

# OPTIMALISERING AV LØSNINGER FOR DISTRIBUSJON AV FERSK, KJØLT LAKS

OPTIMIZATION OF SOLUTIONS FOR DISTRIBUTION OF FRESH, CHILLED  
SALMON

HEIDI STUVE

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP  
INSTITUTT FOR KJEMI, BIOTEKNOLOGI OG MATVITENSKAP  
MASTEROPPGAVE 30 STP. 2012





## **Forord**

Denne masteroppgaven er skrevet ved Institutt for kjemi, bioteknologi og matvitenskap ved Universitetet for miljø og biovitenskap (UMB) i Ås, våren 2012.

Masteroppgaven er en del av SUPERKALD-prosjektet til TINE der hovedmålet er å utvikle en ny emballaseløsning som ivaretar merkevarekvaliteten til prerigor-laksefileter. I denne sammenheng vil jeg rette en takk til Svein Olav Fjæra og Even Manseth ved TINE FoU for godt samarbeid og hjelp under masteroppgaven.

Videre må jeg takke min veileder, Odd-Ivar Lekang, for god oppfølging, veiledning og gjennomlesing av oppgaven.

Jeg vil også takke ansatte ved Bremnes Seashore, deriblant formann Arvid Husa, for bidrag med råvarer, faglig informasjon og hjelp ved utføring av forsøk.

For bidrag med informasjon til teoretisk kartlegging av kjølekjede, må jeg takke logistikkansvarlige ved TINEs hovedkontor (T. Johansen, B. Lervik-Mørck og B. Selebø), transportselskaper (DB Schenker, Transferd AS, Markussen transport, Namdalske transport, Veøy AS, Waagan transport og Skau transport) og logistikkansvarlige ved meierier som distribuerer SALMA-laks. I tillegg har ferskvareressjefer ved Kiwi Vadsø, Rema 1000 Båtsfjord, CC-Vest Oslo, Meny Møre i Ålesund og Meny Madla i Stavanger bidratt med hjelp under forsøk.

Til slutt vil jeg takke mamma og pappa for hjelp med korrekturlesing, Wilma for motivasjon til å bli ferdig med masteroppgaven og fem års utdanning, og tilslutt samboeren min for støtte og forståelse under arbeidet med oppgaven.

Ås, mai 2012

Heidi Stuve

## Sammendrag

Formålet med oppgaven var å optimalisere løsninger for opprettholdelse av kjølekjede for laks. I samsvar med dette ble det også foretatt en kartlegging av kjølekjeden og det ble vurdert om en temperaturindikator kan benyttes for å kontrollere opprettholdelse av kjølekjeden.

Forsøkene ble utført med prerigor-filetert oppdrettslaks fra Bremnes Seashore sitt produksjonsanlegg for fisk. I delforsøk 1 og 2 ble temperatur i bunnen av fiskekassene og inne i fiskene registrert ved bruk av ulike mengder tørris og ulike løsninger på pappemballasje. Det var tre ulike emballaseløsninger på papp som ble testet. Den første emballasjevarianten bestod av en liten pappkasse med to isolerende papplag på toppen, som skilte fisken og kjølemediet fra hverandre. Tørrisen ble plassert mellom de to isolerende papplagene. Den andre emballasjevarianten bestod av en stor pappkasse med ett isolerende papplag på toppen som var noe tynnere enn i papplaget i den første emballasjevarianten. Tørrisen ble også plassert mellom de to isolerende papplagene. Den tredje emballasjevarianten bestod av en stor pappkasse med en egenutviklet løsning for oppbevaring av tørris i den ene enden av fiskekassen. Mellom fisken og tørrisen var det en tynn skillevegg av papp. Resultatene viste at 400 g tørris pr. kg fisk ga mer frosset fisk og lavere temperatur i bunnen av fiskekassene enn ved bruk av 200 g tørris pr. kg fisk. Emballasjeløsningen i den store pappkassen med to isolerende papplag ga best kjøling av fisken ved oppbevaring på kjølelager i 15 timer.

I delforsøk 3 ble det utarbeidet en teoretisk oversikt over distribusjon av forløpet for prerigor-filetert laks fra Salmon Brands. Teoretisk kartlegging av distribusjon av laksen viste at frakttid, distributør, temperatur hos distributører og på kjølelager ved meierier og frakt av fiskekasser på pall eller som singelkasser, varierte avhengig av hvilken destinasjon fisken ble sendt til.

I delforsøk 4 ble det valgt ut fire destinasjoner for å teste om intakt kjølekjede, dvs. på 4 °C. Dette ble kontrollert gjennom å legge temperaturloggere i fiskekassene, som registrerte temperatur under distribusjon. Parallelt ble det også lagt inn temperaturindikatorer, som slo ut ved brudd på kjølekjede, utenpå og inne i hver av fiskekassene. Ved distribusjon av de fire kjølekjedene ble det registrert brudd i kjølekjeden til Oslo, Ålesund og Stavanger, mens til

Nord-Norge var kjølekjeden intakt. Resultatene fra temperaturindikatorerne viste overensstemmelse med temperaturloggerne.

I delforsøk 5 ble fiskekasser bestående av isoporemballasje med gelis og pappemballasje med tørris plassert ulike steder på pall. Plassering av pappkasse i midten av pallen resulterte i temperaturer fra -0,8 til -0,5 °C på overflaten av fisken. Temperaturen på overflaten av fisken i isoporkasse i midten av pallen lå på 0,8 til 2,0 °C. Ved plassering på toppen av pall var temperaturen på overflaten til fisken i pappkassen og isoporkassen på henholdsvis -0,5 til 1,2 °C og 2,3 til 2,5 °C. Pappemballasje med tørris resulterte i lavere temperatur på overflaten av fisken i forhold til isoporemballasje med gelis. Temperaturmålingene viste at i både isoporemballasjen og pappemballasjen var det kassen i midten av pallen som ga lavest temperatur på utsiden av fiskekassen. Det var også en signifikant forskjell i temperatur på utsiden av fiskekassene.

## **Abstract**

The purpose of this thesis was to optimize solutions for maintenance of the cold chain for salmon. In accordance with this, a study of the cold chain was carried out and it was considered whether a temperature indicator can be used to control the maintenance of the cold chain.

The present study was conducted with pre-rigor filleted farmed salmon from Bremnes Seashore's production plant for fish. In part 1 and 2 of the experiment, the temperature at the bottom of the boxes and inside the fish was recorded when using different amounts of dry ice and various solutions of cardboard packaging. Three different packaging of cardboard were tested. The first packaging consisted of a small cardboard box with two insulating layers of cardboard on top, which separated the fish and the refrigerant from each other. The dry ice was placed between the two insulating layers of cardboard. The second packaging consisted of a large cardboard box with two insulating layers on top which was slightly thinner than the insulating layers in the small box. The dry ice was also placed between the two insulating layers of cardboard. The third packaging consisted of a large cardboard box with a solution for storage of dry ice on one end of the cardboard box, developed by us. Between the fish and the refrigerant there was a thin layer of cardboard. The results showed that 400 g of dry ice per kg of fish resulted in more frozen fish and lower temperature in the bottom of the boxes than the use of 200 g of dry ice per kg of fish. After storage for 16 hours the large cardboard box achieved the best cooling of the fish because of the design and size of the box.

In part 3 of the experiment a theoretical overview of the distribution of pre-rigor filleted salmon from Salmon Brands was developed. Theoretical mapping of the distribution of salmon showed that time of carriage, distributor, temperature during carriage, temperature during storage at dairies and transport of boxes on whole pallets or as single boxes varied depending on destination.

In part 4 of the experiment four destinations were selected to test if the cold chain was intact, i.e. at 4 ° C. This was controlled by adding temperature loggers to the boxes, which recorded temperature during distribution. In parallel, temperature indicators which registered break in the cold chain, were also placed inside and outside of the boxes. During distribution of the four cold chains, break in the cold chain to Oslo, Ålesund and Stavanger was recorded, while

the cold chain to the north of Norway was intact. The results from the temperature indicators were in accordance with the temperature loggers.

In part 5 of the experiment polystyrene boxes (EPS) with gelice and cardboard boxes with dry ice were placed at different places on pallets. Location of the cardboard box in the middle of the pallet resulted in a temperature range from -0,8 to -0,5 °C on the surface of the fish. The temperature on the surface of the fish in the polystyrene box in the middle of the pallet was 0,8 to 2,0 °C. When placing the boxes on top of the pallets, the temperature on the surface of the fish in the cardboard box and the polystyrene box was -0,5 to 1,2 °C and 2,3 to 2,5 °C. Cardboard box with dry ice resulted a lower temperature on the surface of the fish compared to polystyrene box with gelice. In both polystyrene boxes and cardboard boxes, temperature measurements showed that the lowest temperature on the surface of the fish was reached when the boxes were placed in the middle of the pallet. The results showed that it was a significant difference in temperature on the outside of the boxes.

## Innhold

Forord.....	3
Sammendrag.....	4
Abstract .....	6
Oversikt vedlegg .....	9
Figurliste.....	10
Tabelliste .....	11
1 Innledning.....	12
1.1 Problemstilling .....	13
2 Teori .....	14
2.1 SALMA-laks .....	14
2.2 Kjøling.....	20
2.3 Kjølekjeden (fra merd til emballert produkt) .....	22
2.4 Emballasje .....	25
2.5 Vakuumpakking .....	26
2.6 Utstyr for temperaturovervåkning av kjølekjede.....	26
3 Materialer og metoder .....	28
3.1 Testing av ulike mengder tørris.....	28
3.2 Testing av ulike løsninger med pappemballasje og med ulike mengder tørris.....	31
3.3 Teoretisk kartlegging av kjølekjede .....	34
3.4 Praktisk dokumentasjon av kjølekjede og utprøving av temperaturindikator .....	35
3.5 Temperaturvariasjon i fisk i forhold til emballasje, kjølemedium og plassering på pall.....	39
4 Resultater.....	42
4.1 Testing av ulike mengder tørris.....	42
4.2 Testing av ulike løsninger med pappemballasje og med ulike mengder tørris.....	45
4.3 Teoretisk kartlegging av kjølekjede .....	49
4.4 Praktisk dokumentasjon av kjølekjede og utprøving av temperaturindikator .....	58
4.5 Temperaturvariasjon i fisken i forhold til emballasje, kjølemedium og plassering på pall.....	62
5 Diskusjon.....	65
5.1 Testing av ulike mengder tørris.....	65
5.2 Testing av ulike løsninger med pappemballasje og med ulike mengder tørris.....	67
5.3 Teoretisk kartlegging av kjølekjede .....	70
5.4 Praktisk dokumentasjon av kjølekjede og utprøving av temperaturindikator .....	71
5.5 Temperaturvariasjon i fisken i forhold til emballasje, kjølemedium og plassering på pall.....	75
5.6. Forslag til videre arbeid.....	77
6 Konklusjon .....	79
7 Litteraturliste .....	80



## Oversikt vedlegg

1. Resultater fra temperaturregistrering under distribusjon til Oslo
2. Resultater fra temperaturregistrering under distribusjon til Stavanger
3. Resultater fra temperaturregistrering under distribusjon til Båtsfjord
4. Resultater fra temperaturregistrering under distribusjon til Ålesund
5. Resultater fra temperaturregistrering ved distribusjon på pall ved hjelp av ANOVA-analyse
6. Resultater fra temperaturregistrering ved distribusjon på pall

## Figurliste

Figur 1: Nedbrytning av ATP under autolyse. ....	19
Figur 2: Stor pappkasse til venstre og liten pappkasse til høyre. ....	32
Figur 3: Egenkomponert løsning med pappkasse. ....	32
Figur 4: Temperaturindikatorer av typen "Chill Checker". Indikatoren til venstre viser opprettholdt kjølekjede, mens indikatoren til høyre viser brutt kjølekjede.....	36
Figur 5: Festing av merket temperaturlogger til venstre og temperaturindikator til høyre.....	38
Figur 6: Plassering av pappkasser på pall. ....	41
Figur 7: Temperatur i kjølerom og i bunnen av fiskekasser med ulik mengde tørris. ....	43
Figur 8: Temperatur i kjølerom og inne i fileter oppbevart i fiskekasser med ulik mengde tørris. ....	44
Figur 9: Temperatur i fisk i pappkasse med 200 g tørris pr. kg fisk. ....	44
Figur 10: Temperatur i fisk i pappkasse med 250 g tørris pr. kg fisk. ....	44
Figur 11: Temperatur i fisk i pappkasse med 300 g tørris pr. kg fisk. ....	45
Figur 12: Temperatur i fisk i pappkasse med 350 g tørris pr. kg fisk. ....	45
Figur 13: Temperatur i fisk i pappkasse med 400 g tørris pr. kg fisk. ....	45
Figur 14: Registrering av temperatur i kjølerom og i bunnen av fiskekasser med forskjellig emballaseløsning. ....	47
Figur 15: Registrering av temperatur i kjølerom og inne i fileter oppbevart i fiskekasser med ulik emballaseløsning. ....	48
Figur 16: Temperatur i fisk i liten pappkasse med 150 g tørris pr. kg fisk. ....	48
Figur 17: Temperatur i fisk i stor pappkasse med 150 g tørris pr. kg fisk. ....	48
Figur 18: Temperatur i fisk i egenutviklet pappkasse med 150 g tørris pr. kg fisk. ....	49
Figur 19: Temperatur i fisk i egenutviklet pappkasse med 200 g tørris pr. kg fisk. ....	49
Figur 20: Temperatur i fisk i egenutviklet pappkasse med 250 g tørris pr. kg fisk. ....	49
Figur 22: Frakttider ved distribusjonsruter uten forsinkelser. ....	52
Figur 23: Distributører mars 2012. ....	53
Figur 24: Temperaturer (°C) hos distributører. ....	54
Figur 25: Temperaturer (°C) på kjølelagre ved meierier. ....	55
Figur 26: Distribusjon av kasser på pall eller som singelkasser, ank. = ankomst. ....	56
Figur 27: Temperatur under distribusjon til butikk i Oslo (P = parallell). ....	59
Figur 28: Temperatur ved distribusjon til butikk i Stavanger (P = parallell). ....	59
Figur 29: Temperatur ved distribusjon til butikk i Båtsfjord. ....	60
Figur 30: Temperatur ved distribusjon til butikk i Ålesund. ....	61
Figur 31: Temperatur under distribusjon av fiskekasser på pall til Oslo. ....	64

## Tabelliste

Tabell 1: Antall kg. tørris i fiskekassene (merket 200, 250, 300, 350 og 400) avhengig av antall kg fisk i kassen og forhåndsbestemt mengde tørris i gram pr. kg fisk. ....	30
Tabell 2: Antall kg. tørris i fiskekassene (merket Frøyas, FrøyaSALMA, E150, E200 og E250) avhengig av antall kg fisk i kassen og forhåndsbestemt mengde tørris i gram pr. kg fisk. ....	33
Tabell 3: Plassering av temperaturloggere og temperaturindikatorer på fiskekasser sendt til ulike destinasjoner, med ulikt antall paralleller og forskjellig merking.....	37
Tabell 4: Plassering av temperaturindikatorer og temperaturloggere på merkede fiskekasser som bestod av ulik type emballasje og som var plassert forskjellige steder på pallen. ....	40
Tabell 5: Fysisk og visuell oppfatning av filetenes utseende (1 = ferskt produkt (referanse SALMA i butikk), 2 = delvis frosset produkt (deler av fileten var frosset og hadde enkelte hvite partier på overflaten) og 3 = frosset produkt (stivfrosset filet der hele overflaten var hvit)) etter oppbevaring i merkede kasser med forskjellig mengde tørris i gram pr. kg fisk...	42
Tabell 6: Fysisk og visuell oppfatning av filetenes utseende (1 = ferskt produkt (referanse SALMA i butikk), 2 = delvis frosset produkt (deler av fileten var frosset og hadde enkelte hvite partier på overflaten) og 3 = frosset produkt (stivfrosset filet der hele overflaten var hvit)) etter lagring i merkede kasser med ulik mengde tørris pr. kg fisk. ....	46
Tabell 7: Omtrentlig ankomsttid ved omlastingslager eller meieri, produksjonsdag for fisk på Bremnes og omtrentlig utsendingsdag for fisk til butikk (morgen = kl. 00-06, formiddag = kl. 06-12, ettermiddag = kl. 12-18, kveld = kl. 18-24).....	57
Tabell 8: Registrering av temperaturindikatorer ved mottak i butikk (Ålesund, Oslo, Stavanger og Båtsfjord), type emballasje, parallell og plassering av kasse på pall. ....	62
Tabell 9: Fysisk og visuell oppfatning av filetenes utseende (1 = ferskt produkt (referanse SALMA i butikk), 2 = delvis frosset produkt (deler av fileten var frosset og hadde enkelte hvite partier på overflaten) og 3 = frosset produkt (stivfrosset filet der hele overflaten var hvit)) og registrert overflatetemperaturtemperatur for fisk sendt til ulike destinasjoner, med ulike emballasje og plassert forskjellige steder på pallen. ....	63

## 1 Innledning

På begynnelsen av 1980-tallet begynte man med oppdrett av fisk i stor skala i Norge og i dagens oppdrett og fiskeri er det en økende mengde oppdrettsfisk (Statistisk sentralbyrå 2009). I følge Statistisk sentralbyrå (2009) “utgjør laks 90 prosent av det totale salget av norsk oppdrettsfisk i 2009”, og “fisk er den tredje viktigste eksportartikkelen etter olje/gass og metall”.

I samsvar med anbefalinger og trender som fokuserer på at man skal spise sunn og helsestærk mat, har laks blitt populært som følge av at den er lettfordøyelig og har et høyt innhold av flerumettet fett. Samtidig er man mer opptatt av at maten skal være enkel å tilberede, noe som gir kjølelagrede fiskeprodukter en fordel sammenlignet med frossen fisk som krever mer planlegging (Lynum 2005b).

Med økende interesse for fersk, kjølelagret fisk er det viktig at fisken har god kvalitet. Lagringstemperatur er ansett som den viktigste faktoren som påvirker kvalitet og holdbarhet til fersk fisk siden både enzymatisk og mikrobiologisk aktivitet påvirkes av denne faktoren (Mørkøre et al. 2010).

Høy temperatur er med på å fremskynde degradering av fiskemuskelene hvor enzymatisk degradering kan føre til endret tekstur og uønsket lukt og smak. Bakteriell nedbryting kan også gi vond lukt. Tilstedeværelse av patogene bakterier kan få store konsekvenser ved at det kan føre til matforgiftning.

Maksimumstemperatur i for lett bedervelige næringsmidler er 4 °C, jf. næringsmiddelhygieneforskriften § 12. Temperaturen bør helst være 0 °C ved lagring av fersk fisk siden dette er et lett bedervelig næringsmiddel. For å opprettholde kvaliteten til kjølelagret fisk, må kjølekjeden være ubrutt under distribusjon fra produsent og frem til butikk. Mye av fisketransporten, både til inn- og utland, foregår med lastebil. Det settes store krav til at distribusjonsnettverket opprettholder kjølekjeden fordi frakttiden fort kan komme opp i flere døgn.

Den tradisjonelle måten å frakte fisk på var tidligere å benytte trekasser. Ettersom trekassene kunne gi en oppblomstring i H<sub>2</sub>S-produserende bedervelsesbakterier, har man i dag gått over

til å benytte fiskekasser av isopor som også ivaretar kravet om kjølekjede. I senere tid er det et ønske fra flere dagligvarekjeder at man tar i bruk pappemballasje på grunn av enklere håndtering i butikk i tillegg til at papp er mer miljøvennlig. Det er heller ingen returordning for isoporemballasje i butikkene.

### **1.1 Problemstilling**

Masteroppgaven inngikk som en del av SUPERKALD-prosjektet som eies av Salmon Brands. Inntil videre blir prosjektet ledet av Salmon Brands og TINE FoU.

Masteroppgavens hovedmålsetting var å optimalisere løsninger for distribusjon av SALMA-laks og å kartlegge kjølekjeden. Til sammen ble det utført fem delforsøk med følgende problemstillinger:

1. Testing av ulike mengder tørris påvirker grad av frossethet i fisk
2. Testing av ulike løsninger av pappemballasje og med ulike mengder tørris
3. Teoretisk kartlegging av kjølekjede
4. Praktisk dokumentasjon av kjølekjede og undersøking av bruksområder og anvendelighet for bruk av temperaturindikator som et mulig verktøy for kontroll av kjølekjede
5. Temperaturvariasjon i fisk i forhold til effekt av emballasje, kjølemedium og plassering på pall

## 2 Teori

### 2.1 SALMA-laks

I følge TINE Forbrukersenter (2012) er SALMA et resultat av et “forsknings- og utviklingsprosjekt i samarbeid mellom Universitetet for miljø og biovitenskap (UMB), Bremnes Seashore og TINE FoU ” gjennom 16 år.

SALMA-laks er fersk prerigor-filetert filet som er både skinn- og beinfri. Det finnes to ulike varianter av SALMA, backloin som er fra ryggstykket på fisken og bellyloin som er fra fiskens buk. Vanligvis vil bellyloin ha ca. 1-2 % høyere fettinnhold (TINE Forbrukersenter 2012). Den gode kvaliteten gjør at man kan bruke fisken til både sushi og sashimi som baserer seg på rå, fersk fisk. Ved SALMA-produksjon er man avhengig av å opprettholde strenge kvalitetskrav for at fisken skal kunne spises rå.

Inntil nylig eide TINE AS og Bremnes Seashore henholdsvis 51 % og 49 % av foredlingselskapet Salmon Brands AS som ble opprettet i 2004 og som produserte SALMA-laksen. 17. februar 2012 solgte TINE sin andel slik at Salmon Brands kun eies av Bremnes Seashore. TINE vil fortsatt være ansvarlig for salg og distribusjon av fisken, mens Bremnes Seashore fortsetter med oppdrett og foredling av fisken.

På Bømlo i Hordaland oppbevares SALMA-laksen i ventemerder i sjøen rett før slakting. Her får fisken tilgang på rent sjøvann og merdene ligger i umiddelbar nærhet til slakteriet. Fordi det maksimalt skal ta fire timer fra fisken tas opp fra ventemerden til den er ferdig emballert, vil all prosessering av fisken skje prerigor. Prerigor vil si at fisken slaktes og fileteres før den går inn i rigorfase. Metoden har flere kvalitetsfordeler, men gjør også at man kan ha hurtigere leveranser til markedet slik at fisken får lenger salgstid i butikken (TINE Forbrukersenter 2012). Under prosessering, lagring og transport er det svært viktig at det opprettholdes en ubrutt kjølekjede for at SALMA-laksen skal få best mulig kvalitet. Det vil si at man holder temperaturen så nær 0 °C som mulig.

I følge TINE Forbrukersenter (2012) har SALMA-laksen god plass i merdene for å unngå stress. For å oppnå god kvalitet ved slakting, er det viktig at man reduserer stress. Dette fordi deler av fiskens energireserver, som lagres i fiskekjøttet, brukes opp når fisken stresser.

Redusert smak og farge samt dårligere tekstur kan være konsekvenser av dette. I tillegg vil fisken få en raskere inntreden i rigor mortis (dødsstivhet) som følge av mindre energilagre. Man vil da få kortere tid til å bearbeide prerigor-fileter (Lekang 2010b). Det har vært gjennomført studier på stress hos fisk hvor man ser at stress før slakting påvirker flere kvalitetskarakteristikker, spesielt gaping og tekstur i kjøttet (Sigholt et al. 1997; Stien et al. 2005). Resultater fra studier på korttidstress hos fisk viste samme tendens, der blant annet blodplasmanivåene av kortisol, glukose og laktat økte signifikant ved stress, mens glykogeninnholdet minket (Skjervold et al. 2001a).

### **2.1.1 Oppbygning av laks**

Antall virvler i virvelsøylen og antall ribbein er forskjellig hos laksefisk og hvitfisk og påvirker metodene for filetering og fjerning av bein. Hos laksefisk finnes det en øvre rekke med pinbein som stikker ut midt i den øvre muskelmassen (Hemmer et al. 2005). Fjerning av pinbeina på prerigor-laks skjer ved manuell skjæring. Grunnen til dette er at hos prerigor-fisk sitter beina fortsatt fast i fiskekjøttet fordi fisken ikke har gått gjennom rigor mortis. Prerigor-fisk har fastere konsistens enn postrigor-produserte fisk (fisk som ikke har gjennomgått rigor), men forskning har vist at prerigor-fisk krymper noe ved prosessering (Akse 2006; Mejdell et al. 2005; Skjervold et al. 2001b).

Fisk inneholder både glatt muskulatur (i innvoller og blodkar), hjertemuskulatur og tverrstripet skjelettmuskulatur, mens selve fiskemuskelen består av tverrstripet muskulatur, og det er vann og proteiner som utgjør mesteparten av innholdet. Muskelmassen er stort sett bygd opp av to langsgående fileter på hver sin side av neuralbeinet som finnes i midten av fisken (Hemmer et al. 2005). Fibrene i en muskel fra ku eller gris vil strekke seg gjennom hele lengden i muskelen, men dette er ikke tilfelle hos fisk (Aitken et al. 1982). I fisken vil traktformede muskelsegmenter (myotomer) med adskillende bindevevshinner (myosepter) danne fiskemuskelen slik at muskelsegmentene ser ut som konsentriske ringer ved et tverrsnitt av fileten. Fra hver myosept går det parallelle muskelfibre eller muskelceller som utgjør muskelsegmenter. I muskelsegmentet er det mange muskelbunter som igjen består av en samling muskelceller. Opptil 1000 myofibriller som består av proteinene aktin (ca. 25 %) og myosin (ca. 50 %), danner muskelfiberen (Lynum 2005a).

Muskelfibrene er omgitt av en bindevevshinne som slår seg sammen med andre muskelceller med bindevevshinner og utgjør en muskelbunt. Muskelfibrene er viktige ved filetering og prosessering fordi byggesteinene i muskelen går fra hverandre hvis muskelfibrene ryker. En slik kvalitetsfeil kalles gaping eller filetspalting. Bindevevet rundt muskelfibrene utgjør derfor en sentral rolle ved å holde den rå fileten sammen (Aitken et al. 1982).

