse. Det hendte at luftfukteren gikk tørr, og da sank luftfuktigheten. Lufttemperaturen og – fuktighet ble målt under alle forsøkene og de kan sees i vedlegget til rapporten.

Vanninnhold i fisken ved start ble målt ved at prøver på 5 gram fra hver fisk ble tørket i tørkeskap på 104 °C i 24 timer. Vektutviklingen under tørkingen ble målt ved at fiskene ble tatt ut av tørken og veid. I starten av tørkingen ble dette gjort hver time, og senere hver andre time. Om natten ble det ikke tatt vektmålinger. Vektmålingene er omregnet til vanninnhold og kurvene for utvikling av vanninnhold i fiskene er gitt i vedlegget.

3 RESULTATER

I tabell 2 er det samlet noen opplysninger fra forsøkene. Forsøkene ble ikke kjørt lenge nok til at nominelt vanninnhold for ferdig klippfisk ble oppnådd. Derfor er tørketidene i tabellen estimerte tider. Disse er funnet ved at tørkekurvene (gitt i vedlegg) er forsøkt forlenget til vanninnholdet passerer 47 %.

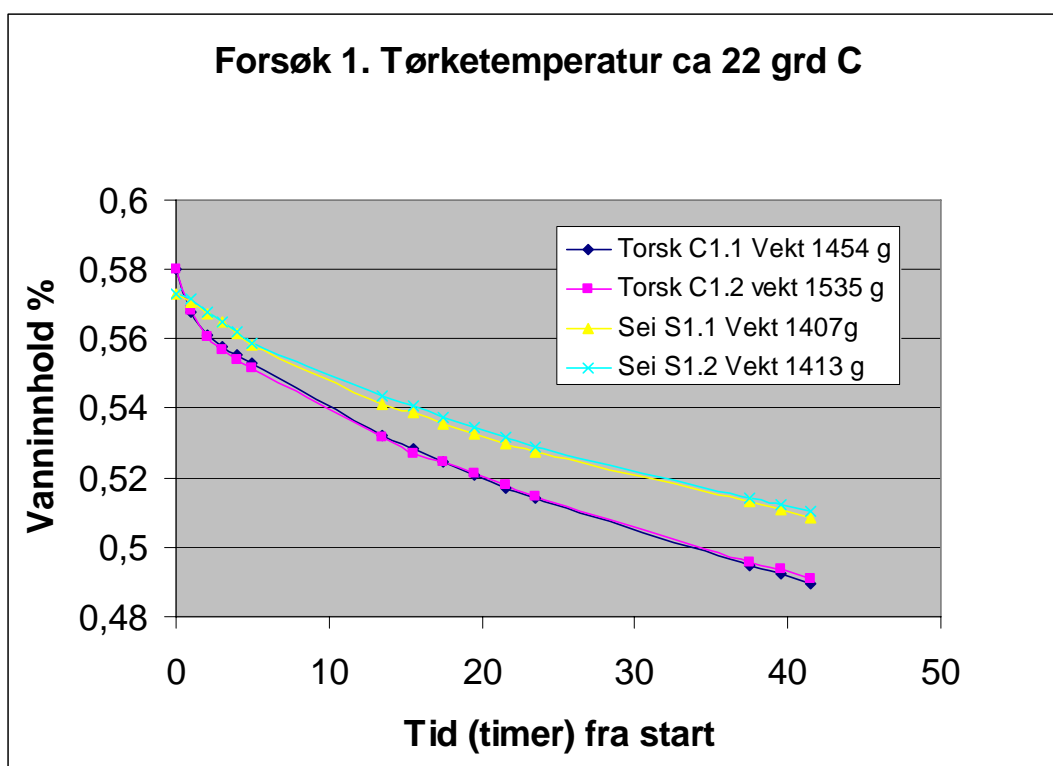
Tabell 2. Tallverdier fra de 5 tørkeforsøkene. Tørketidene i kolonnene 4 og 7 er estimert tid (fra tørkekurvene) for at fiskens vanninnhold skulle komme ned på 47%. C er torsk og S er sei.

Forsøk	Gj.snitt Temp. °C	torsk			sei		
		Vekt (gram)	Tørke-tid	Slutt-vanninnhold	Vekt (gram)	Tørke-tid	Slutt-vanninnhold
1	21.9	C1.1: 1454	2d 7t	48.9 %	S1.1: 1407	3d 13t	50.9
		C1.2: 1535	2d 12t	49.0	S1.2: 1413	3d 8t	51.0
2	25.0	C2.1: 1862	2d 21t	47.0	S2.1: 1460.5	3d	50.0
		C2.2: 1354	1d 20t	46.1	S2.2: 1421	2d 12t	48.5
3	24.4	C3.1: 1426	2d 1 2t	48.9	S3.1: 1470	2d 9t	48.6
		C3.2: 1479	2d 8t	48.4	S3.2: 1266	2d 10t	48.5
4	27.8	C4.1: 1523	1d 14t	49.7	S4.1: 1343.5	2d 13t	51.4
		C4.2: 1610	2d	51.2	S4.2: 1286.5	1d 17t	50.9
5	26.5	C5.1: 1478	1d 3t	49.6	S5.1: 1502	1d 23t	53.2
		C5.2: 1486	1d 8t	50.8	S5.2: 1475	1d 22t	52.8

