

Rapport 9/2017 • Utgitt april 2017

Optimalt inntak, ettertørking og lagring av tørrfisk

Sluttrapport

Sjurdur Joensen (Nofima) & Erlend Indergård (SINTEF)





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 350 ansatte.

Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på fem ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Tromsø

Hovedkontor Tromsø:

Muninbakken 9–13
Postboks 6122 Langnes
NO-9291 Tromsø

Ås:

Osloveien 1
Postboks 210
NO-1431 ÅS

Stavanger:

Måltidets hus, Richard Johnsensgate 4
Postboks 8034
NO-4068 Stavanger

Bergen:

Kjerreidviken 16
Postboks 1425 Oasen
NO-5844 Bergen

Sunndalsøra:

Sjølseng
NO-6600 Sunndalsøra

Felles kontaktinformasjon:

Tlf: 02140
E-post: post@nofima.no
Internett: www.nofima.no

Foretaksnr.:

NO 989 278 835 MVA



SINTEF er et bredt, flerfaglig forskningsinstitutt med internasjonal spisskompetanse innenfor teknologi, naturvitenskap, medisin og samfunnsvitenskap. SINTEF utfører forskning som FoU-partner for næringsliv og forvaltning og er blant de fire største instituttene for oppdragsforskning i Europa.

SINTEFs visjon er Teknologi for et bedre samfunn.

Hovedkontor i Trondheim

www.sintef.no
Telefon: 73 59 30 00

Besøksadresse:

Strindveien 4, 7034 Trondheim

Postadresse: SINTEF, Postboks 4760
Sluppen, 7465 TRONDHEIM

Organisasjonsnummer

Stiftelsen SINTEF: NO 948 007 029

Rapport

Tittel: Optimalt inntak, ettertørking og lagring av tørrfisk Sluttrapport	ISBN: 978-82-8296-495-1 (trykt) ISBN: 978-82-8296-496-8 (pdf) ISSN 1890-579X
Forfatter(e)/Prosjektleder: Sjurdur Joensen (Nofima) & Erlend Indergård (SINTEF)	Rapportnr.: 9/2017
Avdeling: Sjømatindustri	Tilgjengelighet: Åpen
Oppdragsgiver: Brødrene Berg AS v/Rolf Jarle Andreassen	Dato: 21. april 2017
Stikkord: Tørrfisk, klimalager, ettertørking, inntak, lagring, utbytte, kvalitet	Ant. sider og vedlegg: 31
Sammendrag/anbefalinger: <p>Prosjektansvarlig har vært Brødrene Berg AS ved Rolf Jarle Andreassen. Prosjektet ble finansiert av FHF og Innovasjon Norge. Til sammen 8 bedrifter har deltatt aktivt med egeninnsats og gjennomføring av forsøk.</p> <p>Målsettingen var å optimalisere tidspunkt for inntak av tørrfisk og finne best mulig betingelser for ettertørking og lagring av tørrfisk i ulike lagertyper.</p> <p>Resultatene fra forsøk over to hengesesonger viser at tørrfisk kan tas inn tidligere enn det som gjøres i dag og at tørrfisk som tas inn tidlig har bedre utbytte som tørrfisk, bløytet og lutefisk. Kvaliteten er også like god eller bedre sammenliknet med fisk som tas inn senere. Når fisken har rundt 30 % av hengevekten er den klar for inntak.</p> <p>Ved inntak er det fortsatt vann i muskelen som må tørkes før den er lagerstabil. Når vekten er 23–24 % av hengevekt, er fisken lagerstabil. Lagertype vil påvirke utbytte og kvalitet. Tradisjonelle lager har 10–12 °C på sommeren og da kan en relativ fuktighet på over 82 % kunne gi muggdannelse. I klimalager ved 3–4 °C kan relativ fuktighet øke opptil 90 % uten muggdannelse. For hver 5 % økning i relativ fuktighet vil utbytte gå opp cirka 1 %, som tilsvarer 4,5 % i økt salgsvekt.</p> <p>Det anbefales at bedriftene veier et visst antall fisk ved henging og følger fiskens vekt under hele tørkeprosessen. Basert på denne vekten, kan produsenter ta beslutninger om når fisken skal tas inn, når den er etter-tørket, og hvordan en styrer lagringsbetingelsene ved å bruke temperatur og fuktighetslogging på tørrfisklagrene.</p>	
English summary/recommendation: <p>The objective was to optimize the time when outdoor dried fish should be taken indoor, and find the best possible conditions for the end indoor drying and storage of stockfish in different storage facilities.</p> <p>The results of experiments (7 producers) over two seasons show that dried fish can be taken in earlier than what is done today, and that fish taken in early have better yield both as stockfish, rehydrated fish and as lutefisk. The quality is also similar to or better compared with fish taken indoor later during the season. When the fish has about 30% of its original weight, it is ready for further indoor drying and storage. It is considered stable when the weight is 23-24 % of the original weight.</p> <p>The relative humidity should not get above 82% in traditional storage facilities (10-12 °C), and not above 90% in climate controlled storages (3-4 °C) to prevent mould. For every 5 % increase in relative humidity in the storage facility, the yield increase 1%, which corresponds to 4.5% in increased sales weight.</p> <p>The producers should weigh a certain number of fish when hanging; and follow the fish's weight during the entire drying process. Based on the registration of this weight, decisions about when fish should be taken indoor for end-drying. Temperature and humidity control in the storage facilities is essential.</p>	

Innhold

1	Sammendrag	1
2	Innledning	3
2.1	Bakgrunn.....	3
2.2	Problemstilling og formål	4
2.3	Prosjekt organisering.....	5
2.4	Prosjektets omfang.....	5
3	Prosjektgjennomføring	6
4	Resultat	8
4.1	Utetemperatur og fuktighet i tørrfisk-sonen	8
4.2	Lagertyper og effekter.....	9
4.2.1	Bruk av ulike lager	9
4.2.2	Tradisjonelle lager	10
4.2.3	Kjølelager	10
4.2.4	Klimalager.....	11
4.2.5	Sorpsjonsisoterm og utbytte i forhold til relativ fuktighet i lager	14
4.2.6	Manipulering av luften i lageret	15
4.2.7	Forsøk med manipulering av luften i lageret	16
4.3	Forsøk med registrering av utbytter og kvalitet.....	18
4.3.1	Vanninnhold og inntak	18
4.3.2	Ettertørking på lager.....	21
4.3.3	Inntakstidspunkt – effekt på kvalitet og utbytter	23
5	Konklusjon	29
6	Leveranser	31

1 Sammendrag

Hovedmålsettingen med prosjektet var å lage retningslinjer for optimalt tidspunkt for inntak av tørrfisk, samt å bestemme mest mulig optimale betingelser under ettertørking og lagring av tørrfisk innenfor ulike lagertyper.

Tørkehastigheten på fisk som henger ute på hjell vil naturligvis varierer fra år til år på grunn av været. Normalt inntak er regnet som månedsskifte mai/juni. Forsøk med ekstra tidlig inntak (rundt 3. mai), tidlig inntak (rundt 18. mai), normalt inntak (rundt 9. juni) og sent inntak (rundt 30. juni) viste økning i utbytte (+0,5 %, dvs. 2 % økt salgsvekt) ved tidlig og ekstra tidlig inntak. Tørrfiskkvaliteten ble også bedømt å være noe bedre på fisk som var tatt inn tidlig. Utbytte etter bløyting og etter luting til lutefisk var også høyere ved tidlige inntak, samtidig som kvaliteten var like god.

Tidligere var regelen at fisken kunne tas inn etter cirka 100 dager på hjell. Det er nå påvist både en kvalitets- og utbyttefordel ved å ta inn fisken etter 50–60 døgn, når fisken har rundt 30 % vekt i forhold til hengt fisk. Tørkebetingelser og fiskestørrelse påvirker optimal inntaksdato fra år til år. For økt kontroll, samt bestemmelse av inntakstidspunktet, er det viktig at produsentene merker og veier et visst antall fisk som henges ute. Vanninnhold og utbytte er godt korrelert, og vekten kan derfor være utgangspunktet for å bestemme inntakstidspunkt. For våt fisk ved inntak, kan gi utfordringer med surning og muggdannelse, mens for tørr fisk vil gi lavere utbytte og kvalitet. Benyttes vekten på fisken som grunnlag, så viste målingene i 2015 og 2016 at små fisk (<2 kg hengt i mars) bør tas inn tidlig i mai, eller før, mens medium (omkring 3 kg) og stor fisk (>4 kg) bør tas inn i midten av mai. Men det er vanninnholdet som bestemmer, og når vanninnholdet i tykkfisken er under 50 % er fisken klar for inntak. **Når fisken er nede i 30 % (eller lavere) av hengevekt, er tørrfisken klar for inntak.**

Ved inntak er det fortsatt en del vann inne i den tykkeste muskelen som må tørkes ut før tørrfisken er stabil. Det tar en del uker etter inntak før tørrfisken er stabil, avhengig av fiskens størrelse, inntakstidspunkt og lagerets luftforhold. Ved å veie den merkede fisken under lagring har man kontroll på dette, og **når vekten er 23–24 % av hengevekt er fisken lagringsstabil.**

Produsentenes lagertype og den relative fuktigheten i luften i lageret påvirker utbytte og kvalitet. I tradisjonelle lager vil temperaturen ligge rundt 10–12 °C gjennom sommeren. Ved slike temperaturer vil man få muggdannelse hvis relativ fuktighet over tid kommer over 82–85 %. I lager med lavere relativ fuktighet (målt ned til 75 % RH) vil utbyttet bli lavt. I klimalager hvor temperaturen ligger rundt 3–4 °C, kan man kunne øke relativ fuktighet til 90 % uten muggdannelse. **For hver 5 % gjennomsnittlig økning i relativ fuktighet inne på lageret vil utbytte øke med 1 %, det vil si 4,5 % økt salgsvekt.**

Tradisjonelle lager hvor porter og dører står åpne, er prisgitt uteluften. Uteluften varierer gjennom sesongen, og mellom årene. Under tørre perioder vil utbytte bli lavt, og under fuktige perioder vil det bli utfordringer med muggdannelse. Det mest kritiske er imidlertid dødsoner inne i lageret hvor luftutskiftingen ikke er tilstrekkelig, og man får fuktige soner som skaper mugg. Det viktigste tiltaket produsenter med tradisjonelle lager kan gjøre, er derfor å stable produktene slik at man får ganger mellom rekkene, og samtidig sette ut flere mindre vifter som skaper luftsirkulasjon gjennom hele lageret. Det kan også vurderes å sette inn mobile avfuktere for å senke relativ fuktighet i lageret under fuktige perioder.

Kjølelager blir benyttet av noen produsenter, og selv om temperaturen kan kontrolleres vil relativ fuktighet på lageret være påvirket av uteluften og avfukting fra fisken. Relativ fuktighet kan fort komme opp i nivåer som gir muggdannelse selv ved lave temperaturer. Det er derfor viktig at tørrfisken blir tatt inn i lageret uten kjøling først, slik at fuktigheten fra fisken får tid til å avdampe før kjøleaggregatet startes.

Klimalager kontrollerer både temperatur og relativ fuktighet, og ved 3 °C og 90 % RH vil utbytte kunne ligge 1–3 % høyere enn for tradisjonelle lager. Ved 2 % økt utbytte vil salgsvekten øke med 9 %. **Ved investering i nytt lager med klimaaggregat er forventet nedbetalingstid 3–4 år.**

2 Innledning

2.1 Bakgrunn

Tørking av fisk er i utgangspunktet en enkel konserveringsmetode. Likevel er prosessene som foregår under tørking kompliserte og påvirker både utbytte og kvalitet. Kvaliteten bestemmes i stor grad av råstoffets beskaffenhet og de naturgitte forholdene når fisken henger ute. Men kvaliteten kan også påvirkes av betingelsene under ettertørking og lagring. Utbyttet vil i stor grad bestemmes av forholdene i luften (temperatur og luftfuktighet) både under henging og lagring.

