

www.sintef.no



**SINTEF****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)

Innledende forsøk på tørking av flekt sei, vektklasse 1-2 kg

SAKSBEARBEIDER(E)

Astrid Myckland Stevik, Per Egil Gullsvåg og Per Magne Walde

OPPDRAGSGIVER(E)

Fiskeri- og havbruksnæringens Servicekontor

FHS Industri og eksport, Bacalao Forum

TR NR.	DATO	OPPDRAGSGIVER(E)S REF.	PROSJEKTNR.
TRF6609 *	2007-12-13	Finn-Arne Egeness	16X543
EL. ARKIVKODE	RAPPORTTYPE	PROSJEKTANSVARLIG (NAVN, SIGN.)	GRADERING
07051694238		Ola Magnussen <i>Ola Magnussen</i>	Fortrolig
ISBN NR.		FORSKNINGSSJEF (NAVN, SIGN.)	OPPLAG SIDER
978-82-594-3344-2		Inge R. Gran <i>Inge R. Gran</i>	21
AVDELING	BESØKSADRESSE		LOKAL TELEFAKS
Energiprosesser	Kolbjørn Hejes vei 1 d		73593950

RESULTAT (sammendrag)

De innledende tørkeforsøkene på flekt sei i vektklasse 1-2 kg ga mye informasjon om prosessene under tørking og ga også opphav til nye spørsmål om hvilke faktorer som i størst grad påvirker tørkeprosessen.

Forsøkene viste at tørkeprosessen kan deles i to faser, hvorav den innledende korte fasen hvor overflatevannet fordampes er på ca 4 timer, mens neste fase pågår over flere døgn og involverer tørking av vannet i fiskekjøttet. For begge fasene kan en tilnærmet lineær sammenheng ses for vekttap som funksjon av tid, men stigningstallet i den innledende fasen er mye høyere enn for neste fase.

Fisk som ble påført en pause i tørkeforløpet viste seg å tørke mye raskere i et kort intervall etter pausen, men nådde aldri igjen den samme tørrhetsgraden som fisken som hadde vært kontinuerlig tørket. Fallet i vekt etter tørkingen antas å skyldes utjevning av saltvann mot / i tørrsjiktet under mellomlagringen.

Undersøkelser av potensiell utjevning i vanninnhold mellom fisk med ulik tørrhetsgrad viste liten vektendring for fiskene etter en ukes samlagring. De høyeste registrerte vektendringen var på 1.2%. Selv om samtlige fisker med lavt vanninnhold økte i vekt og samtlige fisker med høyt vanninnhold mistet vekt, var endringene så små at denne typen utjevning, kun basert på diffusjon, neppe kan ha noen verdi for kommersiell produksjon.

Målinger av initielt vanninnhold og vannaktivitet ga reproducerbare resultater, mens tilsvarende målinger under tørkeprosessen var vanskeligere å tolke. Både vanninnhold og vannaktivitet syntes å være svært avhengig av, og varierte mye med, fra hvilket sjikt i fisken målingene ble gjort. Imidlertid var det svært god overensstemmelse mellom målingen av vanninnhold og vannaktivitet.

* Rapporten er åpnet 2008-02-06*

STIKKORD

EGENVALGTE	Klippfisktørking	Sei
	Tørketid	Vanninnhold

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1 SAMMENDRAG	3
2 INTRODUKSJON.....	4
3 MATERIALER OG METODER	5
3.1 FORSØKSOPPSETT	5
3.2 PROSEDYRE.....	5
3.2.1 Målinger av vekt og lengde	5
3.2.2 Målinger av initielt vanninnhold og vannaktivitet.....	6
3.2.3 Tørkeforsøk.....	6
3.2.4 Måling av vanninnhold og vannaktivitet i forskjellige sjikt.....	7
4 RESULTATER OG DISKUSJON	8
4.1.1 Monitorering av relativ fuktighet, temperatur og lufthastighet	8
4.1.2 Endring i vekt for ulike klasser.....	9
4.1.3 Måling av vanninnhold og vannaktivitet	11
4.1.4 Vanntap som funksjon av fiskens geometri?	13
5 KONKLUSJON.....	15
6 REFERANSER	15
VEDLEGG 1 INNLEDENDE FOSØK.....	16

1 SAMMENDRAG

I prosjektet Fremtiden Klippfiskbedrift er målet å komme frem til forslag til effektivisering av de eksisterende kommersielle prosessene for tørking av klippfisk. Planlagte forsøk inkluderer en innledende serie på flekt sei i vektklasse 1-2 kg samt et hovedforsøk på flekt sei og torsk i ulike vektklasser.

Hensikten med det innledende forsøket var å gjennomføre et studie over tørkeprosessen for flekt sei, vektklasse 1-2 kg i brettørke. Formålet med forsøkene var også å få mer kunnskap om effekten av å gi fisken et opphold i tørkeforløpet samt å undersøke eventuell utjevning ved samlagring av fisk med ulik tørrhetsgrad.

2 INTRODUKSJON

Klippfisk er flekket og saltet torskefisk som er tørket til et vanninnhold på 47 % eller lavere. Tørrhetsgraden uttrykkes tradisjonelt ved bedømming, men blir nå i økende grad krevd dokumentert ved analyse av vanninnhold.

Næringen ønsker å oppnå bedre styring av tørkeprosessen, og også en størst mulig grad av automasjon og mekanisering. Siktemålet er både å øke kundetilfredsheten gjennom jevnere og mer pålitelig tørrhetsgrad, og redusere utbyttetap ved at deler av partiet er overtørket.

I dag er det to rådende typer av tørker på markedet, en langblåst kontinuerlig tørke, og en tverrblåst batchtørke. SINTEF Energiforskning AS utfører et større prosjekt for Fiskeri – og havbruksnæringens Landsforening, ved bransjeorganisasjonen Bacalao Forum, for å få mer kunnskap om og undersøke mulighetene for effektivisering av den kommeriselle tørkeprosessen.

3 MATERIALER OG METODER

3.1 FORSØKSOPPSETT

Forsøkene ble utført på flekt sei i vektklasse 1-2 kg under følgende betingelser:

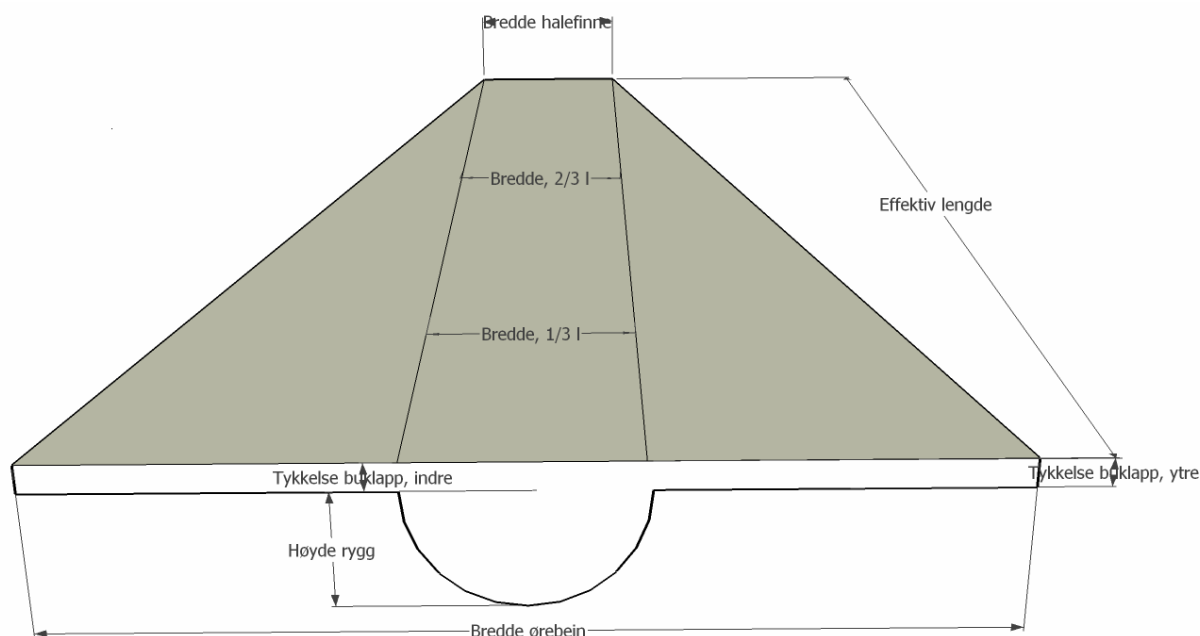
- Tilnærmet konstant temperatur på 22°C
- Tilnærmet konstant luftfuktighet på 20%.
- Tilnærmet konstant lufthastighet på 2.2 m/s

Fisken ble plassert i en brettørke, bestående av to reoler, à 7 hyller. På hver hylle er det plass til to fisker. Loggere for kontinuerlig monitorering av temperatur, relativ fuktighet og lufthastighet ble plassert i tørken. Resultatene fra loggerne er presentert i Vedlegg 1, Figur 14-16.