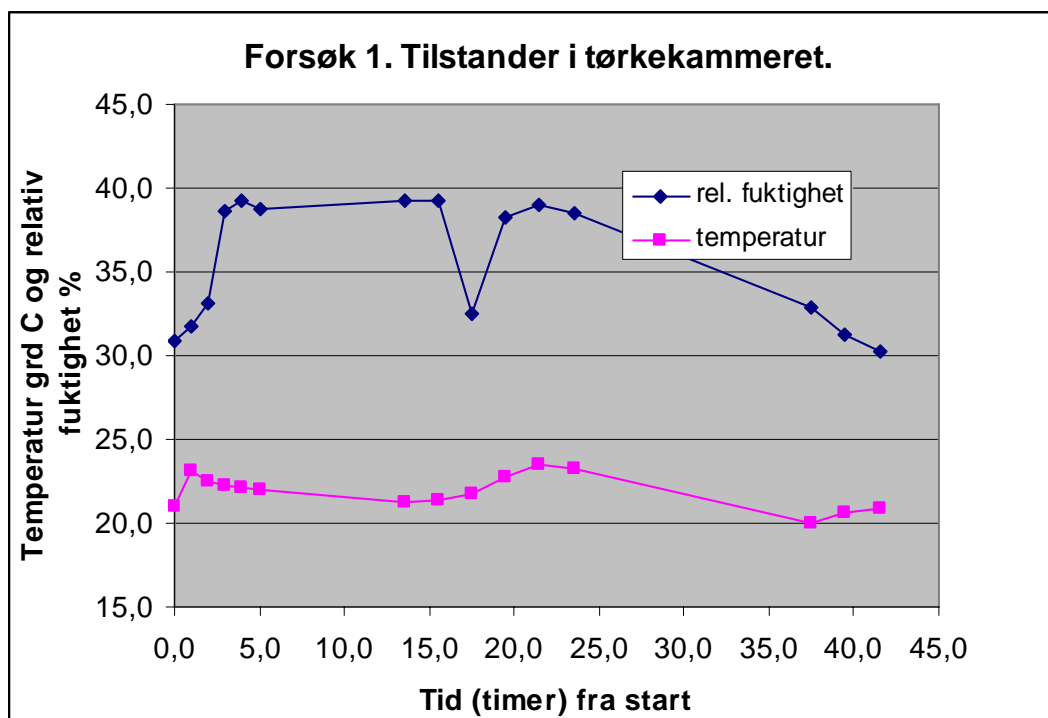
I figurene 1 og 2 er det vist eksempler på målingene som ble gjort, tilsvarende finnes figurer for alle forsøkene i vedlegget. I figur 1 vises vekttapet for to torsker og to seier. Vi ser tydelig raskere tørking av torsk enn sei. Tørkehastigheten er raskere i starten og avtar utover i forsøket. Det kommer av at fiskens overflate blir gradvis tørrere. Det er større effekt av dette for torsk enn for

sei. Etter de første ca 5 timene er det ganske lineært forløp for vektutviklingen. Det vil si at vekten avtar med samme hastighet og tørkingen er omtrent like rask etter 40 timer som etter 10 timer.

I figur 2 ser vi målte verdier av temperatur og relativ fuktighet i tørkekammeret. Disse verdiene varierer dessverre en del mer enn ønskelig. Temperaturen ble målt innen (20 til 23.5) °C og relativ fuktighet innen (30.2 til 39.3) %. Temperaturvariasjonen kommer av utilfredsstillende regulering av varmpumpen, og for eksempel solinnstråling på dagtid påvirker denne. Fuktigheten i tørkekammeret ble holdt oppe mot en ønsket verdi omkring 40 % ved bruk av en luftfukter med automatisk og justerbart pådrag. Denne gikk tom for vann etter ca 20 timer og derfor synker luftfuktigheten derfra. Den lave verdien ved ca 16 timer kommer av åpning av dør for å ta ut fisk til veiing.



Figur 1. Målte vekttap for 4 fisk i forsøk 1.



Figur 2. Forsøk 1. Målte temperaturer og luftfuktigheter i tørkekammeret.

Det ble bestemt om fiskene var brent eller ikke ut fra visuell inspeksjon. På brent fisk ble det observert at skinnet løsnet fra kjøttet med dannelse av blærer, og finnene mistet skinn slik at bein ble frilagt. Både torsk og sei reagerte likedan.

Det ble observert brenning bare i forsøk 4. Her var midlet lufttemperatur 27.8 °C, og den varierte innen (27.2 til 28.3) °C og var høyest i første del av forsøket. Se for øvrig temperaturregistreringene for dette forsøket i vedlegg. Fiskene var tydelig merket av brenning.

Det ble ikke observert brenning på fiskene som ble tørket i forsøk 5. Her var midlet lufttemperatur under forsøket 26.5 °C, med variasjon innen (26.1 til 26.7) °C. Det bemerkes at tørkeforsøkene ble avbrutt før sluttvanninnholdet hadde kommet ned på vanlig nivå for klippfisk.

Det ble bestemt om fiskene fikk ekstra skorpe ut fra visuell inspeksjon og fra en betraktning av tørkekurvene. Ekstra skorpedannelse skal resultere i øket motstand mot fuktovergang og en reduksjon i tørkehastigheten.

Det ble observert dannelse av saltskorpe på alle fiskene, som det alltid er på klippfisk men det ble ikke observert noen forskjell i skorpen ut fra tørkehastighet eller temperatur. Fra en betraktning av tørkekurvene ble det ikke i noen av forsøkene funnet at rask tørking i starten førte til redusert tørking senere.

Dette viser at den skepsisen som man har hatt i bransjen mot å bruke full temperatur, omkring 23 °C, allerede fra starten av tørkingen i en batchtørke, er ubegrunnet. I de kontinuerlige tørkene vil den våte fisken bli omhyllt i tørkeluft som allerede har passert fisk oppstrøms i tunnelen og derfor er avkjølt. Derfor er ikke denne problemstillingen så aktuell i kontinuerlige langblåste tørker.

I tørkekurvene vises det tydelig at torsk tørker lettere enn sei, se for eksempel tørkekurve fra forsøk 1 på side 8 for fiskene C1.1, C1.2, S1.1 og S1.2. Det bør sammenlignes fisk med noenlunde lik startvekt før tørking. De to øverste kurvene i lys blå og gul er sei, de to nederste i rosa og mørk blå er torsk. En ser at torskene faller mye raskere i vekt. I dette forsøket faller vanninnholdet med 9.015 %-poeng i snitt for torskene og 6.21 %-poeng for seiene. Disse tallene kan også presenteres ved at reduksjonen i vanninnhold var 45% større for torsk enn sei eller ved at reduksjonen for sei var 31 % mindre for sei enn torsk.