Mye av kunnskapen som tørrfiskprodusentene baserer sine prosessbeslutninger på er fortsatt erfaringskunnskap. Dette er produsentenes egne erfaringer og erfaringer fra flere hundre års nedarvet kunnskap om tørrfisken. Men mye er i endring, og stadig oftere oppleves at temperaturen tidlig på våren er høyere enn en det som tidligere var vanlig. Et tidligere inntak enn det som tradisjonelt er vanlig, kan derfor være mer gunstig. Tidlig inntak kan imidlertid gi utfordringer da fiskens kjerne vil inneholde noe mer vann enn ved tradisjonelt inntak. Dette kommer av at tørrfisk tørker sakte, slik at kjernen i fisken er fuktig lenge etter fisken føles tørr. I forsøk er det vist at vannet i kjernen begynner å reduseres først etter 45 dager på hjell. Det er imidlertid også vist at fisken etter kun 50 dager har de egenskapene som forventes av en tørrfisk (*Nofima-rapport 42/2009: Modning og lagring av tørrfisk, Sesong 2007*). Andre forsøk har vist at fisken påvirkes av klimatiske forhold i minst 60 dager etter henging (*Nofima-rapport 27/2009: Modning og lagring av tørrfisk, sesongene 2006–2008*). Videre er det også vist at for tidlig eller for sent inntak reduserer kvaliteten på fisken og at optimalt inntak burde være etter omkring 100 dager ved bruk av tradisjonelle lager (*Nofima-rapport 42/2009: Modning og lagring av tørrfisk, Sesong 2007*). Det er med bakgrunn i det sistnevnte forsøket at man nå ser muligheten med en målrettet kontrollert ettertørking for å hindre kvalitetsforringelse ved tidlig inntak.

Sannsynligvis er vannmengden i kjernen nøkkelen til optimalt tidspunkt for inntak. Fisken kan sannsynligvis tas inn mye tidligere enn det som er vanlig i dag, men må da ha en definert ettertørking. Det er under tradisjonell ettertørking en fare for at man ikke klarer å transportere vannet fort nok ut av fisken slik at den surner eller får soppvekst. Tas fisken inn for sent er den utsatt for den fuktighet og varme (sol) som måtte finnes naturlig ute. Temperaturen i fisken på soldager i mai/juni kan komme opp i 40–50 °C. Denne utfordringen kan unngås ved å få bedre kontroll på temperatur og fuktighet i lagrene. Sammen med en definert ettertørking vil det være viktig med riktig fuktighet under lagringen for optimalt utbytte.

Lagrene som tørrfiskprodusentene benytter i dag er veldig forskjellige. Det er viktig å kjenne forholdene i eget lager, samtidig som det er avgjørende å ha kunnskap om hvordan en best kan ettertørke og lagre fisken for å optimalisere utbytte uten at det går ut over kvaliteten. Dette kan gjøres ved å sjekke forholdene i ulike former for tørrfisklager og deretter å manipulere betingelsene på hvert enkelt lager. Ulike lager må ha ulike løsninger for å kunne sikre bedre klimaforhold i luften. Det benyttes en rekke typer lager, for eksempel trebygninger, betongbygg, stålbygg, kjølelager og klimalager. Kartlegging av flere typer lager vil være nødvendig for å kunne foreslå konkrete løsninger for optimalisering.

Flere produsenter har gått over fra tørre og relativt varme lagre, til lager som kan holdes mer kjølte og samtidig også delvis mer fuktige. Det finnes imidlertid liten kunnskap om hvordan slike lager vil påvirke

kvalitet og utbytte. En ettertørking som går for sakte kan redusere kvalitet, selv på fisk som er tatt inn til vanlig tid.

Når fisken er tørr nok og lagringsstabil etter ettertørkingen, kan fuktigheten i lageret økes. Lagringen kan starte og gjør at fisken igjen tar til seg fuktighet fra lagerluften og øker vekt. Den maksimale fuktigheten før muggdannelse er fra før ikke nøyaktig kjent, men var antatt å ligge i området 75–80 % noe som sannsynligvis er for lavt. Det er i tidligere forsøk funnet at en nøyaktig maksimal luftfuktighet vil ha stor verdi for bransjen da en liten endring i lagringsfuktigheten på 5 % vil kunne øke vekten på tørrfisken med 2 %. (*SINTEF TR A6084 Måling av sorpsjonsisotermer for tørrfisk, 2005*).

En enkelt aktør har per 2015 investert i et klimalager hvor temperatur og fuktighet kan styres. Et kjølig lagringsklima er gunstig for å redusere mikrobiell vekst, men det er mer usikkert hvor mye dette påvirker salgsvekten. Forsøk har vist at dette lageret gir produkter som inneholder mer vann (og dermed høyere salgsvekt) uten at dette har påvirket kvaliteten i form av soppskader og andre kvalitetsfeil etter inntak (*SINTEF TR A7298 Målinger på klimatisert tørrfisklager, 2012*).

Sorpsjonsisotermeren er en fysisk parameter som betegner likevektsfuktigheten mellom produktet og omgivende luftfuktighet, og gir oss en generell forutsigelse av lagring av produktet. Ved en gitt luftfuktighet vil produktet tilegne seg et gitt vanninnhold. Ved å manipulere luftfuktigheten kan man dermed variere vanninnholdet (og dermed utbyttet) i produktet. I de fleste av dagens tørrfisklager er dette overlatt til tilfeldighetene. I et kontrollert klimalager vil man kunne regulere fuktigheten så høy at man kan få maksimal salgsvekt uten å få mikrobiologisk vekst på produktet under lagring.

Det er ønskelig med tidligere inntak av tørrfisken for å ta vare på kvalitet og utbytte, hvis forholdene under ettertørkingen er optimal. Utfordringen i dagens tørrfiskproduksjon er å velge optimalt tidspunkt for inntak og videre å ha en kontrollert ettertørking av fisken slik at den er blitt til tørrfisk før lagringen starter. Dersom en starter med optimalisering av lagringsbetingelser før fisken er tørr kan det oppstå kvalitetsutfordringer. Alle typer lager kan forbedres for å være godt egnet til henholdsvis ettertørking og lagring av tørrfisken.

2.2 Problemstilling og formål

Bransjen har i flere år etterspurt kunnskap om hvilket tidspunkt som er optimalt for inntak av fisk fra hjell. Dette spørsmålet har blitt mer relevant de senere årene, da det er en oppfatning av at klimaet har blitt fuktigere, og faren for kvalitetsforringelse har økt. Optimalt inntak vil samtidig være avhengig av hvordan ettertørking og lagring innendørs vil foregå, og som kjent har ulike produsenter ulike lagringsmuligheter og -prosesser.

Det er tidligere vist at god kontroll med luftfuktigheten i lagrene har gitt opp til 10 % høyere utbytte, samtidig med at enkelte andre har fått redusert kvalitet på grunn av mikrobiologisk vekst. God kontroll gir dermed både økt pris på grunn av høy og jevn kvalitet, samtidig som salgsinntekten kan øke med inntil 8 000 kr/tonn på lager. Det trengs imidlertid bedre dokumentasjon på hvordan kontroll og systemoppbygging av lager bør gjennomføres.

Resultatene vil gjøre produsentene av tørrfisk bedre i stand til å ivareta både kvaliteten på tørrfisken og optimalisere utbytte på tørrfisken. Mål for utbytte vil i tillegg til salgsvekt fra produsent også innbefatte totalt utbytte for ferdig utvannet tørrfisk og lutefisk ut i markedet.

Hovedmålsettingen er å lage retningslinjer for optimalt tidspunkt for inntak av tørrfisk og for betingelsene under ettertørking og lagring av tørrfisk for hver enkelt lagertype.

- Bruke fiskens vekt (med basis i startvanninnhold) for å bestemme optimalt tidspunkt for inntak. For å oppnå best kvalitet og utbytte.
- Bruke fiskens vekt for å bestemme når den er ferdig ettertørket, og dermed klar for videre lagring. For å oppnå best mulige kvalitet og utbytte.
- Bestemme systemløsninger for de ulike formene for tørrfisklager, for hvordan en best kontrollerer lagringen i hvert av disse med hensyn på god kvalitet og utbytte, samt investeringsløsninger.
- Beskrive optimale betingelser i etablert klimalager for god kvalitet og riktig utbytte.
- Dokumentere konsekvensene av inntakstidspunkt og ettertørking i ulike lager for utbytte og kvalitet i sluttprodukt både i det norske markedet og i Italia.
- Etablere sorpsjonsisoterm for tørrfisk med bakgrunn i industrielle målinger, spesielt i områder av isotermen som viktig for produsentene.

2.3 Prosjekt organisering

Forskningen i prosjektet ble gjennomført av Nofima og SINTEF. Begge forskningsmiljøene har i en årrekke vært sentrale i forskingsarbeidet som er utført på tørrfisk. Prosjektgruppen besto av aktiv deltakelse fra 7 tørrfiskbedrifter, samt en utstyrsleverandør. Alle bedriftene har fått gjennomgått rutiner og lagringsfasiliteter, og modifikasjoner er gjennomført. Bedriftene representerer en stor del av tørrfisknæringen både i volum av hengt tørrfisk og som produsenter av lutefisk.

For Nofima ledet seniorforsker Sjurdur Joensen 3 arbeidspakker, og for SINTEF ledet Erlend Indergård 4 arbeidspakker.

Prosjektleder var Rolf Andreassen på vegne av Br. Berg AS.

Deltakende bedrifter var: Br. Berg AS, Brødrene Andreassen Værøy AS, Astrup Lofoten AS, Lofoten Viking AS, Nic Haug AS, Røst Sjømat AS, Hovden fiskeindustri og GK Norge AS.

2.4 Prosjektets omfang

Prosjektet ble gjennomført i årene 2015 og 2016, med en totalramme på kr 9 346 250,-. Prosjektet hadde aktiv deltakelse fra 7 tørrfiskbedrifter og en leverandør. Bedriftenes totale egeninnsats var på kr 5 164 000,- og finansieringen fra **Innovasjon Norge og FHF** var på kr 4 182 250,-.

3 Prosjektgjennomføring

Alle forsøkene i prosjektet er gjennomført hos de 7 deltagende tørrfiskprodusentene. Hovedprinsippet har vært at alle henger på samme tidspunkt, individmerker fisken, tar inn på samme tidspunkt, ettertørker og lagrer på egne lager. Forsøkene i 2015 ble i all hovedsak gjentatt i 2016 for å få mest mulig sikre data, men da også med ekstra tidlig inntak. Nofima og SINTEF målte og registrerte vekt, kvalitet, temperatur og fuktighet.

Alle fiskene ble individmerket og veid før henging. Henging var på hjell ute som under vanlige omstendigheter i tørrfiskproduksjon. Henging i 2015 var 23. mars, mens henging i 2016 var 12. mars. Hos Br. Berg ble det i 2016 også hengt noe 3 kg fisk 4. april. Hver bedrift hengte fisk av ulik størrelse. I 2015 hengte bedriftene 30 småfisk (1,5 kg), 90 mellomfisk (3 kg) og 30 storfisk (4–5 kg). I 2016 ble det hengt litt mere fisk og vekten på småfisken ble justert opp til 2 kg. Så i 2016 hengte bedriftene 40 småfisk (2 kg), 120 mellomfisk (3 kg) og 40 storfisk (4–5 kg).