3.2 PROSEDYRE

3.2.1 Målinger av vekt og lengde

I innledende forsøk ble 29 sei i vektklasse 1-2 kg veid og målt. Data fra målingene er presentert i Vedlegg 1, Tabell 3. Før veiing/ måling ble hver fisk merket med en merkelapp med på forhånd trykket nummer. En prinsippskisse som relaterer de ulike målene til lokasjon på fisken er vist i Figur 1.



Figur 1 Prinsippskisse over lengdemål på flekt sei

3.2.2 Målinger av initielt vanninnhold og vannaktivitet

Initielt vanninnhold og vannaktivitet ble målt i 3 fisker. Fiskene ble valgt ut på bakgrunn av resultater fra en PCA-analyse, hvor de utvalgte fiskene lå nært origo og hverandre i Score plottet, jfr Vedlegg 1, Figur 12.

Fra hver fisk ble et 30mm snitt skåret rett bak fremste ryggfinne. Beinnet i utsnittet ble fjernet, og fiskekjøttet delt i tre prøver: høyre bukklapp, venstre bukklapp og rygg. Hver enkelt prøve ble homogenisert ved hjelp av en stavmikser. Deretter ble 3 paralleller, à 5 g, fra hver prøve lagt opp i på forhånd veide skåler, veid og satt til tørking i et døgn i ovn ved 105°C. Etter et døgn ble prøvene tatt ut av ovnen og veid på nytt. På bakgrunn av differansen i vanninnhold mellom utørket og tørket prøve kunne initielt vanninnhold bestemmes. Resultater og beregninger er presentert i Vedlegg 1, Tabell 4.

Vannaktiviteten fra 1 parallell av hver prøve ble målt ved hjelp av en Aqualab vannaktivitetsmåler. Ca 5 g av hver prøve ble tilsatt et målebeger, hvorpå begeret ble satt inn i måleinstrumentet. Vannaktivitet og temperatur kunne avleses etter ca 3 minutter. Resultatene fra disse målingene er presentert i Vedlegg 1, Tabell 5.

For en av fiskene ble det skåret et ekstra snitt bak ryggfinnen, og initielt vanninnhold og vannaktivitet ble målt for en homogenisert prøve av hele utsnittet.

3.2.3 Tørkeforsøk

Deretter ble de resterende 26 fiskene lagt i brettørken ved 22°C, 40%RH og tørkelufthastighet på ca 22m/s. Plasseringen av de enkelte fiskene er skissert i Vedlegg 1, figur 13. Samtlige vektdata fra tørkeforsøket er presentert i Vedlegg 1, Tabell 6. Fiskene ble delt i 4 grupper:

- Gruppe 1, à 6 fisk, ble tørket i 4 døgn, og jevnlig veid i henhold til skjema presentert i Vedlegg 1, Tabell 6. Fiskene ble valgt ut fra score plot på samme måte som beskrevet ovenfor
- Gruppe 2, à 6 fisk, ble tørket i 1 døgn, deretter tatt ut av tørken, og plassert i en isoporeske med lokk ved 5°C. Etter 1 døgn pause, ble fiskene igjen lagt inn i tørken. Fiskene ble veid jevnlig både før og etter oppholdet i tørkingen.
- Gruppe 3, à 6 fisk, ble tørket i 3 døgn og veid jevnlig, og deretter lagret i plastfolie sammen med ferdig tørket fisk fra gruppe 1 for å studere en eventuell utjevning av fuktighet over tid. Tørr fisk (gruppe 1) og våt fisk (gruppe 3) ble lagt med kjøttssiden mot hverandre. Deretter ble plastfolie lagt rundt de seks ”utjevningparene”, og fisken plassert i en isoporeske med lokk ved 5°C i en uke.
- Gruppe 4, à 8 fisk, ble brukt til måling av vanninnhold og vannaktivitet i tørrsjiktet som ble dannet i det ytterste laget av fiskene. Målingene startet etter 50,6 timer ved tydelig tørrsjiktdannelse. Målingene ble gjort på samme måte som beskrevet i avsnitt 3.2.2, men prøvene ble skåret ut fra forskjellige sjikt i tversnittene og ikke homogenisert før måling.

Forsøket ble avsluttet etter 72 timers tørking.

3.2.4 Måling av vanninnhold og vannaktivitet i forskjellige sjikt

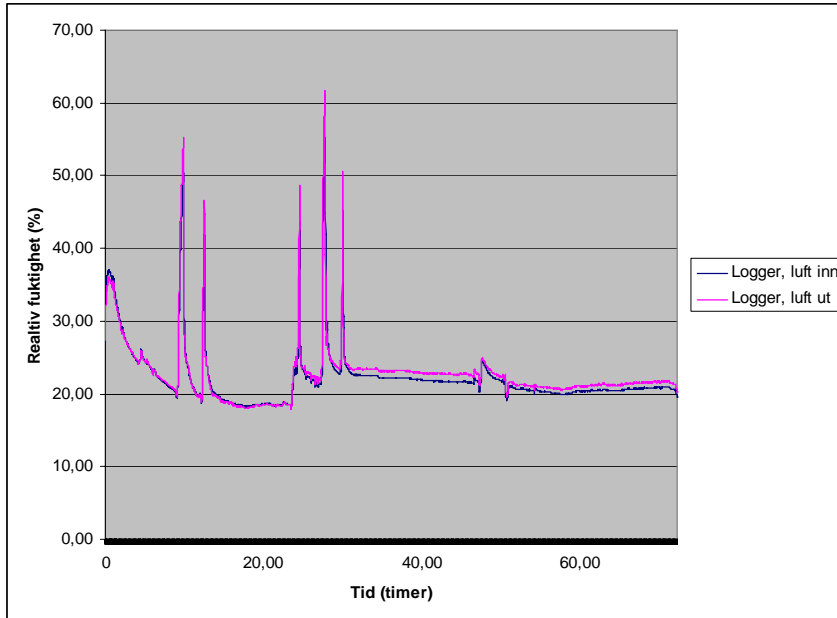
På samme måte som beskrevet under avsnitt 3.2.1, ble det skåret ut et snitt fra 3 fisk som hadde tørket i 50,6 timer. Snittet ble delt i 4 kategorier: Skinn, kjerne, 2-4 mm under tørrsjikt og tørrsjikt. Prøvene til disse målingene ble imidlertid ikke homogenisert, men delt opp i biter manuelt og ved hjelp av saks.

Vanninnhold og vannaktivitet ble målt for henholdsvis to og en paralleller fra hver kategori. Forsøket ble deretter gjentatt for 2 fisk som hadde tørket i 72 timer.