Det er ikke gjort mer kvalitetsvurdering av fisken som tørket raskt og uten brenning. Det er mulig at kort tørketid begrenser modning/speking og påvirker smaken og at utvanningsegenskapene påvirkes. Ved tilberedning av fisk tørket i Forsøk 5 ble det bemerket at teksturen virket noe bløt, noe som skal undersøkes nærmere.

Rehydrering av fisk fra forsøkene 1, 2, 3 og 5 viste ikke merkbare endringer i rehydreringsevne som følge av tørketemperaturen innen dette variasjonsområdet.

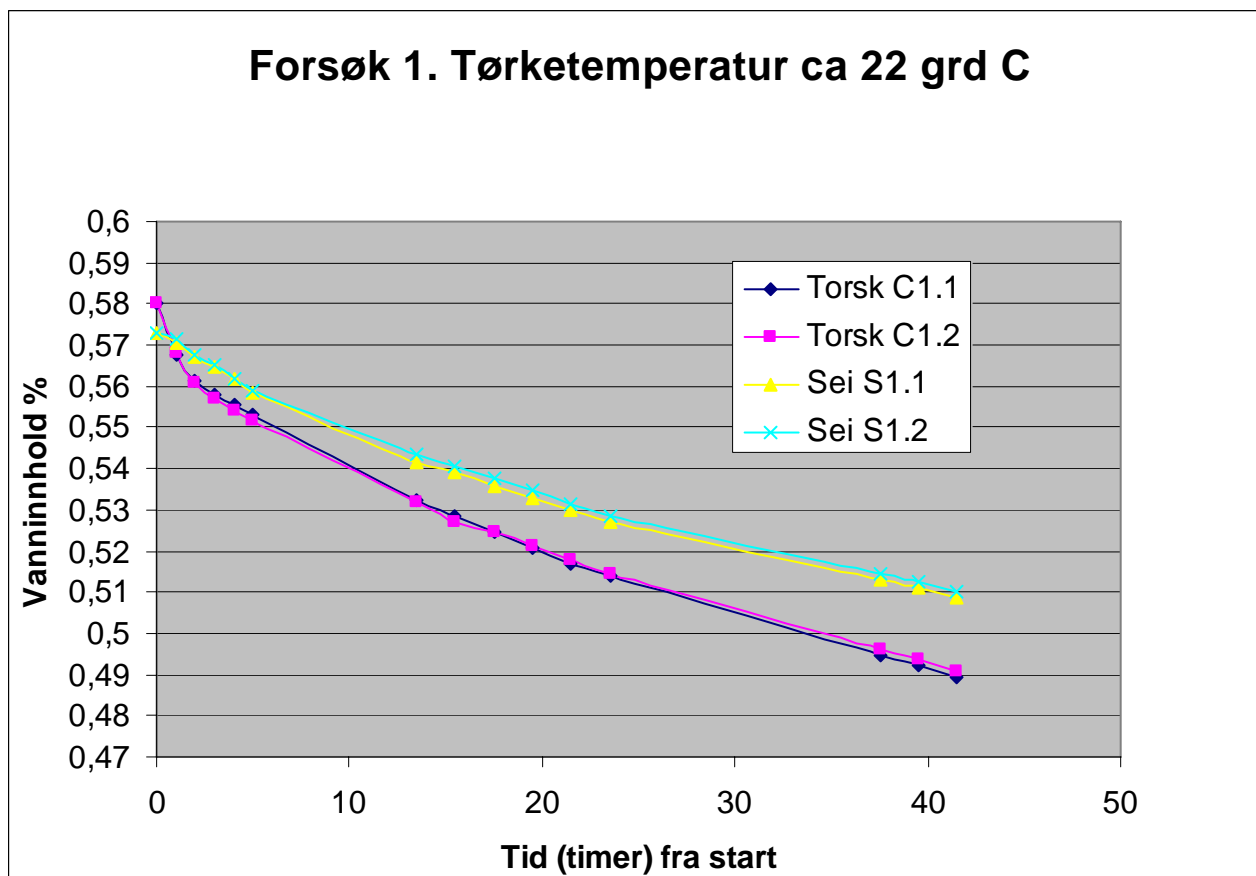
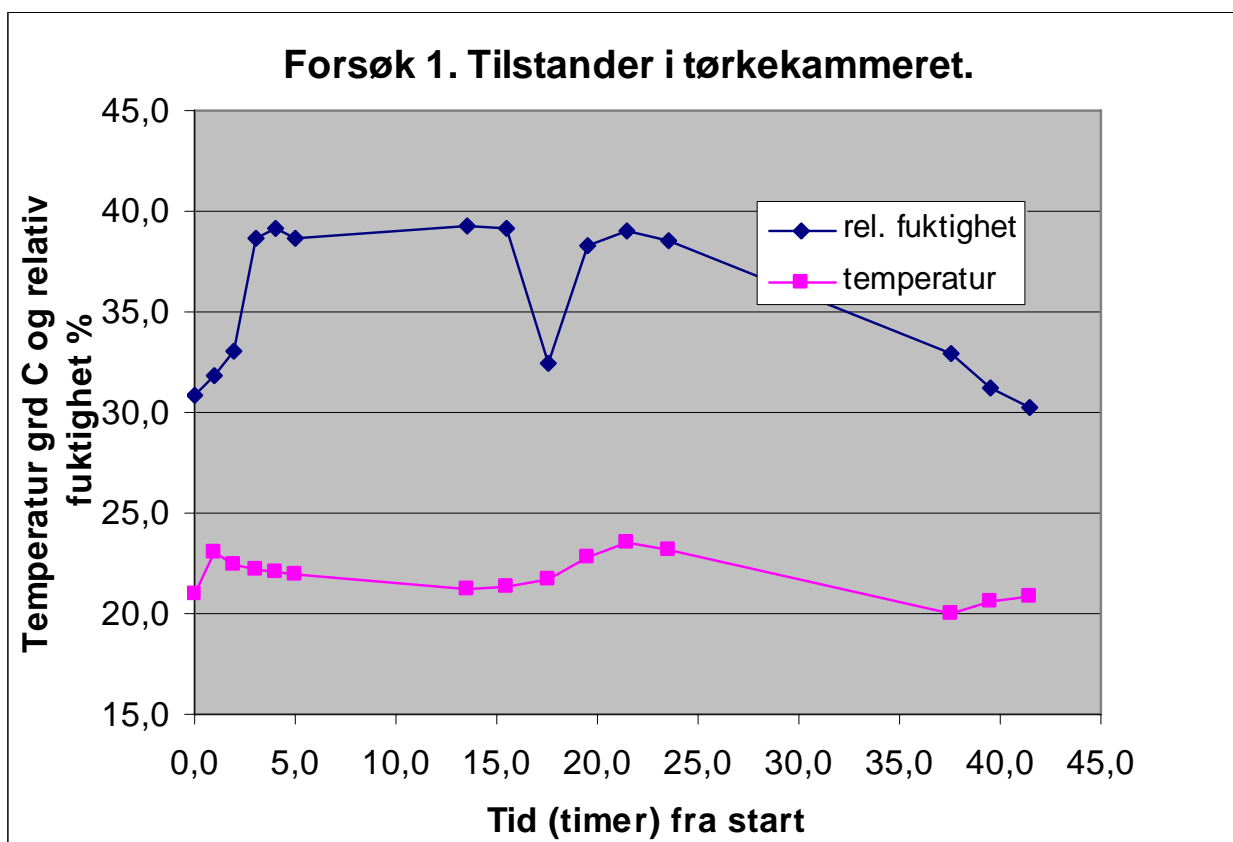
4 KONKLUSJON