En sentral målevariasjon i prosjektet var å variere tidspunkt for inntak av tørrfisken. De fleste tar inn fisken først i juni. Det ble lagt inn tidligere og senere inntak enn normalt for å dokumentere effekten av inntakstidspunkt. I 2015 var det 3 inntak, som innebærer at 1/3 av hver fiskestørrelse tas inn på lager for hvert inntak. Første inntak i 2015 var 20. mai, andre inntak 9. juni og tredje inntak 30. juni. Resultatene i 2015 indikerte at det var interessant å teste enda tidligere inntak. Så i 2016 ble forsøket utvidet til 4 inntak, med første inntak 3. mai, andre inntak 18. mai, tredje inntak 9. juni og fjerde inntak 30. juni.

Når fisken er tatt inn starter ettertørkingen. Denne er da innendørs og oftest på det lageret bedriften har. Vekten på fisken følges og det logges av temperatur og fuktighet i luften der fisken ligger.

I løpet av sensommeren starter bedriftene å vrake fisken og legge den sortert på paller inne på lageret. Fisken lagres nå. I forsøkene våre ble fisken ikke kvalitetsdømt før lagringsperioden var over. I 2015 ble fisken lagret frem til midt i november. I 2016 ble fisken lagret frem til 20. oktober. Etter lagring ble fisken veid og kvalitetsvurdert av vraker ved hver av bedriftene. Vrakerne bedømte fisken som ved vanlig tørrfisksortering og resultatet ble presentert som klassene: Prima, Sekunda, B og BB. Sorteringen BB er da makkfisk. Vrakerne bedømte også graden av jordslag. Skinnfargen på fisken ble bedømt av Nofima.

Et utvalg av tørrfisk ble fulgt videre til bløyting og lutefisk. Som bløytet og som lutet ble kvaliteten bedømt av Nofima og Br. Berg. På et utvalg av fisken var også to personer fra hver av bedriftene på Værøy med for å bedømme kvaliteten. Dette erstattet opprinnelig oppsatt test i Italia. Spalting ble bedømt etter en skala fra 1 til 5, hvor 5 ikke er spaltet. Hvithet i muskelen ble bedømt i tre klasser, 0 = hvit, 1 = noe mørk og 2 = mørk. Brunfarge ved bein ble bedømt i tre klasser, 0 = ingen, 1 = noe og 2 = mye. Mucoso ble bedømt i tre klasser, 0 = ingen, 1 = noe og 2 = mye. Gulffarge på skinn og muskel ble bedømt ved direkte sammenlikning mellom et utvalg av fisk fra hver gruppe.

Hos Brødrene Berg AS er det gjort enkelte tilleggforsøk som ikke er gjort hos de andre produsentene. Her ble det også tatt ut prøver for måling av vanninnhold i tørrfisken. Vannmålinger er gjort på fisk ved hvert inntak og for hver fiskestørrelse. Vanninnholdet ble testet i loins-området og i sporstykket. Vanninnhold i prøvene ble målt etter prinsippet om at prøven tørkes ved kontrollert temperatur til konstant vekt og vekttapet tilsvarer vanninnholdet i prøven. Materialprøve til måling av vanninnhold

ble tatt ut ved å sage koteletter ut av tørrfisken som vist i Figur 13. Muskelen, uten bein og skinn, ble tatt ut og kuttet for hånd i små biter før homogenisering i 1 minutt til grovt pulver, 2,5 g veies inn i porselenskål og prøven tørkes ved 103 grader i 20 timer. God homogenisering av en tørrfiskbit er utfordrende. Dette kan gi noe måleusikkerhet i resultatet.

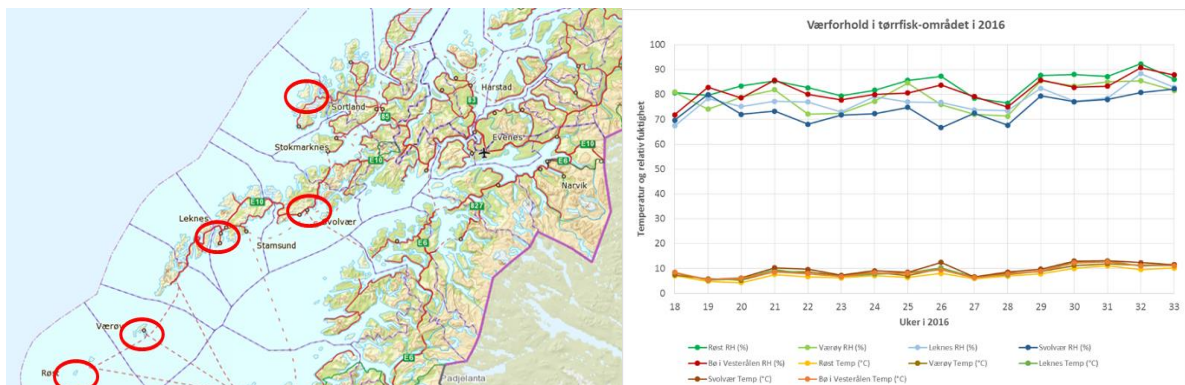
Det ble også gjort en sammenlikning av klimalager og ordinære tørrfisklager, med hensyn på utbytter og kvalitet på fisken. Samme råstoff og samme hengeplass ble benyttet for dette forsøket, og kun lagring ble variert. Alle lagrene ble instrumentert for å måle temperatur og relativ fuktighet. Med bakgrunn i ulike vanninnhold ved ulike inntak, ble vannfjerningskapasitet under ettertørking beregnet for alle lager.

I 2015 ble noe av fisken lagret på klimalager og ordinært tørrfisklager. Denne fisken ble fulgt helt frem til oktober 2016. Fisken ble lagret i esker i begge lagrene. Denne fisken ble kvalitetsvurdert samtidig som resten av fisken i 2016 og kunne derfor sammenliknes og gi en pekepinn på effekter av langtidslagring av tørrfisk.

4 Resultat

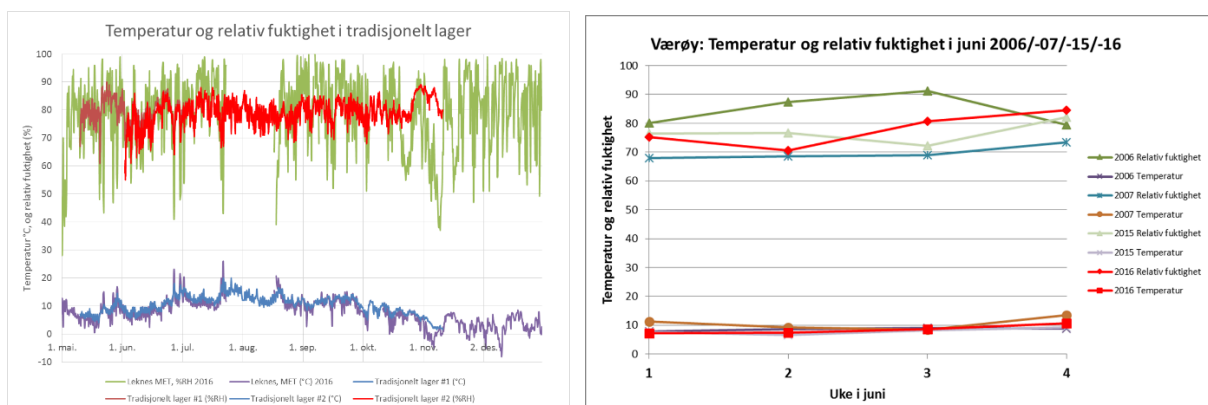
4.1 Utetemperatur og fuktighet i tørrfisk-sonen

Prosjektet omfatter i tillegg til analyse av ulike lager, også en kartlegging av konsekvensene av lokalitet innen området der det meste av tørrfiskene produseres. Figur 1 viser fem områder som er kartlagt med hensyn til utelufts temperatur og fuktighet; Røst, Værøy, Leknes, Svolvær og Bø. Målinger av temperatur og fuktighet i uteluft er hentet fra Meteorologisk institutt (MET).



Figur 1 De 5 områdene som er kartlagt med hensyn til utelufts temperatur og fuktighet; Røst, Værøy, Leknes, Svolvær og Bø (venstre). Og til høyre: Relativ fuktighet i ytre områder (Røst, Værøy og Bø) ligger jevnt noe høyere enn på innsiden (Leknes og Svolvær).

Figur 2 til venstre viser relativ fuktighet og temperatur inne i et tradisjonelt lager, sammen med uteluft. Det er tydelig at luften inne i tradisjonelle lager følger utelufts egenskaper. Til høyre vises temperatur og fuktighet i uteluft gjennom juni på Værøy. På grunn av at juni per i dag er ettertørkingsmåned, er denne sentral. Gjennom de siste 12 år har 2006 vært den mest fuktige og 2007 den mest tørre sommeren. Uteluften i prosjektperioden 2015 og 2016 betegnes som relativt gjennomsnittlig.



Figur 2 Relativ fuktighet og temperatur i uteluften (MET) påvirker også fuktighet og temperatur inne i tradisjonelle lager (venstre). Og til høyre: Temperatur og relativ fuktighet på Værøy i juni. Høyest (2006) og lavest (2007) fuktighet de siste 12 år. Relativt gjennomsnittlige år i 2015 og 2016.

Både temperatur og relativ fuktighet er viktig for tørrfiskene under lagring. Temperaturen er viktig i og med at vekst av mugg og andre mikroorganismer vokser raskere dess høyere temperaturen er, og i

t tillegg vil uønskede enzym- og harskningsreaksjoner i kjernen og fiskemuskelene også gå raskere. Relativ fuktighet er viktig, både på grunn av utbyttet (hindre overtørking), men ikke minst på grunn av at denne sikrer at vannet inne i fisken tørker ut, og at overflaten av fisken er tørr nok til at mugg ikke kan vokse.

4.2 Lagertyper og effekter

4.2.1 Bruk av ulike lager

Som nevnt benytter tørrfiskprodusentene forskjellige typer lager (Figur 3), som trebygninger, element/betongbygg, isolerte plasthaller, kjølelager og klimalager. I de førstnevnte lagertypene (tradisjonelle lager) holdes porter og vinduer åpne (med noen unntak av natten), mens i kjøle- og klimalager holdes porter stengt. I kjølelager styres temperaturen, mens i klimalager styres både temperatur og fuktighet i lageret. Det blir benyttet ulike vifter til å sirkulere luften i lagrene.



Figur 3 Bildene viser ulike lagertyper og variasjon i pallestabling og reolsystemer.

Etter inntak av tørrfisk og under ettertørkingen i tradisjonelle lager, åpnes portene ut mot uteluft, og gulv-vifter suger luft fra åpningen inn mot tørrfiskpallene for å skape sirkulasjon. Derfor vil tradisjonelle lager i stor grad være preget av forholdene i uteluften.

4.2.2 Tradisjonelle lager

Trebygg, element- og betongbygg, samt isolerte plasthaller anses her som tradisjonelle lagre i og med at alle benytter uteluften til tørking ved at portene står åpne. Dette fører til at luften inne i lagrene er lik uteluften uavhengig av konstruksjonsmateriale (Figur 2). Det kan derimot være en forskjell i forholdene inne i lagrene om natten hvis portene stenges. I forhold til trebygg, vil isolerte element- og betongbygg kunne holde på varmen i større grad, og dermed redusere svingninger i både temperatur og fuktighet. I et isolert lager svinger temperaturen 0,5–1,5 °C over døgnet, mens i et uisolert trebygg svinger temperaturen 1,5–2,5 °C i samme periode. Dette påvirker samtidig fuktigheten i lageret.