Hos fisk blir muskelfibrene grovere og lengre etter hvert som fisken vokser. Fisk har to muskelsystemer; mørk muskulatur som brukes for kontinuerlig svømming og lys muskulatur som brukes til kortvarige muskelanstrengelser. Mørk muskulatur består hovedsakelig av langsomme og utholdende muskelfibre, mens raske og hvite muskelfibre utgjør mesteparten av den lyse muskulaturen. De to store musklene med lys muskulatur ligger på hver sin side av ryggbeinet og er vanligvis adskilt med bindevevshinner. Mesteparten av fiskekjøttet består av lys muskulatur, men man kan finne noe mørk muskulatur ytterst langs sidelinjen.

I motsetning til pattedyr som har dobbelt blodsirkulasjonssystem, har fisk et enkelt blodsistem hvor blodet går direkte fra gjellene og ut i kroppen (Hemmer et al. 2005). Fiskens blodsirkulasjonssystem over gjellebuene kan virke som varmeveksler og gjør at fisken får en raskere nedkjøling, forutsatt at fisken er levende (Mejdell et al. 2005).

### **2.1.2 Kjemisk sammensetning i laks**

Variasjon som skyldes kjønn, alder, geografisk område og årstid er faktorer som er med på å påvirke den kjemiske oppbygningen til fisk (Lynum 2005b). Dette gjelder også for oppdrettslaks, der forskning har vist at fettinnholdet er noe forskjellig avhengig av årstid (Mørkøre et al. 2010). Laks inneholder mellom 13 og 15 % fett som stort sett finnes mellom muskelfibrene, slik at det er ingen synlige fettdepoter som i kjøtt fra ku eller gris (Adams & Moss 2008; TINE Forbrukersenter 2012). Fettinnholdet i oppdrettsfisk kan påvirkes ved hjelp førsammensetning og -intensitet. Laksefisk er en mellomfet til fet fisk som lagrer mesteparten av fett i bukveggen og i finnefestene, mens det er lite fett i leveren og noe ujevn fettfordeling i muskulaturen. Generelt har laks høyt innhold av umettede fettsyrer som lett kan harskne dersom de utsettes for oksygen. På grunn av fiskefettets lave smeltepunkt vil fett i levende fisk holde seg flytende helt ned til frysepunktet.



Siden fisk har et lavt innhold av karbohydrater, er også glykogenmengden (under 0,3 % av fiskens vekt) lavere enn hos pattedyr (omtrent 1 % av vekten). Dette medfører et mindre pH-fall slik at holdbarheten til fisk blir kortere enn hos pattedyr. Fiskens glykogenlager kan også raskt brukes opp dersom fisken stresser mye før slakting (Lynum 2005a).

Fiskemuskelen hos laks har et høyt proteininnhold på 21,5 %. Fiskemuskelen har løsere struktur og er mørere enn muskel fra pattedyr siden den inneholder mindre bindevev, herav omtrent 3 % av totalvekten sammenlignet med omtrent 15 % i kjøtt (Adams & Moss 2008). Myosin og aktin sørger for kontraksjon og avslapning av muskelen. Etter fisken død ødelegges den metabolske balansen i muskelcellene og det skjer irreversible prosesser som kan påvirke proteinene. Dette kan resultere i problemer under prosessering (Aitken et al. 1982). Proteinene påvirkes også av høy varme ved at de denatureres.

I fiskekjøttet hos saltvannsfisk finnes det høy andel “nitrogen som ikke er bundet til proteiner, NPN, Non Protein Nitrogen”. Og som etter fisken død, “nedbrytes til illeluktende og flyktige forbindelser” (Lynum, 2005: 67). TMAO (trimetylaminoksyd) kan brytes ned til TMA (trimetylamin) som er hovedkomponenten i fiskelukt. Laks har et lavt innhold av TMAO siden fete fiskearter har et lavere innhold av dette stoffet (Lynum 2005a).

### **2.1.3 Forandringer i laksen etter død**

Mange av enzymene i fiskemuskelen fortsetter med sine funksjoner selv etter fiskens død. En av disse funksjonene er å opprettholde muskelen slik at den er klar til å kontrahere. Etter fiskens død (post mortem) vil blodsirkulasjonen og oksygentilgangen opphøre. Energien som er lagret i form av glykogen i muskelen, vil fortsatt være tilgjengelig (Aitken et al. 1982). Når glykogenet er brukt opp, vil muskelen begynne å trekke seg sammen ved at proteinene aktin og myosin låses sammen i hverandre og danner komplekset aktomyosin (Aitken et al. 1982; Lynum 2005a).

Muskelkontraksjon starter når en nerveimpuls utløser frigjøring av kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) fra sarkoplasmisk retikulum til myofibrillene. Når konsentrasjonen av  $\text{Ca}^{2+}$  øker i det aktive enzymsetet på myosinfilamentet, aktiveres enzymet ATP-ase. Enzymet deler ATP som dannes mellom aktin- og myosinfilamentene, og som forårsaker frigjøring av energi.

Mesteparten av energien brukes som kontraktile energi for at aktinfilamentene glir inn mellom

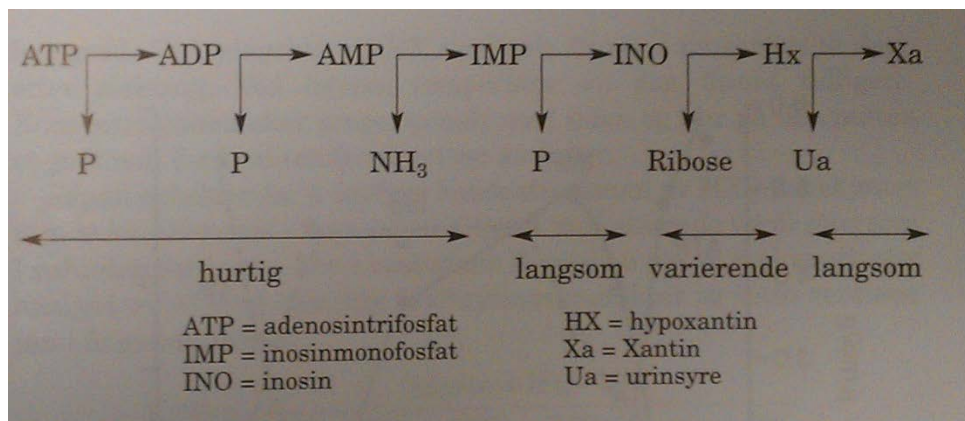
myosinfilamentene i en sammenskyvbar form slik at muskelen kontraherer. Når reaksjonen reverseres (dvs. når  $\text{Ca}^{2+}$  pumpes tilbake, den kontraktile ATP-ase-aktiviteten stopper og filamentene kan gli passivt forbi hverandre), er muskelen avslappet (Huss 1995).

Tilstanden når aktin og myosin låses sammen kalles dødsstivhet eller rigor mortis, men det hersker usikkerhet rundt hvilke faktorer som utløser dødsstivhet. Vanligvis blir fiskekjøttet hardt og uelastisk under dødsstivhet, men prerigor fisk som ikke har gått gjennom denne fasen, kjennetegnes ved en fast og elastisk tekstur (Lynum 2005a). Under nedbrytningen av energireservene i rigor, dannes det melkesyre som øker innholdet av syre i muskelen og som fører til utvikling av seighet (Aitken et al. 1982). Tidspunkt for begynnelse og utvikling av rigor mortis avhenger av art, behandling før slakting, stress før slakting, biologisk status til fisken og temperatur ved lagring i prerigor (Skjervold et al. 2001b). I tillegg spiller temperatur en viktig rolle ved at jo høyere temperaturen er, jo raskere er både inntreden og varigheten av rigor (Lynum 2005b).

I den første lagringsperioden vil autolytiske prosesser dominere nedbrytning av fisken. Autolyse er enzymatiske prosesser som skjer i fiskekjøttet og i ulike organer etter fiskens død, og kan resultere i nedbrytning av vevet (Aitken et al. 1982). Selv om viktige reaksjoner som hormonregulering og nervebeskjeder stopper opp, vil enzymatiske prosesser fortsette og føre til at proteiner og andre stoffer i cellene spaltes (Hemmer et al. 2005). Autolyse fører til at kjøttet blir mørere og mindre elastisk som følge av at proteolyse inntreer ved kortere eller lengre tid etter opphørt rigor. Siden fet fisk inneholder mindre NPN-stoffer enn mager fisk, er ikke dannelse av TMA fra bakterieenzymer i proteolysen noe stort problem i laks. I tillegg blir SALMA-laks vakuumpakket for å forhindre oksidativ harskning av det umettede fett. Kvalitetsproblemer som skyldes autolyse vil sannsynligvis ikke oppstå i magen fordi SALMA-laks sløyes såpass raskt etter bløgging. I tillegg er innvollene hos oppdrettslaks omtrent sterile siden fisken sultes før slakting.

pH i fiskemuskel (ca. 7) vil synke etter fiskens død som følge av anaerobe forhold, og etter hvert vil det bli produsert melkesyre. Autolyse gjør at oppdrettsfisk vanligvis utvikler rigor etter 10 til 30 timer når glykogenlagrene og ATP-innholdet (energi) er brukt opp.

Autolytisk nedbrytning av ATP (adenosintrifosfat) i glykolysen fører til dannelse av AMP (adenosin monofosfat), IMP (inosinmonofosfat), INO (inosin), Hx (hypoxantin) og ribose (Figur 1).



**Figur 1: Nedbrytning av ATP under autolyse (Lynum 2005a:97).**

Nedbrytningsproduktene fra ATP kan påvirke smak og aroma i fisken ved at IMP bidrar som aromaforsterker og fremhever både god og dårlig smak. Redusert smak og lukt kan skyldes nedbrytning av INO, mens bitter smak i fiskekjøttet kan skyldes opphopning av Hx. Glykolysen og er også temperaturavhengig.

Siden fisk har et lavt glykogeninnhold, vil spaltingen av glykogen sjelden gjøre at pH i fiskemuskel blir lavere enn 6,2 – 6,5. Det korte pH-fallet hos fisk er en av årsakene til dårlige holdbarhet på fisk. Av hensyn til glykogeninnhold blir oppdrettsfisk nedkjølt før slaktning for å øke glykogenlagrene og forbedre lagringsdyktigheten. Ulempen er at vannbindingsevnen blir dårligere noe som medfører at fisken avkjøles saktere.

Bakterier overtar nedbrytningen etter syv til tolv døgn, men lagring ved høyere temperaturer fremskynder prosessen. Bakteriene produserer enzymer som fortsetter nedbrytningen av glukose, laktat, ribose, nukleotider, TMAO og frie aminosyrer. Samtidig øker antallet bedervelsesbakterier som sørger for bilukt og bismak på fisken, på grunn av deres korte generasjonstid. Bakteriernes proteolytiske enzymer bryter også ned proteinene til aminosyrer. Videre kan enzymer bryte ned aminosyrene til aminer ved dekarboksylering og til ammoniakk ved deaminering. Dannelse av patogene bakterier kan føre til matforgiftning (Lynum 2005a).

Innholdet av bakterier, både på utsiden og innsiden av fisken, utgjør ingen fare så lenge fisken er levende. Så fort fisken dør endres miljøet hvor bakteriene lever, og det gir en mulighet for enkelte bakterier til å invadere fiskekjøttet der vekstforholdene er annerledes (Aitken et al. 1982). På grunn av at de fleste bakterier er avhengig av pH over 6 for å trives i tillegg til at de

trives best i fuktige omgivelser, er fersk fisk som kjølelagres et passende vekstmedium. Av denne grunn er man spesielt avhengig av gode hygieniske forhold under prosessering av fersk fisk.

I fisk fra nordlige omgivelser består omtrent 80 % av mikrofloraen av psykrofile bakterier. Psykrofile bakterier er kapable til å vokse ved 0 °C noe som betyr at selv om fisken kjøles eller islagres, vil det kun resultere i forsinkelse av bakterieutvikling (Lynum 2005a).

## **2.2 Kjøling**

Kjøling er en enhetsoperasjon der temperaturen til en matvare senkes slik at den er mellom -1 °C og 8 °C (Fellows 2009).

### **2.2.1 Kjøling av fisk**

Den viktigste faktoren for å øke holdbarheten til fisk er å senke temperaturen. Fersk fisk bør ha en lagringstemperatur på 0 °C. Hensikten med dette er å redusere antall biokjemiske og mikrobielle reaksjoner i fisken. Dersom lagringstemperaturen reduseres, vil også raten av vekst og mikroorganismenes nølefase minke (Fellows 2009). Man antar at dette er grunnen til at kjølelagret fisk får en vesentlig bedre holdbarhet i temperaturintervallet 0,0 – 0,5 °C. Det er spesielt viktig at laksens lagringstemperatur det første døgnet etter fangst er lav (Hemmer et al. 2005). “Man regner med en dobling i biokjemisk reaksjonstid ved et temperaturfall på 10 °C (Q-10-regelen). Forsøk viser at holdbarheten til kjølelagret fisk dobles når temperaturen synker med 3 °C” (Hemmer et al. 2005: 124).

Temperaturen under prosessering og distribusjon er også viktig for å forhindre kvalitetsforringelse. Andre faktorer som er med på å påvirke fisken under kjøling er fysiske og kjemiske endringer i produktet, inntørking, nedkjølingshastighet, type kjølelagring, emballasje og hygieniske forhold (under prosessering og pakking) (Fellows 2009; Rukke 2009).

Fisk som er oppvokst i nordiske eller arktiske områder inneholder en bakterieflora som består av psykrotrofe og psykrofile bakterier med minimumstemperatur på -5-0 °C. Kuldetolerante, gram-negative stavbakterier utgjør som oftest mikrofloraen hos fisk fra kaldere strøk,

deriblant *Shewanella putrefaciens* og *Pseudomonas* ssp. Av denne grunn gir holdbarhetsforlengelse hos fisk fra varmere farvann mer effekt enn hos fisk fra nordiske områder (Adams & Moss 2008).

Holdbarhetstiden er vanligvis mellom åtte til tolv dager for fisk som ligger på is (0 °C) og SALMA-laksen har en holdbarhet på ti dager fra produksjonsdato (Lynum 2005b; TINE Forbrukersenter 2012).

### **2.2.2 Kjøling med is**

Kjøling i isoporkasser med smeltende is har lenge vært en gunstig metode for å oppbevare fisk kjølig. Fordelen er at så lenge det er is tilstede i fiskekassen, holdes temperaturen ved 0 °C i tillegg til at fisken ikke utvikler fryseskader.

### **2.2.3 Kjøling med tørris**

Tørris er kullsyre (CO<sub>2</sub>) i fast form som har et frysepunkt på – 78,5 °C og brukes til å holde produktet kaldt eller delvis frossent. Den lave temperaturen opprettholdes i isen til den er oppbrukt, og nedkjøling med kjølemediet vil derfor skje betydelig raskere enn ved bruk av vannis. Ved bruk av tørris vil noe av vannet i fiskemuskelen fryse ved hjelp av skallfrysing. Fordelen med tørris er at den under smelting kun avgir gass, i motsetning til vannis som avgir vann. Videre blir dobbelt så mye varme pr. kg vare fjernet ved bruk av tørris i forhold til vannis (Yara Praxair 2012). Ved bruk av tørris må man være oppmerksom på at det kan dannes trykk dersom isen lagres i en gastett beholder (AGA 2012). Tørris finnes som blokker, pellets og som snø (knust is).

### **2.2.4 Kjøling med gelis**

Gelis benyttes som kjølemedium ved frakt av SALMA-laks. Gelisen er pakket inn i en plastpose der innholdet består av vann som er iblandet ett pulver som brukes i bleier slik at det blir en viss tykkelse på blandingen og det dannes en gel (Husa 2012). Gelisen fryses så ned.

### **2.2.5 Skallfrysing/superkjøling**

Superkjøling eller skallfrysing er en nedkjølingsmetode som går ut på at fisken oppbevares med liten eller ingen isdannelse uten at den fryser til is. Temperaturen kan være fra 0 °C til mellom -1,5 og -3 °C (Lynum 2005b). Fiskekjøttet har ikke noen bestemt frysetemperatur,

noe som skyldes at de forskjellige oppløste stoffene i fiskens vevsvæsker gir et osmotisk potensiale. Ved -1 til -1,5 °C vil vevsvæskene begynne å danne iskrystaller, men temperaturen er avhengig av fiskeart (Lynum 2005a). Sistnevnte påstand støttes av en studie utført av Lauzon, Margeirsson, Sveinsdóttir, Guðjónsdóttir, Karlsdóttir og Martinsdóttir. Man fant ut at det var sammenheng mellom fiskeart og sensitivitet for superkjøling. Grunnen til dette var forskjeller i vanninnhold som påvirket fiskens frysepunkt (Lauzon et al. 2010). Laks begynner å fryse ved ca. -1,7 °C.

Når vannet i fiskemuskelen begynner å krystallisere seg, vil konsentrasjonen av løselige stoffer i det ufrosede vannet øke. Dette kan forårsake denaturering av muskelproteiner og skader i membranstrukturen som igjen kan gi økt drypptap, dårligere vannholdingskapasitet og teksturendringer (Valtýsdóttir et al. 2010). Så lenge mindre enn 20 % av fisken er fryst, kan man fortsatt definere enhetsoperasjonen som kjøling. Ved hjelp av skallfrysing dannes et slags fryseskall av is ytterst som beskytter produktet, mens selve kjernen ikke er frosset. Etter hvert vil temperaturen i fisken utjevne seg og bli rundt -1,5 °C (Lekang 2012).

Forskning har vist at oppbevaring av fisk i temperaturer under frysepunktet resulterer i at fisken får svært liten bakterievekst, autolytiske reaksjoner senkes og lagringstiden økes (Valtýsdóttir et al. 2010). En annen fordel med skallfrysing er at rigorkontraksjonen hindres (Bahuaud et al. 2008). I motsetning til resultater nevnt ovenfor, viste andre forsøk som baserte seg på lagring av fisk ned mot -4 °C, at den sensoriske kvaliteten ble noe dårligere (Lynum 2005a). Dette gjaldt spesielt skallfryste fileter som ble lagret over lengre tid (Gallart-Jornet et al. 2007). Bahuaud et al. (2008) fant flere defekter i det ytterste laget av skallfryste fileter noe som mest sannsynlig er konsekvenser som følge av utvikling av store intra- og ekstracellulære iskrystaller under superkjøling.

### **2.3 Kjølekjeden (fra merd til emballert produkt)**

Det er hensiktsmessig å kjøle fisken til ønsket lagringstemperatur før pakking for å få en effektiv og raskt kjøling. Kjøling av en allerede emballert fisk, gjerne i esker, gjør at det tar lenger tid å oppnå ønsket temperatur i laksen (Valtýsdóttir et al. 2010).

### **2.3.1 Før avlivning**

En viktig faktor som øker produktkvaliteten ved slakting, er lav temperatur i fisken ved slaktetidspunkt. Denne faktoren er ikke like lett å oppnå i merdene siden sesongvariasjoner gjør at man ikke har en konstant temperatur hele året. Fiskens kroppstemperatur er vanligvis 0,1 til 1 °C høyere en vanntemperaturen (Skjervold et al. 2002). I en studie av Mørkøre, Rødbotten, Vogt, Fjæra, Kristiansen og Manseth (2010) ble det funnet at holdbarheten til prerigor-fileterte laksefileter ble påvirket av temperaturen i sjøen som igjen hadde en innvirkning på temperaturen i fisken ved slaktetidspunkt. Studien antydte at laks som var oppvokst i kaldere vann, utviklet mindre effekt av mikrobiell vekst og autolytiske enzymer (Mørkøre et al. 2010). Derfor vil høy sjøvannstemperatur ved slakting være assosiert med dårlig filetkvalitet og gaping (Skjervold et al. 2002). For at laksen skal ha lavere slaktetemperatur, foretas det en levendekjøling av fisken (i ca. en time) i en tank med sjøvann som holder ca. 2 °C. Ved å benytte nedkjølt sjøvann, såkalt RSW-kjøling (Refrigerated Sea Water), blir laksen tilstrekkelig nedkjølt før bløgging (Lekang 2010a).

Levendekjøling sørger for en jevnere kjernetemperatur hos fisken uavhengig av størrelse siden laksens blod avkjøles og pumpes rundt i fisken mens fisken fortsatt er levende (Fjæra 2010). Kjølemetoden er også fordelaktig ved at fisken stresses mindre og beholder mer av glykogenlageret sitt etter slakting. I tillegg får man en kvalitetsgevinst ved at prerigor- og rigorfasen blir lenger (Lynum 2005b). Levendekjøling av fisken har vært et av resultatene industrien har kommet opp med for å forbedre fiskekvaliteten (Skjervold et al. 2001b).

### **2.3.2 Etter avlivning**

Før fisken går inn i slakteriet for prosessering, er det viktig at den har blitt tilstrekkelig nedkjølt på forhånd. Under prosessering vil temperaturen i fisken gradvis øke og for at man skal rekke å bearbeide fisken før den går inn i rigor, er man avhengig av rask og effektiv nedkjøling.

I både slakte- og pakkelinjer er man avhengig av en lav og stabil temperatur i alle trinnene (Mejdell et al. 2005). Dette praktiseres “for å opprettholde den lave temperaturen i levende kjølt fisk og senke den ytterligere” (Mejdell et al. 2005: 29). I tillegg kan man senke temperaturen i produksjonslokalet for å hindre kontaminering fra bakterier som trives ved høyere temperaturer. I resultater fra forsøk på kjøling av fersk fisk ble det funnet at ved å

minimalisere pakketid og romtemperatur under pakking, ville temperaturen i filetene synke (Margeirsson et al. 2010).

Fisk som utsettes for skjæring i kjøttet, vil bli mer mottagelig for mikroorganismer ved at den får større kontaminasjonsoverflate. Som følge av dette vil fileter få kortere holdbarhet enn hel, sløyd fisk. I følge Lynum (2005b) kan også lav produksjonstemperatur motvirke stort vanntap fordi høye temperaturer i produksjonslokalet kan gi vekttap opp mot 25 %.

### **2.3.3 Utblødning og etterkjøling i kaldt vann**

Ved norske slakterier for oppdrettsfisk er det vanlig at fisken blør ut i kaldt vann etter bløgging. Siden prerigor-laksen er et produkt som skal være ferdig emballert innen 4 timer, er man avhengig av kort kjøletid. Likevel må det tas hensyn til at hensikten med bløgging er at fisken dør, men også at den skal tømmes for blod slik at oppblomstring av mikroorganismer og harskning av blodet ikke forekommer. Kuldeoverføring i laksen vil ta lenger tid på dette tidspunktet siden fisken fortsatt ikke er sløyd. Utblødning i kaldt vann er fordelaktig med tanke på at fisken tømmes for blod samtidig som den blir avkjølt.

Selv om forsøk har vist at det er liten forskjell i utblødningsgraden mellom utblødning i kaldt vann og tørr utblødning, vil utblødning i kaldt vann gi en fordel ved effektiv kjøling av fisk. Forsøk har likevel vist at tørrutblødning av torsk også er en vellykket med hensyn på utblødning, men inntil videre domineres nedkjølingen av RSW eller CSW (Chilled Sea Water) (Mejdell et al. 2005).

### **2.3.4 Kjølekar etter maskinell sløying**

Etter sløying blir fisken skylt og videre nedkjølt med RSW (Refrigerated Sea Water) i ca. 35 minutter i en tank (Lekang 2010b). Det er også anbefalt en effektiv kjøling av fisken før pakking grunnet temperatursvingninger i mange kjølekjeder (Margeirsson et al. 2010).

### **2.3.5 Emballering**

Før pakking i kasser er det krav om at skal fersk fisk være nedkjølt til en kjernetemperatur på maksimum 4 °C (Mejdell et al. 2005). Ved å redusere den termiske energien i fisken under



prosessering vil man også kunne redusere behovet for kjølemedier under lagring (Skjervold et al. 2002).

## **2.4 Emballasje**

Tidligere var det vanlig å lagre fisk i isoporkasser med is, men ettersom matvarebutikker og matvarekjeder har blitt mer miljøfokuset, har papp blitt mer populært. Høye fraktkostninger og dårlig plassutnyttelse av brukte isoporkasser har også bidratt til utvikling av pappkasser for fersk fisk.

Fordi laks er et lett bedervelig næringsmiddel, er man avhengig av at emballasjen sørger for å redusere oksidasjonsprosesser i fisken, redusere vanntap, hindre drypp, hindre lukt og minske bakterievekst og enzymatisk forringelse. Emballasjen bør også være lysbeskyttende, støtabsorberende, kuldebestandig og tåle håndtering fra pakkested til forbruker (Eie 2005a).

### **2.4.1 Isopor og papp**

Isopor består av ekspandert polystyren (EPS) og er et gunstig materiale til bruk i fiskekassene fordi det gjennomsnittlig inneholder 98 % luft. "Cellestrukturen er lukket, og hver celle gir sitt bidrag til varmeisolasjon og trykkfasthet" (Eie 2005b: 82). Selv om isopor er et billig materiale, har det vist seg at gjenvinning av dette plastmaterialet er et problem. Alternativet er å gå over til pappemballasje som er basert på fiber med god våtstyrke. Fordelen med fiskekasser bestående av pappemballasje er at materialet er lett, sterkt, resirkulerbart, flatpakket ved levering og informasjon kan trykkes direkte på pappen. Den største ulempen er at materialet er hygroskopisk og at det har noe dårligere isolasjonsevne enn isopor (Eie 2005b).

### **2.4.2 D-pak og F-pak**

Pakningen som fisken distribueres i kalles F-pak (forbrukerpakninger), og hos SALMA består den av en underfilm og en overfilm. Enheten som flere F-pak utgjør og pakkes i kalles D-pak (distribusjonsforpakning). Hittil har D-pak bestått av isoporkasser. Markedet ønsker D-pak-løsninger bestående av pappemballasje. I følge Standardiseringsutvalget for Norsk Dagligvarebransje (2007: 3) "skal D-pak passere ubrutt gjennom verdikjeden fra produsent til butikk", og det er "den bestillbare enheten for kjeder og grossister". Vanligvis inneholder D-

pak et bestemt antall F-pak (hos SALMA er dette ti enheter) i tillegg til at D-pak er sporbar på grunn av merking etter gjeldende forskrifter. En annen viktig egenskap ved D-pak er beskyttelse av produktet samt at den skal “sikre mattrygghet, stablebarhet og svinn“ (Standardiseringutvalget for Norsk Dagligvarebransje 2007: 3).