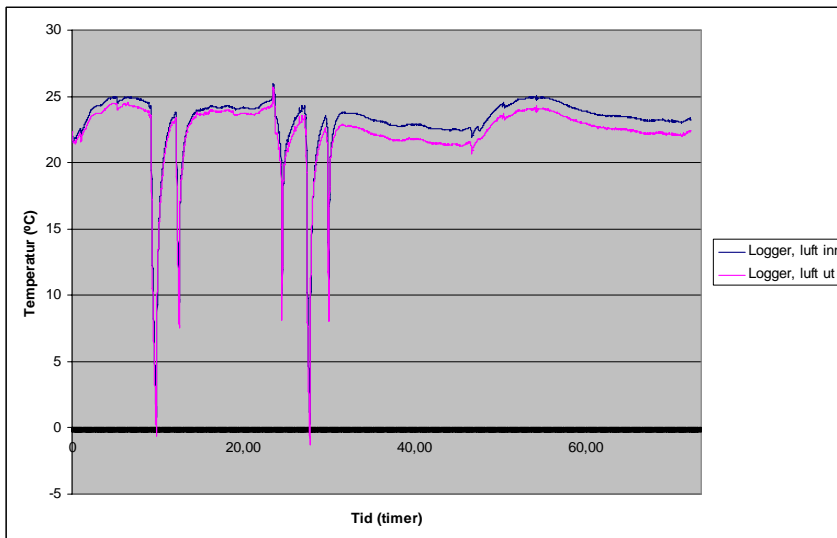
4 RESULTATER OG DISKUSJON

4.1.1 Monitorering av relativ fuktighet, temperatur og lufthastighet

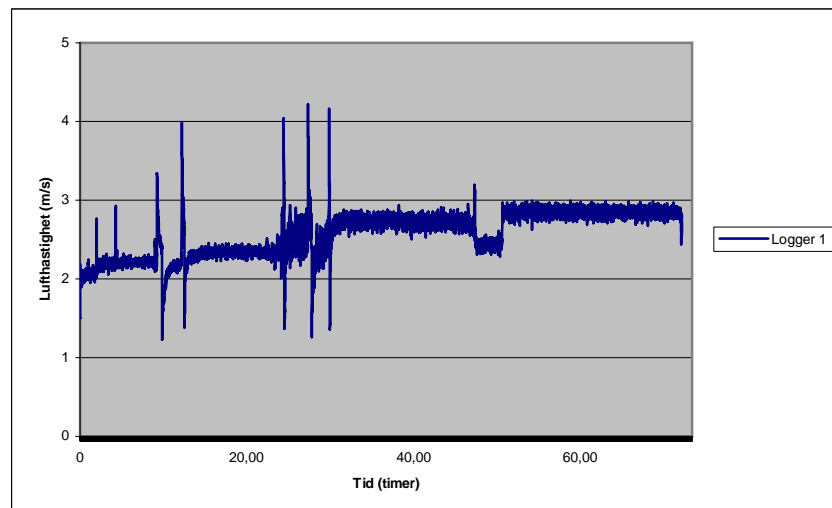
Resultatene fra monitorering av temperatur, relativ fuktighet og lufthastighet gjennom tørkeprosessen er presentert i Figur 2-4.



Figur 2
Relativ fuktighet for inngående og utgående luft gjennom tørkeprosessen



Figur 3
Temperatur for inngående og utgående luft gjennom tørkeprosessen



Figur 4
Lufthastighet gjennom tørkeprosessen

Resultatene som er gitt i Figur 2-4 viser noe variasjon i nivået for både relativ fuktighet, temperatur og lufthastighet i tørken.

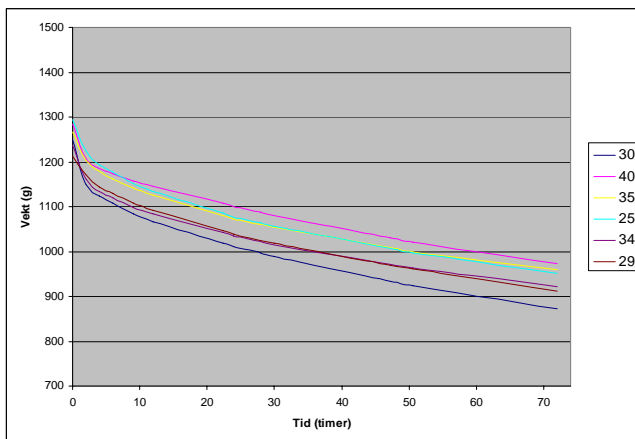
Fra Figur 2 og 3 observeres det at økning i luftfuktighet er sammenfallende med fall i temperaturen, hvilket er en klassisk samvariasjon i tørkeprosesser. Videre er temperaturen lavere i utløpsenden av tørken enn ved innløp, mens luftfuktigheten er høyere ved utløpsenden enn ved innløp. Dette kan forklares ved at varm, tørr tørkeluft i innløpet tar opp vann fra fisken som tørkes.

Fra Figur 4 ses det at lufthastigheten under forsøket viser noe variasjon med store kortvarige utslag som sammenfaller med åpning av døren i tørken i forbindelse med uttak av prøver. Prøveuttakene ser dermed ut til å ha forstyrret målingen av lufthastighet. Sett bort fra de store kortvarige utslagene for lufthastighet kan det også observeres en jevn oppadgående trend for denne parameteren gjennom hele tørkeforløpet. Dette skyldes muligens viftens frekvensformer eller avdrift i settpunktet for innstilt lufthastighet.

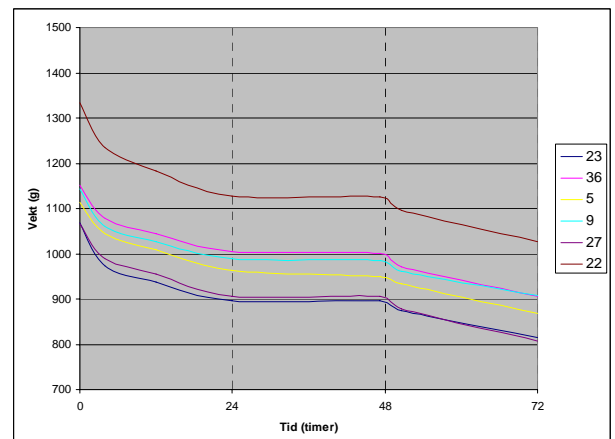
Til tross for fluktuasjoner og enkelt utfall for hver parameter, vurderes forholdene i tørken å ha vært tilnærmet konstante gjennom tørkeprosessen.

4.1.2 Endring i vekt for ulike klasser

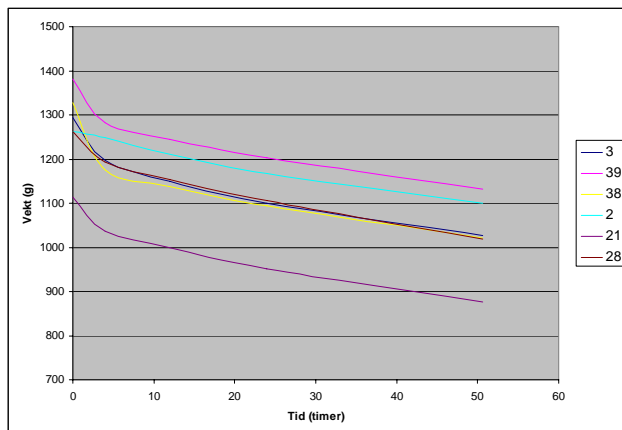
Vektendring gjennom tørking for flekt sei er gjengitt i figur 5-8. Fisken er inndelt i grupper som beskrevet i avsnitt 3.2.3



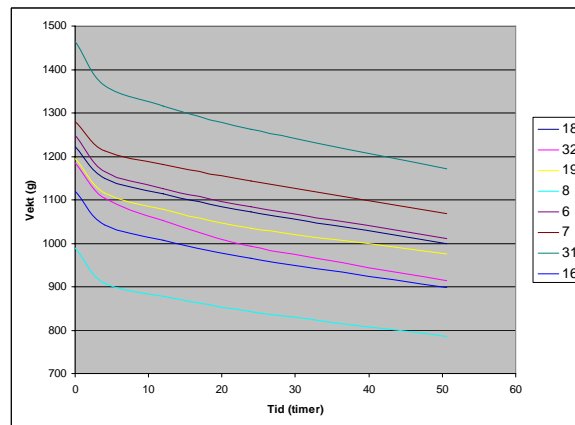
Figur 5 Vektendring for flekt sei etter kontinuerlig tørking i 72 timer (gruppe 1)



Figur 6 Vektendring for flekt sei med 24 timers opphold (angitt med stiplede linjer) i tørkeprosessen (gruppe 2)



Figur 7 Vektendring for flekt sei etter kontinuerlig tørking i 50,6 timer (gruppe 3)



Figur 8 Vektendring for flekt sei etter kontinuerlig tørking i 50,6 timer (gruppe 4)

Resultatene i Figur 2-5 viser for alle gruppene to tydelige faser i tørkingen. Den innledende fasen, hvor overflatevannet fordampes, synes å være over etter ca 4 timers tørkeprosess. Deretter fortsetter en langsommere tørking av vann bundet i fiskekjøttet. For begge fasene synes vektendringen som funksjon av tørketid å kunne beskrives med tilnærmet lineære funksjoner.

De kortvarige fluktuationene i tørkeforholdene, jfr. Figur 2-4, ser ikke ut til å ha påvirket tørkeforløpet i det utførte forsøket.