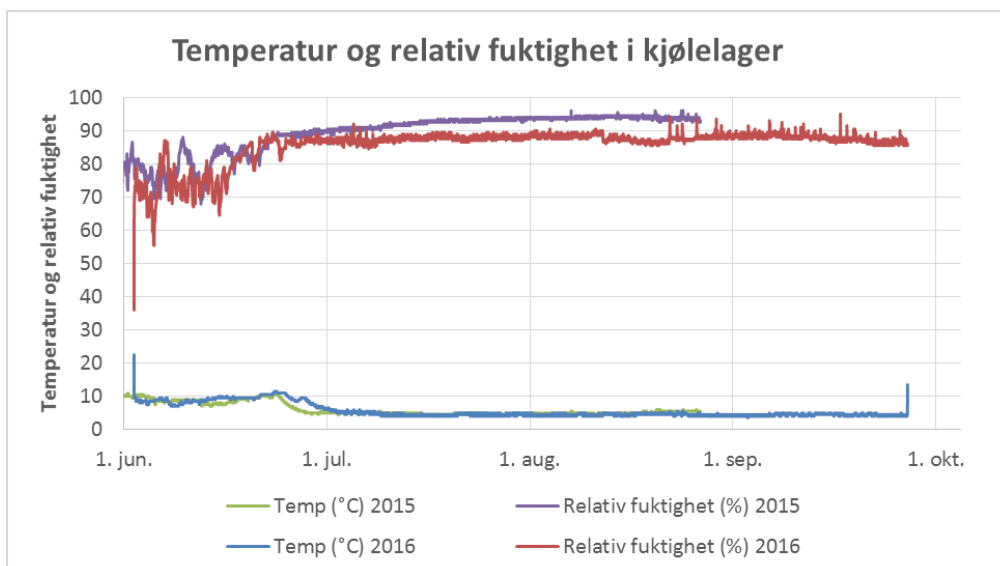
I perioden etter inntak, lå relativ fuktighet i lagrene mellom 75 og 85 %, avhengig av lokalitet. Av erfaring begynner man å få utfordringer med mugg når fuktigheten kommer mellom 80–85 % ved temperaturer rundt 10–12 °C. Spesielt gjelder dette soner av lager som ikke har god nok luftsirkulasjon. Har man kontroll på fuktigheten i lageret, kan man i disse kritiske periodene stenge porten, og utnytte for eksempel enkle industrielle avfuktere og god luftsirkulasjon ved bruk av vifter. For å sikre god sirkulasjon bør man ha fokus på at luft kan strømme rundt hver enkelt palle.

4.2.3 Kjølelager

Et kjølelager er et tett, isolert lager hvor temperaturen holdes lavt ved bruk av et kjøleaggregat. Aggregatene plasseres høyt for å blåse luften ut i lageret og skape luftsirkulasjon. Her styres temperaturen, men fuktigheten i lageret kan man ikke kontrollere. Uten ekstra vifter, vil kun kjøleaggregatet kunne skape soner uten vesentlig luftutskifting og dermed fare for mugg.

Varme fra nyinnsatte produkter, åpne porter, fra lys, luftlekkasjer og ikke minst fra varme som kommer gjennom tak og vegger, vil øke temperaturen på lagerluften. Kjøleaggregatet vil da starte, og fordamperflaten i aggregatet blir kaldt. Viftene suger luft over de kalde flatene og luften avkjøles før den blåses ut i lageret. Fuktigheten i luften blir kondensert ut på fordamperen, noe som fører til at den kalde luften ut fra aggregatet er tilnærmet mettet med fuktighet, det vil si nært 100 %, før den blandes med resterende luft i lageret som har litt lavere relativ fuktighet.

Selv om temperaturen i lageret kan holdes forholdsvis konstant gjennom sesongen, vil den relative fuktigheten kunne variere en god del. Når man setter inn tørrfisk som fortsatt damper av vann, vil fuktigheten i lageret øke. På varme dager vil kjøleaggregatet gå ofte (pga. varmelekkasjer) og man får økt utkondensering av vann i aggregatene. På kalde dager vil aggregatene gå mer sjeldent, og fuktigheten forblir inne i lageret. Det vil derfor være faktorer som ikke er kontrollerbare som påvirker fuktigheten i lageret og dermed produktkvalitet og utbytte.



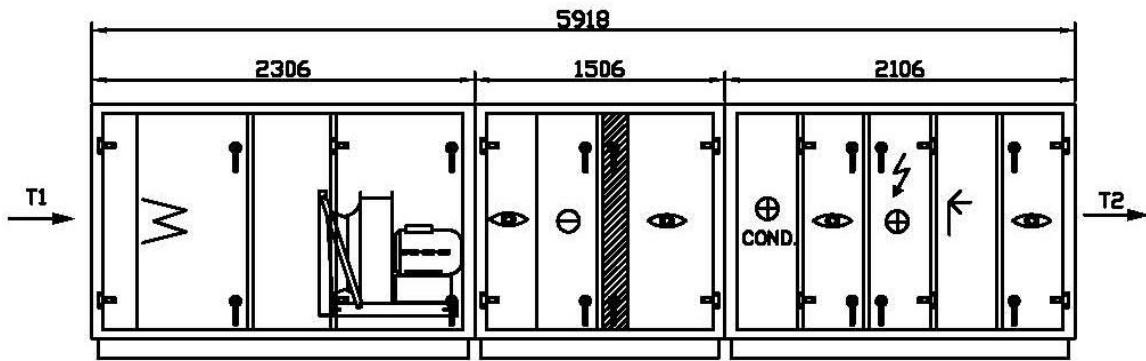
Figur 4 Temperatur og relativ fuktighet i industrielt kjølelager for tørrfisk.

Fra Figur 4 ser man temperatur og fuktighet i et tørrfisk-kjølelager for sesongene 2015 og 2016. Før start av aggregatene svingte relativ fuktighet i lageret avhengig av uteluft på grunn av at porter normalt står åpne under inntaksperioden. Etter at kjøling ble satt på, faller temperaturen til sett-punktet, og fuktighet stiger jevnt, og det er tydelig at fuktighet varierer mellom år. I dette lageret ble det registrert en del mugg, men likevel noe begrenset på grunn av lav temperatur. Den største utfordringen med en slik høy fuktighet som gjennom sesongen 2015 er likevel vanninnholdet i tørrfisken. Den vil ikke tørke ut nok når fuktigheten er så høy. Dette fører til at den senere må tørkes i et annet tørt lokale før den blir lagringsstabil og kan sendes til kunde.

4.2.4 Klimalager

Det er per 2016 installert to industrielle klimalager for tørrfisk, men flere er under planlegging. Et klimalager er et tett og isolert betong-/elementbygg hvor lagerluften sirkulerer rundt i kontakt med alle pallene. Med et klimastyrte lager kan både temperatur og fuktighet i rommet styres, ved at aggregatet (Figur 5 og Figur 6) kan kjøle, varme, avfukte og befukte luften etter behov. Typisk settpunkt for lageret er + 3 °C og 89 % RH, med en nøyaktighet på $\pm 0,2$ °C og ± 1 % RH.

Når fuktigheten og/eller temperaturen i lageret er for høy, må aggregatet kjøres. Det er behov for størst kapasitet på anlegget i juni/juli da vann fortsatt skal fjernes fra tørrfisken, og temperaturen ute er høyest. Et aggregat må designes etter behovet i disse månedene, samt i forhold til størrelsen på lageret (produktmengden).



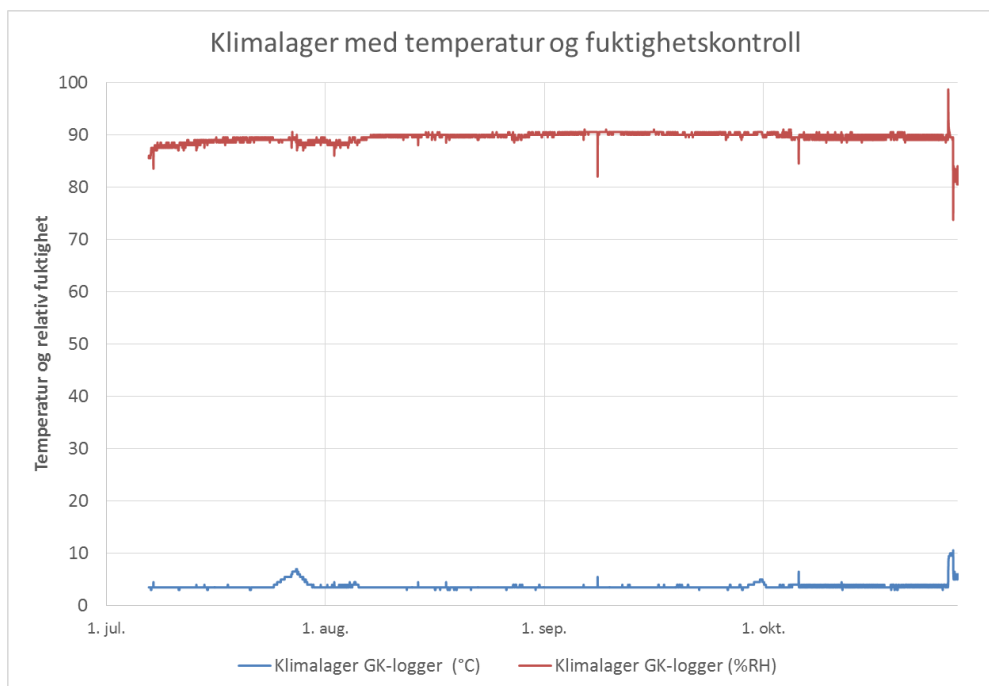
Figur 5 Skisse av et klima-aggregat, med fordamper, vifte, kondensator, back-up el-varmebatteri, og damp-befukter.



Figur 6 Klimalager med aggregat i tak (t.v.) og kompressor kuldesystem (t.h.)

Klima-aggregatets funksjonalitet

Etter inntak av fisk i mai/juni vil luften som kommer ut fra aggregatet sirkulere gjennom lageret. Underveis vil denne luften ta opp fuktighet som slippes fra fisken, samtidig som den vil bli litt oppvarmet fra varmelekkasjen gjennom vegger og tak. Når luften kommer tilbake til aggregatet vil den suges gjennom den kalde fordamperen og vann kondenseres ut på overflaten. Viften blåser den kalde luften videre gjennom kondensatoren som varmer denne opp igjen til ønsket nivå (for eksempel 4 °C). Det kan ofte skje at for mye fuktighet tas ut fra luften for å holde temperaturen lav nok. Hvis fuktigheten i luften ikke kommer opp til ønsket nivå etter kondensatoren, vil fuktighet tilføres ved bruk av mekanisk befukter/tåkesystem. Ved bruk av klimaaggregat, kan dermed temperatur og fuktighet i lageret holdes konstant uavhengig av produktets fuktighet og uteluftens temperatur (Figur 7).



Figur 7 Klimalager sikrer jevn temperatur og relativ fuktighet over tid.

Det er viktig å sikre god luftsirkulasjon i lageret for å hindre dødsoner i lageret som fort kan få høyere luftfuktighet og dermed muggproblemer. Dette er løst ved å sette mindre vifter i hjørnene i lageret slik at man får en sirkulerende luftstrøm.