## **2.5 Vakuumpakking**

Selve SALMA-laksen vakuumpakkes med den hensikt at luften suges ut av pakningen slik at det dannes et vakuum. Emballasjen omslutter produktet som følge av undertrykket som dannes i pakningen og begrenser samtidig gassmigrasjon ut og inn gjennom emballasjen (Eie 2005a; Lylum 2005b). For fet fisk vil vakuumpakking være gunstig på grunn av høyt fettinnhold og lavt TMAO-innhold (trimetylaminoxid) samtidig som vakuum øker effekten av kjølelagringen. Når oksygen utelates, fører det til en økning av bakterier som blant annet *Yersina enterocolita* som trives ved anaerobe forhold under kjølelagring. Vakuumpakking kombinert med kjølelagring gir også fare for oppformering av patogene bakterier og blant annet *Listeria monocytogenes* og *Clostridium botulinum* (Lylum 2005a). “Siden vakuumpakningen ikke er varmebehandlet, vil holdbarheten til laksen fortsatt være begrenset og den er avhengig av og kjølelagres” (Hemmer et al. 2005: 125).

## **2.6 Utstyr for temperaturovervåkning av kjølekjede**

### **2.6.1 TTI (tid-temperatur-indikator)**

Overvåkning av fiskens kjølekjede kan gjøres ved hjelp av tid-temperatur-indikatorer (TTI-er). En tid-temperatur-indikator er en fargeindikator av plast eller spesiallaget laminært papir som er billig og lett håndterlig. TTI-en indikerer tid- og temperaturavhengige forandringer, temperaturhistorikken og kvalitetsstatusen til matvaren (Norske Sjømatbedrifters Landsforening 2008; Taoukis et al. 1999). Med andre ord vil indikatoren benytte registrert temperatursum i et produkt under transport og lagring til å beregne resterende holdbarhet. TTI-en er festet til produktets emballasje (F-pak), og den baserer seg på fargereaksjoner mellom ufarlige forbindelser som følge av temperatur og tid. TTI-ene kan være basert på diffusjon, mikrobiologisk reaksjon, enzymatisk reaksjon, polymerreaksjon eller fotokjemisk reaksjon. Fordelen med TTI er at holdbarheten avhenger av lagringsforholdene, og man kan

derfor få en mer nøyaktig estimering av kvaliteten til produktet. Bruk av TTI kan også føre til mindre kasting av god mat i tillegg til at kunden selv kan sjekke holdbarheten til matvaren (Norske Sjømatbedrifters Landsforening 2008).

### **2.6.2 Temperaturindikator**

En temperaturindikator registrerer kun temperaturer produktet har blitt utsatt for over en gitt tidsperiode. Dersom produktet har vært utsatt for en temperatur over den gitte grensetemperaturen, gis det utslag på indikatoren, som regel i form av en fargeendring.

### **2.6.3 Temperaturlogger**

Temperaturloggere måler og registrerer temperaturen over en gitt tidsperiode med forhåndsbestemte intervaller.

## **3 Materialer og metoder**

### **3.1 Testing av ulike mengder tørris**

I første delforsøk ble følgende hypotese testet: Større mengde tørris gir mer frosset fisk.

#### **3.1.1 Forsøksbetingelser**

Forsøket ble utført fra 17. til 18. januar 2012 ved Bremnes Seashore sitt anlegg for foredling og emballering av laks i Bømlo kommune.

#### **Råvarer**

Forsøket ble utført med 50 vakuumpakkede prerigor-fileterte SALMA-laks rett fra anlegget på Bremnes. Fisken var produsert dagen før og hadde ligget på kjølelager i omtrent ett døgn. Siden standard i isoporkassene er ti fileter, inneholdt også testkassene det samme antallet fileter, henholdsvis fem fileter med bellyloin og fem fileter med backloin. Samlet vekt av de ti filetene i hver kasse varierte fra 5,94 kg til 6,29 kg.

#### **Emballasje**

Pappemballasjen, i form av bølgepapp, var produsert av Glomma Papp. Det ble testet fem like prototyper av kassen med bunn og lokk. Målene på kassene var 60x40x10 cm (lengde x bredde x høyde). Bølgepapp inneholder ett eller flere bølgesjikt og plansjikt (plant papir). Bølgesjiktet er som oftest limt på eller mellom lag av plant papir. Bølgepapptypene avhenger av bølgehøyden. Veggene og bunnen i pappkassen bestod av dobbel bølgepapp, det vil si bølgepapp med to bølgesjikt og tre plansjikt. Lokket bestod av bølgepapp med ett enkelt bølgesjikt og to plansjikt (Eie 2005b).

I det første delforsøket ble prototypen på pappkassen benyttet, men i tillegg ble det lagt et tynt papplag (enkel bølgepapp) over fisken for å hindre direkte kontakt mellom produktet og kjølemediet.

#### **Kjølemedium**

Det nye kjølemediet som skulle testes ut var tørris i form av pellets som ble produsert av Yara i forkant av forsøkene. Tørrisen ble oppbevart i isoporkasser på et kjølelager.

#### **Måleutstyr**

Under forsøket ble det tatt i bruk elleve temperaturlogger som skulle registrere temperaturen hvert minutt så lenge forsøket pågikk. Temperaturloggerne ble merket med et nummer og festet med teip på ønskede steder i kassen. Temperaturloggerne som ble puttet inne i fisken, ble dekket til og merket.

Temperaturloggerne var trådløse, resistente mot støv, vann og damp. Dataminnene ble beskyttet av en kraftig stålkapsel. De var av typen "Thermo Button", modell 22L som har ekstra høy nøyaktighet ( $\pm 0,5$  °C). Temperaturloggerne har registreringsintervall som kan variere mellom fra 1 sekund til 253 timer. Temperaturloggerne kan registrere temperaturen i området  $-40$  °C til  $+85$  °C. Størrelsen til temperaturloggerne var 16 mm i diameter og 6 mm i tykkelse (Plug & Track Nordic 2012).

For å måle temperaturen inne i fisken ble det også benyttet et infrarødt varmekamera, "InfraCAM SD", fra produsenten FLIR Systems. Kameraet registrerte temperaturer i området fra  $-10$  til  $350$  °C med en nøyaktighet på  $\pm 2,0$  °C og med en termisk sensitivitet bedre enn  $0,12$  °C (Golbal Test Supply 2012).

### **Kjølelager**

Enkeltkassene ble satt på kjølelager hos Bremnes Seashore der temperaturen var  $2-3$  °C.

### **3.1.2 Forsøksoppsett**

I første delforsøk ble det undersøkt temperaturer i fisken og i bunnen av pappkassene i forhold til mengde tørris lagt i kassene. Det ble benyttet følgende mengder tørris pr. kg fisk pr. kasse: 200 g, 250g, 300g, 350g og 400 g pr. kg fisk. Selve forsøket varte i 16 timer.

For å dosere riktig mengde tørris i kassene, ble de ti filetene i hver enkelt kasse veid (Tabell 1).

**Tabell 1: Antall kg. tørris i fiskekassene (merket 200, 250, 300, 350 og 400) avhengig av antall kg fisk i kassen og forhåndsbestemt mengde tørris i gram pr. kg fisk.**

<b>Merking kasse</b>	<b>Mengde tørris i g pr. kg fisk</b>	<b>Antall kg fisk</b>	<b>Antall kg tørris</b>
200	200	5,94	1,13
250	250	6,29	1,50
300	300	5,99	1,71
350	350	6,08	2,03
400	400	6,17	2,36

### **3.1.3 Registreringer og databehandling**

Før forsøkene ble det festet en temperaturlogger i bunnen av hver kasse samt en temperaturlogger i kjølerommet der forsøket pågikk. Det ble også lagt inn en temperaturlogger i midten av en fisk i hver kasse. Dette ble gjort ved å skjære opp en tilfeldig fisk, legge temperaturloggeren inne i fisken, for så å teipe igjen emballasjen. Fisken med temperaturlogger ble så lagt i midten blant fiskene i pappkassen. Lokket ble så satt på pappkassen.

Det ble benyttet en prototype på SALMA-pappkasse med fisk i bunnen, så et isolerende og beskyttende papplag mellom fisken og isen og tilslutt tørris på toppen. Tørrisen var ikke i direkte kontakt med fisken. Pappkassene ble plassert enkeltvis på kjølelager. Det ble kun testet enkeltkasser uten paralleller grunnet mangel på temperaturloggere. Underveis ble temperaturen registrert, både i kjølerommet, i bunnen av hver kasse og inne i utvalgte fisker.

Etter endt forsøk ble det foretatt en fysisk og en visuell oppfatning av fisken, henholdsvis i topp, midt og bunn av kassene. Fisken ble vurdert etter følgende skala:

- 1 = fersk produkt (referanse SALMA i butikk)
- 2 = delvis frosset produkt (deler av fileten var frosset og hadde enkelte hvite partier på overflaten)
- 3 = frosset produkt (stivfrosset filet der hele overflaten var hvit)

Fisken med logger inne ble også skåret over vertikalt på midten for å kunne registrere temperaturen i fiskekjøttet ved hjelp av et infrarødt varmekamera. Registreringene ble foretatt på kjølelageret ved Bremnes Seashore.

Ved registrering av temperatur ble temperaturloggerne koblet opp mot dataprogrammet Thermo Track PC V7, der man på forhånd bestemte tidsintervallet for når temperaturloggerne skulle registrere temperatur samt hyppigheten av registreringene. Resultatene fra Thermo Track PC V7 kunne behandles videre i Excel.

### **3.2 Testing av ulike løsninger med pappemballasje og med ulike mengder tørris**

I andre delforsøk ble følgende hypotese testet: Ulike emballaseløsninger og ulike mengde tørris fører til ulike temperaturer i fisken.

#### **3.2.1 Forsøksbetingelser**

Forsøket ble utført fra 18. til 19. januar 2012 ved Bremnes Seashore sitt anlegg for foredling og emballering av fisk i Bømlo kommune.

#### **Råvarer**

Fisken fra det første delforsøket ble benyttet på nytt, men de ti mest frosne fiskene ble byttet ut med ti nye. Samlet vekt av ti fileter i hver fiskekasse varierte fra 5,94 kg til 6,29 kg.

Råvarer er tidligere beskrevet i avsnitt 3.1.1.

#### **Emballasje**

I det andre delforsøket ble det tatt i bruk tre ulike løsninger med pappemballasje:

- En liten pappkasse (50x30x14 cm) (lengde x bredde x høyde) med to isolerende lag av papp (hvert lag bestod av to bølgesjikt og tre plansjikt). Dette var for å hindre direkte kontakt mellom fisk og kjølemedium. Tørrisen ble plassert mellom de to isolerende papplagene (Figur 2).
- En stor pappkasse (for mer informasjon se avsnitt 3.1.1) med dobbelt isolerende lag av papp (hvert lag bestod av ett enkelt bølgesjikt og to plansjikt). Dette var for å hindre direkte kontakt mellom fisk og kjølemedium. Tørrisen ble også plassert mellom de to isolerende papplagene (Figur 2).

- En stor pappkasse (for mer informasjon se avsnitt 3.1.1) med en egenutviklet løsning for oppbevaring av tørris i den ene enden av fiskekassen. Den egenutviklede pappkasseløsningen var konstruert med pappvegg (med tre luftehull) som skilte fisken og tørrisen. Pappveggen bestod av enkelt bølgepapp med ett bølgesjikt og to plansjikt (Figur 3).



**Figur 2: Stor pappkasse til venstre og liten pappkasse til høyre.**



**Figur 3: Egenkomponert løsning med pappkasse.**



### **Kjølemedium**

Se avsnitt 3.1.1 for nærmere beskrivelse.

### **Måleutstyr**

Se avsnitt 3.1.1 for nærmere beskrivelse.

### **Kjølelager**

Se avsnitt 3.1.1 for nærmere beskrivelse.

### **3.2.2 Forsøksoppsett**

I andre delforsøk ble det undersøkt temperatur i fisken og i bunnen av pappkassene i forhold til mengde tørris og emballasjeløsning. I den egenutviklede pappløsningen ble det eksperimentert med ulike mengder av tørris, henholdsvis 150, 200 og 250 g tørris pr. kg fisk. Den store og den lille pappkassen inneholdt 150 g tørris pr. kg fisk. Totalvekten av alle ti fiskefiletene i hver kasse ble registrert for å beregne behovet for tørris (Tabell 2).

**Tabell 2: Antall kg. tørris i fiskekassene (merket Frøyas, FrøyaSALMA, E150, E200 og E250) avhengig av antall kg fisk i kassen og forhåndsbestemt mengde tørris i gram pr. kg fisk.**

<b>Merking kasse</b>	<b>Mengde tørris i g pr. kg fisk</b>	<b>Antall kg fisk</b>	<b>Antall kg tørris</b>
Frøyas (liten pappkasse)	150	6,16	0,92
FrøyaSALMA (stor pappkasse)	150	6,29	0,94
E150 (egenutviklet løsning)	150	5,94	0,89
E200 (egenutviklet løsning)	200	6,09	1,22
E250 (egenutviklet løsning)	250	6,04	1,51

Det var hentet inn en pappkasse fra konkurrenten, Frøyas, for å kunne sammenligne konkurrentens løsning med tanke på emballasje og kjølemedium i forhold til utarbeidelse av nye emballasjeløsninger for prerigor-filetert laks fra Bremnes. I følge Frøyas (2012) benyttes det tørris som kjølemedium i Frøyas fiskekasser, og det ble derfor antatt at tørrisen lå mellom de to isolerende papplagene.

### **3.2.3 Registreringer og databehandling**

Fiskekassene ble plassert enkeltvis på Europall og oppbevart på kjølelager i omtrent 16 timer. Alle fiskekassene ble stropet igjen med en stropemaskin som brukes i produksjonen.

Videre registreringer og databehandling er beskrevet i avsnitt 3.1.3.

## **3.3 Teoretisk kartlegging av kjølekjede**

I tredje "delforsøk" ble det gjennomført en kartlegging av kjølekjede for SALMA-laks.

### **3.3.1 Forsøksbetingelser**

I arbeidet med å komme frem til en teoretisk oversikt over kjølekjeden ble følgende personer og firmaer kontaktet: logistikkansvarlig ved de ulike meieriene (E. Wolden, C. Haugen, J. E. Olsen, J. Stensrud, T. Hansen, S. Stakvik, R. A. Ingebrigtsen, E. Kirkevold, T. Skofsrud, T. Riiser, T. K. Kvale, J. K. Stokka, S. Pettersen, J. Seim, J. Heggem, S. Raad, F. V. Handelsby og S. Singh), transportselskaper (DB Schenker, Transferd AS, Markussen transport, Veøy Sør AS, Namdalske transport, Waagan transport og Skau transport), logistikkansvarlig ved Bremnes Seashore (B. Sortland), formann foredling ved Bremnes Seashore (A. Husa) og logistikkansvarlige ved hovedkontoret til TINE (T. Johansen, B. Lervik-Mørck og B. Selebø).

### **3.3.2 Forsøksopplegg**

Hensikten med å kartlegge kjølekjeden til fisken var å få en totaloversikt over kjølekjeden. Dette innebar oversikt over distributører, temperaturer under distribusjon og på kjølelagre, frakttider og om fiskekassene ble oppbevart på pall eller som singelkasser. Da oppgaven ble påbegynt manglet det en slik total oversikt over kjølekjeden og ulike komponenter som var med på å utgjøre kjølekjeden.

### **3.3.3 Registreringer og databehandling**

Ved bestemmelse av frakttider mellom de ulike destinasjonene ble det valgt å oppgi effektiv frakttid i timer uten å ta hensyn til forsinkelser som følge av værproblemer (stengte veier, kolonnekjøring, ras, veiarbeid e.l.), trafikkproblemer (hendelser i trafikken) eller andre transportmessige hindringer. Hvilepauser eller lignende for sjåføren vil også komme i tillegg til oppgitt frakttid.

Referansetemperatur ble oppgitt som temperaturen som kjølelagrene og kjølebilen var innstilt på.

Bearbeidelse av data ble gjort i excel.

### **3.4 Praktisk dokumentasjon av kjølekjede og utprøving av temperaturindikator**

I fjerde delforsøk ble følgende hypoteser testet:

1. Kravet til en kjølekjede på under 4 °C opprettholdes under distribusjon av SALMA-laks.
2. En temperaturindikator kan brukes som et enkelt verktøy for å kontrollere kjølekjede.

#### **3.4.1 Forsøksbetingelser**

Forsøket foregikk i mars 2012. Produksjonsdato for fisken som ble sendt til Oslo og Stavanger var 6.mars, 8. mars for fisken som ble sendt til Båtsfjord og Vadsø og 12.mars for fisken som ble fraktet til Ålesund.

#### **Råvarer**

I forsøket ble det benyttet standard isoporkasser med SALMA-laks. Fisken var lagret på kjølelager på Bremnes Seashore, før transport til Kalbakken eller Haugesund. Hver fiskekasse inneholdt ti fileter som var produsert samme dag. Totalt ble syv fiskekasser sendt til fem ulike destinasjoner.

#### **Emballasje**

Fiskekassene bestod av isopor.

#### **Kjølemedium**

I isoporkassene ble det benyttet gelis fra produsenten Vartdal Plastindustri AS (løsning mars 2012).

#### **Måleutstyr**

På grunn av egenskapene til tid-temperatur-indikatorer (TTI-er), ble det besluttet å bruke temperaturindikatorer istedenfor. I følge Ahvenainen (2003) gir TTI-en en kontinuerlig og

temperaturavhengig respons gjennom produktets levetid. TTI-en indikerer hele tid-temperatur-historikken og kan brukes for å indikere en gjennomsnittstemperatur under distribusjon (Ahvenainen 2003). TTI-en gir med andre ord temperatursummen i et produkt. Det vil si at hvis en matvare har vært oppbevart ved 2 °C og har frakttid på 5 døgn, har den en temperatursum på 10 °C. Den samme matvaren kan ha lagringstemperatur på 5 °C og ha frakttid på 2 døgn. Matvaren som har blitt oppbevart ved temperatur på 5 °C, vil ha dårligere holdbarhet, selv om temperatursummen i produktene er identiske. Like temperatursummer resulterer i at det vil være ugunstig å benytte TTI-er i dette forsøket siden man er avhengig av at fisken skal ha en maksimaltemperatur på 4 °C.

Temperaturindikatorer av typen "Chill Checker" som føres av Merko (indikatorerne produseres av TMC Hallcrest), ble benyttet i forsøkene. Størrelsen på indikatorerne var 32 mm i diameter og 6 mm dybde. Nøyaktigheten til temperaturindikatoren ble beregnet til  $\pm 1$  °C. Aktivering skjedde ved å presse ned en aktiveringsknapp. Indikatoren hadde en irreversibel fargeforandring dersom den ble oppbevart over en gitt temperaturgrense. Før aktivering måtte indikatoren kjøles i 60 minutter under grensetemperaturen (TMC Hallcrest 2006). Pris pr. indikator var 15 kr. Indikatoren var tilgjengelig med ulike temperaturgrenser, deriblant maksimum 5 °C som var den varianten som ble benyttet under forsøket (Figur 4).



**Figur 4:** Temperaturindikatorer av typen "Chill Checker". Indikatoren til venstre viser opprettholdt kjølekjede, mens indikatoren til høyre viser brutt kjølekjede.

De nummererte temperaturloggerne som ble festet på fiskekassene, var de samme som ble benyttet i det første og andre delforsøket (se avsnitt 3.1.1). Temperaturregistreringen ble gjort hvert kvarter fra kassene ble satt på kjølelager på Bremnes til de ankom butikk.

### 3.4.2 Forsøksoppsett

Geografiske forhold og frakttid påvirket valget av ulike destinasjoner. Ved testing av opprettholdelse av kjølekjeder ble det valgt å sende fiskekasser som var i butikk henholdsvis to dager etter produksjonsdato (Oslo og Stavanger), tre dager etter produksjonsdato (Ålesund) og fem dager etter produksjonsdato (Båtsfjord og Vadsø). Fiskekassene ble sendt til følgende butikker; CC-Vest (Oslo), Meny Møre (Ålesund), Mega Madla (Stavanger), Rema 1000 Båtsfjord (Nord-Norge) og Kiwi Vadsø (Nord-Norge).

Da det ikke var mulig å sende to paralleller til alle destinasjonene på grunn av bestilling på kun én kasse, ble det valgt å sende kun en kasse til Båtsfjord og Vadsø. Ålesund mottok også bare én kasse siden det oppstod misforståelser under forsøket. Det ble sendt to kasser (paralleller) til butikker i Stavanger og Oslo (Tabell 3).

**Tabell 3: Plassering av temperaturloggere og temperaturindikatorer på fiskekasser sendt til ulike destinasjoner, med ulikt antall paralleller og forskjellig merking.**

<b>Plassering temperaturindikator og temperaturlogger</b>	<b>Destinasjon</b>	<b>Merking</b>	<b>Parallell</b>
Innside	Meny Møre (Ålesund)	Ålesund, innside	
Utside	Meny Møre (Ålesund)	Ålesund, utside	
Innside	CC-Vest (Oslo)	Oslo, P1, innside	1
Innside	CC-Vest (Oslo)	Oslo, P2, innside,	2
Utside	CC-Vest (Oslo)	Oslo, P1, utside	1
Utside	CC-Vest (Oslo)	Oslo, P2, utside	2
Innside	Mega Madla (Sola)	Sola, P1, innside	1
Innside	Mega Madla (Sola)	Sola, P2, innside	2
Utside	Mega Madla (Sola)	Sola, P1, utside	1
Utside	Mega Madla (Sola)	Sola, P2, utside	2
Innside *	Rema 1000 Båtsfjord (Nord-Norge)	Båtsfjord, innside	
Utside *	Rema 1000 Båtsfjord (Nord-Norge)	Båtsfjord, utside	

\*Temperatur i fiskekassene ble ikke registrert fordi temperaturloggerne ble borte i posten

### 3.4.3 Registreringer og databehandling

Ved festing av temperaturloggere og temperaturindikatorer ble det laget en liten fordypning i kassene før man teipet over. Måleutstyret ble festet på den ene langsiden på utsiden av isoporkassene (Figur 5).



**Figur 5: Festing av merket temperaturlogger til venstre og temperaturindikator til høyre.**

Samme prosedyre ble foretatt på innsiden av isoporkassene.

Fiskekassene som ble sendt til CC-Vest ble plassert på hver sin pall med ulik plassering. Parallell 1 (P1) ble plassert i midten av pallen og parallell 2 (P2) ble plassert øverst på pallen. Fiskekassene som ble sendt til Stavanger, Ålesund, Båtsfjord og Vadsø hadde ukjent plassering på pallen. Fiskekassene som ble sendt til Oslo var fraktet på pall hele veien. Fiskekassene som ble sendt til Nord-Norge, ble sendt enkeltvis fra Harstad. Det er usikkert når fiskekassene til Ålesund og Stavanger ble splittet opp fra pallen og sendt enkeltvis.

Registrering av status temperaturindikatorer ble foretatt så raskt som mulig etter ankomst i butikk (ulike datoer og klokkeslett). Temperaturloggerne ble sendt i retur i posten til undertegnede. Temperaturloggerne i fiskekassen som ble sendt til Vadsø, ble ikke registrert da de ble borte i posten.

Opprettholdt kjølekjede ble definert som temperatur var under 4 °C under hele distribusjonen, fra produsent og frem til mottak i butikk.

Videre behandling av data er beskrevet i avsnitt 3.1.3.

### **3.5 Temperaturvariasjon i fisk i forhold til emballasje, kjølemedium og plassering på pall**

I femte delforsøk ble følgende hypotese testet: Valg av emballasje og plassering på pall har effekt i forhold til temperatur i fisk.

#### **3.5.1 Forsøksbetingelser**

Fisken ble produsert ved Bremnes Seashore sitt fiskeanlegg 6.mars og ankom CC-Vest (Oslo) 8.mars 2012.

#### **Råvarer**

I forsøket ble det benyttet ferdigpakkede fiskekasser med SALMA-laks som var lagret på kjølelageret. Hver fiskekasse inneholdt ti SALMA-laks som var produsert samme dag.

#### **Emballasje**

Pappkassene som ble benyttet, var av samme type som de som ble benyttet i første delforsøk (se avsnitt 3.1.1).

#### **Kjølemedium**

I pappkassene ble det benyttet samme type tørris som beskrevet i avsnitt 3.1.1. Mengde tørris i pappkassene var 100 g pr. kg fisk. Tørrisen ble lagt oppå fisken slik at kjølemediet var i direkte kontakt med produktet.

#### **Måleutstyr**

De nummererte temperaturloggerne som ble festet på fiskekassene, var de samme som ble benyttet i det første, andre og fjerde delforsøket (se avsnitt 3.1.1). Registreringen av temperatur på utside og innside av fiskekassene ble gjort hvert kvarter.

Ved registrering av temperatur utenpå filetene ble et digitalt termometer av typen "TENMA 72-7715 Thermometer, 2CH", type K. Termometeret kunne måle temperaturer mellom - 200 til 1372 °C med en nøyaktighet på  $\pm 0,6$  °C (Farnell 2012).

### 3.5.2 Forsøksoppsett

Det ble valgt å utføre palleforsøk med forsendelser til CC-Vest grunnet store bestillinger slik at fiskekassene kunne sendes på pall helt frem til butikk og med rimelig kort distribusjonstid til butikk. Dette fordi man også var noe usikker på varigheten til tørris.

En nummerert temperaturlogger ble plassert på innsiden og utsiden av hver kasse ved produksjonsanlegget på Bremnes. Kassene med temperaturloggere ble plassert i midten eller øverst på pallene (Tabell 4).