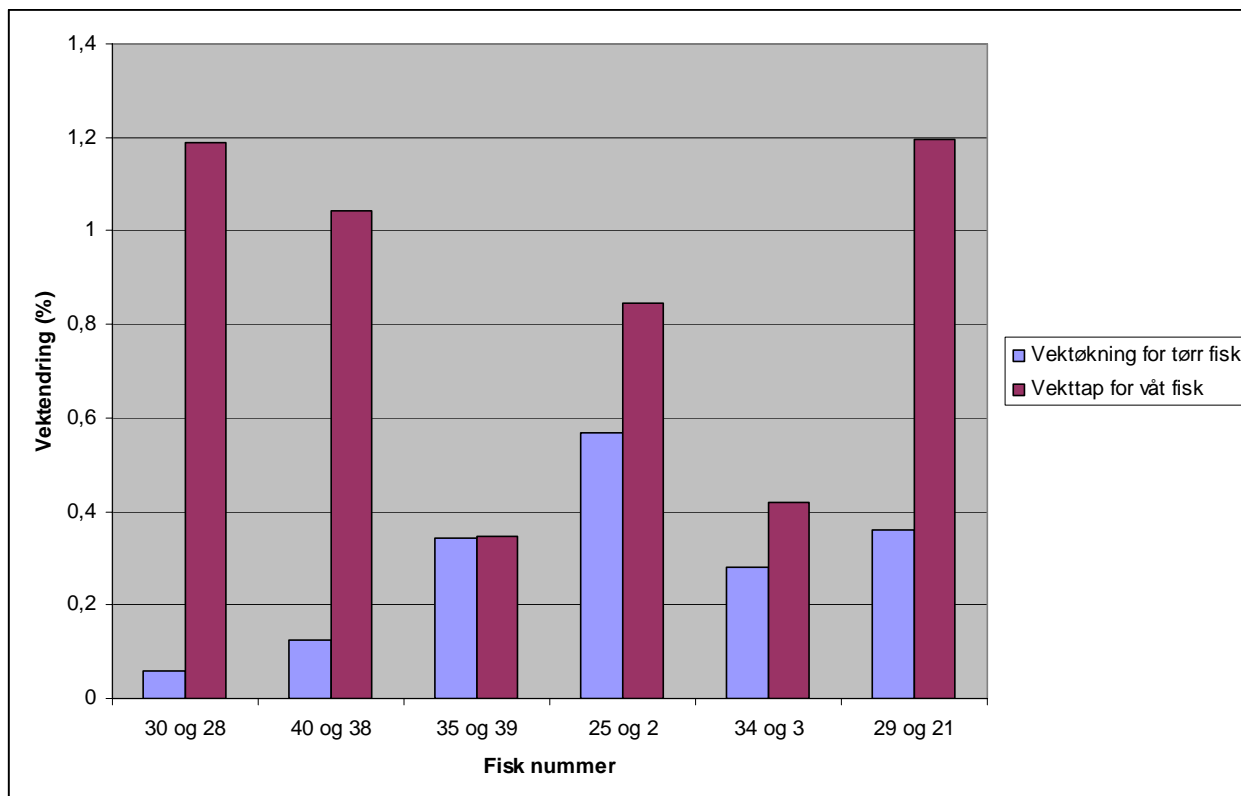
Gjennomsnittlig prosentvis vanntap etter 72 timers tørking for fisk fra henholdsvis gruppe 1 og gruppe 2, er presentert i Tabell 1.

Tabell 1 Gjennomsnittlig vanntap for flekt sei, vektklasse 1-2 kg

	Kontinuerlig tørket fisk (gruppe 1)	Fisk tørket med opphold i tørkeprosessen (gruppe 2)
Gjennomsnittlig vanntap etter 72 timers tørkeprosess (%)	26	22
Standardavvik	2,3	1,4

Fisken i gruppe 2 ble gitt et opphold på 24 timer i tørkeprosessen, for å simulere praksis i bransjen, der fisken tas ut av tørken etter ca 1 døgns tørking for så å settes inn igjen etter ca 1 døgns "pause". Teorien bak dette oppholdet, er at det vannet i fiskekjøttet skal kunne migrere ut til den tørrere fiskeoverflaten, for deretter å gi en raskere fordampning når fisken blir satt inn i tørken igjen. Figur 3 viser nettopp et slikt fall i vekt ved gjeninnsetting av fisken som hadde hatt et opphold i tørketiden. Etter 72 timers tørking er ikke fisken i denne gruppen like tørr som fiskene som hadde hatt en kontinuerlig tørkeprosess, men forskjellene er ikke store, jfr. Tabell. Det må vurderes om besparelsene ved lavere energikonsum pga opphold i tørkingen kan måles opp mot ekstraarbeid ved ut og innplassering av fisk samt et noe høyere sluttvanninnhold i fisken.

Resultatene fra undersøkelsene av potensiell utjevning i vanninnhold ved lagring for fisk med ulik tørrhetsgrad er presentert i Figur 9. Den tørre fisken var tørket i 72 timer, mens den "våte" fisken var tørket i 50,6 timer.



Figur 9 Prosentvis vektendring for tørr og våt fisk etter en ukes samlagring ved 5°C.

Basert på resultatene i Figur 9 er det vanskelig å fastslå om det foregår en utjevning i vanninnhold mellom fiskene. Alle de tørre fiskene økte i vekt gjennom lagringen, mens alle de våte fiskene avtok i vekt. Imidlertid er vektøkningen for samtlige tørre fisker svært liten, og betydelig mindre enn vektreduksjonen for den våte fisken. Den våte fisken har angivelig avgitt mye mer væske til omgivelsene enn til den tørre fisken. Dette kan muligens forklares ved at luftsjiktet mellom fiskene er en transportbarriere ved masseovergang fra fisk til luft og omvendt i tillegg til motstanden i selve luftsjiktet. I tillegg kan det virke som at forskjellen i vanninnhold mellom ”våt” og ”tørr” fisk var såpass marginal at nivåforskjellen i seg selv ikke ble en drivkraft for vanntransport mellom fiskene.

Resultatene kan tyde på en lav grad av utjevning mellom tørr og våt fisk over tid, men det må vurderes om effekten er av en slik størrelsesorden at den forsvarer arbeidet knyttet til omstabling av fisk i en kommersiell prosess. Det bør også nevnes at i utførte utjevningsforsøk ble fisken ikke lagt under press, noe som er normal ved kommersiell produksjon. Fisken stables i industrien med skinnside mot kjøttside. Det er tidligere dokumentert at fiskeskinnet er en effektiv barriere mot fukttransport, og det er derfor mulig at ved industriell praksis for utjevning vil kun fiskeskinnet bli oppfuktet hos den ”tørre” fisken.. Det kan tenkes at graden av utjevning hadde vært større dersom utjevningen kunne skje som følge av både forbedret transport ved fjerning av luftsjikt og utpressing av fritt vann ved trykk.