I forhold til tradisjonelle lager, vil et slikt lager medføre høyere driftskostnader. For optimal drift, må aggregatet designes i forhold til avgitt fuktighet fra fisken, størrelsen på lageret og forventet utetemperatur. Det er viktig å benytte kuldemedium i henhold til de nye klimaforskriftene. Det er 3 kilder til energibruk:

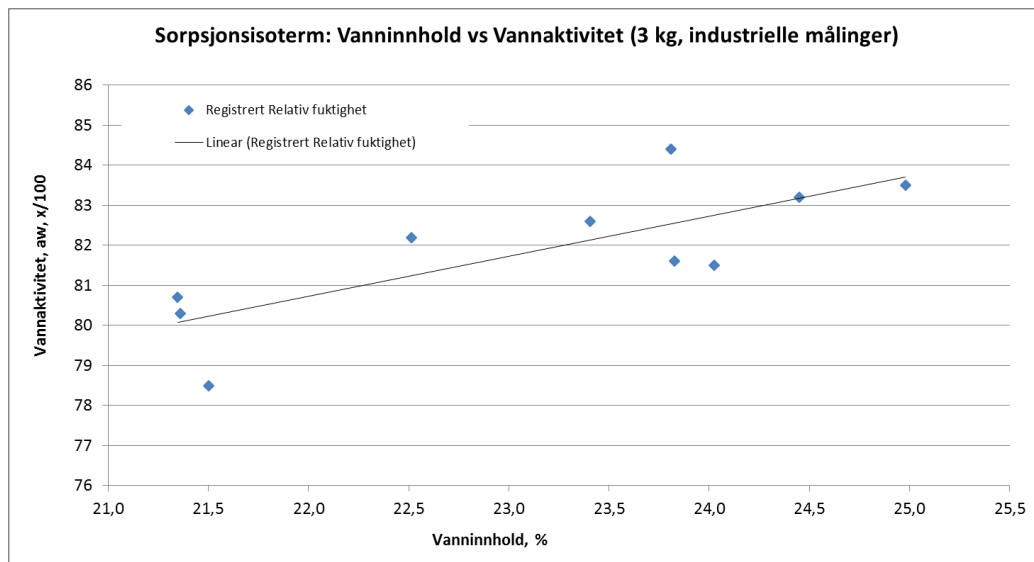
- 1) Viftene. Dette må aksepteres, og tradisjonelle lager bør ha tilsvarende viftekapasiteten for å sikre god nok luftsirkulasjon.
- 2) Kompressorene i kuldesystemet. Utover høsten vil behovet for kuldekapasitet reduseres betraktelig. For optimal drift er det derfor viktig å designe kuldesystemet slik at energiforbruket reduseres i samsvar med redusert kuldebehov.
- 3) Kondensator/El-batteri. Etter kjøling og avfukting av luften i fordampere, må luften varmes opp til ønsket temperatur. Her er det viktig at kuldesystemet designes slik at overskuddsvarme fra kompressorene kan utnyttes. Er ikke dette tatt hensyn til, må et energikrevende el-batteri utføre denne oppgaven.

Driftskostnader for klimalager:

Klimalagrene som er undersøkt, har en kapasitet på 250–300 tonn tørrfisk. Som nevnt vil effektforbruket variere med belastningen over sesongen. Etter inntak i mai og juni vil det være størst behov for vannfjerning, samtidig som fisken må avkjøles og den varme uteluften gir økt varmebelastning på lageret. I denne perioden er anleggene i full drift, de vil ha et energiforbruk på 25–30 000 kWh per måned, det vil si cirka 10 000 kWh per måned per 100 tonn tørrfisk. Dette energiforbruket mer enn halveres utover høsten med lavere utelufttemperatur og lagringsstabil fisk.

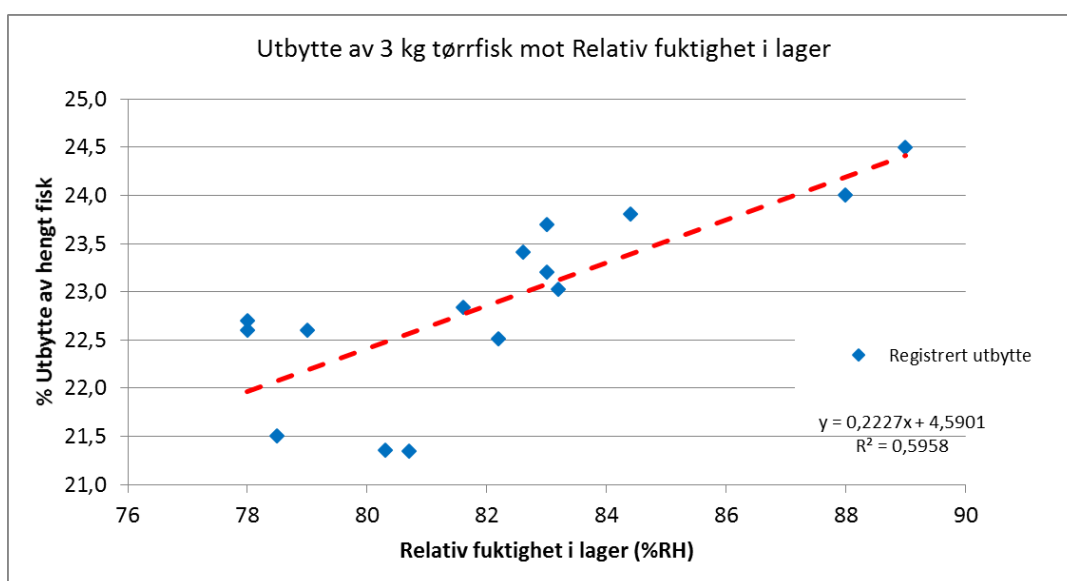
4.2.5 Sorpsjonsisoterm og utbytte i forhold til relativ fuktighet i lager

Sorpsjonsisotermen er produktspesifikk, og viktig for å bestemme optimale tørkeprosesser. Kort kan man si at sorpsjonsisotermen er en kurve som viser vanninnholdet i produktet når det er i likevekt med relativ fuktighet (tilsvarende vannaktiviteten på overflaten) i luften rundt produktet (Figur 8). Tørrfisk er svært hard, og det har tidligere vært vanskelig å bestemme sorpsjonsisotermen på grunn av at det tar lang tid å få likevekt mellom fisk og luft. Gjennom prosjektet er isotermen (i området som er viktig for produsenten) nå bestemt ved hjelp av industrielle målinger.



Figur 8 Sorpsjonsisotermen viser vanninnhold i tørrfisk etter at denne er i likevekt med relativ fuktighet i lageret.

Svakheten med sorpsjonsisotermen for tørrfisk er at den er basert på vanninnhold. I en tørrfisk er det svært vanskelig å måle nøyaktige verdier for vanninnhold, og denne er derfor relatert til vanninnhold målt til fersk HG-fisk, som også kan variere noe. For produsentene er derfor utbytte en bedre måte å presentere konsekvensene for ulike relative fuktigheter i lager (Figur 9).



Figur 9 Utbytte i tørrfisk etter at denne er i likevekt med relativ fuktighet i lageret.

Fra Figur 9 ser man at to lager med 5 % ulikhet i relativ fuktighet (fra f.eks. 80 til 85 %) vil gi et økt utbytte fra 22,4 til 23,5 % høyere. Dette tilsvarer 4,5 % mer salgsvekt.

4.2.6 Manipulering av luften i lageret

Det er viktig for alle produsenter å plassere temperatur- og fuktighetsmålere i lageret for økt kontroll.

Klimastyrte lager vil kunne styre både temperatur og fuktighet, og samtidig styre luften slik at det ikke blir dødsoner i lageret. Det er viktig at klima-aggregatet er designet etter spesifikasjonene for hvert enkelt lager, med tanke på hvor mange tonn fisk det er ønskelig å lagre. Samtidig må man ta forbehold om at tidlig inntak fører til at mer vann fra fisken fjernes inne i lageret. Det må være tilstrekkelig med kuldekapasitet til å kondensere ut all vanddamp som slippes fra fisken etter inntak.

Kjølelager styrer kun temperatur. Det er løsninger for å manipulere fuktigheten i en viss grad i slike lager, men disse er energioekonomisk svake da det innebærer tilførsel av varme inne i lageret som igjen må fjernes med kuldesystemet. Installasjon av flere mindre vifter som sikrer god sirkulasjon i hele lageret vil sannsynligvis hindre noe muggvekst.

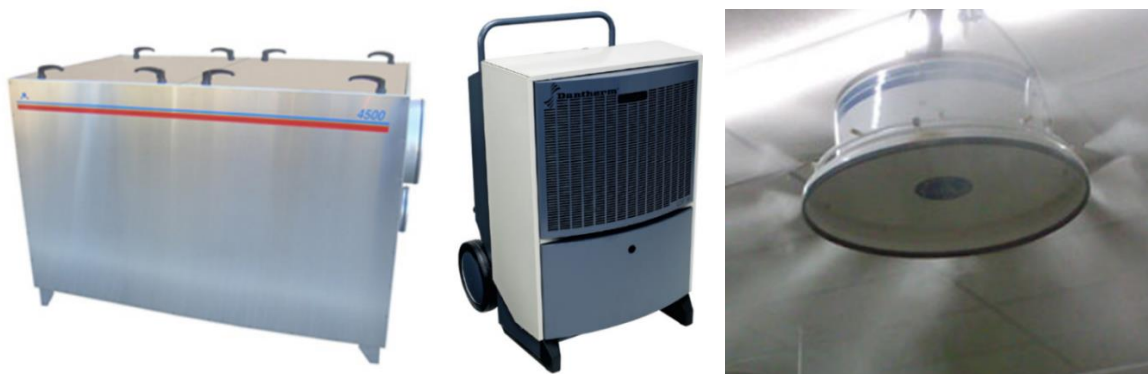
I **tradisjonelle lager** er det til en viss grad mulig å korrigere luftforholdene, og da spesielt fuktigheten for å hindre kvalitetsforringelse under de mest kritiske periodene. Uteluften er sentral for tørkingen, og for å kunne redusere de negative konsekvensene ved dårlige forhold i uteluften, er det 3 parametere som kan påvirkes: Temperaturen, relativ fuktighet og luftsirkuleringen.

Temperaturen kan kun i begrenset grad styres i tradisjonelle lager. Ved å stenge portene oppnår man en redusert svingning i temperaturen mellom natt og dag. Noen produsenter opererer sine lager som tradisjonell drift, men har installert kjøleaggregat som kan startes ved behov. Portene mot uteluft må da være lukket når kjøling pågår, og dette gjør det vanskelig å utnytte kjøling i perioden før etter-tørkingen er ferdig, i og med at man trenger uteluften til å fjerne avdampnet vann fra fisken. Det er kjent at lavere temperatur reduserer vekst av mugg, og dette bør tas hensyn til allerede fra inntak hvis mulig. **Viktig! Ved kjøling vil fuktigheten i lageret øke dramatisk hvis ingen andre tiltak blir gjort.**

Den **relative fuktigheten** i luften påvirker tørrfiskens vanninnhold og overflatens vannaktivitet. Ved en viss vannaktivitet vil mugg vokse. Er luften for tørr vil man få dårlig utbytte, men ikke muggvekst. Er fuktigheten for høy vil fisken få muggvekst og ikke være lagringsstabil. Relativ fuktighet kan økes før muggdannelse oppstår, hvis temperaturen senkes. Dette utnyttes i klimalager. Tørrfisk er meget hard og kompakt, og har i tillegg skinn som gjør at fiskens vanninnhold endres sakte i forhold til omgivelsesluftens fuktighet. Dette gjør tørrfisken noe mer motstandsdyktig mot uteluftens naturlige svingninger i fuktighet, og mest utsatt er nakken. Det er særdeles viktig å hindre for høye luftfuktigheter i perioden etter inntak, der fisken fortsatt har et vanninnhold som er høyere enn ønskelig.

For å styre relativ fuktighet i lageret må portene være lukket. Spesielt i den kritiske fasen etter inntak, kan det være hensiktsmessig å stenge portene om natten når fuktigheten er høy, og benytte industrielle- eller mobile avfuktere (Figur 10 t.v. og midten). Små industrielle luftavfuktere vil ikke erstatte klimaaggregat i lager, men kan bidra med å redusere risiko for kvalitetsforringelse i perioder med høy fuktighet. I perioden etter at fisken er lagringsstabil, og før forsendelse til kunde, kan det være mulig å øke utbyttet ved å tilføre fuktighet i lageret hvis luften er tørr og fisken overtørket. Dette

kan gjøres i form av tåkesystemer (Figur 10 t.h.) hvor fuktigheten lettere kan distribueres i hele lageret. Eventuelt spraying av vann på gulv gir mye mindre effekt, og er vanskeligere å kontrollere.