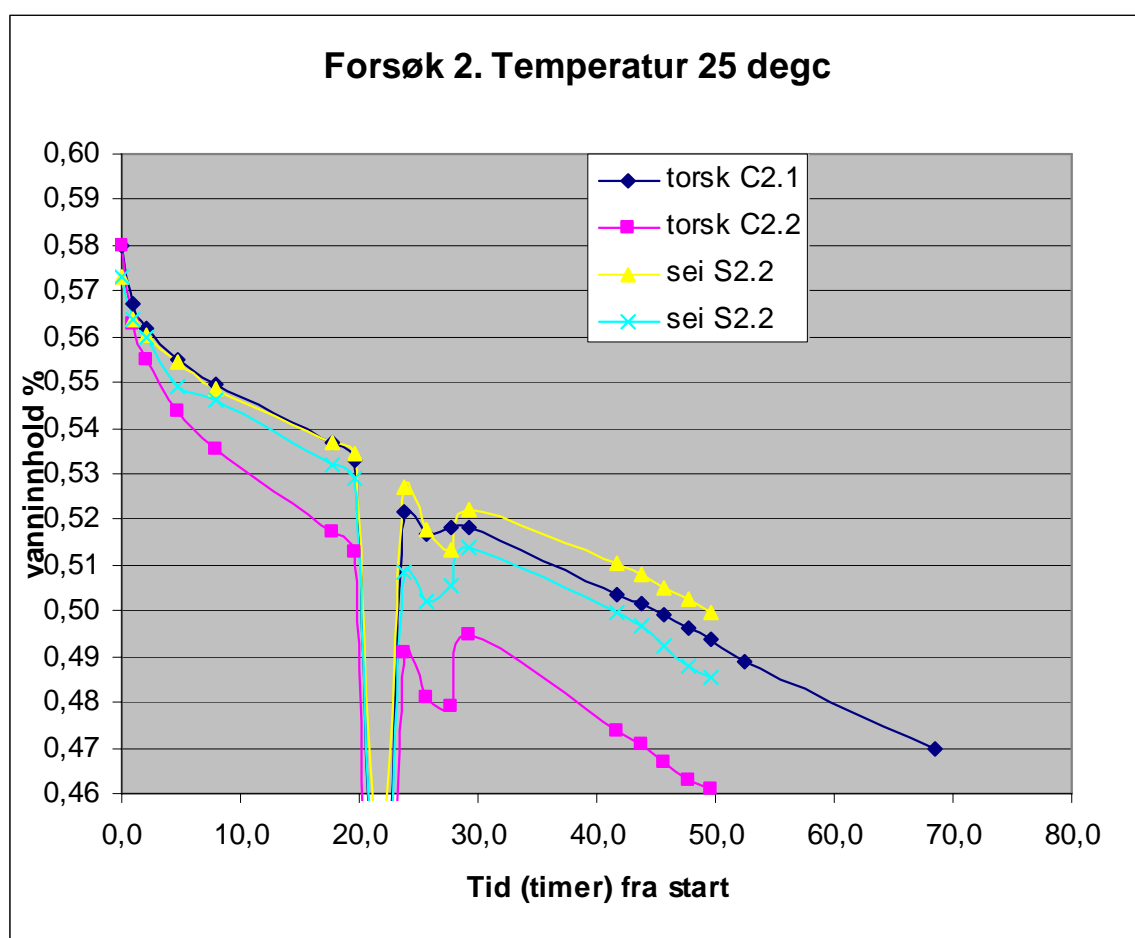
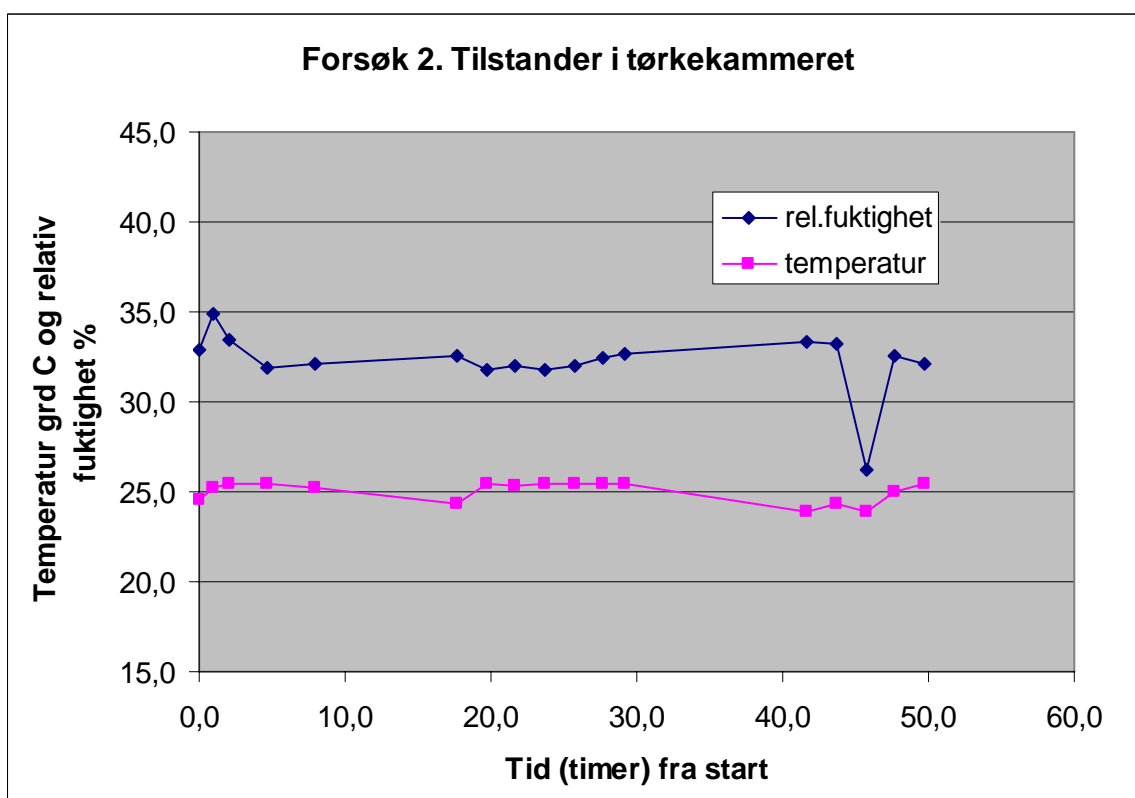
Fra de 5 forsøkene som er gjort ved 5 ulike tørketemperaturer, konkluderes det med at brenning inntreffer fra ca 26.5 til 27 °C. Forsøkene omfattet saltmoden torsk og sei. Det ble ikke observert økning i tørreskorpe ved hard tørking.