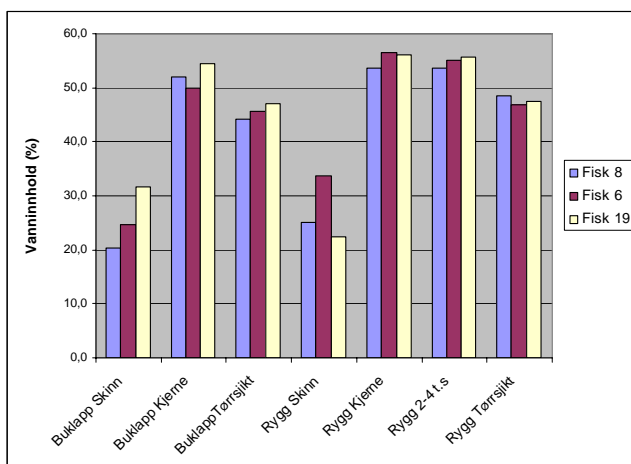
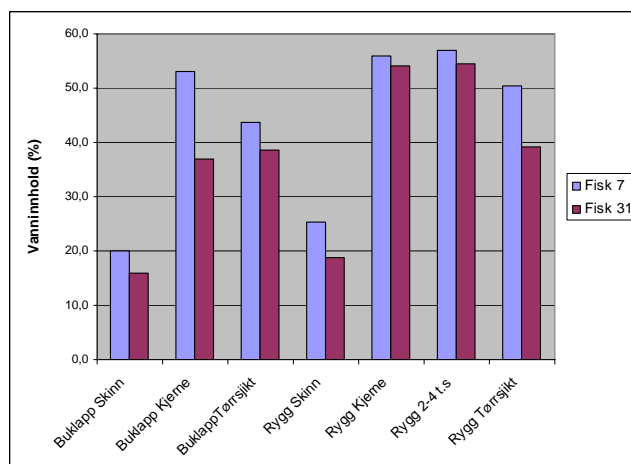
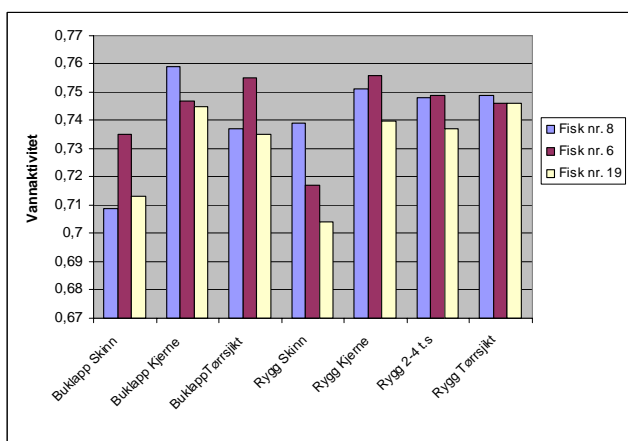
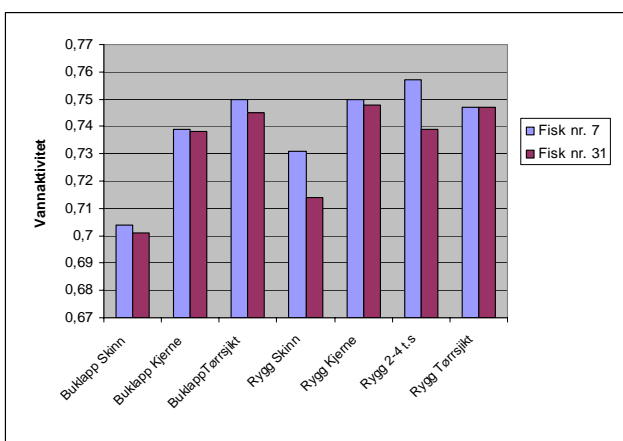
4.1.3 Måling av vanninnhold og vannaktivitet

Målinger av vanninnhold og vannaktivitet i fisken ble gjort før tørking, etter 50,6 timers tørking og etter 72 timers tørking. Resultater fra initielle målinger av de to parametrene for 3 fisker er presentert i Tabell 2. Noe tydelig tørrsjikt var ikke mulig å se før etter ca 2 døgns tørking.

Tabell 2 **Initielt vanninnhold og vannaktivitet for flekt sei, vektklasse 1-2 kg**

Fisk nr	Lokalisering	Gjennomsnittlig vanninnhold (%)	Standardavvik		Vannaktivitet	Standardavvik	
1	Høyre bukklapp	53	1,3	1,3	0,758	0,003	0,002
	Venstre bukklapp	56					
	Rygg	54					
	Snitt	55					
20	Høyre bukklapp	54	1,1		0,754	0,003	
	Venstre bukklapp	55			0,759		
	Rygg	55			0,757		
26	Høyre bukklapp	53	1,3		0,754	0,002	
	Venstre bukklapp	53			0,755		
	Rygg	55			0,758		

Målingene etter 50, 6 og 72 timers tørking ble utført på ikke-homogeniserte prøver fra ulike sjikt i det utskårne tverrsnittet. Figur 10 og 11 viser målte nivå av vanninnhold i de ulike sjiktene fra de to målepunktene. Tilsvarende resultater for vannaktivitet er presentert i Figur 12 og 13.


Figur 10 Vanninnhold for flekt sei etter kontinuerlig tørking i 50,6 timer

Figur 11 Vanninnhold for flekt sei etter kontinuerlig tørking i 72 timer

Figur 12 Vannaktivitet for flekt sei etter kontinuerlig tørking i 50,6 timer

Figur 13 Vannaktivitet for flekt sei etter kontinuerlig tørking i 72 timer

Initielle målinger av vanninnhold og vannaktivitet viser reproduerbare resultater for de 3 fiskene. Resultatene korresponderer også med tidligere målte verdier av vanninnhold/ aktivitet i flekt sei (saltfisk) []. Et jevnt vanninnhold i bukklapper og ryggstykke indikerer at fisken er saltmoden.

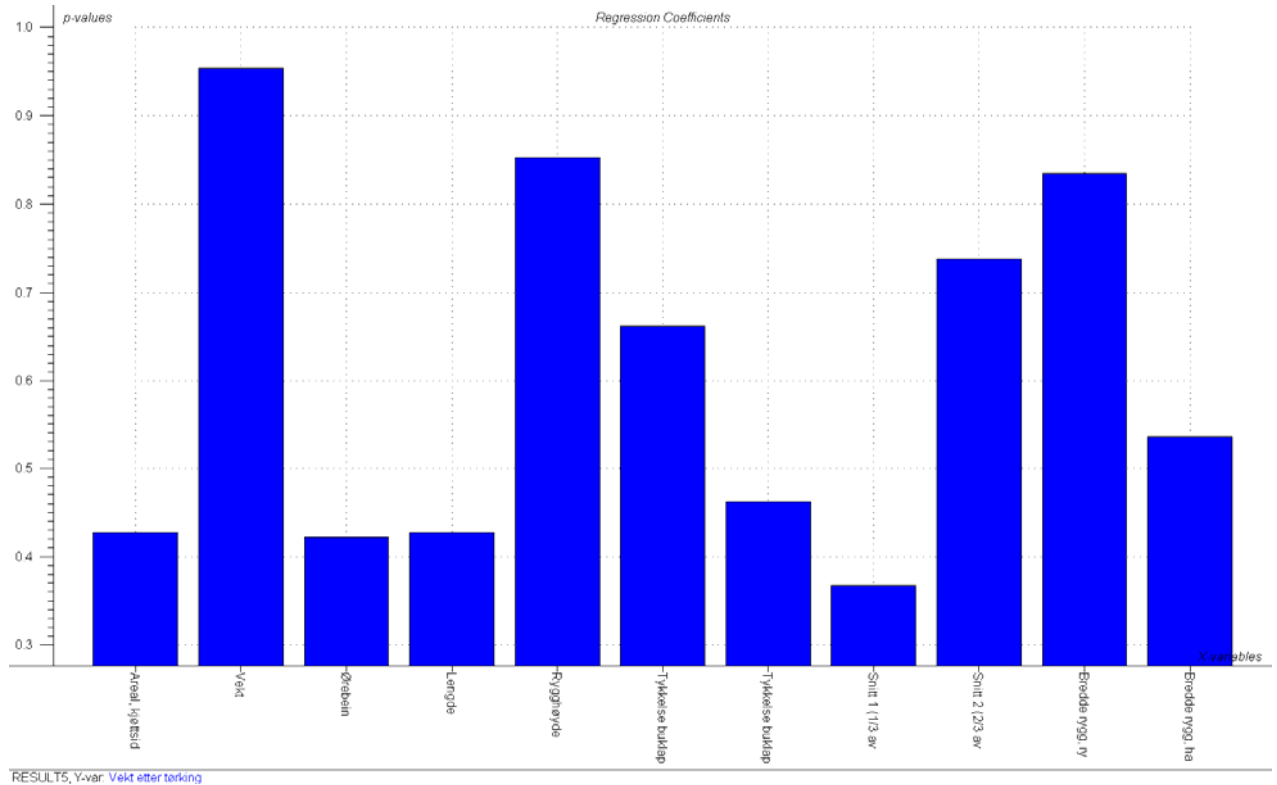
Målingene som ble utført under tørking viser store forskjeller avhengig av i hvilket sjikt vanninnholdet ble målt. Valgte metode for måling av vanninnhold synes ikke å gi noe entydig verdi for gjennomsnittlig vanninnhold i fisken under tørking, men gir viktig informasjon om hvordan vannet er fordelt i fisekjøttet. For målingene fra fiskenes bukklapp ses det en klar profil med lavest vanninnhold i skinn, noe høyere nivå i tørrsjikt og høyest nivå i utsnittets kjerne. Resultatene fra måling av vanninnhold i fiskenes ryggstykke viser et lavt vanninnhold i fiskeskinnet, men deretter synes vanninnhold i de andre sjiktene å være tilnærmet like. Disse resultatene forteller at bukklappen er mye tørrere en ryggstykket, noe som ikke er overraskende med tanke på forskjellen i tykkelse mellom bukklapp og rygg. Målingene som ble gjort for vannaktivitet er korresponderende med ovennevnte resultater for vanninnhold.