**Tabell 4: Plassering av temperaturindikatorer og temperaturloggere på merkede fiskekasser som bestod av ulike typer emballasje og som var plassert forskjellige steder på pallen.**

<b>Plassering temperaturindikator og temperaturlogger</b>	<b>Merking</b>	<b>Emballasje</b>	<b>Plassering pall</b>
Innside	Oslo, innside, papp, midt	Papp	Midt
Utside	Oslo, utside, papp, midt	Papp	Midt
Innside	Oslo, innside, papp, øverst	Papp	Øverst
Utside	Oslo, utside, papp, øverst	Papp	Øverst
Innside	Oslo, innside, isopor, midt	Isopor	Midt
Utside	Oslo, utside, isopor, midt	Isopor	Midt
Innside	Oslo, innside, isopor, øverst	Isopor	Øverst
Utside	Oslo, utside, isopor, øverst	Isopor	Øverst

Det ble sendt to paller med 20 fiskekasser pr. pall. Hvert lag på pallen bestod av fire kasser og det var til sammen fem lag pr. pall. En pall bestod kun av isoporkasser (20 stk.), mens pallen med pappkasser bestod av to lag med pappkasser (åtte stk.) og tre lag med isoporkasser (tolv stk.) (Figur 6).





**Figur 6: Plassering av pappkasser på pall.**

### **3.5.3 Registreringer og databehandling**

På pappkassene var det ikke mulig å lage fordypning for bedre feste av måleutstyr, så temperaturloggerne ble teipet godt fast.

For registrering av temperaturloggere, se avsnitt 3.1.3.

Ved ankomst hos CC-Vest (ca. kl. 07.00 torsdag 8. mars) ble også temperaturen utenpå fisken registrert ved hjelp av et termoelement som ble dekket til med bomull og lagt inntil filetenes overflate.

Registrering av fysisk og visuell oppfatning av fisken ble foretatt som tidligere (se avsnitt 3.1.3) ved ankomst i butikk.

Resultatene ble statistisk analysert ved hjelp av enveis ANOVA i Minitab 16. Variansanalyse (ANOVA – Analysis of Variance) er en statistisk test for å “sammenligne gjennomsnitt i flere grupper samtidig” (Løvås 2004: 324). Det ble benyttet en enveis variansanalyse og Tukey-metoden for å finne ut om det var variasjon i egenskapen temperatur mellom prøvene.

## 4 Resultater

### 4.1 Testing av ulike mengder tørris

#### 4.1.1 Fysisk og visuell oppfatning

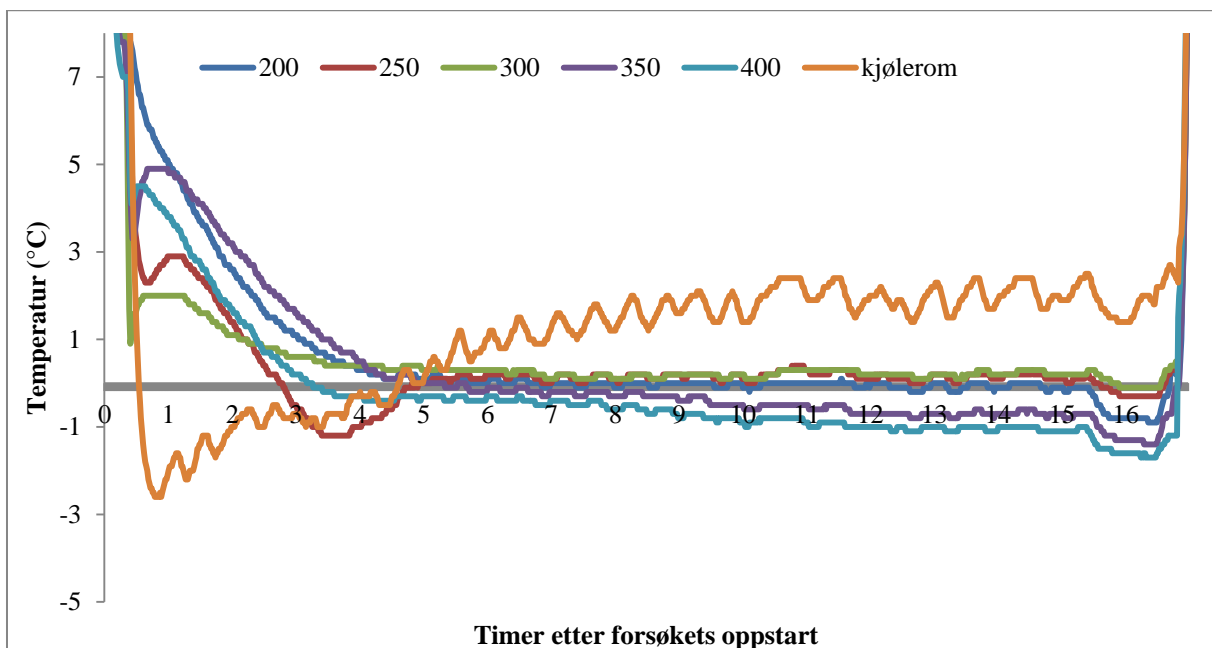
Større mengde tørris pr. kg fisk som ble brukt førte til at flere fisker bar preg av å være frosset, hele eller deler av produktet var frosset og hele eller deler av overflaten var hvit. I kassen med 400 g tørris pr. kg fisk var det flest fisker som bar preg av å være frosset etter 17 timer, mens fiskene i kassen med 200 g tørris pr. kg fisk var de som ble oppfattet som minst frosset. Fiskene som lå øverst i kassen bar mest preg av å være frosset, mens fiskene i bunnen av kassene ble oppfattet som kjølt. Ved registrering etter 17 timer ble det observert at all tørrisen hadde fordampet (Tabell 5).

**Tabell 5: Fysisk og visuell oppfatning av filetenes utseende (1 = ferskt produkt (referanse SALMA i butikk), 2 = delvis frosset produkt (deler av fileten var frosset og hadde enkelte hvite partier på overflaten) og 3 = frosset produkt (stivfrosset filet der hele overflaten var hvit)) etter oppbevaring i merkede kasser med forskjellig mengde tørris i gram pr. kg fisk.**

<b>Merking</b>	<b>Mengde tørris i gram pr. kg fisk</b>	<b>Fysisk og visuell oppfatning av alle 10 filetene i hver kasse</b>
200	200	9 fileter: 1 1 filet: 2
250	250	9 fileter: 1 1 filet: 2
300	300	8 fileter: 1 2 fileter: 2
350	350	7 fileter: 1 3 fileter: 2
400	400	5 fileter: 1 4 fileter: 2 1 filet: 3

#### 4.1.2 Temperatur

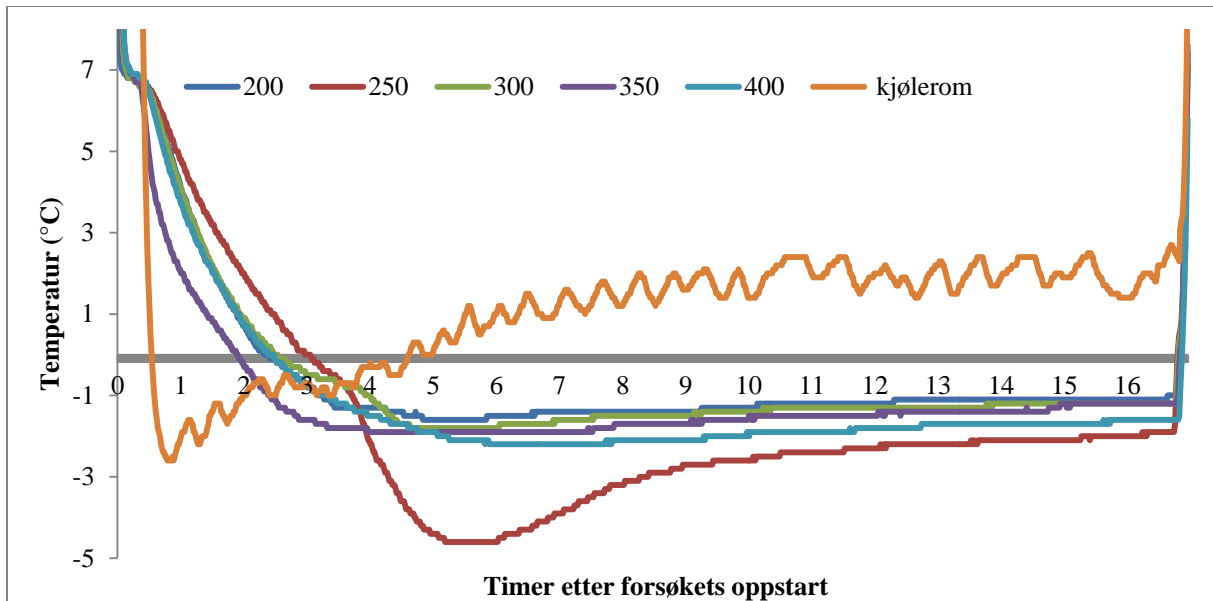
Større mengde tørris lagt i kassene pr. kg fisk, jo lavere temperatur i bunnen av fiskekassene. Kassene med størst mengde tørris (300 og 400 g pr. kg fisk) skilte seg mest ut ved at temperaturen var  $\frac{1}{2}$  - 1 °C lavere enn i kassene med minst mengde tørris (200-300 g tørris pr. kg fisk) etter 17 timer. Samtlige temperaturloggere viste noe synkende temperatur (ca.  $\frac{1}{2}$  °C) mot slutten av forsøket. Det kan ha skjedd noe med temperaturloggerne som registrerte temperaturen i kjølerommet de første ti timene og i kassen med 250 g tørris etter 3 til 4 timer (Figur 7).



Figur 7: Temperatur i kjølerom og i bunnen av fiskekasser med ulik mengde tørris.

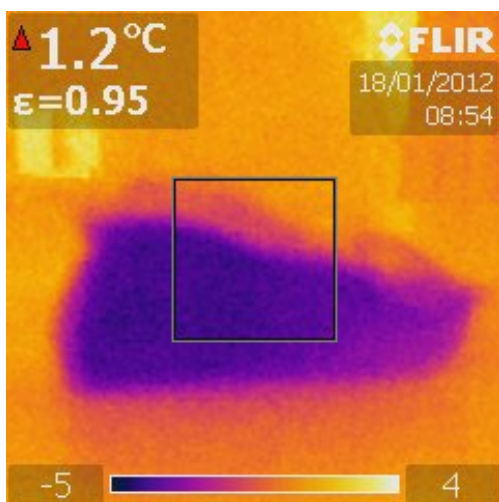
Økende mengde tørris pr. kg fisk ga også lavere temperatur inne i fiskene. Temperaturen inne i fisken som var lagret i fiskekassen med 250 g tørris pr. kg fisk, var vesentlig lavere enn i de resterende fiskefiletene. Samtlige fisker hadde temperaturer på -1,6 °C eller lavere.

Temperaturen som ble logget i kjølerommet, var unormalt lav de første ti timene før den stabiliserte seg (Figur 8).

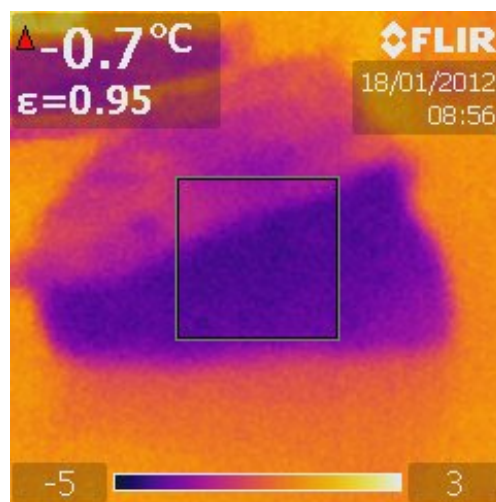


Figur 8: Temperatur i kjølerom og inne i fileter oppbevart i fiskekasser med ulik mengde tørris.

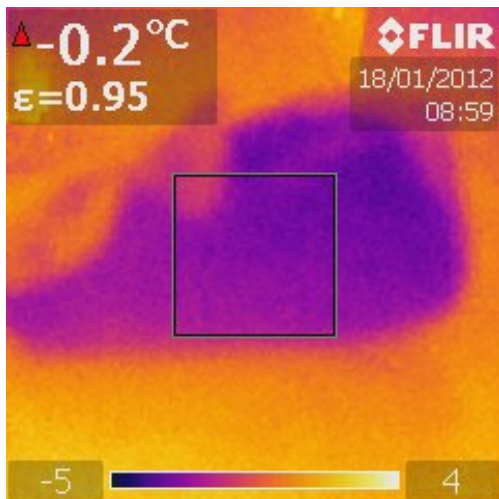
Størst mengde tørris ga lavest temperaturer i midten av fiskene. Fiskene som ble lagret i kassene med 300, 350 og 400 g. hadde lavere gjennomsnittstemperatur med økende mengde tørris. Fisken i kassen med 250 g tørris pr. kg fisk hadde gjennomsnittstemperatur på  $-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . I midten av fiskene som var lagret i kassene med 250, 350 og 400 g. tørris pr. kg fisk så ut til å ha blitt registrert lavest gjennomsnittstemperatur, ned mot  $-0,6$  til  $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . I de resterende fiskene (i kassene med 200 og 300 g tørris pr. kg fisk) var gjennomsnittstemperaturen noe høyere (Figur 9 til Figur 13).



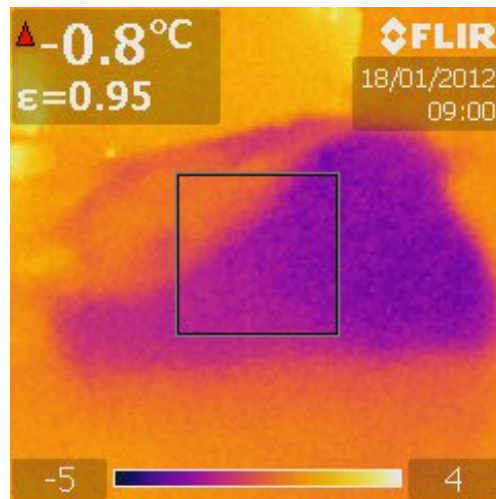
Figur 9: Temperatur i fisk i pappkasse med 200 g tørris pr. kg fisk.



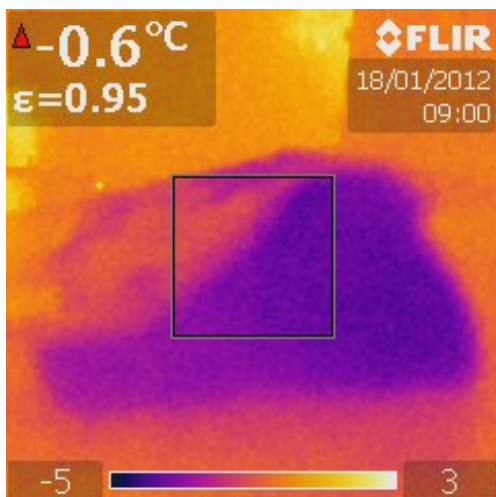
Figur 10: Temperatur i fisk i pappkasse med 250 g tørris pr. kg fisk.



Figur 11: Temperatur i fisk i pappkasse med 300 g tørris pr. kg fisk.



Figur 12: Temperatur i fisk i pappkasse med 350 g tørris pr. kg fisk.



Figur 13: Temperatur i fisk i pappkasse med 400 g tørris pr. kg fisk.

## 4.2 Testing av ulike løsninger med pappemballasje og med ulike mengder tørris

### 4.2.1 Fysisk og visuell oppfatning

Økende mengde tørris ga oppfatning av økt mengde frosset fisk (hele eller deler av produktet var frosset og hele eller deler av overflaten var hvit) i fiskekassene. Forskjellige løsninger med pappemballasje ga også oppfatning av forskjellig temperatur i fiskefiletene. Ved fysisk og visuell oppfatning av fisken ble det registrert at fiskene i den store pappkassen og den egenutviklede pappkassen hadde mest tilfredsstillende kvalitet (flestepisker lignet produktet man finner i butikk) etter lagring i 16 timer. Fiskene som lå nærmest tørrisen og i bunnen av

de egenutviklede pappkassene bar preg av å være mer fryst, stivfrosset filet der hele overflaten var hvit (Tabell 6).

**Tabell 6: Fysisk og visuell oppfatning av filetenes utseende (1 = ferskt produkt (referanse SALMA i butikk), 2 = delvis frosset produkt (deler av fileten var frosset og hadde enkelte hvite partier på overflaten) og 3 = frosset produkt (stivfrosset filet der hele overflaten var hvit)) etter lagring i merkede kasser med ulik mengde tørris pr. kg fisk.**

<b>Merking</b>	<b>Mengde tørris i gram pr. kg fisk</b>	<b>Fysisk og visuell oppfatning av alle 10 filetene i hver kasse</b>
Frøyas	150	9 fileter: 1 1 filet: 2
Frøya-SALMA	150	8 fileter: 1 2 fileter: 2 *
E150	150	9 fileter: 1 1 filet: 2 * Kommentar: fileter i denne kassen ble oppfattet som minst harde og uten hvit overflate
E200	200	6 fileter: 1 4 fileter: 2 *
E250	250	5 fileter: 1 4 fileter: 2 1 filet: 3 **

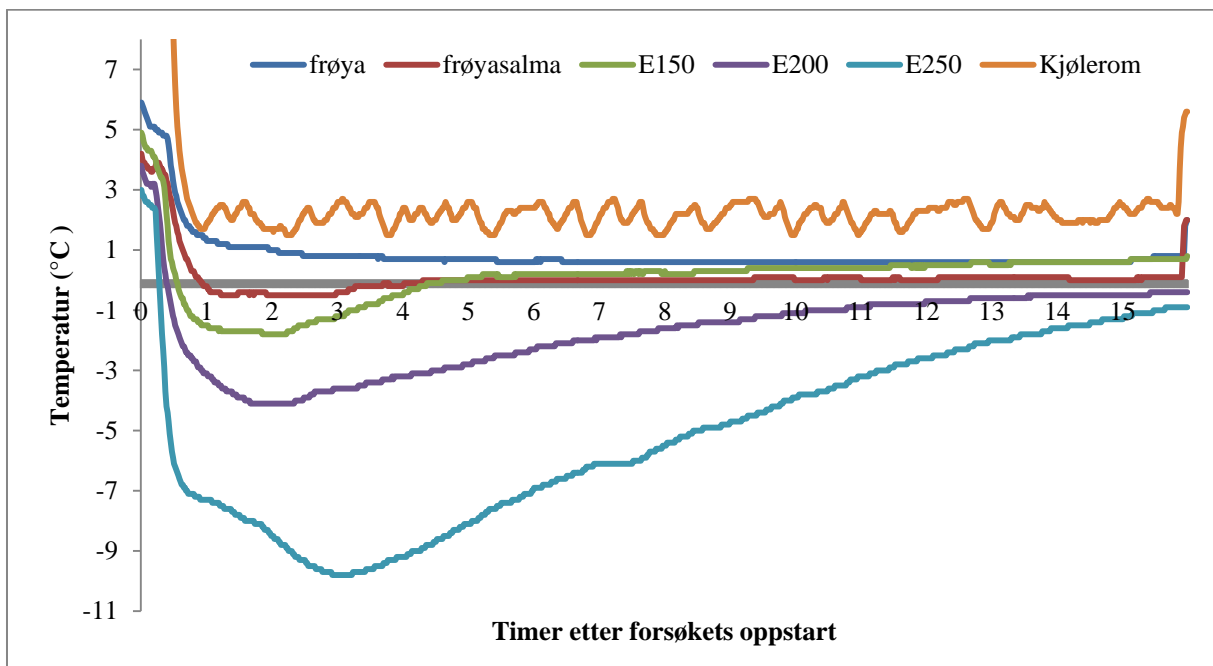
\* hadde rim i kassen ved endt forsøk.

\*\* hadde rim og tørris i kassen ved endt forsøk.

#### 4.2.2 Temperatur

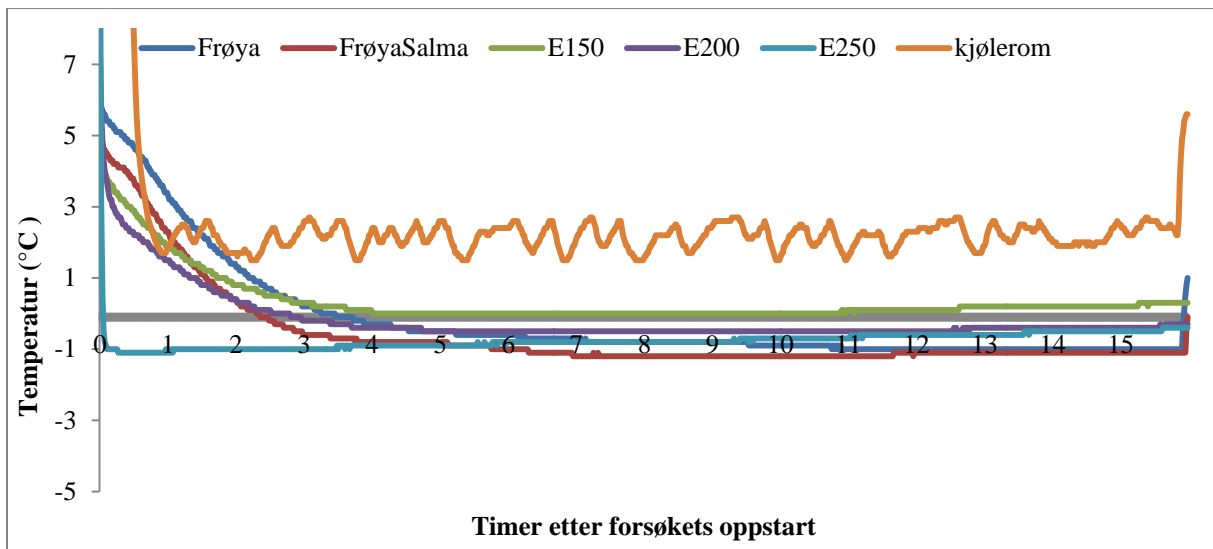
Økende mengde tørris ga lavere temperaturer i bunnen av fiskekassene og ulike løsninger av pappemballasje ga ulik temperatur i fisken. Den lille pappkassen (med 150 g tørris pr. kg fisk)

ga stabil temperatur i bunnen av fiskekassen, mens i de egenutviklede fiskekassene sank temperaturen i bunnen av kassene ettersom mengde tørris pr. kg fisk økte. Av emballasjeløsningene med 150 g tørris pr. kg fisk hadde den store pappkassen lavest og mest stabil temperatur i bunnen. Temperaturen i bunnen av alle emballasjeløsningene var  $< 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  under forsøkets varighet på 16 timer (Figur 14).



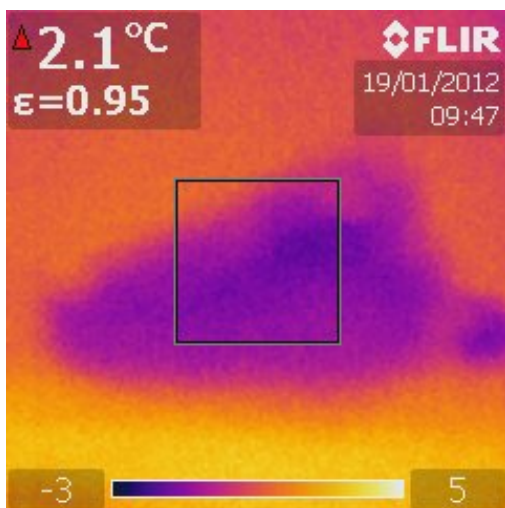
**Figur 14: Registrering av temperatur i kjølerom og i bunnen av fiskekasser med forskjellig emballasjeløsning.**

Større mengde tørris pr. kg fisk førte til lavere temperatur inne i fisken. Fisken hadde også ulik temperatur avhengig av emballasjevariant. I de egenutviklede emballasjeløsningene sank temperaturen inne i fisken ettersom mengden tørris pr. kg fisk økte. Av samtlige fiskekasser ga den store pappkasse lavest temperatur ( $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) inne i fisken, mens den egenutviklede pappkassen med minst tørris (150 g pr. kg fisk) ga høyest temperatur ( $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) i løpet av lagringsperioden på 16 timer (Figur 15).

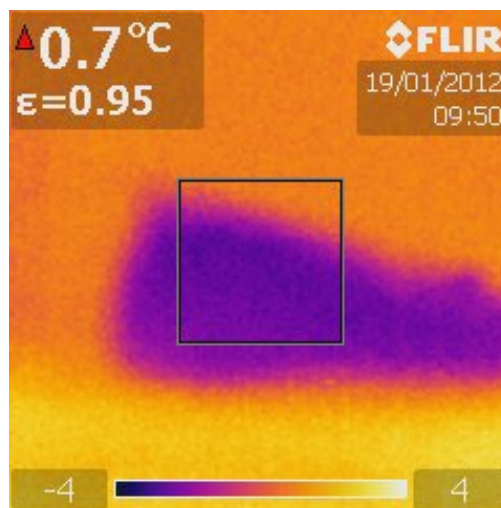


**Figur 15: Registrering av temperatur i kjølerom og inne i fileter oppbevart i fiskekasser med ulike emballasjeløsninger.**

Økende mengde tørris ga lavere gjennomsnittstemperaturer i fisken i de egenutviklede fiskekassene. Forskjellige emballasjeløsninger ga ulike gjennomsnittstemperaturer i fisken i midten av fiskekassene. Av samtlige emballasjeløsninger så det ut til at de egenutviklede emballasjeløsningene med mest tørris (200 og 250 g pr. kg fisk) ga lavest temperatur i fisken. I emballasjeløsningene med 150 g tørris pr. kg fisk var det den store pappassen som ga lavest temperatur i fisken (Figur 16 til Figur 20).