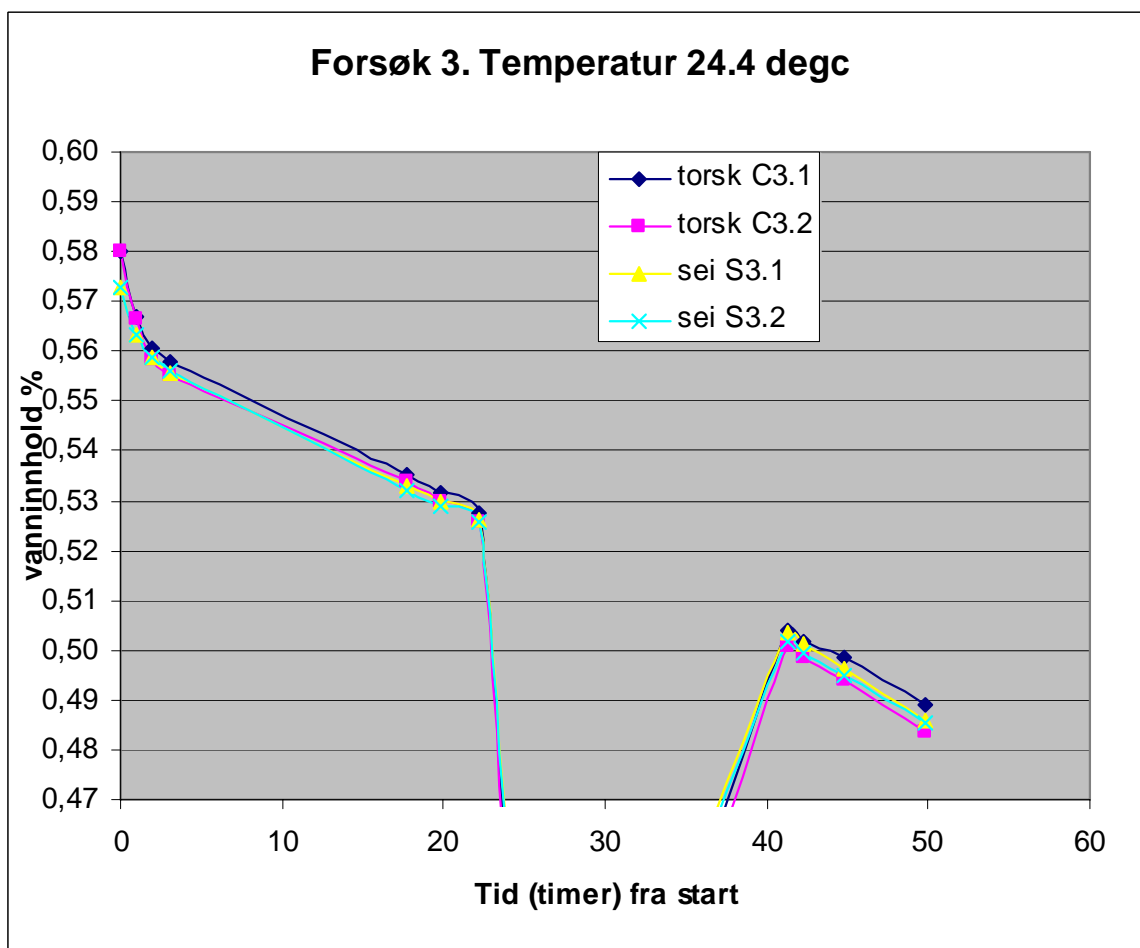
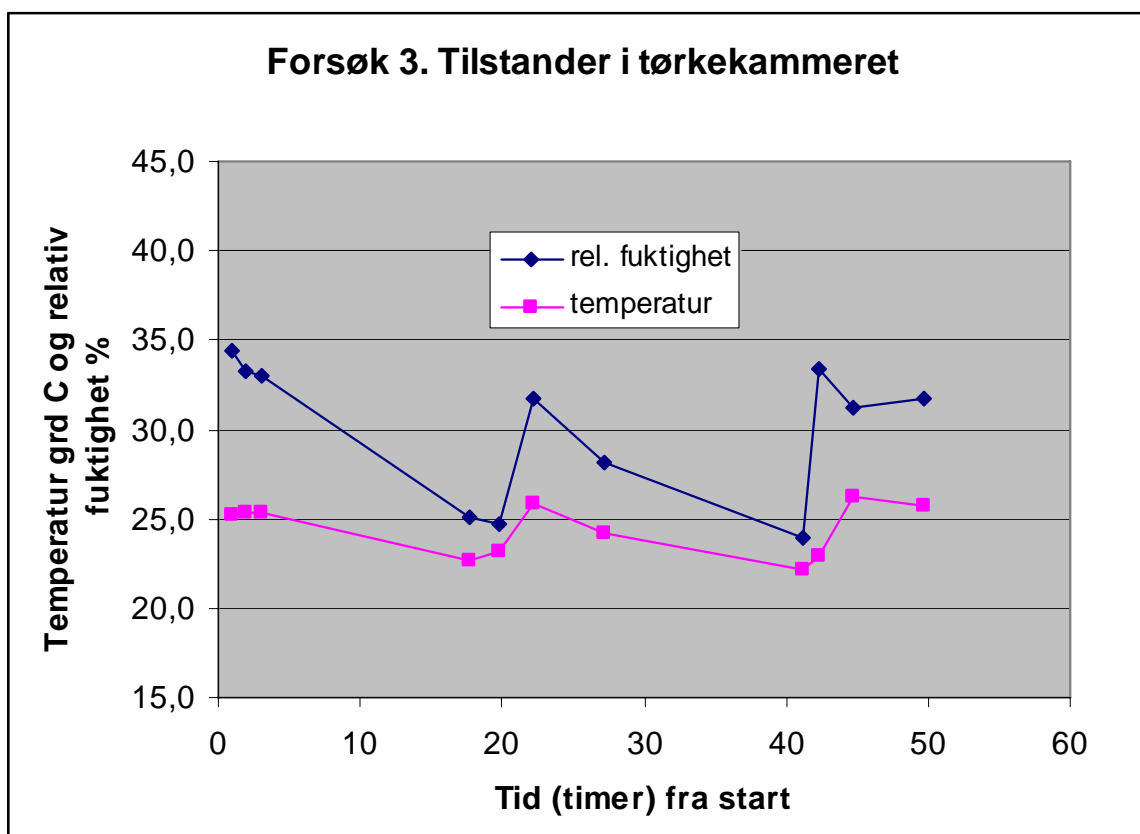
Torsk er påvist å tørke betydelig raskere enn sei.