Figur 10 Industriell avfukter (t.v.), mobil avfukter (midten) og tåkesystem (t.h.) for henholdsvis reduksjon og økning av relativ fuktighet i lager.

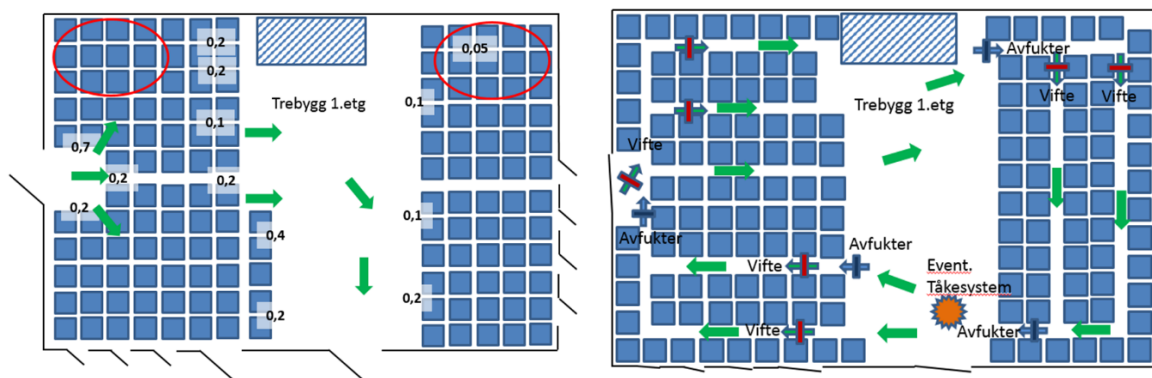
Etter inntak må man forvente å måtte fjerne 10 kg vann per time fra lagerluften for hver 100 tonn hengt fisk som tilsvarer cirka 24 tonn tørrfisk. Industrielle avfuktere (Figur 10 t.v.) har en kostnad fra 200 000,- og oppover avhengig av kapasiteten. Skal man benytte mobile avfuktere av typen vist i Figur 10 (midten), må det sannsynligvis 5–10 stykker til for å kunne fjerne vannmengden som kommer fra fisken per time. For mindre lager, kan mobile avfuktere være et alternativ. Slike avfuktere koster 10–30 000,- per stykk og har en kapasitet på 3–5 kg vann per time.

Den tredje faktoren som kan manipuleres er **luft hastigheten** og -sirkulasjonen i lageret. Det må etterstrebes å få god sirkulasjon spesielt i perioden etter inntak. Det vil i soner uten god sirkulasjon kunne danne seg lokalt høyere fuktighet i luften på grunn av tilførsel av fuktighet fra fisken som ettertørkes. Fuktigheten i disse sonene vil raskt kunne komme over grensen for muggvekst. Samtidig må man være spesielt oppmerksom på å få sirkulasjon av luften nært gulvet. Det kan fort bli en grad kaldere nært gulvet, noe som øker den relative fuktigheten i luften (vannets evne til å holde på fuktighet reduseres når denne avkjøles). Dette kan være nok til å få muggdannelse hvis man ikke har god nok sirkulasjon og omrøring av luften rundt hver palle.

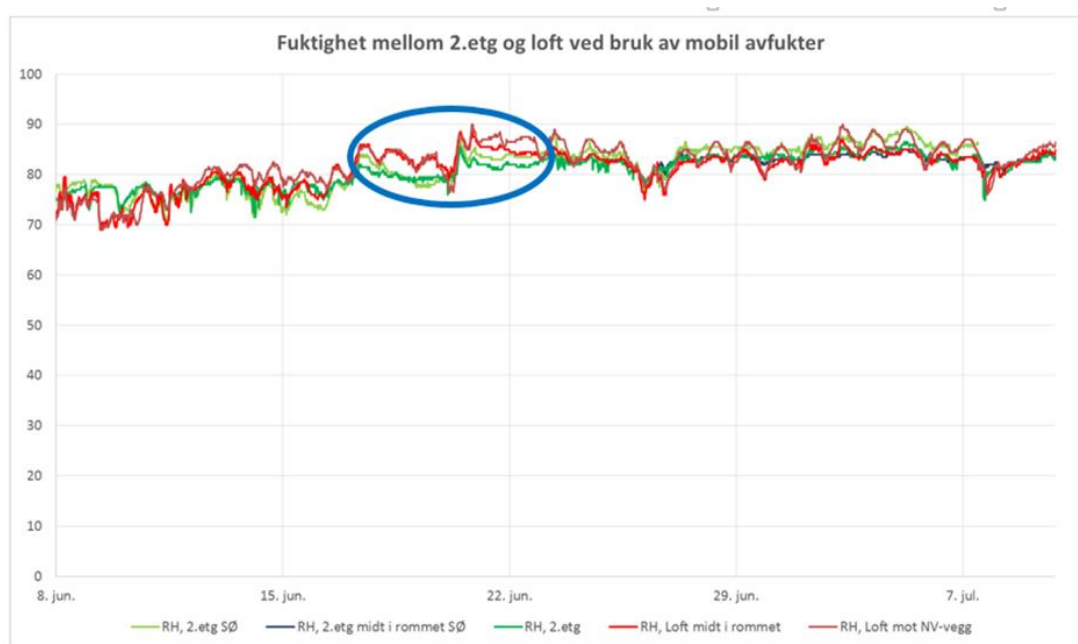
De fleste produsentene bør benytte flere vifter enn i dag, og samtidig stable pallene med tørrfisk slik at man får ganger imellom radene som sikrer luftstrøm. Mindre vifter plasseres i disse gangene slik at luften i hele lageret sirkulerer rundt.

4.2.7 Forsøk med manipulering av luften i lageret

Et tradisjonelt lager med tørrfisk i to separate etasjer viste i første sesong like forhold med hensyn til temperatur og fuktighet mellom etasjene. Det var soner med dårlig luftsirkulasjon og noe mugg. Året etter ble produktpallene i den ene etasjen stablet slik at vifter kunne sirkulere luften rundt i hele lageret, samtidig som 4 mobile avfuktere kunne ta ut fuktighet i perioder med høy luftfuktighet.



Figur 11 Forsøk med plassering av vifter og mobile avfuktere i et tradisjonelt lager øker kontroll av luftsirkulasjon og relativ fuktighet.



Figur 12 Relativ fuktighet i lager med to etasjer hvor den ene etasjen fikk installert ekstra vifter og mobile avfuktere.

Luften inne i begge etasjene var som typisk tradisjonelle lager tilsvarende uteluften. I perioden etter inntak var uteluften relativt tørr, og det var behov for avfukting kun i en uke. I Figur 12 (innsirklet område) ser man at avfukterne klarte å redusere den relative fuktigheten i lageret med omkring 5 %. Dette kan i perioder være tilstrekkelig til å forhindre muggdannelse.

Selv om mobile avfuktere har potensial til å forhindre muggdannelse, så er det aller viktigste at man stabler paller med ganger i mellom radene, og plasserer ut mindre mobile vifter som gir god luftstrøm i hele lageret. I to lager hvor dette ble gjennomført, ble muggdannelse i soner hvor dette har oppstått årlig, tilnærmet borte.

4.3 Forsøk med registrering av utbytter og kvalitet

4.3.1 Vanninnhold og inntak

For å finne det beste tidspunktet for å ta fisken inn, ble det valgt å gå bort fra at inntak bestemmes ut fra dato. En av målsettingene var å kunne benytte fiskens vekt og vanninnhold ved inntak, og koble dette mot tørrfiskutbytte og tørrfiskkvaliteten, slik at det er graden av tørking og modning som bestemmer inntakstidspunktet.

Vanninnholdet i råstoffet som ble benyttet i hengeforsøkene var for fisken hengt 12. mars 2016 81,1 %, mens det var 82,0 % for fisken hengt 4. april. Vanninnholdet ble deretter målt i 3 fisker i hver størrelsesgruppe, for hver gang fisk ble tatt inn. Målingene ble gjort på henholdsvis sporstykke og loin som vist i Figur 13.



Figur 13 Tørrfisk hvor det vises hvor vannprøvene ble tatt.

Når prøver til vanninnhold ble tatt ut, ble også bitene dokumentert med bilder. Til hvert bilde har man da tilhørende vannmåling. Ved å sammenholde vannmålingen og hvordan fisken visuelt ser ut, får man en god informasjon om tørkegraden ved hvert inntak (Figur 14).



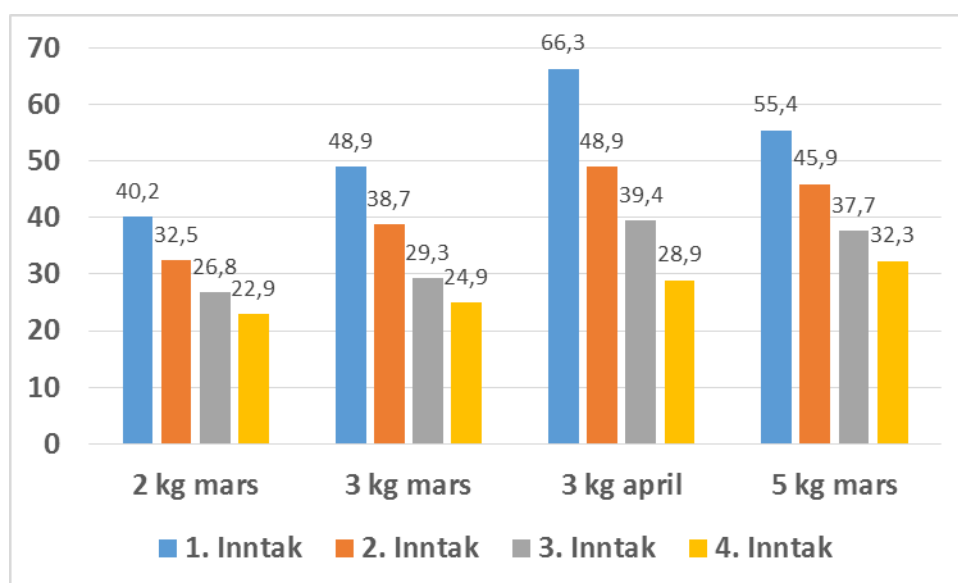
Figur 14 Tverrsnitt av tørrfisk fra 1. inntak den 3. mai. Nr 1017, 3,3 kg hengt i april, vanninnhold 66 % i loin og 62 % i spor. Nr 862, 3,1 kg hengt i mars, vanninnhold 49 % i loin og 45 % i spor. Nr 841, 1,9 kg hengt i mars, vanninnhold 37 % i loin og 27 % i spor. Nr 890, 5,0 kg hengt i mars, vanninnhold 59 % i loin og 44 % i spor.



Figur 15 Tverrsnitt av tørrfisk med 49 % vanninnhold og som akkurat er klar for inntak (til venstre) og tørrfisk med vanninnhold på 55 % som er vel bløt for inntak (til høyre). Bilder fra 2015.

Forsøkene fra både 2015 og 2016, for alle fiskestørrelser, viste at når vanninnholdet er under 50 % i loinsområdet er fisken fast, og kun en liten del av muskelen fremstår som lys og vannfylt (Figur 15). Fisken tåler da stabling i paller uten å bli deformert, ettersom tørkingen er så betydelig også i tykkfisken at fisken ikke er bløt/elastisk. Resultatene viser at tørrfisken kan tas inn betydelig tidligere enn det som praktiseres i dag. Selv ved inntak først i mai er det meste av fisken tørr nok for inntak, unntaket er den aller største fisken og noe av fisken som henges seint i sesongen (Figur 16).