Rent visuelt ble det også observert at fiskeskinnet både fra ryggstykke og bukklapp var svært tørt, mens fisekjøttet rett innefor skinnet var svært fuktig. Dette underbygger antagelsen om skinnet som en svært effektiv barriere mot fukttransport.

For å få et nøyaktig bilde av vanninnholdet i fisken gjennom tørkeprosessen kan det se ut som om mer nøyaktige målemetoder, for eksempel snittmetoden må tas i bruk, se Vedlegg 2. Kanskje ville også en homogenisering av prøvene ha gitt mer reproduerbare resultater.

4.1.4 Vanntap som funksjon av fiskens geometri?

I utgangspunktet var det ønskelig å studere eventuelle sammenhenger mellom diverse lengdemål/ overflateareal på fisken og vekttap gjennom tørkingen. Tallmaterialet presentert i Vedlegg 1, Tabell ? ble benyttet som basis for en MLR (multi leveled regression) analyse, og p- verdiene fra denne analysen er presentert i Figur 11.



RESULTS, Y-variabel: Vekt etter tørking

Figur 14 P-verdier fra MLR analyse av effekten på vekttap fra mål av lengde, vekt og overflateareal for flekt sei, vektklasse 1-2 kg.

Figur 11 viser p-verdier for samtlige faktorer langt større enn 0.05, som er et maksimumsnivå for at en effekt skal regnes som signifikant (basert på et 95% konfidensintervall). Basert på disse resultatene er det umulig å modellere vekttapet som funksjon av noe lengdemål eller overflateareal. Dette kan i tillegg til stor usikkerhet ved manuelle målinger også skyldes at analysen kun baseres på en vektklasse av fisken, og at MLR analysen dermed utføres på standardavviket innen en populasjon. Kanskje vil større forskjeller komme tilsyne dersom flere vektklasser inkluderes i målingene.

5 KONKLUSJON

De innledende tørkeforsøkene på flekt sei i vektklasse 1-2 kg ga mye informasjon om prosessene under tørking og ga også opphav til nye spørsmål om hvilke faktorer som i størst grad påvirker tørkeprosessen.

Forsøkene viste at tørkeprosessen kan deles i to faser, hvorav den innledende korte fasen hvor overflatevannet fordampes er på ca 4 timer, mens neste fase pågår over flere døgn og involverer tørking av vannet i fiskekjøttet. For begge fasene kan en tilnærmet lineær sammenheng ses for vekttap som funksjon av tid, men stigningstallet i den innledende fasen er mye høyere enn for neste fase.

Fisk som ble påført en pause i tørkeforløpet viste seg å tørke mye raskere i et kort intervall etter pausen, men nådde aldri igjen den samme tørrhetsgraden som fisken som hadde vært kontinuerlig tørket. Fallet i vekt etter tørkingen antas å skyldes dannelsen av overflatevann pga migrering under oppholdet i tørkingen.

Undersøkelser av potensiell utjevning i vanninnhold mellom fisk med ulik tørrhetsgrad viste liten vektendring for fiskene etter en ukes samlagring. Selv om samtlige fisker med lavt vanninnhold økte i vekt og samtlige fisker med høyt vanninnhold mistet vekt, var endringene så små at denne typen utjevning, kun basert på diffusjon, neppe kan ha noen verdi for kommersiell produksjon. Verken vektøkning eller vekttap oversteg 1,2% for noen av fiskene som ble studert.

Målinger av initielt vanninnhold og vannaktivitet ga reproducerbare resultater, mens tilsvarende målinger under tørkeprosessen var vanskeligere å tolke. Både vanninnhold og vannaktivitet syntes å være svært avhengig av, og varierte mye med, fra hvilket sjikt i fisken målingene ble gjort. Imidlertid var det svært god overensstemmelse mellom målingen av vanninnhold og vannaktivitet.

Noen modell for vekttap gjennom tørking som funksjon av overflateareal, initiell vekt eller lengde var ikke mulig å finne. Dette antas å skyldes stor usikkerhet i målingene samt at alle målinger ble utført på samme vektklasse av fisken.

6 REFERANSER

1. Referanse fra Per Magne.
2. Litteratur ang snittmetoden.

VEDLEGG 1 INNLEDENDE FOSØK

Tabell 3 Målinger av vekt og lengder for flekt sei i vektklasse 1-2 kg.

Merke- nummer	Fisk nr.	Vekt	Lengde, ørebein	Lengde	Rygghøyde	Tykkelse buklapp, ryggfinne	Tykkelse buklapp, bukfinne	Snitt 1	Snitt 2	Bredde rygg, ryggfinne	Bredde rygg, halefinne
29	1	1212	23	45	2,7	1,0	0,5	25,5	17,5	9	5
19	2	1196	24	45	2,0	1,2	0,7	26	16,5	7	4
16	3	1119	22	38	2,6	0,9	0,8	27	16	8,5	4
1	4	1273	23	42	2,4	1,2	0,5	24,5	18	7	3,5
20	5	1159	22	41	2,3	1,2	0,4	24,5	17,5	8	4
36	6	1151	22	43	2,8	1,0	0,6	25	18	8	3,5
35	7	1266	22,5	43	2,4	1,1	0,5	25,5	17	9	4
3	8	1295	21,5	42	3,1	1,1	0,6	22,5	19,5	9	4
18	9	1223	21	42	3,2	1,2	0,7	24	16,5	8	4
32	10	1186	23,5	39	1,9	1,0	0,5	25	16	9	4
23	11	1069	21	42	2,8	0,9	0,4	24	16,5	7	3,5
26	12	1137	23	42	2,5	1,1	0,4	24	19	8	3,5
30	13	1249	22,5	42,5	2,8	1,0	0,5	27	18,5	7,5	4
34	14	1237	24,5	44	2,5	1,2	0,6	24	18,5	8	4
27	15	1067	20	39,5	2,5	1,1	0,6	23	18	7,5	3
5	16	1113	22,5	40,5	2,7	1,1	0,7	23,5	14,5	7,5	3
22	17	1333	24	44	2,6	1,4	0,6	26,5	18	8,5	4
25	18	1294	21	45,5	2,7	1,2	0,7	26	18,5	7,5	3,5
28	19	1262	20	39	2,9	1,0	0,3	25,5	19	7,5	4,5
7	20	1281	25	42	2,4	1,1	0,7	26,5	18	8,5	2,5
21	21	1113	25	43,5	2,6	0,8	0,5	25,5	17,5	7,5	3,5
31	22	1464	23,5	43	2,3	1,0	0,7	27	18	8	3
9	23	1144	23,5	42	2,7	1,0	0,7	24,5	15	7	3,5
38	24	1328	23,5	42,5	2,3	1,0	0,8	23,5	17,5	9	3,5