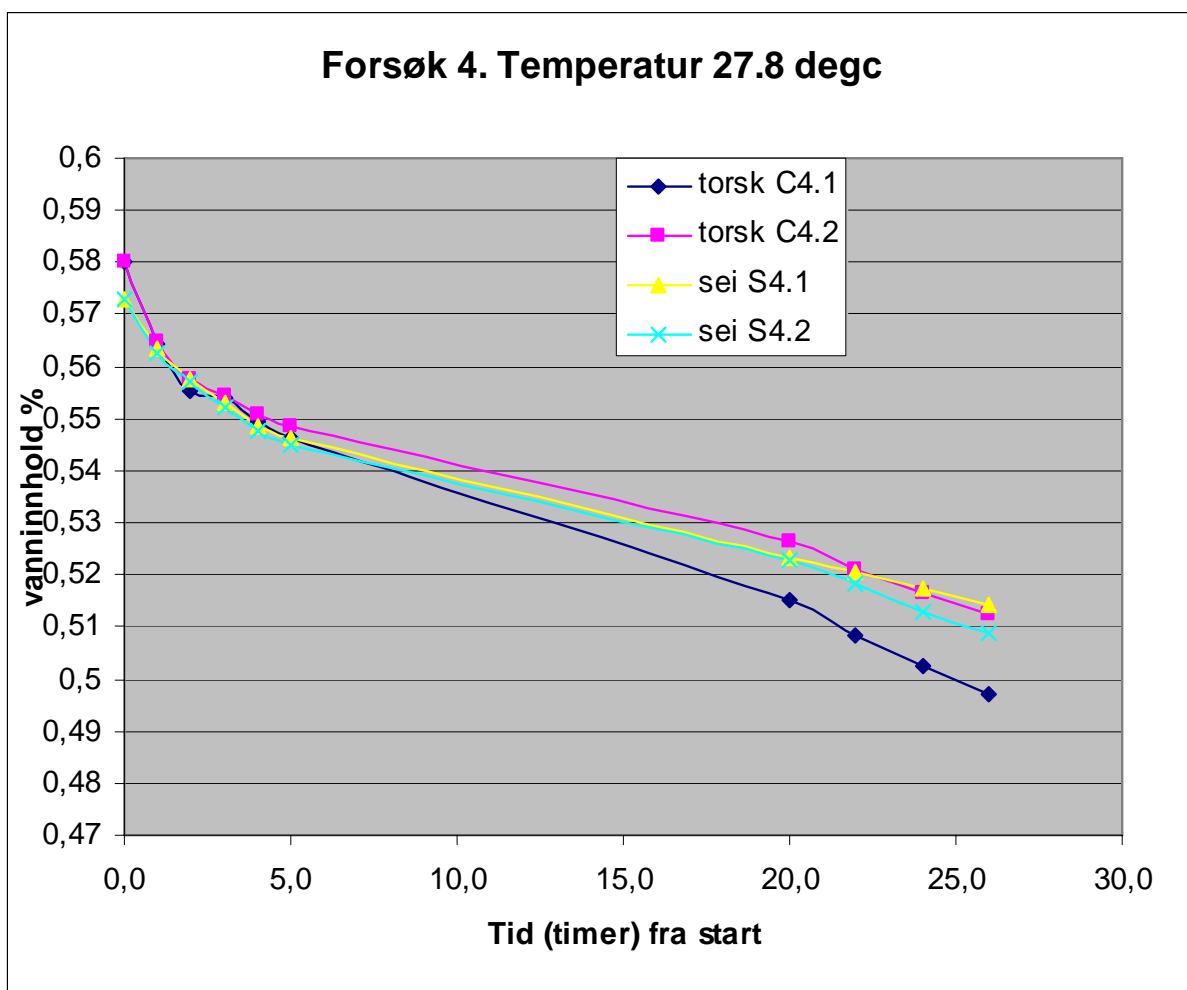
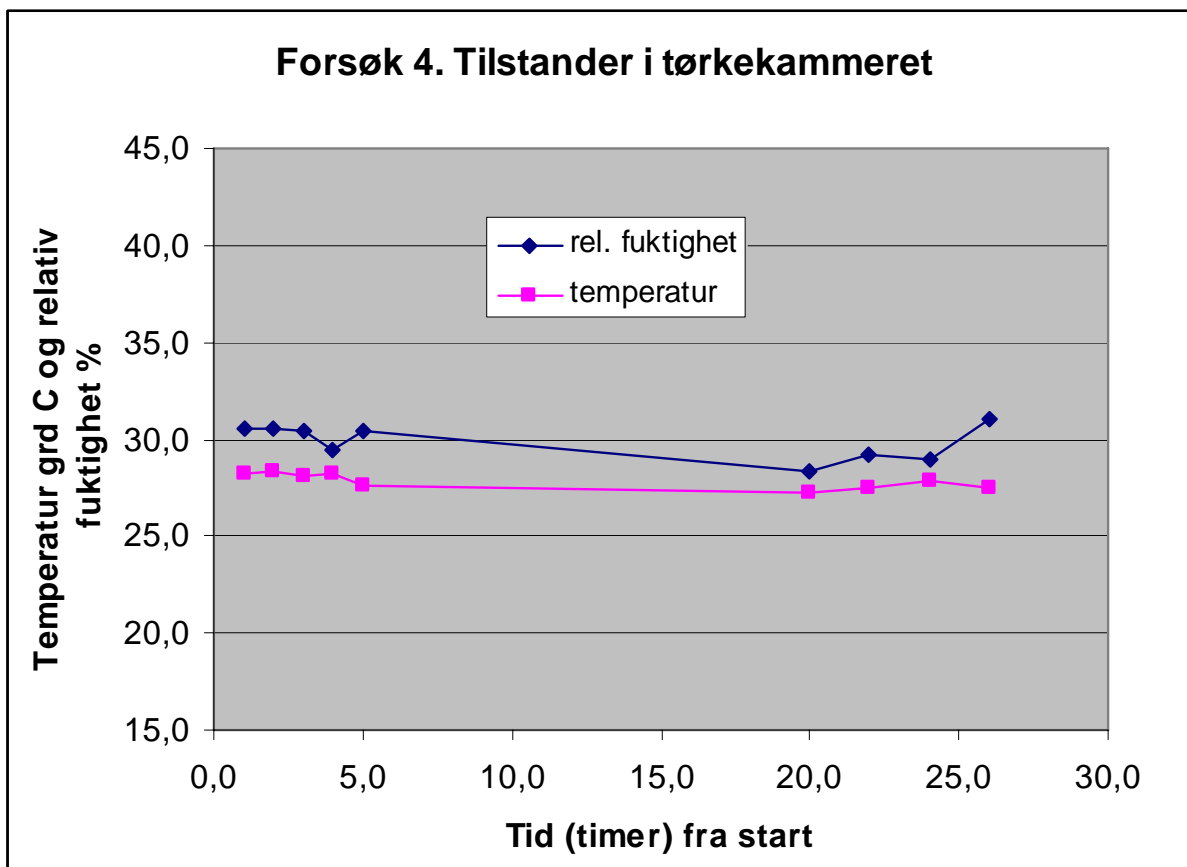
Tørketiden kan reduseres ved en økning i temperaturen. Hvis vi ser på tallene fra forsøkene i tabell 2 og sammenligner forsøk 1 ("dagens situasjon" med temperatur 21.9 °C) med forsøk 4 ("høyest tenkelige temperatur uten brenning" 26.5 °C) finner vi en reduksjon i tørketiden for torsk på ca 30 % og for sei ca 44 %. Men da var seiene i forsøk 5 noe større enn i forsøk 1.