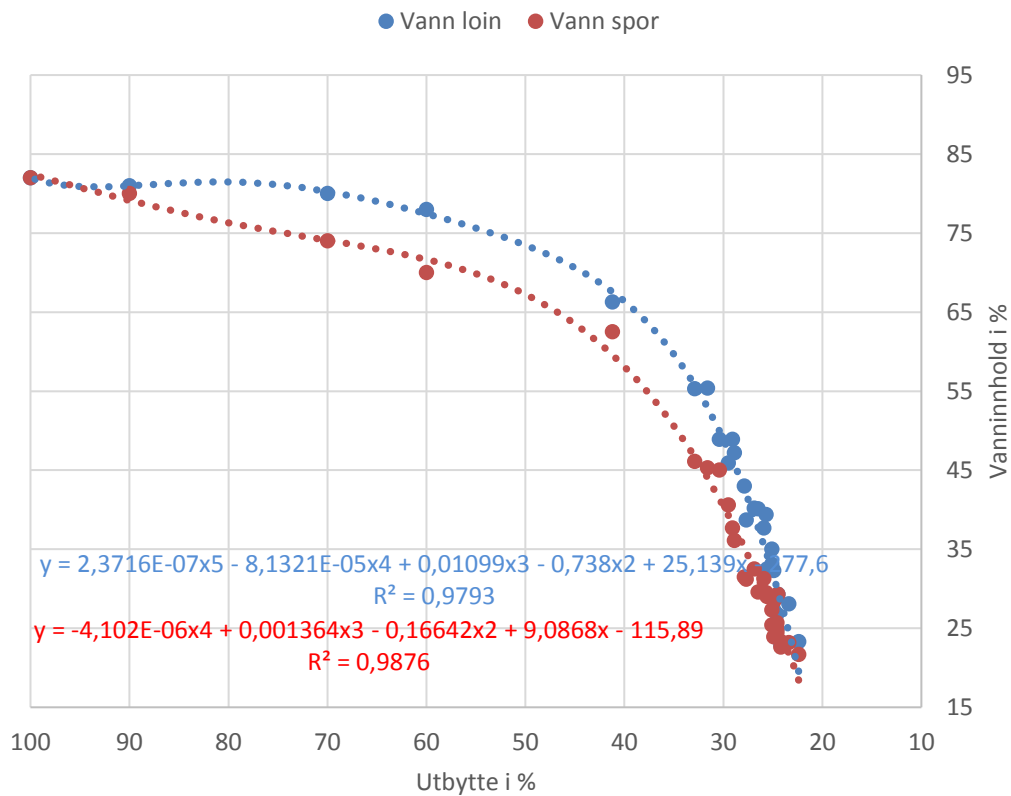
Det er likevel viktig å bemerke at ved et vanninnhold på 50 % vil fisken inneholde under 20 g vann per 100 g fersk muskel. Dermed har den tørket bort $\frac{1}{3}$ av vannet som opprinnelig var i muskelen. Men det er fortsatt betydelige mengder vann som skal ut av fisken, så lager med høy fuktighet er ikke gunstig lagring for fisk som tas inn tidlig. La fisken ettertørke kontrollert frem til den er tørr også i loinsområdet.



Figur 16 Vanninnhold i loin ved forskjellig tid for henging, inntak og ulike fiskestørrelser. Hver søyle er målt vanninnhold som snitt av 3 fisker. Fra forsøkene i 2016.

Ut fra vannmålingene i tørrfiskene og vektmålingene av de samme fiskene (2015 og 2016), er det laget en sammenheng mellom utbytte og vanninnhold i henholdsvis loin og spor (Figur 17 og Figur 18). Dermed kan en ved å registrere og følge vekten på enkeltfisk under tørkeperioden ha god kontroll på hvordan vanninnholdet utvikles. Når utbyttet går under 30 % vil vanninnholdet i loins være under 50

% og dermed er fisken klar for inntak. Dette kan og bør brukes for å bestemme når fisken er klar til å tas inn for videre ettertørking inne på lager.

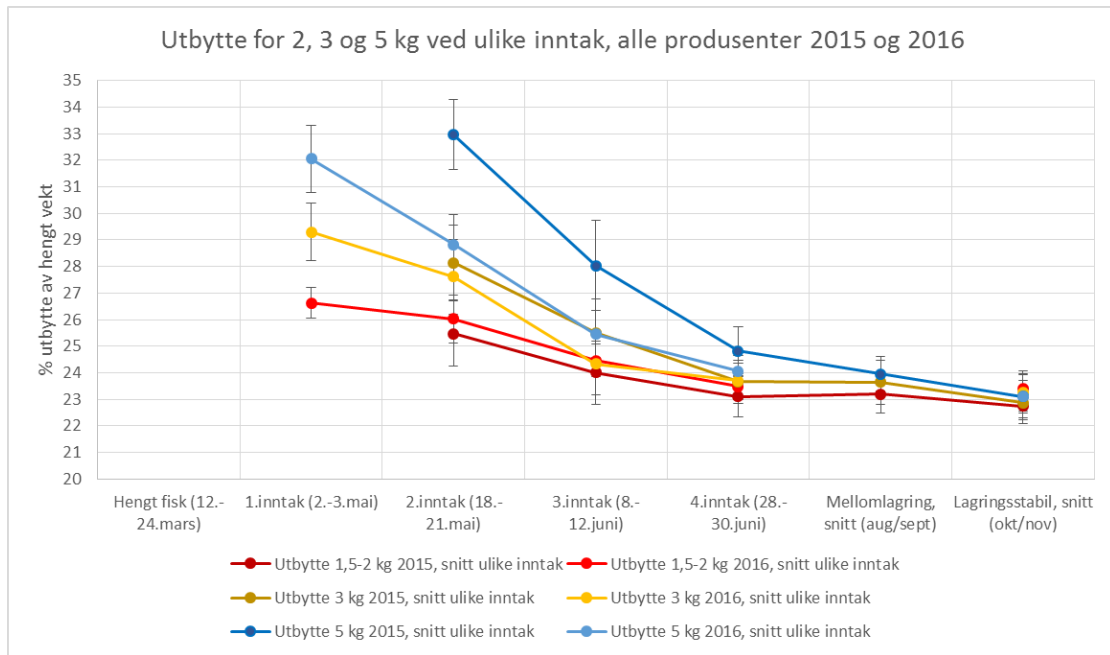


Figur 17 Forholdet mellom utbytte i prosent og vanninnholdet i prosent for henholdsvis loin og spor (2015 og 2016 tall). Utgangspunktet er 82 % vann i råstoffet. De første punktene er teoretisk/stipulert, mens målingene fra 66 % vanninnhold er faktiske målinger. Hvert punkt i målingene er snitt av 3 fisk ved hvert uttak.

Startvekt	3000
Ny vekt	900
Utbytte (%)	30,0
Vann i Loin	48,9
Vann i Spor	40,4

Figur 18 Eksempel på beregnet vanninnhold i prosent, basert på vektdata. Ut fra formlene for kurvene i Figur 17 kan en beregne hva vanninnholdet er i loin og spor, når en vet hvilket utbytte en har.

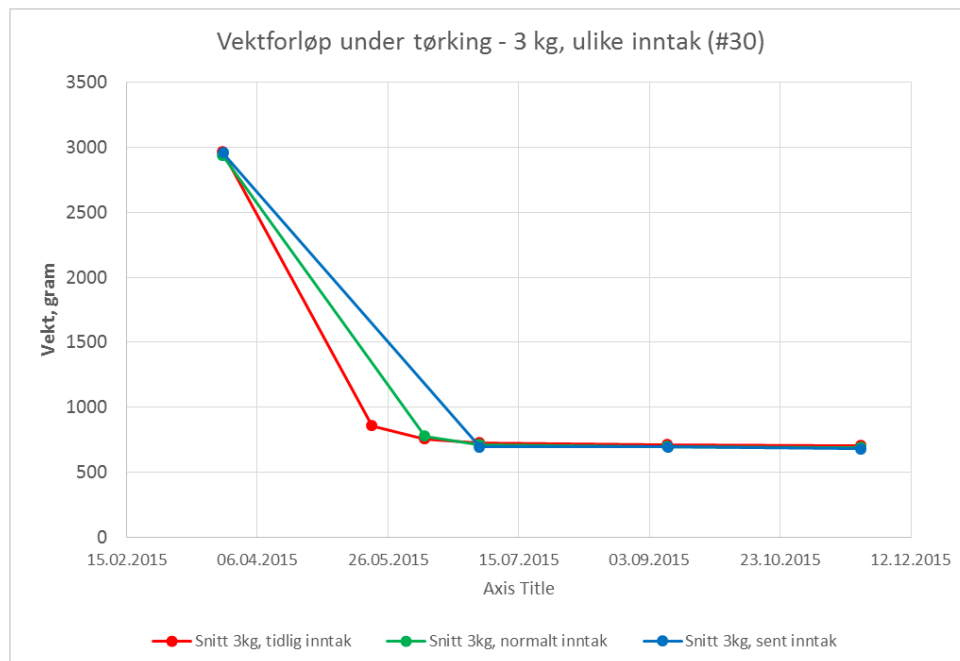
Tilsvarende kan sammenhengen mellom ulike inntak og utbytte av hel fisk presenteres som i Figur 19. Kurvene viser utbytte av ulike fiskestørrelser og ulike inntak som gjennomsnitt av forsøk hos 7 produsenter over 2 år. For små og medium fisk er variasjonen i utbytte ved ulike inntak liten mellom de to årene. For stor fisk er variasjonen større.



Figur 19 Utbytte på små, medium og stor fisk i forhold til hengt fisk, ved ulike inntak (ekstra tidlig, tidlig, normalt og sent inntak).

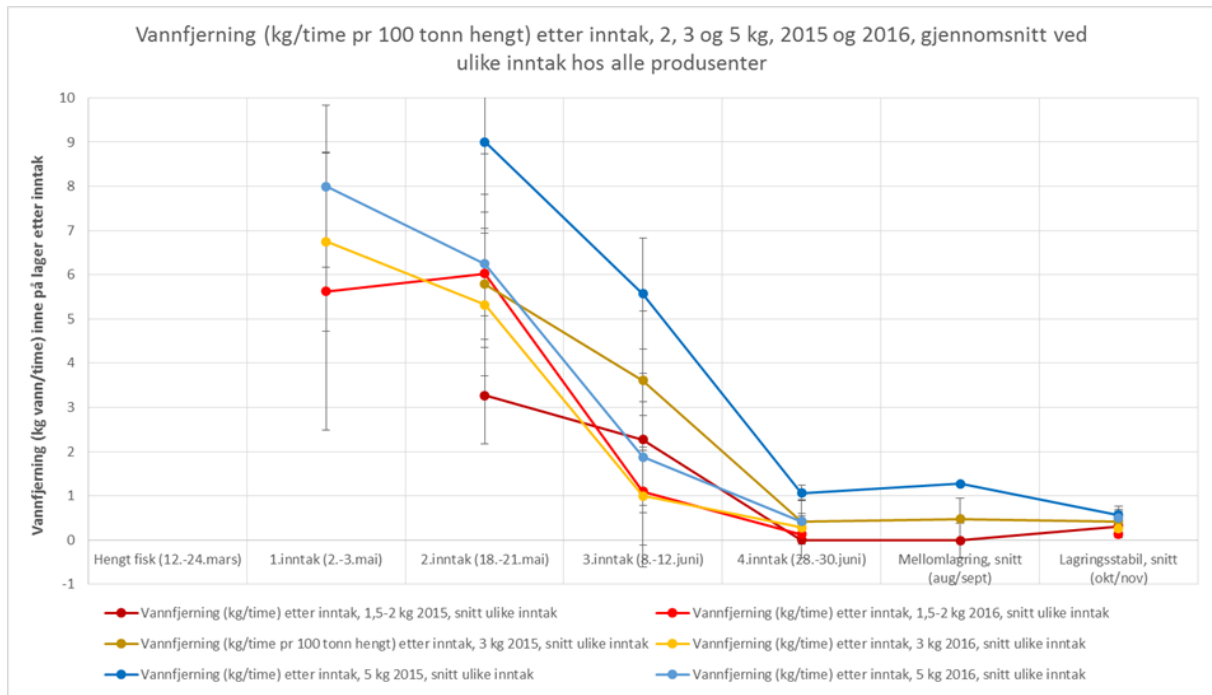
4.3.2 Ettetørking på lager

Optimalt tidspunkt for inntak av fisk fra hjell er sentralt i prosjektet, der vektendring og kvalitet blir kartlagt. Det er tydelig at tidlig inntak øker både utbytte og kvalitet. Det er derimot nødvendig å ta hensyn til at det ved tidlig inntak er nødvendig å fjerne mer vann inne i lagrene. Figur 20 viser gjennomsnittlig vekt på 3 kg hengt fisk ved ulike inntak. Høyere inntaksvekt gir høyere vannfjernings-hastighet fra fisken under ettertørkingen.