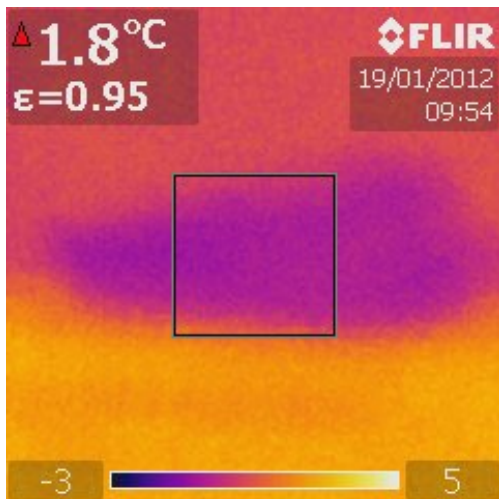


**Figur 16: Temperatur i fisk i liten pappkasse med 150 g tørris pr. kg fisk.**

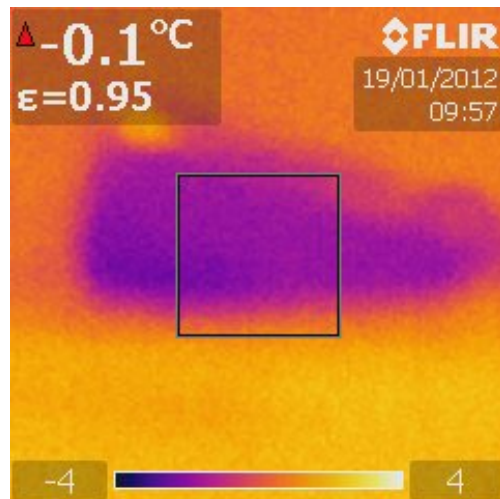


**Figur 17: Temperatur i fisk i stor pappkasse med 150 g tørris pr. kg fisk.**

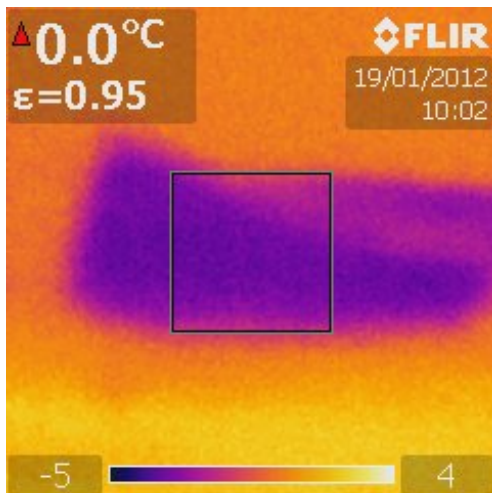




Figur 18: Temperatur i fisk i egenutviklet pappkasse med 150 g tørris pr. kg fisk.



Figur 19: Temperatur i fisk i egenutviklet pappkasse med 200 g tørris pr. kg fisk.



Figur 20: Temperatur i fisk i egenutviklet pappkasse med 250 g tørris pr. kg fisk.

#### 4.3 Teoretisk kartlegging av kjølekjede

Det var store variasjoner innenfor ulike faktorer som frakttid, ulike distributører, temperatur hos distributører og på kjølelager og frakt av fiskekasser på pall eller som singelkasser som utgjorde kjølekjeden.

Under prosessering ble prerigor-laksen emballert og fylt i D-pak-kasser av isopor ved slakteriet på Bremnes. Fiskekassene ble lagret på Europall på kjølelageret på Bremnes Seashore før de ble hentet av lastebiler. Under transporten frem til de to hovedsentralene Kalbakken og Haugesund var lagringstemperaturen  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  som var ny referansetemperatur i

lastebilene til DB Schenker. Fisken ble hentet ved Bremnes på ettermiddagen og var ved hovedsentralene Haugesund sent på ettermiddagen/kvelden og på Kalbakken dagen etter. Kalbakken hadde kjølelager med en referansetemperatur på 2 °C, mens sentrallageret i Haugesund foreløpig ikke hadde noe kjølelager ved omlasting. Bremnes Seashore var ansvarlige for sentrallageret i Haugesund og hadde av kvalitetsmessige årsaker bestemt seg for å gå til anskaffelse av en kjølecontainer for omlasting av fisk innen kort tid.

Ved hovedsentralene ble fisken lastet om og sendt ut til forskjellige undermeierier med andre lastebiler. Senere kunne pallene med fiskekasser bli splittet opp slik at fiskekassene tapte kjøleeffekt som følge av å ikke stå på pall lenger.

Frakten til Nord-Norge tok opp til fem dager, enkelte steder tok det seks dager. Dette gjorde at halvparten av holdbarhetstiden til fisken gikk med til frakt. I så måte ble opprettholdelse av kjølekjede enda viktigere. I motsetning til Nord-Norge var fisken som ble levert til butikk i vest ut fra Haugesund, ute i butikk allerede ett døgn etter produksjon. Dette betyr at det var store variasjoner i leveringstidspunkt til kunder.

Underveis var det flere kritiske punkter som gjorde at kjølekjeden kunne brytes, blant annet ved flere omlastinger og for høye temperaturer på kjølelagre og/eller hos distributører.

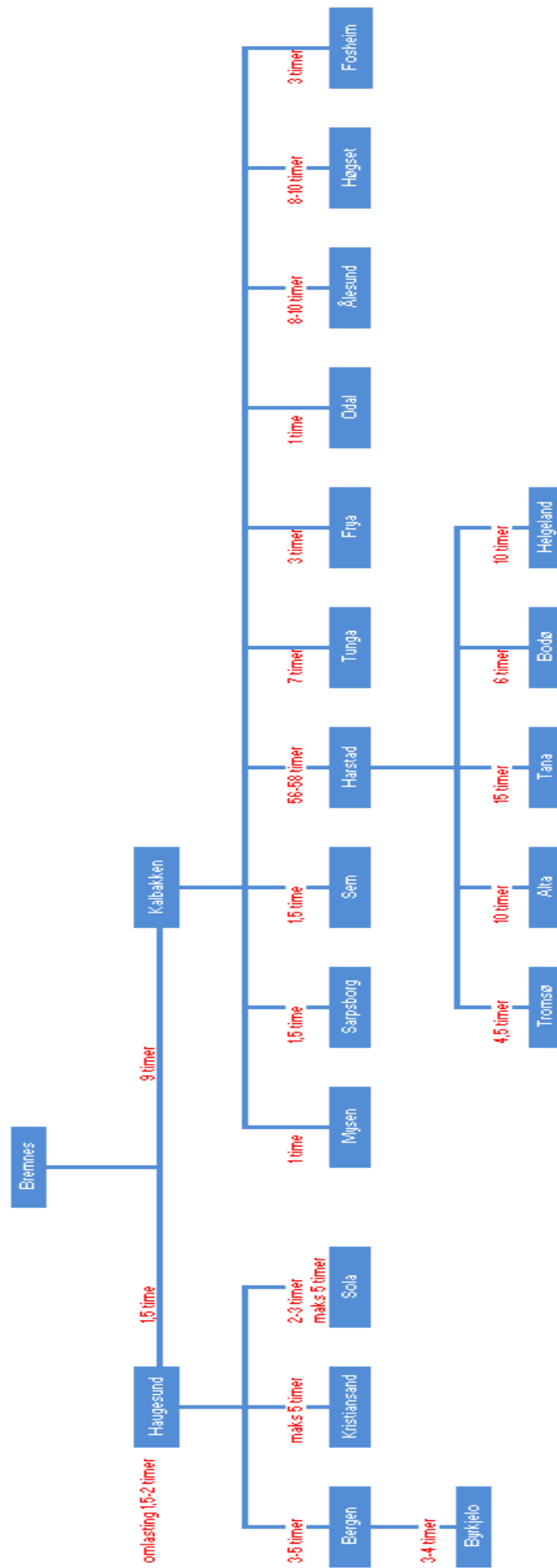
Selv om maksimumstemperaturen ikke skulle overstige 4 °C, kunne dette forekomme hos flere meierier. Meieriet Byrkjelo oppga at temperaturen kunne overstige grensetemperaturen, mens andre meierier oppga temperaturforskjeller som følge av tid på dagen. Meieriet i Harstad hadde problemer med for lave temperaturer på vinteren.

I Nord-Norge kunne fisken som ble fraktet til Harstad, Tromsø, Alta, Tana, Bodø og Helgeland også sendes videre til underterminaler (eks. Storslett og Leknes) som Markussen transport eller eventuelle undertransportører, var ansvarlige for. Alle underterminaler som ble driftet av transportører, hadde kjølerom som ble benyttet ved lagring av fisk og andre kjølevarer. Fra meierier/underterminaler i Nord-Norge og ut til butikk var det ti kontraktører som var ansvarlig for transport. Eventuelle undertransportører kom i tillegg til oppgitte transportører.

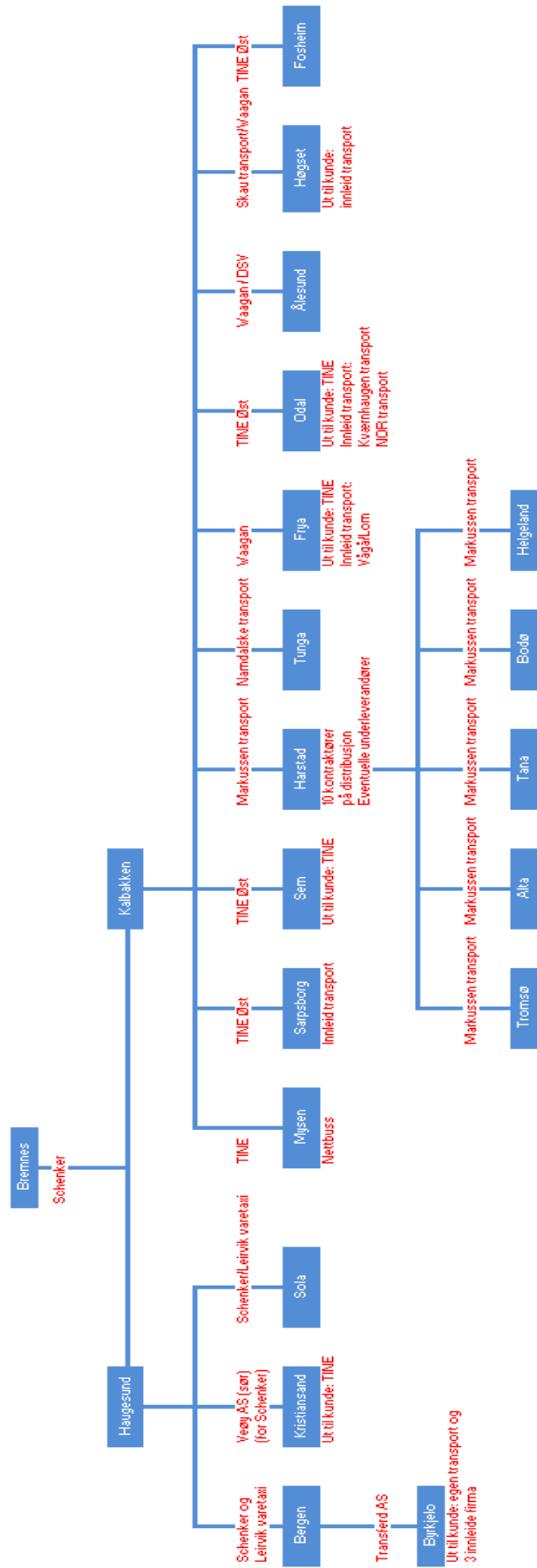
All transport av fisken gikk med lastebiler. Rett før jul 2011 inngikk TINE en avtale med tre nye distributører angående transport på enkelte distribusjonsruter for prerigor-filetert fisk fra Bremnes. Tidligere ble DB Schenker benyttet, men man valgte at Transferd AS, Waagan Transport AS og Veøy AS (kjører for DB Schenker) skulle overta mellomtransporten ut fra

Kalbakken og Haugesund. DB Schenker var ansvarlig for distribusjon for Bremnes Seashore fra produksjonsanlegget på Bremnes til Haugesund og Kalbakken. I tillegg var DB Schenker ansvarlig for transport til Sola, Kristiansand og Bergen.

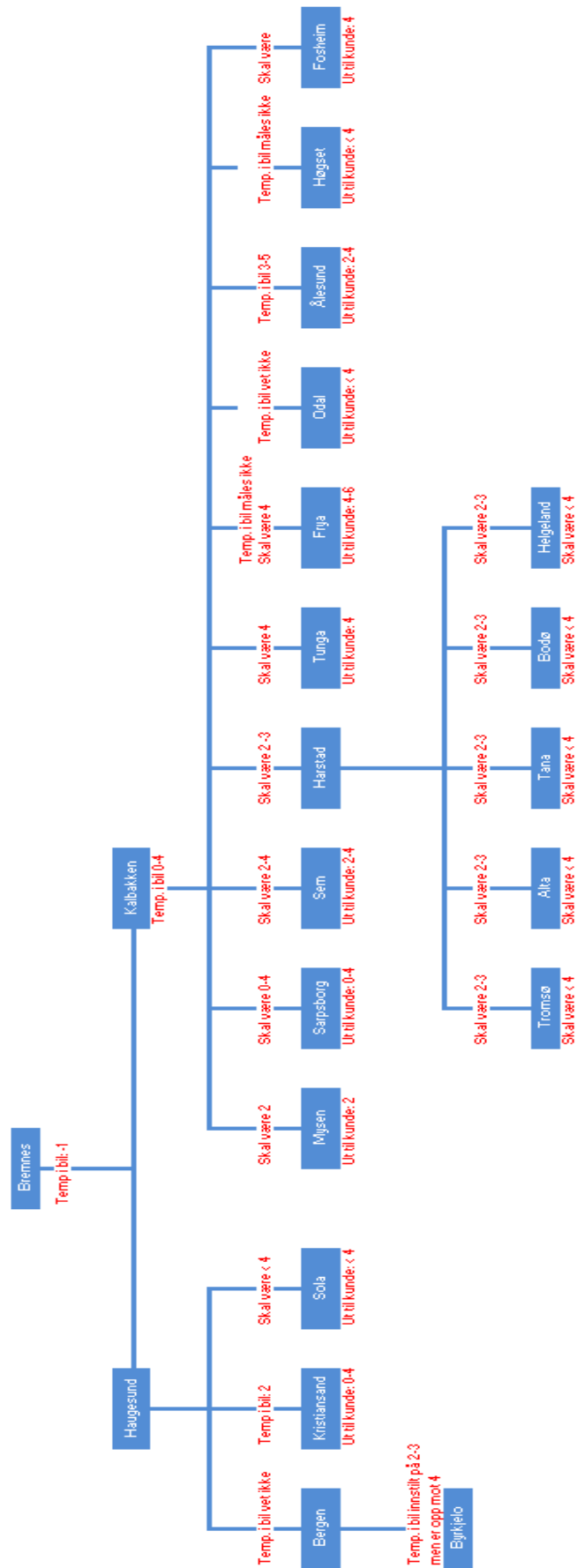
Fra Bremnes til sentrallagrene ved Haugesund og Kalbakken ble det kun fraktet fisk siden Bremnes Seashore var ansvarlige for transporten. Fra resterende sentrallagre fulgte fisken melkedistribusjonen hos TINE. Hos innleide distributører og i TINEs egne kjølebiler, var det krav om maksimumstemperatur på 4 °C (Figur 21 til Figur 25).



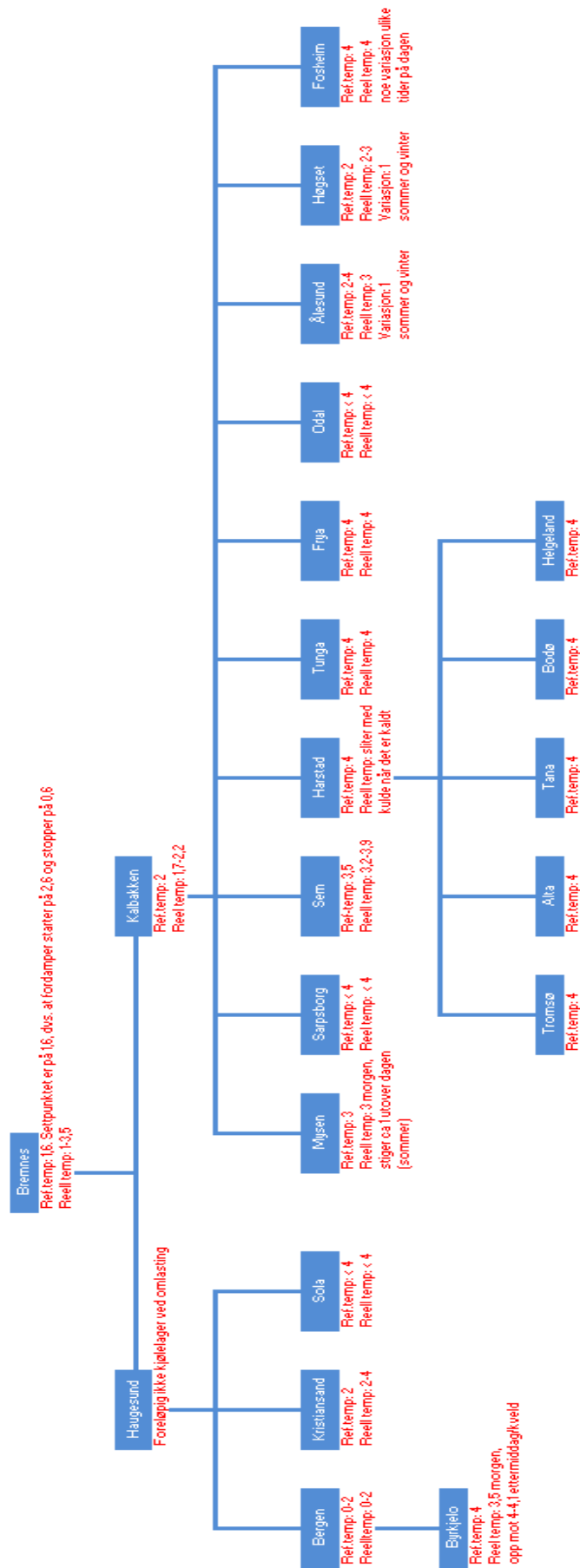
Figur 21: Frakttider ved distribusjonsruter uten forsinkelser.



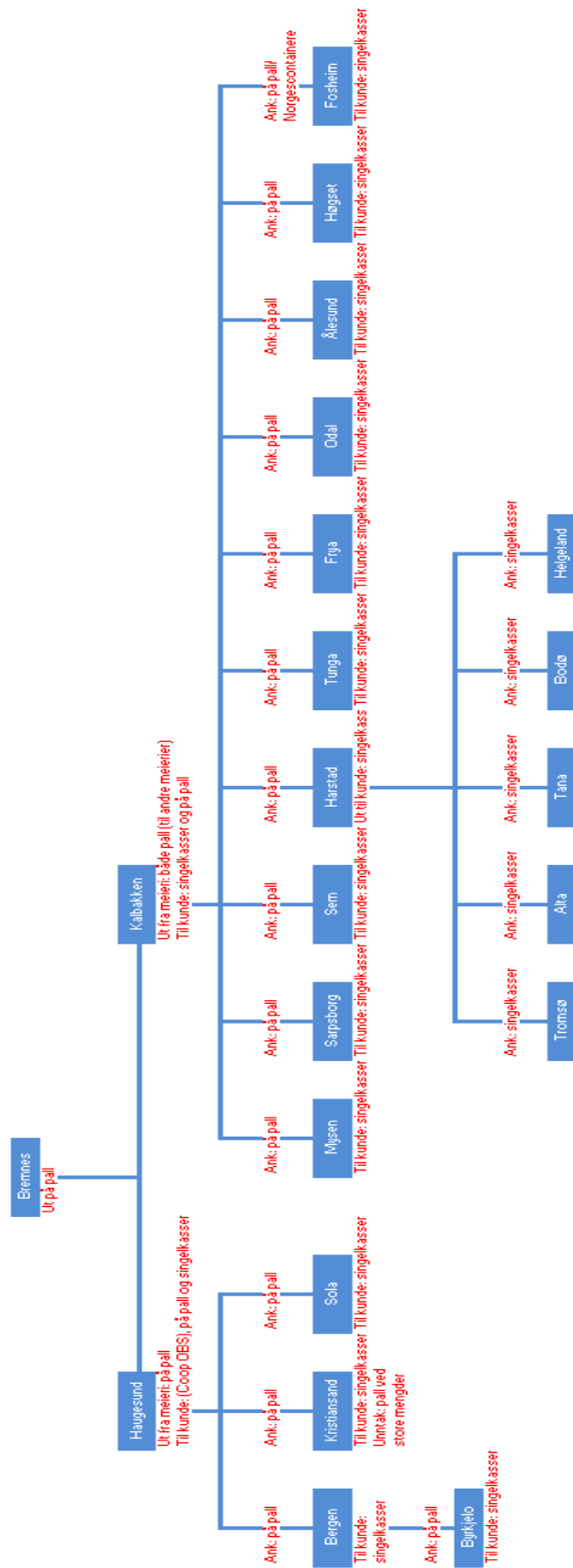
Figur 22: Distributører mars 2012.



Figur 23: Temperaturer (°C) hos distributører.



Figur 24: Temperaturer (°C) på kjølelager ved meierier.



Figur 25: Distribusjon av kasser på pall eller som singelkasser, ank. = ankomst.



Tidspunkt for utsending av fisk fra meieri/sentrallager til butikk var avhengig av tidspunkt for mottak av fisk og lagringstid på kjølelager ved meieri/sentrallager. På hverdagene ble fiskekassene stående i omtrent ett døgn på kjølelager hos flere meierier før kassene ble sendt videre ut til butikk. Fra sentrallageret i Haugesund ble fisken sendt til butikk på produksjonsdag, mens på meieriet i Odal og Sem kunne fisken bli stående på kjølelager opp til to døgn før utsending til butikk (Tabell 7).

**Tabell 7: Omtrentlig ankomsttid ved omlastingslager eller meieri, produksjonsdag for fisk på Bremnes og omtrentlig utsendingsdag for fisk til butikk (morgen = kl. 00-06, formiddag = kl. 06-12, ettermiddag = kl. 12-18, kveld = kl. 18-24).**

<b>Omlastingslager/meieri</b>	<b>Ankomst meieri/omlastingslager (omtrentlige tider)*</b>	<b>Produksjonsdag Bremnes (utsending kl. 14-17 evt. 14-20)</b>	<b>Utsending til butikk (omtrentlige dager)</b>
Bergen	Mandag og torsdag kveld, kl. 20. Leveres innen kl. 22	Mandag og torsdag	Tirsdag og fredag
Byrkjelo	Tirdag kveld (kl. 23)/onsdag morgen	Mandag	Onsdag
Kristiansand	Tirsdag kveld (kl. 22)/onsdag morgen og torsdag kveld (kl.22)/fredag morgen	Tirsdag og torsdag	Onsdag/ torsdag og mandag
Sola	Tirsdag og torsdag kveld (kl. 22)	Tirsdag og torsdag	Onsdag/ torsdag og mandag
Haugesund	Mandag, tirsdag, torsdag og fredag ettermiddag/kveld	Mandag, tirsdag, torsdag og fredag	Produksjonsdag
Kalbakken	Tirsdag, onsdag, fredag og lørdag morgen, kl. 02-04	Mandag, tirsdag, torsdag og fredag	Onsdag, torsdag, mandag
Mysen	Onsdag og mandag ettermiddag, kl. 14	Tirsdag og fredag	Onsdag/ torsdag og mandag/ tirsdag
Sarpsborg	Onsdag og mandag ettermiddag, kl. 17-18	Tirsdag og fredag	Torsdag/ fredag og tirsdag / onsdag
Sem	Onsdag og mandag formiddag, kl. 07.30	Tirsdag og fredag	Torsdag/ fredag og tirsdag
Tunga	Tirsdag og fredag kveld	Mandag og torsdag	Onsdag/ torsdag og mandag
Frya	Onsdag og fredag ettermiddag eller kveld/mandag formiddag	Tirsdag og torsdag	Torsdag og mandag
Odal	Onsdag og mandag formiddag, kl. 07.30	Tirsdag og fredag	Torsdag/ fredag og

			tirsdag/ onsdag
Ålesund	Onsdag morgen/formiddag	Mandag	Torsdag
Høgset	Onsdag morgen, innen kl. 06	Mandag	Onsdag og torsdag
Fosheim	Tirs formiddag/ettermiddag, kl. 12	Mandag	Tirsdag/ onsdag
Harstad	Søndag ettermiddag, kl. 14-16	Torsdag	Mandag/ tirsdag **
Tromsø	Tirsdag morgen	Torsdag	Tirsdag/ onsdag **
Alta	Tirsdag morgen	Torsdag	Tirsdag/ onsdag **
Tana	Tirsdag morgen	Torsdag	Tirsdag/ onsdag **
Bodø	Tirsdag morgen	Torsdag	Tirsdag/ onsdag **
Helgeland	Tirsdag morgen	Torsdag	Tirsdag/ onsdag **

\* Alle ankomsttider er omtrentlige og det er ikke tatt med eventuelle forsinkelser.