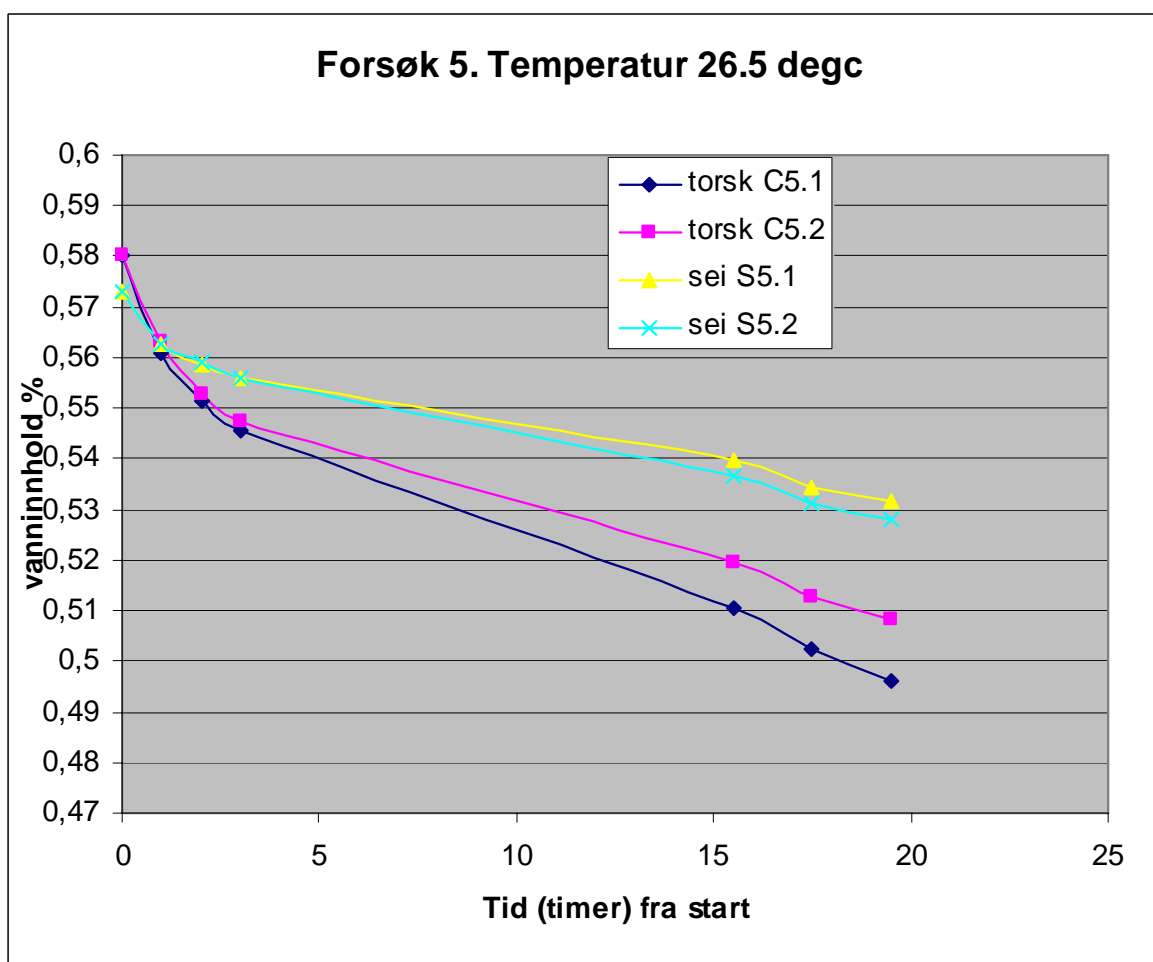
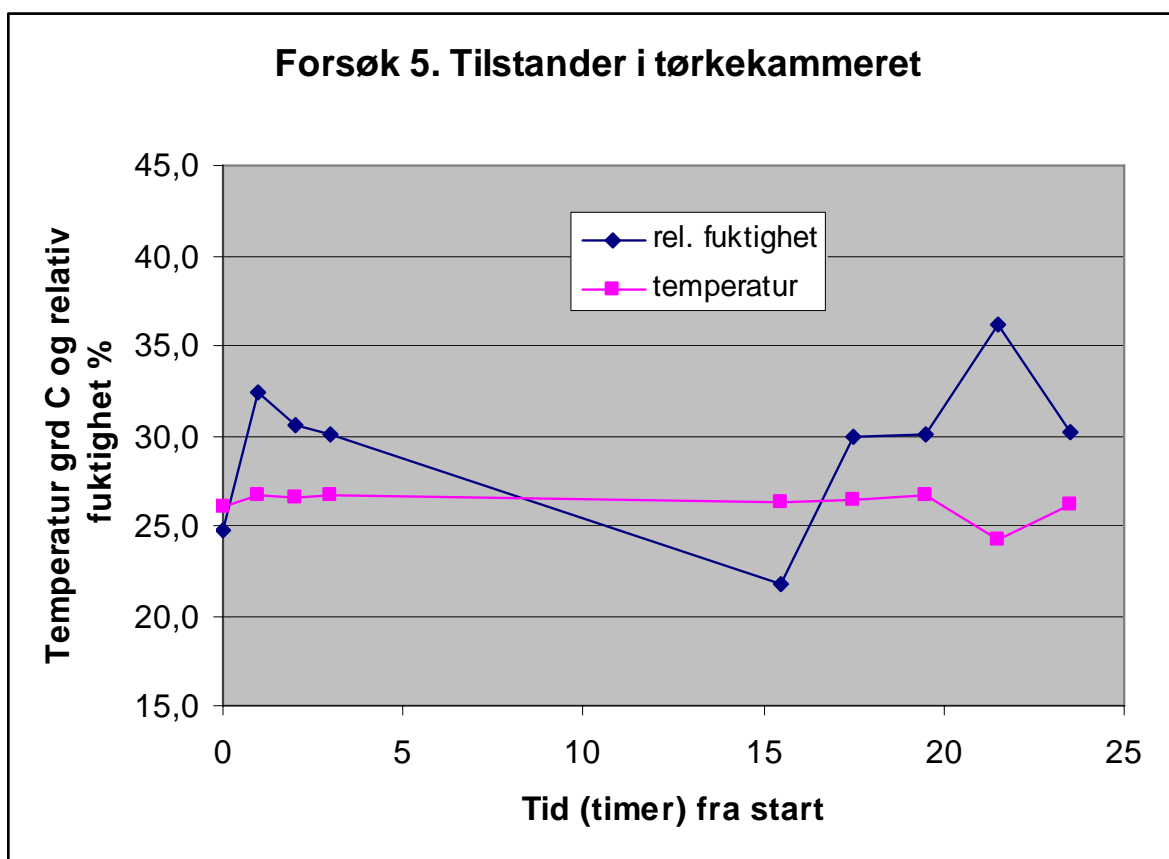
5 VEDLEGG











SINTEF Energiforskning AS
Adresse: 7465 Trondheim
Telefon: 73 59 72 00

SINTEF Energy Research
Address: NO 7465 Trondheim
Phone: + 47 73 59 72 00