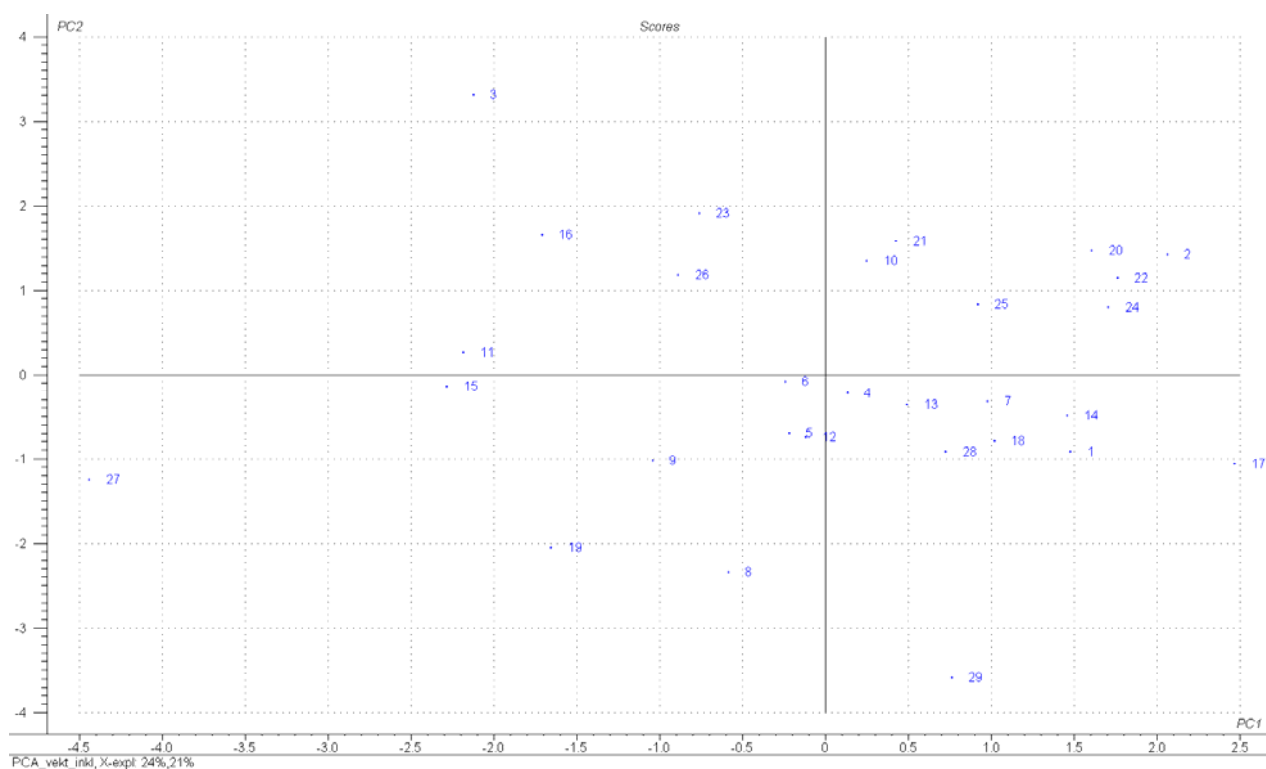
Merke- nummer	Fisk nr.	Vekt	Lengde, ørebein	Lengde	Rygghøyde	Tykkelse buklapp, ryggfinne	Tykkelse buklapp, bukfinne	Snitt 1	Snitt 2	Bredde rygg, ryggfinne	Bredde rygg, halefinne
2	25	1262	23	42	2	1,0	0,7	26,5	19	8	4
6	26	1248	22,5	40	2,8	1,0	0,8	24,5	16	8	3,5
8	27	990	19	39	3,3	1,1	0,4	22	16,5	7,5	3
40	28	1285	23,5	40	2,8	1,1	0,6	25,5	18,5	9	4,5
39	29	1382	20,5	42	3,1	1,3	0,6	25,5	21,5	9	4

Tabell 4 Måling av initielt vanninnhold i flekt sei, vektklasse 1-2 kg

Fisk nr.	Lokalisering	Skål nr.	Vekt, skål	Vekt, skål med prøve	Vekt, skål med prøve etter tørking	Initielt vanninnhold (%)	Middelverdi og standardavvik
1	Høyre bukklapp	1	41,6	46,5	43,9	53	54/ 1,3
		2	46,8	51,8	49,2	52	
		3	45,9	50,9	48,2	54	
	Venstre bukklapp	1	45,4	50,5	47,6	56	
		2	42,0	47,0	44,2	56	
		3	46,8	51,9	49,1	54	
	Rygg	1	48,5	53,5	50,8	54	
		2	42,2	47,2	44,5	54	
		3	42,4	47,2	44,6	54	
	Helt snitt	1	43,8	48,8	46,1	54	
		2	42,4	47,4	44,6	56	
		3	41,8	46,8	44,1	54	
20	Høyre bukklapp	1	21,0	26,0	23,3	54	55/ 1,1
		2	20,6	25,6	22,9	54	
		3	20,6	25,7	22,9	54	
	Venstre bukklapp	1	20,7	25,7	22,9	56	
		2	27,0	32,0	29,2	56	
		3	21,0	26,1	23,4	52	
	Rygg	1	20,7	25,7	23,0	54	
		2	19,8	24,8	22,0	56	
		3	20,1	25,2	22,4	54	
26	Høyre bukklapp	1	47,3	52,3	49,6	54	54/ 1,3
		2	46,7	51,7	49,0	54	
		3	45,4	50,4	47,8	52	
	Venstre bukklapp	1	48,7	53,8	51,1	52	
		2	48,6	53,6	50,9	54	
		3	40,8	45,9	43,2	52	
	Rygg	1	48,6	53,6	50,8	56	
		2	49,6	54,6	51,8	56	
		3	48,1	53,1	50,4	54	

Tabell 5 Måling av initiell vannaktivitet i flekt sei, vektklasse 1-2 kg

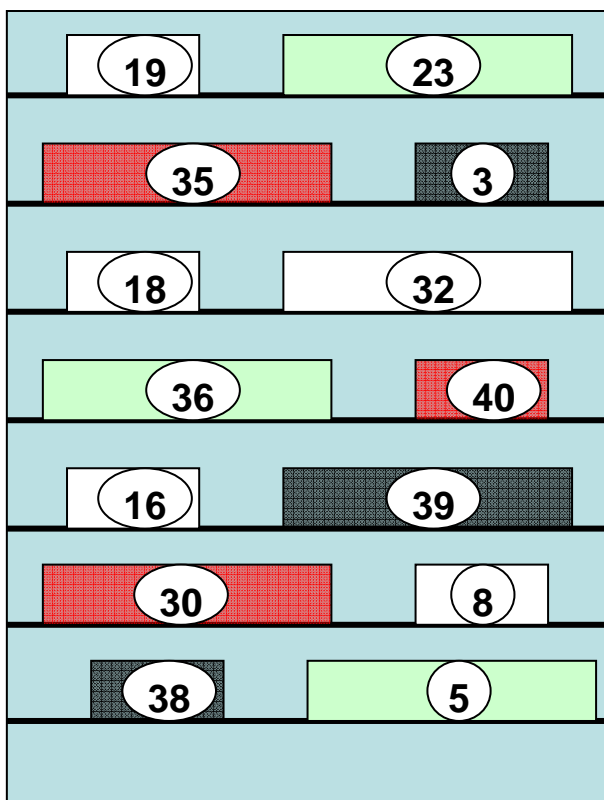
Fisk nummer	Lokalisering	Temperatur (°C)	Vannaktivitet	Middelverdi og standardavvik
1	Høyre bukklapp	22,0	0,758	0,758/ 0,003
	Venstre bukklapp	21,8	0,759	
	Rygg	21,7	0,760	
	Helt snitt	21,4	0,754	
20	Høyre bukklapp	21,4	0,754	0,756/ 0,003
	Venstre bukklapp	21,3	0,759	
	Rygg	21,4	0,757	
26	Høyre bukklapp	21,6	0,754	0,756/ 0,002
	Venstre bukklapp	21,7	0,755	
	Rygg	21,6	0,758	



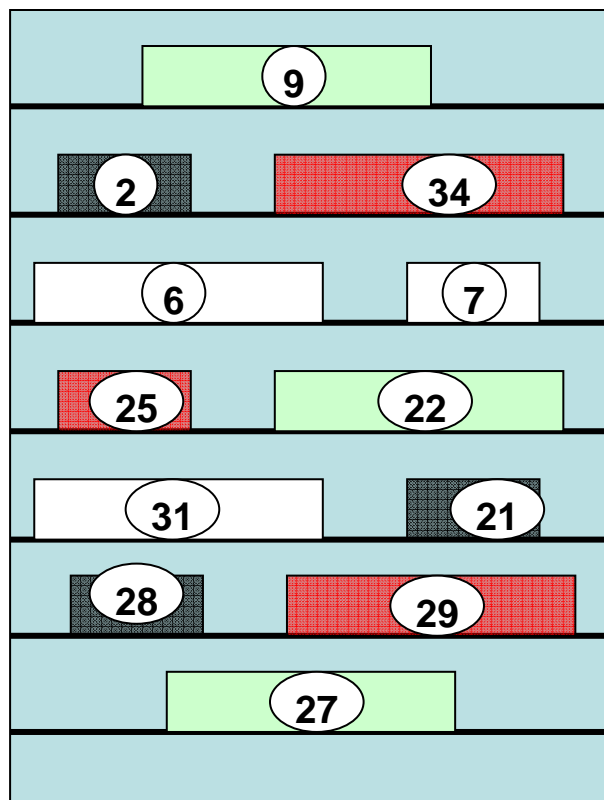
Numrene angitt i figuren må korreleres mot merkenumrene i Tabell 3.