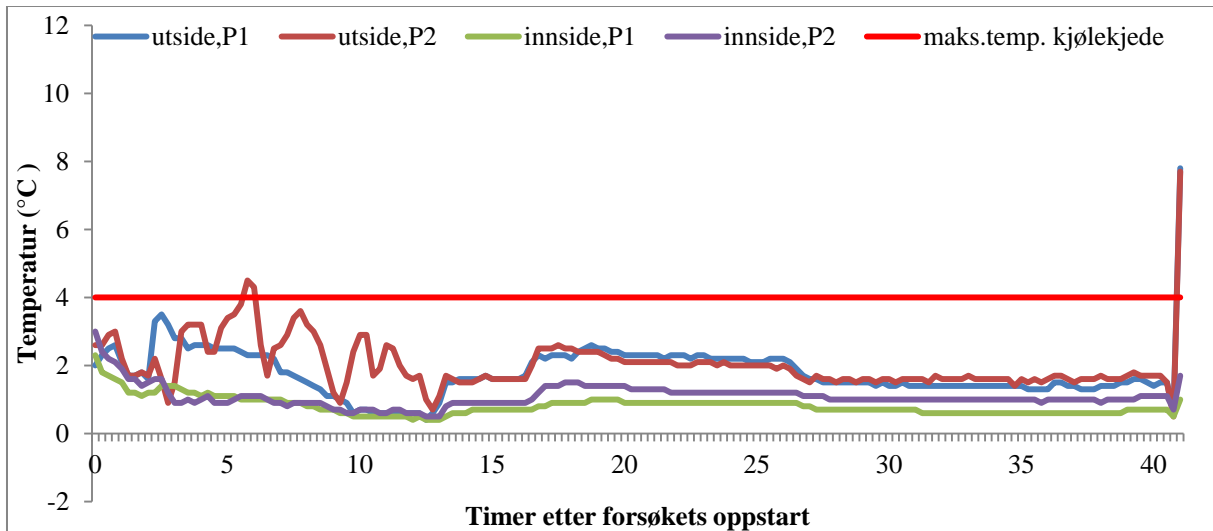
\*\*Enkelte distribusjonsruter i Nord-Norge går videre til andre underterminaler

#### 4.4 Praktisk dokumentasjon av kjølekjede og utprøving av temperaturindikator

##### 4.4.1 Praktisk dokumentasjon av kjølekjede

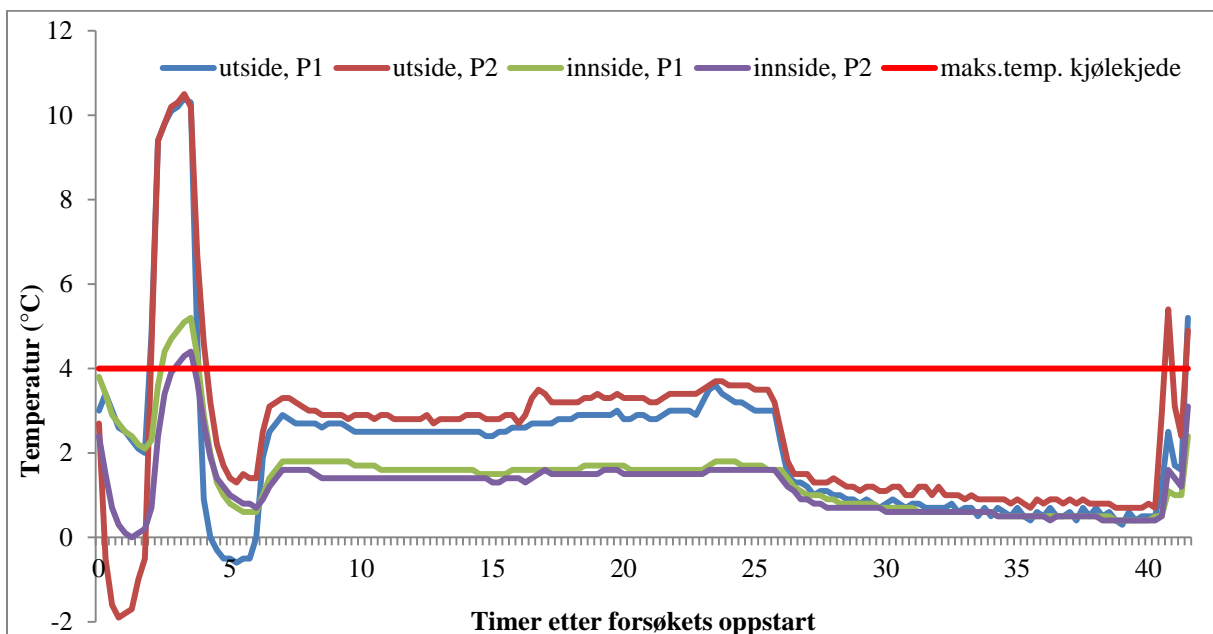
Test av kjølekjeder til fire ulike destinasjoner viste at tre av fire kjølekjeder var brutt.

En kjølekjede på under 4 °C ble ikke opprettholdt under distribusjon til butikk i Oslo. I løpet av distribusjonstiden på 41 timer ble det registrert temperatur på 4,5 °C på utsiden av en isoporkasse. Bruddet i kjølekjeden skjedde på produksjonsdag etter ca. seks timer (Figur 26) (detaljert registrering av temperatur under distribusjon, vises i Vedlegg 1).



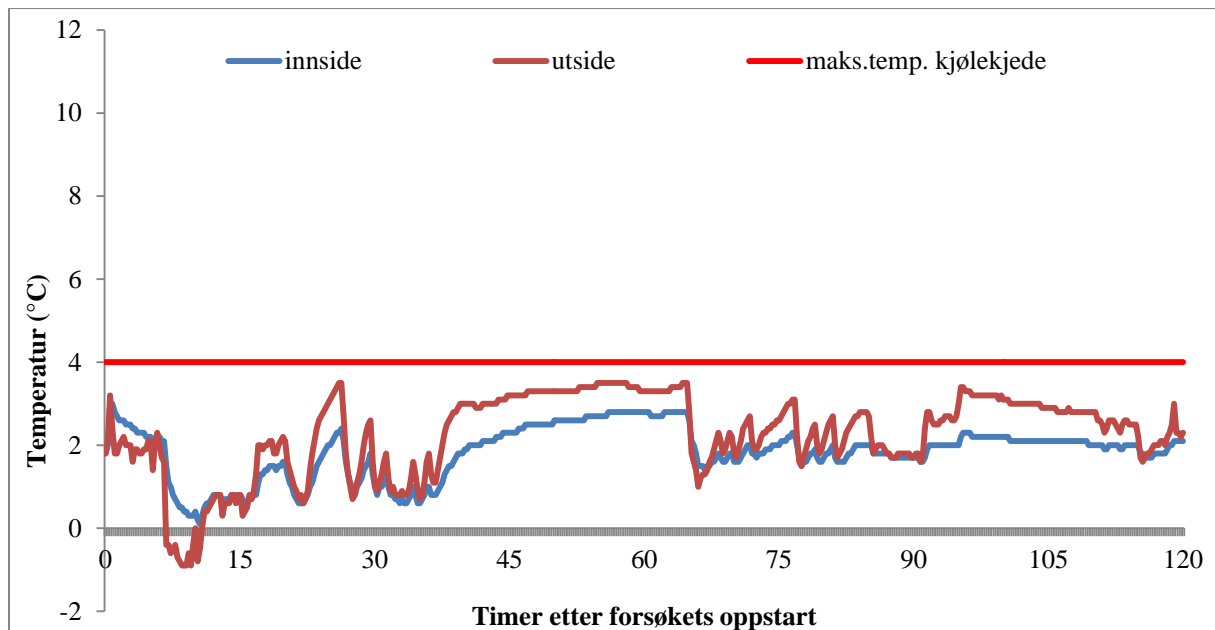
Figur 26: Temperatur under distribusjon til butikk i Oslo (P = parallell).

En kjølekjede på under 4 °C ble ikke opprettholdt ved distribusjon til butikk i Stavanger. Det ble observert to brudd i kjølekjeden, hvorav det første var på 10,5 °C, mens det andre bruddet var på 5,4 °C. Kjølekjeden ble brutt etter ca. to timer og ca. 41 timer i løpet av distribusjon på 42 timer. Det første bruddet i kjølekjeden varte i omtrent to timer, mens det andre varte i 15 minutter (Figur 27) (for detaljert registrering av temperatur, se Vedlegg 2).



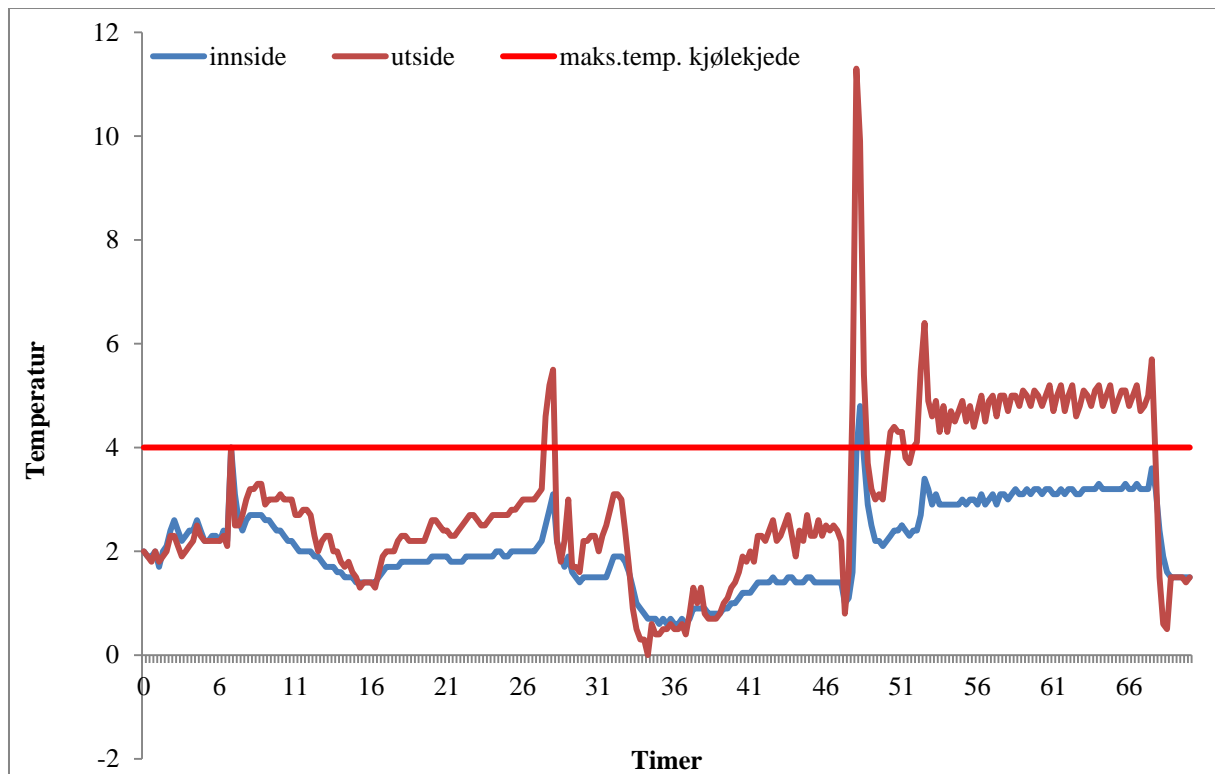
Figur 27: Temperatur ved distribusjon til butikk i Stavanger (P = parallell).

En ubrutt kjølekjede på 4 °C ble opprettholdt ved distribusjon av fisk fra Bremnes Seashore og frem til butikk i Nord-Norge. Selv om det var stor variasjon i temperaturer fra -0,9 °C til 3,3 °C, hadde ikke fisken vært utsatt for temperaturer over 4 °C under verken lagring eller frakt i løpet av 120 timer (Figur 28) (for detaljert registrering av temperatur, se Vedlegg 3).



**Figur 28: Temperatur ved distribusjon til butikk i Båtsfjord.**

En ubrutt kjølekjede på 4 °C ble ikke opprettholdt ved distribusjon til butikk i Ålesund. Det ble observert tre brudd i kjølekjeden, mens etter ca. 6 timer var temperaturen på utsiden av fiskekassen 4 °C. Etter ca. 27 og 48 timer var det brudd i kjølekjeden på omtrent en time hver gang. Høyeste registrerte temperatur var på henholdsvis 5,5 °C og 11,3 °C. Etter 50 timer var det også en lengre oppbevaringsperiode på over 17 timer over kjølekjedens maksimumstemperatur på 4 °C, og med en halvtimes unntak etter ca. 51 timer. 0,0 °C var den laveste temperaturen som ble registrert under distribusjonstiden på 70 timer (Figur 29) (for detaljert registrering av temperatur under distribusjon, se Vedlegg 4).



Figur 29: Temperatur ved distribusjon til butikk i Ålesund.

#### 4.4.2 Undersøkelser for bruk av tid-temperaturindikator/ temperaturindikator

En temperaturindikator var et effektivt verktøy for å kontrollere kjølekjeden. Registrering av temperaturindikatorer ved ankomst i butikk viste at ingen av temperaturindikatorene på innsiden av kassene hadde slått ut. Indikatorene på utsiden av fiskekassene som ble sendt til Oslo, Ålesund og Stavanger, registrerte brudd i kjølekjeden (Tabell 8).

**Tabell 8: Registrering av temperaturindikatorer ved mottak i butikk (Ålesund, Oslo, Stavanger og Båtsfjord), type emballasje, parallell og plassering av kasse på pall.**

Destinasjon	Parallell	Temperaturindikator slått ut	
		Innside kasse	Utside kasse
Meny Møre (Ålesund)		Nei	Ja
CC-Vest (Oslo)	1	Nei	Nei
CC-Vest (Oslo)	2	Nei	Ja
Mega Madla (Stavanger)	1	Nei	Ja
Mega Madla (Stavanger)	2	Nei	Ja
Rema 1000 Båtsfjord (Nord-Norge)		Nei	Nei
Kiwi Vadsø (Nord-Norge)*		Nei	Nei

\*Kun temperaturindikatorene ble avlest siden temperaturloggerne som ble sendt fra Kiwi Vadsø forsvant under frakt til undertegnede.

## **4.5 Temperaturvariasjon i fisken i forhold til emballasje, kjølemedium og plassering på pall**

### **4.5.1 Fysisk og visuell oppfatning av fileter og temperaturregistrering**

Emballasjemateriale, type kjølemedium og plassering på pall ga temperaturvariasjon i fisken fra Bremnes under distribusjon til butikk i Oslo. I løpet av 41 timer ble fisken som ble oppbevart i pappemballasje, oppfattet som noe fastere enn fisken som ble fraktet i isoporkasser. Ved bruk av pappemballasje og tørris kontra isoporeemballasje og gelis var overflatetemperaturen til fisken lavere i pappkassene med tørris (-0,8 til 1,2 °C) enn i isoporkassene med gelis (0,8 til 2,5 °C). Temperaturmålingene viste at for isoporeemballasjen og pappemballasjen var det kassen i midten av pallen som ga lavest temperatur på utsiden av fiskekassen (Tabell 9).

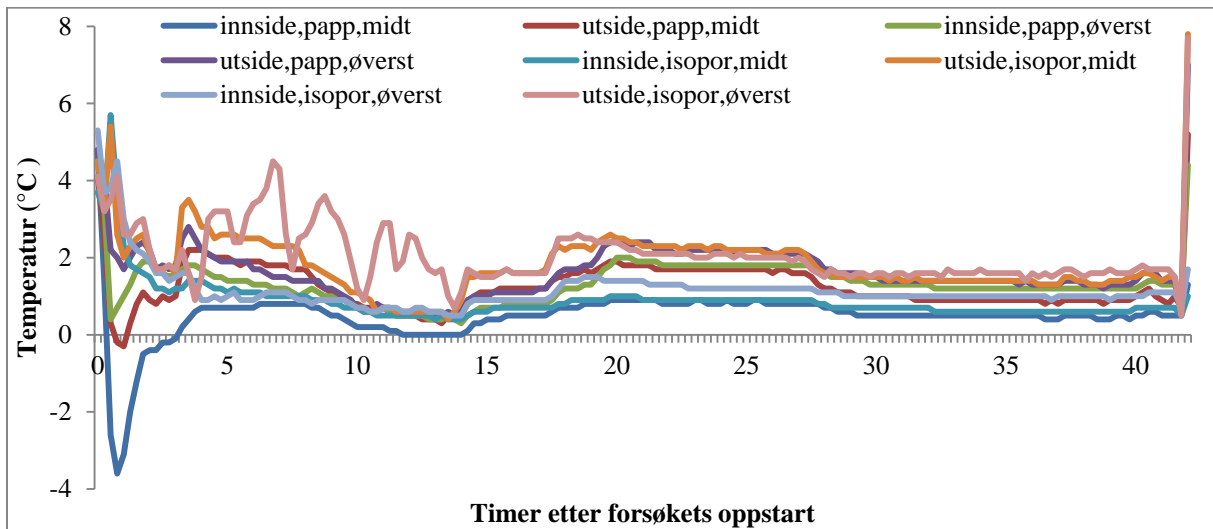
**Tabell 9: Fysisk og visuell oppfatning av filetenes utseende (1 = ferskt produkt (referanse SALMA i butikk), 2 = delvis frosset produkt (deler av fileten var frosset og hadde enkelte hvite partier på overflaten) og 3 = frosset produkt (stivfrosset filet der hele overflaten var hvit)) og registrert overflatetemperatur for fisk sendt til ulike destinasjoner, med ulike emballasje og plassert forskjellige steder på pallen.**

Destinasjon	Emballasje	Plassering pall	Fysisk og visuell oppfatning	Kommentar	Plassering i kasse og temperatur fisk (°C)
CC-Vest	Papp	Midten	10 fileter: 1	Filetene kjentes fastere ut enn filetene i isoporkassene.	Fisk i midten: -0,5 Fisk i bunn: -0,5 Fisk øverst: -0,8
CC-Vest	Papp	Øverst	10 fileter: 1	Filetene kjentes fastere ut enn filetene i isoporkassene.	Fisk i midten: 1,2 Fisk i bunn: 0,0 Fisk øverst: -0,5
CC-Vest	Isopor	Midten	10 fileter: 1		Fisk i midten: 2,0 Fisk i bunn: 2,0 Fisk øverst: 0,8
CC-Vest	Isopor	Øverst	10 fileter: 1		Fisk i midten: 2,3 Fisk i bunn: 2,5 Fisk øverst: 2,2

#### 4.5.2 Temperatur

Emballasje, kjølemedium og plassering på pall hadde påvirkning på temperaturen som ble registrert på utsiden av fiskekassene. I løpet av distribusjonstiden på 41 timer var temperaturen i midten av pallen, som antatt, lavere enn øverst på pallen, både i pappemballasjen og i isoporemballasjen. Av samtlige fiskekasser hadde kassen merket "utside, papp, midt" lavest registrert temperatur, ned mot -2 °C på utsiden av kassen (Figur 30) (detaljert registrering av temperatur er vist i Vedlegg 5). En statistisk analyse med enveis ANOVA, Tukey test (5 %), viste at det var signifikant forskjell i utsidetemperatur mellom de ulike fiskekassene,  $p < 0,001$ . Variansanalysen viste også at alle de fire fiskekassene var signifikant forskjellig fra hverandre. Isoporkassen øverst på pallen hadde høyest

gjennomsnittstemperaturen på utsiden, mens pappkassen i midten av pallen hadde lavest gjennomsnittstemperatur på utsiden (Vedlegg 6).



Figur 30: Temperatur under distribusjon av fiskekasser på pall til Oslo.



## 5 Diskusjon

### 5.1 Testing av ulike mengder tørris

#### 5.1.1 Forsøksoppsett

Ved preparering av fisken før forsøkene, var det nødvendig å åpne den vakuumpakkede emballasjen for å legge temperaturloggere inn i fisken slik at vakuumeffekten forsvant. I tillegg var det nødvendig å ta på fisken under forsøket. Om disse faktorene påvirket temperaturen i fisken under forsøket, var noe usikkert.

Det kan ha vært en ulempe ved lagring enkeltvis da man tapte ekstra kjøleeffekt siden enkeltkassene ble utsatt for omgivelsestemperaturer over et større område enn hva som er tilfelle ved plassering på pall.

Temperaturloggeren som registrerte kjøleromstemperaturen, ble festet utenpå en av pappkassene. Som følge av dette har temperaturloggeren antageligvis blitt påvirket av temperaturen inne i kassen med tørris. For lav temperatur utenpå fiskekassen de første ti timene kan skyldes at pappkassen med tørris avga mye kulde til omgivelsene. Dette underbygger påstanden om at papp har dårligere isolasjonsevne enn isoporkasser.

Fiskekassene ble ikke stroppet igjen før lagring slik at det ble dannet en liten sprekk mellom pappkassen og lokket, som gjorde at "kulden" fra tørrisen kunne sive ut her. Ved et uhell ble også kassene flyttet på under forsøket slik at istedenfor å oppbevares på en benk ca. 1 meter over gulvet, ble de flyttet ned på gulvet. Flyttingen av kassene var mest sannsynlig årsaken til at temperaturene i bunnen av samtlige kasser sank med 0,5 °C mot slutten av forsøket.

Temperaturregistreringene fra det infrarøde varmekameraet viste liten sammenheng med resultatene fra temperaturloggerne. Ukorrekt gjennomsnittstemperatur skyltes mest sannsynlig at emissiviteten (strålingsevne,  $\epsilon$ ) ble innstilt for å benyttes på fersk, kjølt produkt.

Innstillingen ble feil fordi mye av fisken var frosset etter endt forsøk og som en konsekvens av dette hadde fisken større utstråling av energi (Lekang 2012). Varmekameraet målte også gjennomsnittstemperaturen i området på skjermen som var merket med en firkant. På flere

bilder ble temperaturen på kjølelageret ble tatt med i gjennomsnittsmålingen. På grunn av dette var gjennomsnittstemperaturen noe høyere enn virkelig temperatur inne i fiskene.

### 5.1.2 Forsøksresultater

Temperaturene som ble registrert inne i fisken i fiskekassene, var generelt høyere enn temperaturene i bunnen av fiskekassene. Det antydes at jo høyere opp i kassen og jo nærmere tørrisen fisken lå, jo mer "kulde" ble "bygget" inn i produktet. Av denne grunn vil økende mengde tørris gi mer frosset fisk på toppen og i midten av fiskekassene. Det isolerende papplaget kan også ha vært for tynt siden noen av fiskene ble oppfattet som mer frosset enn skallfryst.

Resultatene viste at fisken i fiskekassen med 250 g tørris pr. kg fisk kan ha blitt plassert øverst i kassen og ikke i midten. Mest sannsynlig vil temperaturen i midten av fisken og i bunnen av kassen med 250 g tørris være høyere enn temperaturene i kassene med 300, 350 og 400 g tørris pr. kg fisk. I tillegg ble det registrert synkende temperatur i bunnen av fiskekassen med 250 g tørris pr. kg fisk etter 3 timer. Dette kan skyldes kassens plassering på kjølelager og det vil også påvirke temperaturen inne i fisken.

Laveste registrerte temperaturer inne i fisken i midten av fiskekassene var på  $-1,5$  til  $-2,2$  °C. Det betyr at i flere av fiskene lå temperaturen omtrent på fiskens frysepunkt som igjen kan ha ført til skallfrysing. Skallfrysing av fisken vil øke holdbarheten så lenge lav temperatur (helst 0 °C) opprettholdes. Bahuaud et al. (2008) studerte skallfryste laksefileter som ble lagret på is i en uke, ved 5 °C, og fant ut at samtlige fileter fikk drypptap. Lavere vannbindingskapasitet i fiskemuskel kan skyldes ødeleggelse av muskelceller, lavere proteinoppløselighet og proteindenaturering og -aggregering under frysing og tining. I samme studie ble det også registrert at fryseskader som skyldes skallfrysing, akselererte mengden myofibre som gikk fra hverandre og økte mengden myofiberødeleggelser under lagringstiden (Bahuaud et al. 2008).

Resultatene viste også at ved bruk av 400 g tørris pr. kg fisk ble ikke fisken raskere avkjølt, men det ble opprettholdt lav temperatur noe lenger enn ved bruk av 200-350 g tørris pr. kg fisk. Valtýsdóttir et al. (2010) fant også at økt ratio av tørris i isoporkasser ikke resulterte i raskere temperaturfall, men gjorde at produktet opprettholdt en lavere temperatur over en lengre periode slik at holdbarheten ble forlenget. Dette ser også ut til å være tilfelle ved bruk

av pappemballasje, men da vil tørrisen smelte noe raskere. Hvis lagringstiden økes, kan det likevel være gunstig med større mengder tørris. Ved lagring i 17 timer var det ikke energimessig gunstig å doble mengden tørris i forhold til lagringstid siden enkelte av fiskene i kassen med 400 g tørris ble oppfattet som frosset (stivfrosset filet med helt hvit overflate). Resultatene fra den fysiske og visuelle oppfatningen av filetene viste også at 400 g tørris pr. kg fisk var for mye i forhold til lagringstiden. Frysing av prerigor-fisk vil danne iskrystaller intracellulært og kan påvirke teksturen i fisken ved at rødfargen blir svakere, fastheten blir dårligere og muskelfibrene vil få økt filetspalting (Akse 2006; Lynum 2005b).

I følge Valtýsdóttir et al. (2010) benyttes det vanligvis mellom 60 - 120 g. tørris pr. kg fisk. I delforsøk 1 ble det benyttet 200 – 400 g. tørris pr. kg fisk. I motsetning til i studiet av Valtýsdóttir et al. (2010), ble det i delforsøk 1 benyttet pappemballasje, noe som mest sannsynlig førte til at varigheten av tørrisen ble noe kortere enn ved bruk av isoporemballasje.

Siden all tørrisen hadde forsvunnet fra kassen ved endt forsøk, var det noe usikkert hvor lenge tørrisen ville fortsette å kjøle ned produktene dersom man hadde forlenget forsøksperioden. Upubliserte studier på tørris kontra gelis av Egeland (2012) viste at tørris var et effektivt kjølemedium ved kortere tidsperioder og kjølte raskest ned produktet. Gelis kjølte produktet over en lengre tidsperiode selv om nedkjøling av produktet ikke var like hurtig og temperaturen ikke ble like lav som ved bruk av tørris.

## **5.2 Testing av ulike løsninger med pappemballasje og med ulike mengder tørris**

### **5.2.1 Forsøksoppsett**

Som tidligere nevnt, var man avhengig av å åpne de vakuumpakkede filetene ved plassering av temperaturloggere. En annen feilkilde kan være at noen av de minst frosne filetene fra det første delforsøket ble brukt slik at temperaturen i filetene kan ha vært noe lavere enn vanlig.

Det kan ha vært en ulempe ved lagring enkeltvis. Man tapte da ekstra kjøleeffekt siden enkeltkassene ble utsatt for omgivelsestemperaturer over et større område enn hva som er tilfelle ved plassering på pall.

Temperaturregistreringene fra det infrarøde varmekameraet viste liten sammenheng med resultatene fra temperaturloggerne. Se avsnitt 5.1.1 for forklaring.

### 5.2.2 Forsøksresultater

Resultatene viste at 150 g tørris pr. kg fisk mest sannsynlig var nok til å kjøle ned filetene. For stor mengde kjølemedium kan også forklare hvorfor det fortsatt var igjen noe tørris i den egenutviklede pappkassen med 250 g tørris pr. kg fisk etter 15 timers lagring. All tørrisen hadde ikke rukket å fordampe i løpet av 15 timer ved oppbevaring i 2-3 °C.

Generelt var det ingen av fiskene i midten av de ulike fiskekassene som så ut til å bli skallfrost under andre delforsøk, men alle fiskene holdt temperaturer lavere enn 0,3 °C. Fiskene i bunnen av fiskekassene bar preg av å være skallfrost eller helt frost. Plassering nærme tørrisen kan ha ført til mer frosset fisk. Dette gjaldt også filetene som lå nærmest tørrisen i de egenutviklede pappkassene. Blant annet bar fisken i den egenutviklede pappkassen med 250 g tørris pr. kg fisk, preg av å være mer frosset enn skallfrost. Sannsynligvis var det på grunn av at en større andel vann var frosset. Forsøk har vist at frysing og tining av prerigor-fileter ga større drypptap enn ved kjøling (Akse 2006).