Figur 15 Score plot fra PCA analyse av vekt og lengdedata for flekt sei, vektklasse 1-2 kg, innledende forsøk

Mot luftstrøm! REOL 1



REOL 2



Kort rektangel:
Langt rektangel:

Fisken ligger med sporen mot luftstrømmen
Fisken ligger med ørebeinet mot luftstrømmen

Figur 16 Plassering i tørken for flekt sei, vektklasse 1-2 kg, innledende forsøk

Tabell 6 Resultattabell, gruppe 1-4, innledende tørkeforsøk av flekt sei, vektklasse 1-2 kg

Gruppe	Fisk nr	Vekt ved uttakstidspunkt (g)													
		0t	2t	4t	6t	9t	12t	22,3t	24t	28t	30t	47,2t	50,6t	72t	240t
Gruppe 1, Referanse	30	1249	1149	1124	1108	1085	1067	1019	1011	997	989	934	923	873	873
	40	1285	1206	1185	1173	1158	1145	1108	1100	1088	1080	1031	1021	974	975
	35	1266	1204	1179	1162	1141	1126	1080	1072	1061	1055	1008	1000	959	962
	25	1294	1224	1193	1176	1152	1134	1086	1076	1064	1057	1006	998	951	956
	34	1237	1162	1135	1119	1099	1084	1042	1034	1022	1016	971	963	922	926
	29	1212	1171	1144	1129	1108	1092	1047	1039		1020	970	961	913	916
Gruppe 2, Fisken gis et opphold i tørkeprosessen	23	1069		973			937		897	Opphold i tørkeprosessen	896	874	815		
	36	1151		1078			1046		1005		1000	972	905		
	5	1113		1044			1008		963		950	935	869		
	9	1144		1060			1027		988		986	962	908		
	27	1067		990			956		906		906	877	808		
	22	1333		1235			1183		1128			1126	1097	1026	
Gruppe 3, Fisken tørkes til høyere vanninnhold	3	1295		1198					1149			1099	1027	Tørking en avsluttet etter 50, 6 timer	1023
	39	1382		1282					1246			1203	1132		1121
	38	1328		1176					1139			1093	1020		1007
	2	1262		1249					1211			1167	1099		1089
	21	1113		1036					999			951	876		867
	28	1262		1194					1153			1106	1019		1007
Gruppe 4, Til måling av vanninnhold og vannaktivitet i tørrsjikt	18	1223		1149					1114			1072	999	948	
	32	1186		1104					1052			994	913	866	
	19	1196		1116					1078			1035	975	853	
	8	990		907					879			842	784		
	6	1248		1166					1126			1083	1011		
	7	1281		1213					1181			1143	1069	1010	
	31	1464		1362					1316			1263	1170	1112	
	16	1119		1042					1007			964	897		

t: Timer Gult markert felt: Vekt etter utjevningforsøk

Tabell 7 Måling av vanninnhold og vannaktivitet i tørrsjikt for flekt sei, vektklasse 1-2 kg etter 50, 6 timer og 72 timer

Fisk nr.	Lokalisering		Skål nr.	Vekt, skål (g)	Vekt, skål med prøve (g)	Vekt, skål med prøve etter tørking (g)	Vanninnhold (%)	Vannaktivitet	Temperatur (°C)
8	Buklapp	Skinn	a	41,8	46,3	45,4	20	0,709	20,2
			b	46,8	50,2	49,5	21		
		Kjerne	a	42,2	48,3	45	54	0,759	19,8
			b	42,4	47,4	44,9	50		
		Tørrsjikt	a	45,4	49,2	47,5	45	0,737	20,0
			b	48,1	52,7	50,7	43		
	Rygg	Skinn	a	20,2	23,8	22,9	25	0,739	20,0
			b	20,7	23,9	23,1	25		
		Kjerne	a	19,8	24,7	22,1	53	0,751	20,1
			b	20,6	25,6	22,9	54		
		2-4 ¹⁾	a	48,6	53,6	50,9	54	0,748	20,1
			b	41,6	46,3	43,8	53		
		Tørrsjikt	a	49,6	54,7	52,3	47	0,749	19,6
			b	45,9	50,7	48,3	50		
6	Buklapp	Skinn	a	41,6	46,4	45,3	23	0,735	19,9
			b	42,4	47,3	46	27		
		Kjerne	a	47,3	52,3	49,7	52	0,747	20,1
			b	40,8	45,8	43,4	48		
		Tørrsjikt	a	43,8	48,1	46,2	44	0,755	19,8
			b	45,4	50,7	48,2	47		
	Rygg	Skinn	a	20,7	25,9	24,2	33	0,717	20,6
			b	48,6	52,9	51,4	35		
		Kjerne	a	21	26	23,2	56	0,756	21,2
			b	20,7	25,1	22,6	57		
		2-4 ¹⁾	a	27	30,8	28,7	55	0,749	20,2
			b	21	25	22,8	55		

Fisk nr.	Lokalisering		Skål nr.	Vekt, skål (g)	Vekt, skål med prøve (g)	Vekt, skål med prøve etter tørking (g)	Vanninnhold (%)	Vannaktivitet	Temperatur (°C)
19		Tørrsjikt	a	46,9	51,9	49,5	48	0,746	20,0
			b	52,6	57,4	55,2	46		
	Buklapp	Skinn	a	51,7	56,6	54,9	35	0,713	20,5
			b	51,7	56,6	55,2	29		
		Kjerne	a	48,4	53,4	50,7	54	0,745	20,5
			b	48,8	53,7	51	55		
		Tørrsjikt	a	51,6	56,6	54,2	48	0,735	20,5
			b	51,3	56,3	54	46		
	Rygg	Skinn	a	51,7	56,7	55,7	20	0,704	20,7
			b	53,2	56,8	55,9	25		
		Kjerne	a	45,1	50,2	47,4	55	0,74	20,2
			b	45,4	50,3	47,5	57		
		2-4 ¹⁾	a	51,6	56,2	53,6	57	0,737	20,3
			b	51,7	56,8	54	55		
Tørrsjikt		a	51,8	56,7	54,2	51	0,746	20,4	
		b	51,6	56,6	54,4	44			
7	Buklapp	Skinn	a	42	47	45,9	22	0,704	20,2
			b	43,6	48,6	47,7	18		
		Kjerne	a	47,6	52,6	50	52	0,739	20,0
			b	48,7	53,7	51	54		
	Tørrsjikt	a	48,4	54,4	51,8	43	0,75	19,7	
		b	48,5	53,5	51,3	44			
	Rygg	Skinn	a	51,8	56,9	55,7	24	0,731	19,6
			b	41,8	46,6	45,3	27		
		Kjerne	a	51,8	56,9	54	57	0,750	19,8
			b	42,4	47,3	44,6	55		
2-4 ¹⁾		a	40,9	46	43,1	57	0,757	19,5	

Fisk nr.	Lokalisering	Skål nr.	Vekt, skål (g)	Vekt, skål med prøve (g)	Vekt, skål med prøve etter tørking (g)	Vanninnhold (%)	Vannaktivitet	Temperatur (°C)
31			b	45,1	50,2	47,3		
		Tørresjikt	a	51,6	56,6	54,1	0,747	19,8
		b	51,6	56,7	54,1			
	Buklapp	Skinn	a	42,4	47,5	46,6	0,701	19,8
			b	45,9	50,8	50,1		
	Kjerne	a	46,8	51,8	50	0,738	19,7	
		b	51,8	56,8	54,9			
	Tørresjikt	a	48,6	53,6	51,7	0,745	20,7	
		b	48,1	53,2	51,2			
	Rygg	Skinn	a	48,5	53,6	52,6	0,714	19,9
			b	43,9	48,9	48		
	Kjerne	a	47,3	52,2	49,6	0,748	19,7	
		b	45,3	50,2	47,5			
	2-4 ¹⁾	a	45,4	50,4	47,7	0,739	19,8	
b		52,6	57,5	54,8				
Tørresjikt	a	51,5	56,6	54,9	0,747	19,5		
	b	51,7	56,8	54,5				

Gult skraverte felter:

Prøvene er analysert etter 50, 6 timers tørking

Grønt skraverte felter:

Prøvene er analysert etter 72 timers tørking

1)

Analysen ble utført på et sjikt 2-4 mm under kjøttidens tørresjikt

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

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