Dannelse av rim kunne skyldes at enkelte av fiskene, som ble brukt i det første innledende forsøket, hadde tint og frosset igjen under det andre delforsøket.

Av emballasjeløsningene med 150 g tørris pr. kg fisk ga den lille pappkassen og den store pappkassen lavest temperatur i midten av filetene og i bunnen av fiskekassene. Lav temperatur skyltes trolig pappkassenes utforming, med to isolerende papplag som skilte fisken og tørrisen fra hverandre. Utformingen så samtidig ut til å lede "kulden" fra tørrisen ned i bunnen av fiskekassen fordi lokket på fiskekassen var stropet og toppen av kassen var isolert med et ekstra papplag. Sannsynligvis ville noe "kulde" fra tørrisen gå ut gjennom lokket, men det vil være mindre "kulde" som tapes til omgivelsene enn i pappkassene som ble benyttet i delforsøk 1. Det så ut til at det ekstra isolerende papplaget mellom tørrisen og lokket i delforsøk 2 gjorde at man fikk lavere temperatur i bunnen av kassen enn i delforsøk 1. Det ekstra isolerende papplaget i delforsøk 2 har sannsynligvis også gitt lavere temperatur inne i fiskene.

Årsaken til at den store pappkassen hadde lavest registrert temperatur inne i fisken og i bunnen, kan skyldes størrelsen og utformingen av kassen. Den store pappkassen var mer rektangulær slik at "kulden" fra tørrisen hadde kortere avstand ned til bunnen av kassen enn i den lille pappkassen som var mer kubisk. Det isolerende papplaget i den store pappkassen hadde større overflateareal som kjølte flere fisker enn i den lille pappkassen. I tillegg var det isolerende papplaget noe tykkere i den lille pappkassen, slik at det kan ha vært noe vanskeligere for "kulden" å trekke nedover mot bunnen.

Konkurrenten Frøyas lagringsforhold og mengde tørris i fiskekassen var ikke kjent på forhånd (simulert som den lille pappkassen med to isolerende papplag). Ved like lagringsforhold som i delforsøk 2 og ved bruk av 150 g tørris pr. kg fisk, ble det ikke registrert skallfrysing av fisken. Fisken i bunnen av kassen hadde sannsynligvis høyere temperatur enn fisken i midten av kassen. Det er usikkert om Frøyas fisk er skallfrost under hele distribusjonstiden, men i følge Frøyas (2012) er temperaturen i fisken  $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  i hele distribusjonskjeden. Hvis dette stemmer er mengden tørris mest sannsynlig høyere og/eller temperaturen under distribusjon lavere for at fisken i bunnen av fiskekassen også skal holde temperatur på  $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . fisken kan også ha en annen temperatur når den går i kassen.

Ventilasjons hullene i den egenutviklede pappkassen var sannsynligvis plassert for langt ned slik at tørrisen lett kunne falle inn i kammeret hvor fisken ble oppbevart. Kammerveggene som skilte tørrisen fra fisken, var også for tynne. Fisken som lå inntil veggen ble oppfattet som frosset. Dette var spesielt synlig i den egenutviklede pappkassen med mest tørris (250 g pr. kg fisk). Om tørrisen bør være i direkte kontakt med fisken, er noe usikkert. Det er behov for flere undersøkelser for å finne ut om det er nødvendig med noen form for adskillelse mellom tørris og produkt for å hindre fryseskader (Valtýsdóttir et al. 2010). "Kulden" fra tørrisen trakk også langs bunnen av kassen da tørrisen ble oppbevart i enden av de egenutviklede pappkassene med ventilasjonshull i den adskillende veggen.

## **5.3 Teoretisk kartlegging av kjølekjede**

### **5.3.1 Forsøksoppsett**

Som vist i delforsøk 1 og 2 var ikke vekten av fisken identisk i hver fiskekasse, slik at kjøling av fisk kan ha variert noe i delforsøket.

Ingen ved TINE eller Bremnes Seashore hadde en samlet oversikt over de ulike faktorene (frakttid, distributører, temperatur på kjølelager og hos distributører og frakt på pall eller som singelkasser) som påvirket kjølekjeden til prerigor-laksen fra Bremnes. Innsamlet informasjon var dermed noe vanskelig å kvalitetssikre fordi enkelte opplysninger var basert på antagelser. Et eksempel på dette var "data" fra temperaturer på kjølelagrene ved meieriene der kildene oppga en anslagsvis temperatur. "Dataene" bør undersøkes nærmere ved å studere temperaturlogginger fra de enkelte kjølelagrene ved meieriene. Temperaturer hos distributører kan også inneholde noe usikkerhet i oppgitte data. Under kartlegging av temperaturer i kjølebilene hos distributørene ble det som regel oppgitt referansetemperaturer og ikke reelle temperaturer. Man bør derfor også gå gjennom temperaturlogging fra lastebilene for å finne "virkelig" (reell) temperatur.

I tillegg kunne det forekomme temperaturvariasjoner som følge av for eksempel årstid, tid på døgnet eller plassering (på meieri eller i kjølebil) som ikke har blitt tatt med i kartleggingen.

### **5.3.2 Forsøksresultater**

Som resultatene viste, var frakttid svært varierende. Sen levering til butikker i Nord-Norge skyldes først og fremst lang avstand, men det kunne også være at markedet for prerigor-filetert laks var mindre i Nord-Norge slik at det var mindre bestillinger og transporten gikk mer sjeldent. I tillegg bidro vanskelige kjøreforhold og geografiske forhold til at transporten tok lang tid og at fisken gjennomgikk mange omlastinger.

Fra resultatene kom det også frem at enkelte transportfirmaer var avhengig av innleid transport for å dekke alle distribusjonsrutene. Sannsynligvis var det på grunn av geografiske forhold som førte til et svært "forgrenet" transportnettverk.

Resultatene viste at Haugesund ikke hadde kjølelager ved omlasting. Dette utgjorde et kritisk punkt ved distribusjon til Vestlandet og Sørlandet.

Årstid og rushtider (mye frakt inn og ut av kjølelageret enkelte tider på dagen) kan være noen av årsakene til at maksimumstemperaturen på 4 °C på flere av kjølelagrene ved meieriene ble oversteget. Meieriet i Harstad hadde problemer med kulde på vinteren. Dette kan skyldes at kjølelageret hadde for stor kjølekapasitet.

Forskning har vist at i store deler av distribusjonen av fersk fisk er de innerste eskene på pallen beskyttet mot varm luft av esker som ligger rundt (Margeirsson et al. 2010).

"Palleeffekten" kan antas for fiskekassene i forsøket. Effekten var ikke alltid gjeldende da pallene ble splittet opp ved flere meierier som følge av mindre bestillinger. Noe av fisken som gikk til Nord-Norge, fikk liten "palleeffekt" i forhold til lang frakttid ved at den ble splittet opp i enkeltkasser allerede i Harstad. I motsetning til Nord-Norge var noe av fisken som gikk via Kalbakken og Haugesund, stablet på pall under hele distribusjonstiden fordi enkelte store butikker tok i mot hele paller.

Resultatene avdekket at sentrallageret i Haugesund fungerte som et omlastingslager slik fisken ikke ble lagret mer enn ett par timer under omlasting til nye lastebiler. Meieriene Sem og Odal hadde lengst lagringstid på kjølelager som kunne avhenge av transportører mellom kjølelager og butikk og/eller kapasitet og rutiner på kjølelagrene. Sen utkjøring av fisk fra underterminaler/meierier i Nord-Norge kunne blant annet skyldes at noen distribusjonsruter ikke hadde utkjøring på tirsdager i tillegg til at det var større fare for forsinkelser under frakt.

#### **5.4 Praktisk dokumentasjon av kjølekjede og utprøving av temperaturindikator**

Selv om resultatene viste målinger av temperaturer på innsiden og utsiden av isoporkassene, ble det kun fokusert på temperaturen på utsiden av fiskekassene. Dette fordi man ved overvåkning av kjølekjeden var mest interessert i eventuelle temperaturavvik hos distributørene og på de ulike sentrallagrene/meieriene der fiskekassene lagres. Grunnen er mulig overgang til pappemballasje senere. I tillegg ville ikke temperaturen på innsiden av kassene gjenspeile temperaturen inni fisken direkte, basert på resultatene fra delforsøk 1 og 2.

#### **5.4.1 Forsøksoppsett**

Som vist i delforsøk 1 og 2 var ikke vekten av fisken identisk i hver fiskekasse slik at kjøling av fisken kan ha variert noe i delforsøket.

På grunn av mangel på temperaturlogger, ble det kun festet en temperaturlogger på utsiden og en på innsiden av hver av fiskekassene. Det burde vært sendt paralleller av fiskekassene til butikkene i Nord-Norge og Ålesund, men bestilling på kun en fiskekasse til butikkene i Nord-Norge og misforståelse ved preparering av fiskekassene til Ålesund under forsøket, gjorde at det kun ble sendt en fiskekasse til destinasjonene.

Resultatene fra temperaturregistreringen under distribusjon til Vadsø var ikke mulig å oppdrive på grunn av at de ble borte i posten under frakt til undertegnede.

Registreringen av temperaturindikatorerne måtte utføres av butikkansatte ved hver destinasjon unntatt CC-Vest der undertegnede registrerte indikatorerne selv. Resultatene fra avlesingene av temperaturindikatorerne kan derfor være noe upålitelige. Det er også muligheter for at butikkansatte, personer som var ansvarlige for transport osv., kan ha vært i kontakt med temperaturloggerne på utsiden av kassene i løpet av forsøksperioden.

Temperaturer som følge av årstid kan også være en faktor som var med på å påvirke forsøksresultatene.

#### **5.4.2 Forsøksresultater**

Brudd i kjølekjeden som ble registrert under distribusjon til Oslo (CC-Vest) ble kun registrert av en av fiskekassene. Dette kan skyldes at fiskekassene med temperaturlogger hadde ulik plassering under distribusjon til Kalbakken. I følge Margeirsson et al. (2010) er kjøleaggregatet i kjølebilene vanligvis plassert i fronten av bilen slik at plassering bak og i nærheten av døren i kjølebilene er mest kritisk. Fiskekassens plassering på pall (fiskekassen hvor det ble registrert brudd i kjølekjede var plassert på toppen av pallen) og i kjølebilene (pallen med brudd i kjølekjeden kan ha vært plassert nærmere døren i kjølebilene) kan ha ført til at det ble registrert temperatur på 4,5 °C hos en av fiskekassene.

Registrering av kjølekjede til Stavanger (Mega Madla) avdekket et stort brudd i kjølekjeden for begge fiskekassene ved omlasting i Haugesund etter to timer. Som tidligere nevnt,



skyldtes avvikende kjøling at Bremens Seashore som var ansvarlige for terminalen ved Haugesund, foreløpig ikke hadde kjølelager til fisken under omlasting. Ved omlasting til butikk rundt kl. 06.30 torsdag morgen (etter 41 timer) ble det også observert avvik i kjølekjeden for den ene pappkassen. Det kan skyldes plassering av fiskekassen eller avvikende kjøling under omlasting.

Temperaturloggingen fra distribusjonen til Båtsfjord avdekket en ubrutt kjølekjede, men det må det tas hensyn til årstid, og at det ikke oppstod forsinkelser under transporten.

Registrerte temperaturer under distribusjon til Ålesund, avdekket flere brudd i kjølekjeden. Etter ca. seks timer ble det registrert temperatur opp til 4 °C, som mest sannsynlig skjedde ved omlasting fra kjølelager i Bremnes til kjølebil. Observert brudd i kjølekjeden etter ca. 27 timer skyldes mest sannsynlig omlasting ved utkjøring fra Kalbakken. Bruddet i kjølekjeden som skjedde etter 48 timer, var noe usikkert hva skyldtes, mens den lengre lagringsperioden etter 50 timer kan ha vært forårsaket av for høye temperaturen på meieriets kjølelager og/eller plassering på kjølelager.

Registrering av temperatur på 11,4 °C under distribusjon til Ålesund, og temperatur på 10,5 °C ved omlasting i Haugesund kan ha negative konsekvenser for fiskens kvalitet hvis man skal benytte pappkasser fremover. Forskning har blant annet vist at økt lagringstemperatur (> 6 °C) førte til raskere kontrahering av prerigor-fileterte torskfileter som følge av at de kontrahile enzymatiske systemene var temperaturavhengige. Ved lavere temperaturer vil filetene opprettholde de funksjonelle egenskapene til bindevevet slik at de motstår kontraksjon samtidig som filetene vil få mindre kontrahering (Akse 2006).

Proteolyse gir teksturforandringer som sannsynligvis skyldes endringer i muskelfiberen, hvor aktinrådene som er festet til tversgående skiver (Z-linjer) i myofibrillen frigjøres på grunn av enzymer. Ved oksygenmangel vil membranen rundt membranposene med muskelenzymer brytes slik at muskelenzymene (lysosomer) frigjøres og bryter ned cellekomponentene (Lynum 2005a).

Hydrolytisk harskning som skyldes at enzymer spalter triglyserider, kan bidra til uønsket lukt og smak. Som følge av autolyse kan det også oppstå bitter smak som skyldes nedbryting av ATP og produksjon av hypoxantin. Resultater fra en studie på kvalitetsforandringer hos

vakuumpakket kaldrøkt fisk, viste at ved økt lagringstemperatur økte innholdet av hypoxantin og dermed minket holdbarheten. Akkumulering av hypoxantin i fiskevevet påvirker startfasen til autolytisk ødeleggelse og ødeleggelse som følge av bakterier (Dondero et al. 2004).

Tilstedeværelse av patogene bakterier post mortem utgjør stor risiko for matvaretryggheten.

*C. botulininum* kan oppstå i rå fisk som ikke varmebehandles, og i vakuumpakkede produkter som ikke har tilstrekkelig kjølelagring. I tillegg vil opphopning av aminer og frigjøring av ammoniakk blant annet bidra til vondt lukt i fisk (Lynum 2005a).

Resultatene viste at det ved sjeldenhet ble registrert jevn temperatur på  $-1\text{ °C}$  som var referansetemperatur hos distributøren DB Schenker, til Haugesund eller Kalbakken. Registrert temperatur på utsiden av fiskekassene var mellom  $0,9\text{ °C}$  og  $4,4\text{ °C}$ ,  $1,7\text{ °C}$  og  $4,0\text{ °C}$ .

Temperaturloggingen til Båtsfjord viste noe lavere temperaturer ved frakt til Kalbakken ( $-0,8\text{ °C}$  til  $2,3\text{ °C}$ ), mens temperaturloggingen ved sentrallageret i Haugesund viste temperaturer mellom  $-2,2\text{ °C}$  og  $2,0\text{ °C}$ .

Selv om det kun ble tatt utgangspunkt i temperaturene på utsiden av fiskekassene, var det tydelig at temperaturen på innsiden av fiskekassene også ble påvirket av temperaturen på utsiden, de fulgte samme mønster, men med noe lavere temperatur på innsiden. Ved bruk av pappkasser istedenfor isoporemballasje er det enda viktigere at temperaturen på utsiden av fiskekassene er lav, på grunn av dårlige isolasjonsegenskaper for papp og dermed en mindre temperaturforskjell.

Resultater fra registrering av temperaturindikatorne stemte godt overens med registreringene av temperaturloggerne under distribusjon til Oslo, Ålesund, Stavanger og Båtsfjord.

Indikatorne slo ut under distribusjon til Ålesund, Oslo og Stavanger på grunn av brudd i kjølekjede. Selv om det for en av fiskekassene ble registrert brudd i kjølekjede på  $4,5\text{ °C}$  under distribusjon til CC-Vest (Oslo), skulle indikatoren slå ut ved temperaturer over  $5\text{ °C}$ .

Den ene indikatoren hadde sannsynligvis slått ut fordi avlesing av temperaturindikatorne ble gjort i butikkens lokaler og ikke på kjølelageret på grunn av plassmangel. Fiskekassen med temperaturindikator som registrerte temperatur på over  $5\text{ °C}$ , ble avlest sist og kan ha rullet å slå ut før avlesing.

Indikatorene som ble sendt til Vadsø, viste at temperaturen hadde vært under 5 °C ved hele distribusjonen, men siden temperaturloggerne forsvant i posten var resultatene vanskelig å kontrollere. Av denne grunn kan det være usikkert om kjølekjeden var opprettholdt.

## **5.5 Temperaturvariasjon i fisken i forhold til emballasje, kjølemedium og plassering på pall**

Det ble kun diskutert temperatur på utsiden av fiskekassene. Se avsnitt 5.4 for forklaring.

### **5.5.1 Forsøksoppsett**

Som vist i delforsøk 1 og 2 var ikke vekten av fisken identisk i hver fiskekasse, slik at kjøling av fisken kan ha variert noe i delforsøket avhengig av vekt på fisken i fiskekassen.

På grunn av mangel på temperaturlogger ble det kun logget temperaturer i midten og på toppen av pallen, men temperaturen burde også vært registrert i bunnen av pallen. I tillegg burde det vært to paralleller av hver kasse pr. pall med tre ulike plasseringer (bunn, midt og topp). Temperaturen inne i fiskene burde også vært registrert under distribusjonen.

### **5.5.2 Forsøksresultater**

Resultatene indikerte at temperaturen inne i fiskene i pappkassene kan ha vært lavere enn fiskene i isoporkassene. Grunnen er direkte kontakt med tørris og mulig skallfrysing av fisken i pappkassene. Siden fiskene i pappkassene sannsynligvis var skallfrost, ble de også oppfattet som noe fastere enn fiskene i isoporkassene som ble kjølt med gelis. Dette fordi overflaten av fisken vil fryse ved skallfrysing. Bruk av tørris ga også utslag i lavest temperaturer på overflaten av fisken, som stemmer med teorien om skallfrysing av fisken i pappkassene. Tørris som kjølemedium vil hovedsakelig føre til lenger holdbarhet ved at ødeleggelsesraten utsettes, men bidrar mest sannsynlig ikke til bedre opprettholdelse av ferskhet på laks (Erikson et al. 2011). Skallfrysing vil øke muligheten for å opprettholde lav temperatur under distribusjon av fersk fisk.

Årsaken til at pappkassen i midten av pallen hadde lavest temperatur under store deler av forsøket var sannsynligvis at tørrisen ga en rask nedkjøling på grunn av sitt lave frysepunkt i tillegg til at i midten av pallen kjølte pappkassene hverandre mer. Isoporkassene hadde høyere

gjennomsnittstemperatur enn pappkassene med lik plassering (både på toppen og i midten av pallen). Sannsynligvis er det på grunn av at gelis ikke kjølte ned produktet like raskt eller til en så lav temperatur som tørris. Temperaturregistreringene på overflaten av filetene som ble sendt til CC-Vest, viste samme tendens.

Effekten av stabling på pall resulterte i lavere temperaturer utenpå og inne i kassene spesielt i midten av pallen. Margeirsson et al. (2012) har tidligere forsket på temperatursvingninger og kvalitetsforringelser på torskefileter ved ulik av plassering på pall under ulike temperaturforhold. Forsøket til Margeirsson et al. (2012) ble gjort med færre lag med kasser på hver pall enn hva som er vanlig. Under studiet viste det seg at fiskekassene som var plassert i hjørnene øverst på pallen, var de som ble utsatt for størst temperatursvingninger og ga produkter med dårligst kvalitet. Dette fordi tre av kassens sider ble eksponert for omgivelsestemperaturer. Lignende observasjoner ble blant annet funnet av Moureh og Derens (2000) der man fant ut at temperaturen i midten av pallen var mest stabil. Varmen fra omgivelsene transporteres fra yttersiden av kassene (som er vendt ut fra pallen) og inn mot midten av pallen. De ytterste kassene vil fungere som isolasjon for de innerste kassene i midten av pallen (Margeirsson et al. 2009).

Ut i fra nevnte forsøk kan man derfor anta at fiskekassene i bunnen ville ha en høyere temperatur enn fiskekassene som var plassert i midten av pallen, men at kassene på toppen ville ha høyest temperatur. Selv om pallene i delforsøket kun hadde fire kasser pr. rad, kan man anta samme effekt som i nevnte forsøk av Margeirsson et al. Det er ikke gjort forsøk med sammenligning av isopor- og papp som emballasjemateriale for fiskekasser, eller i forhold til plassering på pall.

Upubliserte studier på kjøling av laks av Egeland (2012) viste at tørris hadde en varighet på omtrent to døgn. Nevnte forsøk av Egeland (2012) foregikk på kjølelager med 100 g. tørris pr. kg fisk i isoporkasser som ble lagret enkeltvis. Ved å se på resultatene fra delforsøk 5, antas det at varigheten av samme mengde tørris i pappkasser lagret på pall blir omtrent lik som varigheten av tørris i isoporkasser lagret enkeltvis. Det er sannsynlig at observert kjøleeffekt ved bruk av tørris i pappkasse tapes ved distribusjon av enkeltkasser og over et lengre tidsspenn.

## 5.6. Forslag til videre arbeid

Arbeidet gjort i denne oppgaven var i samarbeid med SUPERKALD-prosjektet og vil være grunnlag for videre forskning i prosjektet.

For bedre resultater bør man under testing av kjølekjede til ulike destinasjoner også undersøke temperaturen inne i filetene i fiskekassene. Videre bør man teste flere plasseringer på pall (bunn, midt og topp) ved hjelp av flere temperaturloggere. Det bør også testes to paralleller av hver kasse. Videre bør man sammenligne temperatur inne i fisk ved frakt til ulike destinasjoner ved bruk av store pappkasser med to isolerende papplag (evt. med mindre mengde tørris) og pappkasse der fisken er i direkte kontakt med tørris.

Siden testingen av fiskens kjølekjede foregikk i starten av mars, bør det også gjøres forsøk om sommeren når temperaturen er høyere. Årstid vil også ha stor betydning for opprettholdelse av kjølekjede.

For å bestemme emballaseløsning, type kjølemedium og mengde kjølemedium kan det utarbeides en oversikt der man deler inn destinasjonene avhengig av risiko for brudd i kjølekjeden. Det vil si:

1. = liten risiko
2. = middels risiko
3. = stor risiko

Inndeling i kategori må gjøres på bakgrunn av frakttid, omlastinger, plassering eller andre faktorer som kan forårsake brutt kjølekjede. Blant annet kan det foretas en gjennomgåelse av temperaturlogger på kjølelagre og i kjølebiler for å finne reell temperatur. Selv om målet for prosjektet er å utvikle en D-pak-løsning av papp med tørris som kjølemedium og som opprettholder holdbarhetstid på minst 10 dager, er det ikke sikkert at løsningen vil fungere under distribusjon til alle destinasjoner. Sannsynligvis vil det være liten risiko ved frakt til Oslo og deler av Østlandet slik at fisken kan kjøles med tørris. Ved frakt til Nord-Norge kan man vurdere en kombinasjon av tørris og gelis eller ha isoporeemballasje med tørris på grunn av lang frakttid som utgjør en større risiko. Under distribusjon til Vestlandet bør man ta hensyn til stor risiko for brudd i kjølekjeden.

Det er også mulig å vurdere noe kortere lagringstid på kjølelagrene ved enkelte meieriene for å få filetene raskere ut til kunde.

Ved bruk av temperaturindikator som et enkelt verktøy for å kontrollere kjølekjeden, bør man få produsert opp temperaturindikatorer med maksimumstemperatur på 4 °C i tillegg til at prisen bør være noe lavere.

## 6 Konklusjon

Økende mengde tørris i fiskekassene ga mer frosset fisk. Ved bruk av 400 g tørris pr. kg fisk ble temperaturen i bunnen av fiskekassene og inne i fisken lavere enn ved bruk av 200 g tørris pr. kg fisk.

Ulike emballaseløsninger av papp ga ulike temperaturer i fisken og økende mengde tørris i egenutviklede pappkasser ga lavere temperatur i bunnen av fiskekassene og inne i fisken. Av de tre ulike emballaseløsningene i papp med 150 g tørris pr. kg fisk, ga den store pappkassen med to isolerende papplag lavest temperatur i fisken og i bunnen av fiskekassene.

En teoretisk kartlegging av kjølekjeden ble foretatt.

En kjølekjede på 4 °C ble ikke opprettholdt under distribusjon av fisk fra Bremnes Seashore til Oslo, Stavanger og Ålesund. Under distribusjon til Båtsfjord var kjølekjeden på 4 °C ubrutt. Dokumentasjonen på opprettholdelse av kjølekjedene ble forsterket av resultatene fra temperaturindikatorene som viste seg å være et brukbart verktøy for å kontrollere kjølekjeden.

Under distribusjon fra Bremnes Seashore til Oslo ga pappemballasje med tørris lavere temperatur på overflaten av fisken og på utsiden av fiskekassen enn ved bruk av isoporeemballasje og gelis. Dette på grunn av at tørris kjølte fisken mer og til en lavere temperatur. Temperatur på overflaten av fisken var lavest i pappkassene i midten av pallen. Plassering av isoporkasser i midten av pallen ga lavere temperaturer på utsiden av fiskekassen og på overflaten av fisken enn ved plassering av isoporkasser på toppen av pallen.

## 7 Litteraturliste

- Adams, M. R. & Moss, M. O. (2008). *Food Microbiology*. Cambridge: RSC Publishing.
- AGA. (2012). *Tørris*: AGA. Tilgjengelig fra: [http://www.aga.no/international/web/lg/no/like35agano.nsf/docbyalias/nav\\_leisure\\_dr\\_yice](http://www.aga.no/international/web/lg/no/like35agano.nsf/docbyalias/nav_leisure_dr_yice) (lest 04.02.12).
- Ahvenainen, R. (red.). (2003). *Novel Food packaging techniques*. England: Woodhead Publishing Limited.
- Aitken, A., Mackie, I. M., Merritt, J. H. & Windsor, M. L. (red.). (1982). *Fish handling and processing*. 2. utg. Edinburgh: Ministry of Agriculture, Fisheries & Food Torry Research Station.
- Akse, L. (2006). Pre-rigor produserte kjølte og frosne produkter av laks. *Rapport Fiskeriforskning*, Forprosjekt: Litteraturstudie. 20 s.
- Bahuaud, D., Mørkøre, T., Langsrud, Ø., Veiseth, E., Ofstad, R. & Thomassen, M. S. (2008). Effects of -1,5 °C Super-chilling on quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) pre-rigor Fillets: Cathepsin activity, muscle histology, texture and liquid leakage. *Food Chemistry*, 111: 329-339.
- Dondero, M., Cisternas, F., Carvajal, L. & Simpson, R. (2004). Changes in quality of vacuum-packed cold-smoked salmon (*Salmo salar*) as a function of storage temperature. *Food Chemistry*, 87: 543-550.
- Egeland, S. (2012). *Samtale med mastergradsstudent på SALMA-laks Stine Egeland ved UMB*. Ås (24.02.2012).
- Eie, T. (2005a). *Emballering av næringsmidler : Innføring i emballasje- og emballeringsteknologi*, b. 2. Ås: Matforsk/UMB.
- Eie, T. (2005b). *Emballering av næringsmidler : Innføring i emballasje- og emballeringsteknologi*, b. 1. Ås: Matforsk/UMB.
- Erikson, U., Misimi, E. & Gallart-Jornet, L. (2011). Superchilling of rested Atlantic salmon: Different strategies and effects on fish and fillet quality. *Food Chemistry*, 127: 1427-1437.
- Farnell. (2012). *TENMA - 72-7715 - THERMOMETER, 2CH* Farnell. Tilgjengelig fra: <http://www.farnell.com/datasheets/460996.pdf> (lest 10.04.2012).
- Fellows, P. J. (2009). *Food processing technology: Principles and practice*. 3. utg. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Fjæra, S. O. (2010). *Mottak og slakting av laks*. Ås: Universitetet for miljø- og biovitenskap (Forelesning høst 2010).
- Frøyas. (2012). *Product information*: Frøyas. Tilgjengelig fra: <http://www.froyas.com/> (lest 19.02.2012).
- Gallart-Jornet, L., Rustad, T., Barat, J. M., Fito, P. & Escriche, I. (2007). Effect of superchilled storage of the freshness and salting behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. *Food Chemistry*, 103: 1268-1281.
- Golbal Test Supply. (2012). *Extech/Flir InfraCam SD Thermal Imaging InfraRed Camera IRC57*. Global Test Supply: Global Test Supply. Tilgjengelig fra:



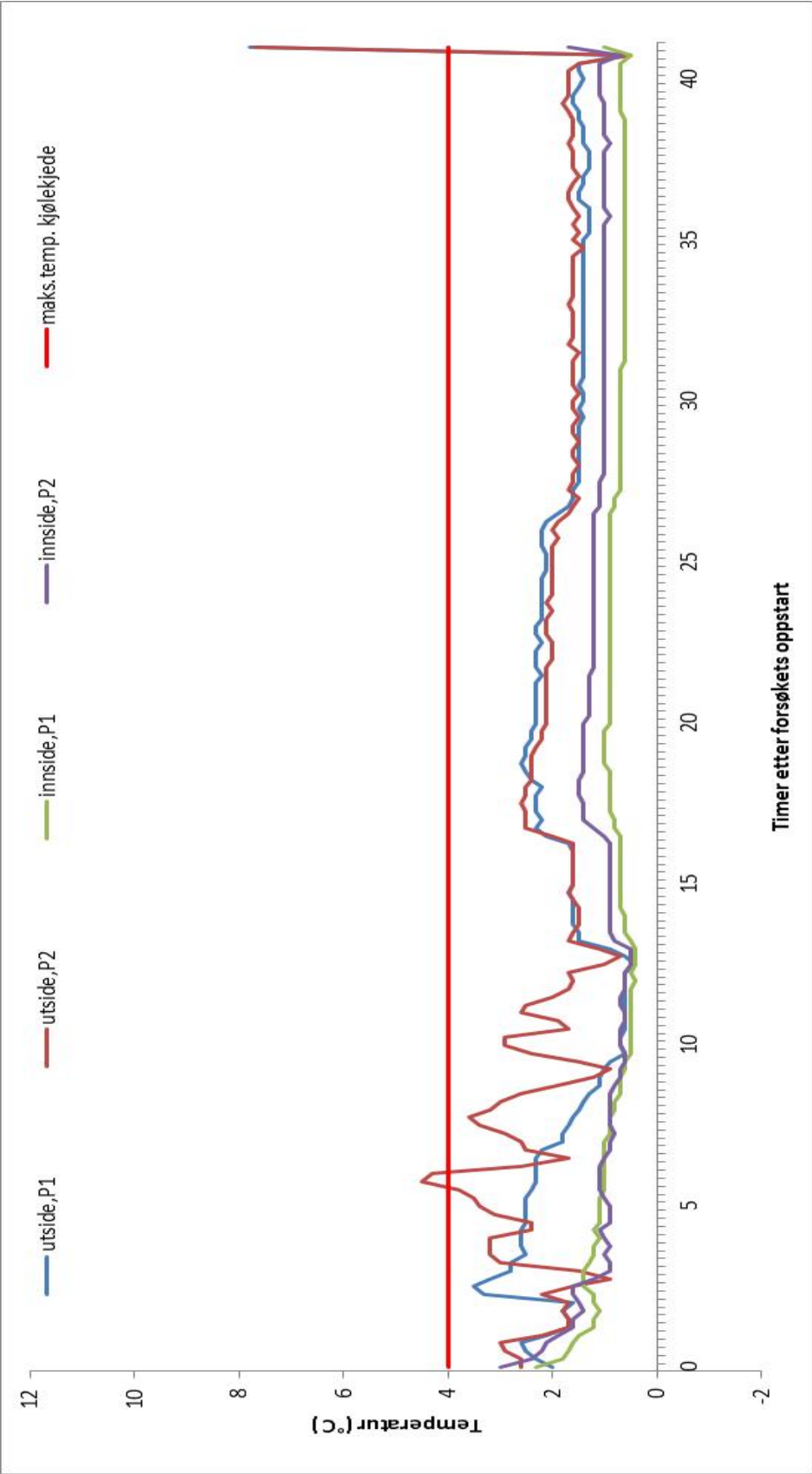
[http://www.globaltestsupply.com/c/116/Extech\\_Flir\\_Thermal\\_Imaging\\_InfraRed\\_Camera\\_IRC57.html](http://www.globaltestsupply.com/c/116/Extech_Flir_Thermal_Imaging_InfraRed_Camera_IRC57.html) (lest 05.05.2012).

- Hemmer, E., Askim, M., Karlsen, H., Lynum, L., Nordeng, A. & Nybraatem, G. (2005). *Næringsmiddel lære : Råstoff-, produksjons- og ferdigvarekunnskap*. Oslo: Yrkeslitteratur as.
- Husa, A. (2012). *Samtale med formann ved Bremnes Seashore Arvid Husa*. Bremnes (06.03.2012).
- Huss, H. H. (red.). (1995). *Quality and quality changes in fresh fish*. Rome: FAO Fisheries Technical Paper.
- Lauzon, H. L., Margeirsson, B., Sveinsdóttir, K., Guðjónsdóttir, M., Karlsdóttir, M. & Martinsdóttir, E. (2010). Overview on fish quality research. Impact of fish handling, processing, storage and logistics on fish quality deterioration. *Rapport Matís*, 2010:39. 70 s.
- Lekang, O. I. (2010a). *Skriftlig materiale fra forelesninger i næringsmiddel teknologi (MVI281)*. Ås: Universitetet for miljø- og biovitenskap (Forelesninger vår 2010).
- Lekang, O. I. (2010b). *Skriftlig materiale fra forelesninger i fisketeknologi (MVI320)*. Ås: Universitetet for miljø- og biovitenskap (Forelesninger høst 2010).
- Lekang, O. I. (2012). *Samtale med førsteamanuensis Odd-Ivar Lekang ved UMB*. Ås (13.01.2012).
- Lynum, L. (2005a). *Fisk som råstoff*. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.
- Lynum, L. (2005b). *Videreforedling av fisk*. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.
- Løvås, G. G. (2004). *Statistikk for universiteter og høyskoler*. 2. utg. Oslo: Universitetsforlaget.
- Margeirsson, B., Arason, S. & Pálsson, H. (2009). Thermal Performance of Corrugated Plastic Boxes and Expanded Polystyrene Boxes. *Rapport Matís*, 2009:01. 23 s.
- Margeirsson, B., Lauzon, H. L., Þorvaldsson, L., Árnason, S. V., Arason, S., Valtýsdóttir, K. L. & Martinsdóttir, E. (2010). Optimised Chilling Protocols for Fresh Fish. *Rapport Matís*, 2010:54. 37 s.
- Margeirsson, B., Lauzon, H. L., Pálsson, H., Popov, V., Gospavic, R., Jónsson, P. J., Sigurgísladóttir, S. & Arason, S. (2012). Temperature fluctuations and quality deterioration of chilled cod (*Gadus morhua*) fillets packaged in different boxes stored on pallets under dynamic temperature conditions. *International Journal of Refrigeration* 35: 187-201.
- Mejdell, C. M., Stenevik, I. H., Erikson, U., Akse, L., Midling, K. & Robertsen, R. (2005). Rapport - behandling av laks - viktige momenter relatert til slakting og Pre Rigor produksjon. *Rapport Fiskeri- og havbruksnæringens landsforening*. 39 s.
- Moureh, J. & Derens, E. (2000). Numerical modelling of the temperature increase in frozen food packaged in pallets in the distribution chain. *International Journal of Refrigeration*, 23: 540-552.
- Mørkøre, T., Rødbotten, M., Vogt, G., Fjæra, S. O., Kristiansen, I. Ø. & Manseth, E. (2010). Relevance of season and nucleotide catabolism on change in fillet quality during chilled storage of raw Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Food Chemistry*, 119: 1417-1425.

- Norske Sjømatbedrifters Landsforening. (2008). Tid- og temperaturindikator (TTI) undersøkt på sjømat. *Rapport Norske Sjømatbedrifters Landsforening*. 20 s.
- Plug & Track Nordic. (2012). *Temperaturlogger*: Plug & Track Nordic. Tilgjengelig fra: <http://www.loggerteknik.se/Temperaturlogger.html> (lest 01.03.12).
- Rukke, E. O. (2009). *Skriftlig materiale fra forelesninger i næringsmiddelteknologi (MVI281)*. Ås: Universitetet for miljø- og biovitenskap (Forelesning vår 2010).
- Sigholt, T., Erikson, U., Rustad, T., Johansen, S., Nordtvedt, T. S. & Seland, A. (1997). *Handling stress and storage temperature affect meat quality of farmed-raised Atlantic salmon (Salmo salar)*. [Chicago]: [Institute of Food Technologists]. S. 898-905 s.
- Skjervold, P. O., Fjæra, S. O., Østby, P. B. & Einen, O. (2001a). Live-chilling and crowding stress before slaughter of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 192: 265-280.
- Skjervold, P. O., Rørå, A. M. B., Fjæra, S. O., Vegusdal, A., Vorre, A. & Einen, O. (2001b). Effects of pre-, in-, or post-rigor filleting of live chilled Atlantic salmon. *Aquaculture*, 194: 315-326.
- Skjervold, P. O., Fjæra, S. O. & Snipen, L. (2002). Predicting live-chilling dynamics of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 209: 185-195.
- Standardiseringutvalget for Norsk Dagligvarebransje. (2007). Standardisering av transportenheter. *Rapport Standardiseringutvalget for Norsk Dagligvarebransje*. 4 s.
- Statistisk sentralbyrå. (2009). *Fiskeri og havbruk*: Statistisk sentralbyrå. Tilgjengelig fra: [http://www.ssb.no/fiskeri\\_havbruk/](http://www.ssb.no/fiskeri_havbruk/) (lest 26.04.2012).
- Stien, L. H., Hirmas, E., Bjørnevik, M., Karlsen, Ø., Nortvedt, R., Rørå, A. M. B., Sunde, J. & Kiessling, A. (2005). The effects of stress and storage temperature on the colour and texture of pre-rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua* L.). *aquaculture Research*, 36: 1197-1206.
- Taoukis, P. S., Koutsoumanis, K. & Nychas, G. J. E. (1999). Use of time-temperature indicators and predictive modelling for shelf life control of chilled fish under dynamic storage conditions. *International Journal of Food Microbiology*, 53: 21-31.
- TINE Forbrukersenter. (2012). *OM SALMA*: TINE Forbrukersenter. Tilgjengelig fra: <http://www.salma.no/om-salma> (lest 13.01.2012).
- TMC Hallcrest. (2006). *Chill Checker*: TMC Hallcrest. Tilgjengelig fra: [http://www.tmchallcrest.com/chill-checker.php?switch=TMC\\_Hallcrest&ref=Chill\\_checker](http://www.tmchallcrest.com/chill-checker.php?switch=TMC_Hallcrest&ref=Chill_checker) (lest 20.02.2012).
- Valtýsdóttir, K. L., Margeirsson, B., Arason, S., Lauzon, H. L. & Martinsdóttir, E. (2010). Guidelines for precooling of fresh fish during processing and choice of packaging with respect to temperature control in cold chains. *Rapport Matís*, 2010:40. 37 s.
- Yara Praxair. (2012). *Tørris*: Yara Praxair. Tilgjengelig fra: <http://www.yarapraxair.no/Gass/Torris/> (lest 04.02.12).

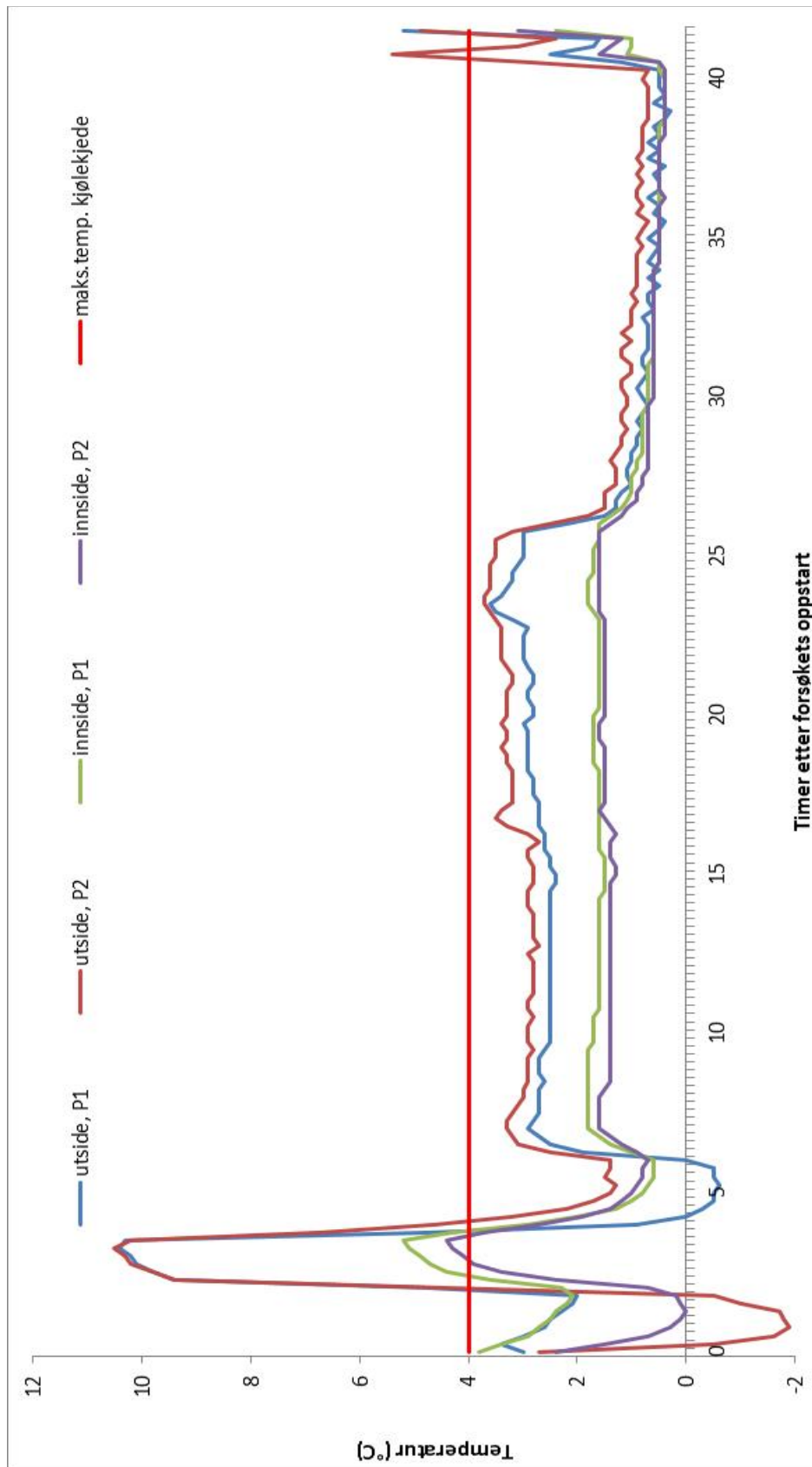
**Vedlegg 1**

Resultater fra temperaturregistrering under distribusjon til Oslo.



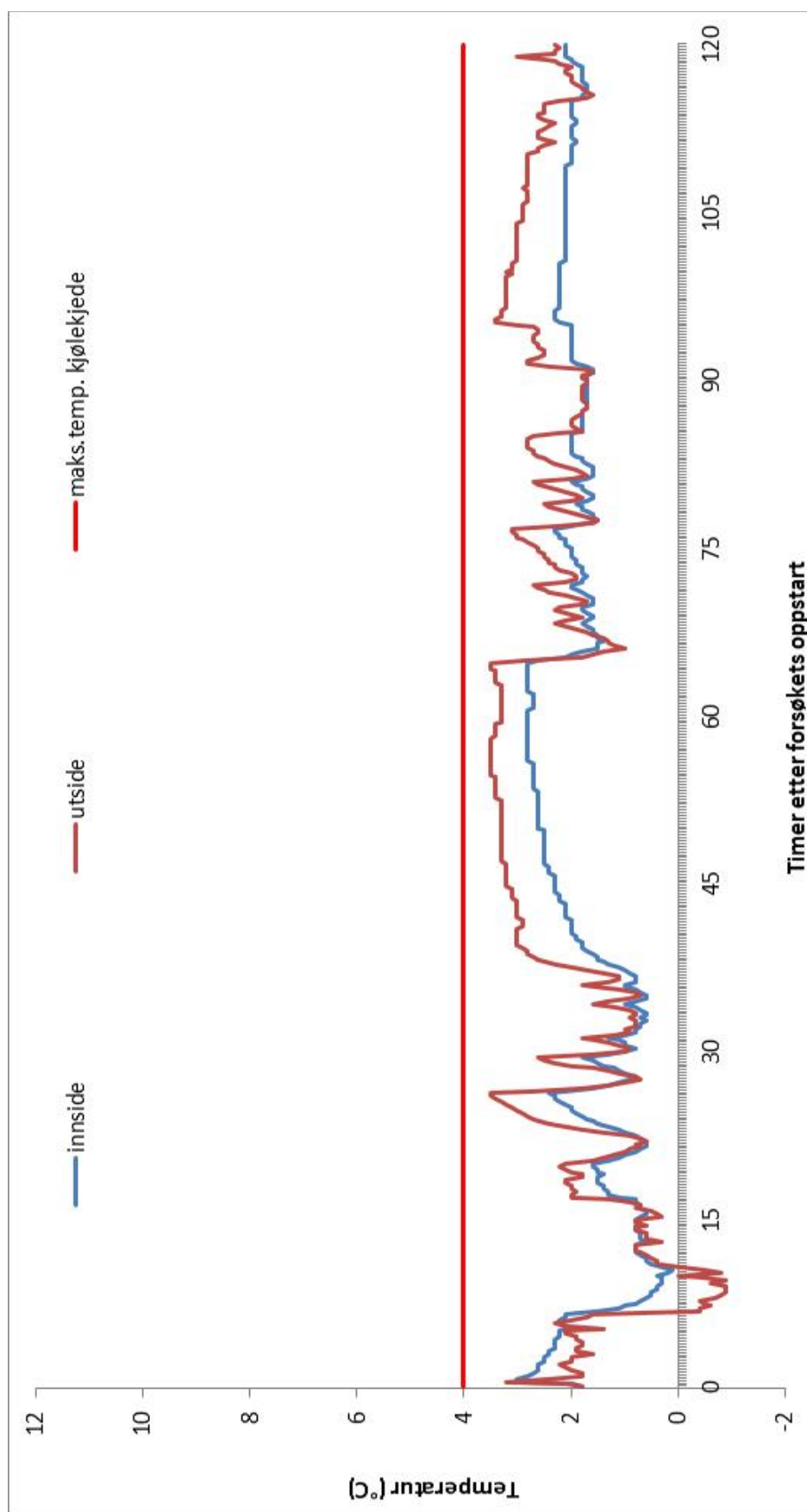
## Vedlegg 2

Resultater fra temperaturregistrering under distribusjon til Stavanger.



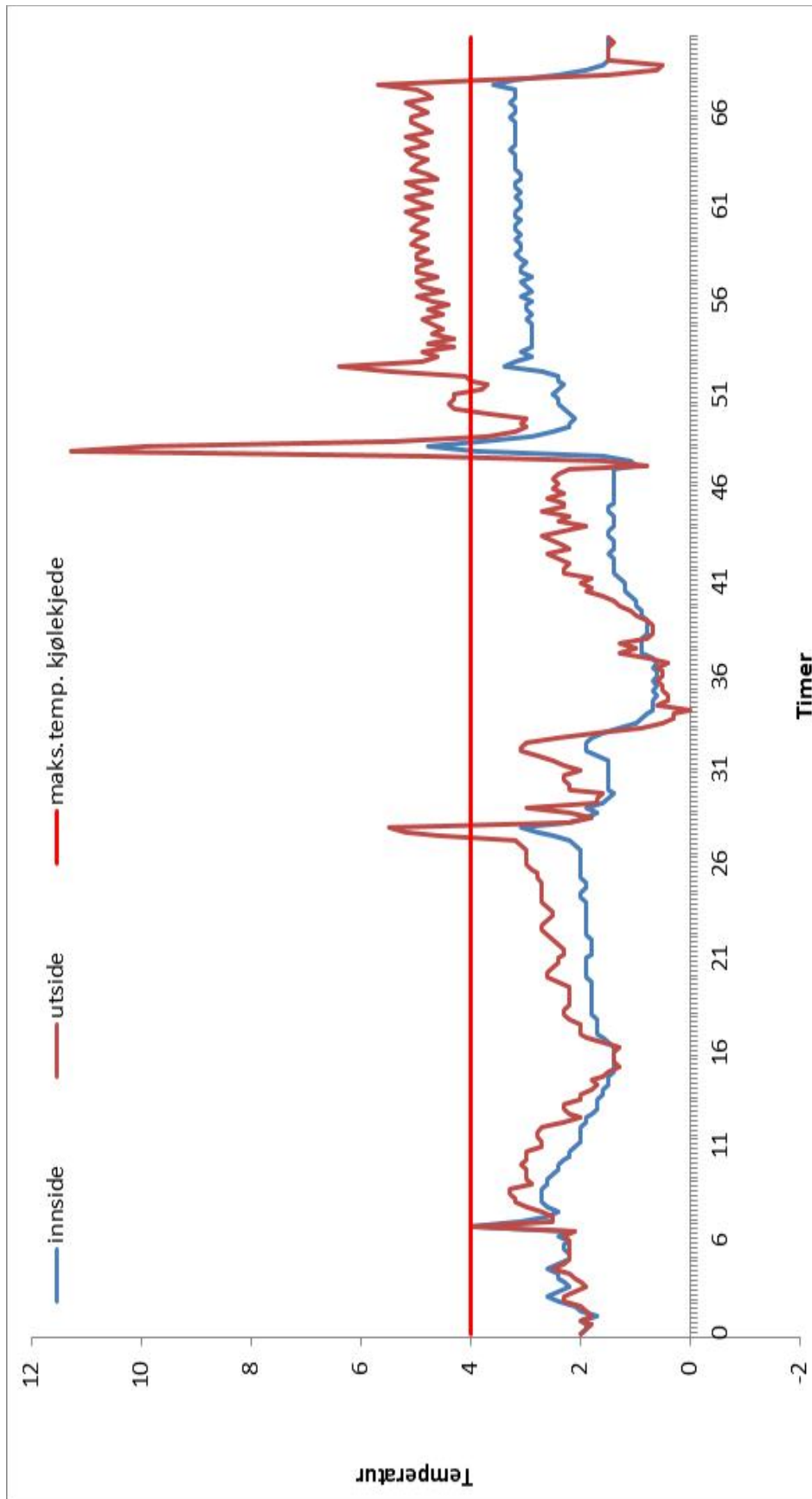
### Vedlegg 3

Resultater fra temperaturregistrering under distribusjon til Båtsfjord.



## Vedlegg 4

Resultater fra temperaturregistrering under distribusjon til Ålesund.



## Vedlegg 5

Resultater fra temperaturregistreringer på utsiden av fiskekassene ved distribusjon på pall.

Resultatene er gitt ved hjelp av ANOVA-analyse og Tukey-metoden. Prøver med ulik bokstav er signifikant forskjellige.

### One-way ANOVA: temperatur versus prøve

Source	DF	SS	MS	F	P
prøve	3	60,084	20,028	35,18	0,000
Error	672	382,585	0,569		
Total	675	442,669			

S = 0,7545    R-Sq = 13,57%    R-Sq(adj) = 13,19%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	169	1,2515	0,6250
2	169	1,6243	0,7347
3	169	1,8361	0,8367
4	169	2,0609	0,8042

1,20      1,50      1,80      2,10

Pooled StDev = 0,7545

#### Grouping Information Using Tukey Method

prøve	N	Mean	Grouping
4	169	2,0609	A
3	169	1,8361	B
2	169	1,6243	C
1	169	1,2515	D

Means that do not share a letter are significantly different.

prøve 4 = utside, isopor, øverst

prøve 3 = utside, isopor, midt

prøve 2 = utside, papp, øverst

prøve 1 = utside papp, midt

## Vedlegg 6

Resultater fra temperaturregistrering på utsiden og innsiden av isopor- og pappkasser under distribusjon på pall til Oslo.