Figur 20 Vektendring av 3 kg fisk under tørking på hjell og under lagring ved tidlig-, normalt- og sent inntak.

Når fisken tas inn fra hjell, vil det de første ukene på lager være nødvendig å fjerne resterende vann fra fiskemuskel, og da spesielt innover mot kjernen hvor vanninnholdet er høyest. Den indre transporten av vann fra kjernen og ut til overflaten hvor tørkingen skjer, er svært langsom. Man må derfor påregne flere uker med ettertørking inne på lageret før fisken kan anses som lagringsstabil. Mindre fisk (1,5 kg) er mer tørr når de blir tatt inn, mens store fisk (5 kg) har høyere vanninnhold enn medium fisk (3 kg).



Figur 21 Vannfjerningshastigheten (kg fjernet per 100 tonn hengt fisk) for ulike størrelser og ulike inntakstidspunkt.

Etter inntak, vil resterende vann måtte fjernes fra fisken. Figur 21 viser hvor mye vann som må fjernes fra de ulike størrelsene etter ulike inntakstidspunkt. De oppgitte verdiene er snittverdier, og vil kunne variere litt mellom de ulike produsentene avhengig av tørkeforhold ute. Det gir imidlertid gode nok tall til å kunne beregne hvordan man bør endre driften av lagrene for å sikre at man ikke får muggdannelse.

For å forklare Figur 21, benyttes her et eksempel hvor en produsent har et lager hvor det er plass til tørrfisk tilsvarende 300 tonn hengt. Ved 23 % utbytte er dette 69 tonn tørrfisk. Av den hengte fisken er 10 % 1,5 kg, 50 % 3 kg og 40 % 5 kg, og inntaket er tidlig (20.mai).

Ved tidlig inntak vil følgende mengde vann måtte bli fjernet fra lageret (Snitt per time de første ukene):

Fra 1,5 kg fisk: $\sim 4,5 \text{ kg/t} * 10 \% = 0,45 \text{ kg/t}$

Fra 3 kg fisk: $\sim 5,5 \text{ kg/t} * 50 \% = 2,75 \text{ kg/t}$

Fra 5 kg fisk: $\sim 7,5 \text{ kg/t} * 40 \% = 3,0 \text{ kg/t}$

Per 100 tonn hengt vil man måtte fjerne 6,6 kg/t ved tidlig inntak. Totalt for dette lageret med plass til tørrfisk tilsvarende 300 tonn hengt, må man fjerne 20 kg vann per time ved tidlig inntak.

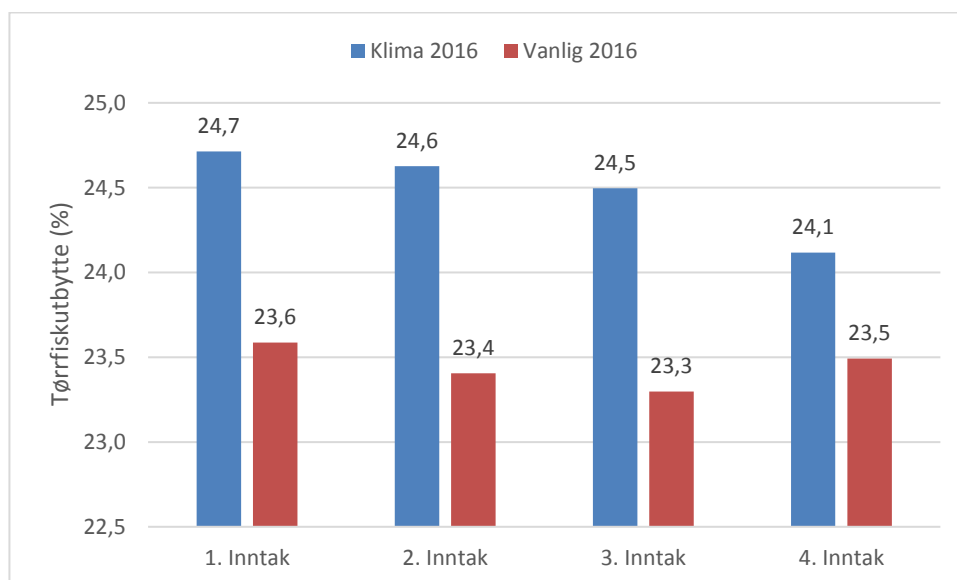
4.3.3 Inntakstidspunkt – effekt på kvaliteter og utbytter

Det har vært sentralt i prosjektet å kunne dokumentere effektene av de ulike variasjonene som er satt opp. Særlig inntakstidspunkt og bruk av klimalager viste seg å ha effekt på utbytte og delvis også på produktkvalitetene.

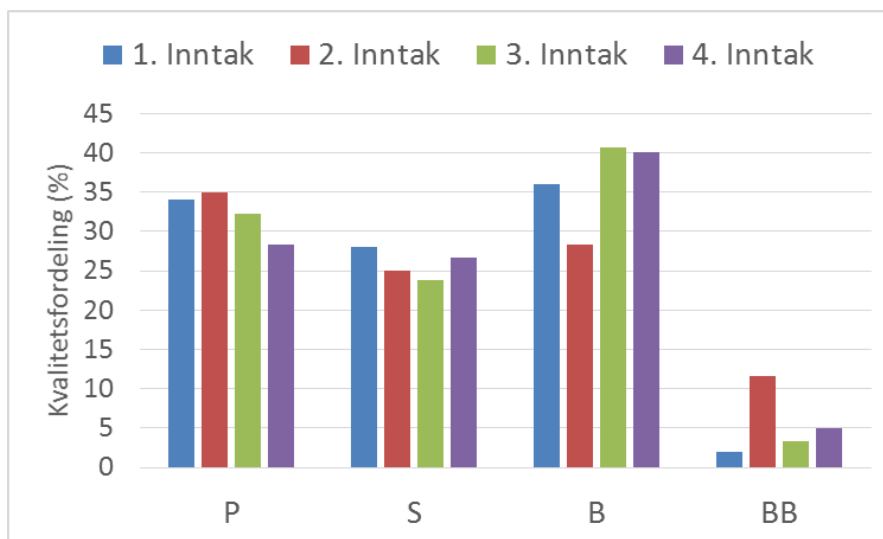
I prosjektet ble det gjort en rekke forsøk på alle syv bedriftene. I alle forsøkene ble også utbytte som tørrfisk og kvaliteten som tørrfisk registrert.

Gjennomgående for flertallet av forsøkene, var at den tidligst inntatte fisken hadde noe bedre tørrfiskutbytte og kvaliteten som tørrfisk ble samtidig bedømt å være noe bedre. Forskjellen i utbytte var cirka 0,5 % fra tidlig inntak til seint inntak (Figur 22). En årsak til denne forskjellen kan være at fisken som tas inn tidlig ikke er overtørket og utsatt for høye temperaturer på hjell. Kvaliteten som tørrfisk ble også gjennomgående vurdert som bedre av flertallet av vrakerne (Figur 23). Visuelt var det ellers små forskjeller å se, bare at tidlig inntatt fisk var litt mørkere i skinnet. En økning i utbytte fra råstoff til tørrfisk på 0,5 % kan høres lite ut, men det tilsvarer over 2 % økt salgsvekt og kan dermed være utslagsgivende for inntjening og lønnsomhet.

I 2015 hadde en av bedriftene klimalager og i 2016 hadde to bedrifter klimalager. Sammenlikning i 2016 mellom to klimalager og tre vanlige lager, med samme råstoff (Figur 22), viste en utbytteøkning på fisken som lå på klimalager på cirka 1 %, noe som tilsvarer over 4 % i salgsvekt.



Figur 22 Tørrfiskutbytte på fisk som er tatt inn på ulike tidspunkt og lagret henholdsvis på vanlig lager og på klimalager. Data er snitt fra 2 klimalager (40 fisk for hvert inntak) og 3 vanlige lager (30 fisk for hvert inntak). Samme hengte råstoffet.



Figur 23 Kvalitetsfordeling av tørrfisk (storfisk, 5 kg) som snitt fra alle vrakingene. Ulikt tidspunkt for inntak: 1. inntak (rundt 3. mai), 2. inntak (rundt 18. mai), 3. inntak (rundt 9. juni) og 4. inntak (rundt 30. juni). Hvert inntak var 6 x 10 fisk.

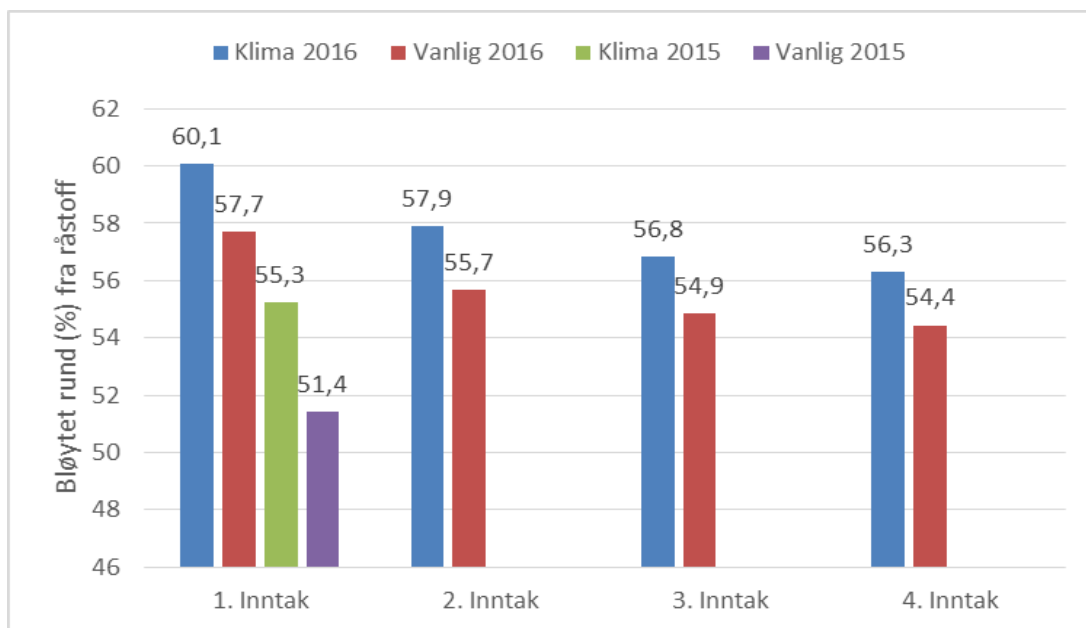
For å teste kvalitet og utbytter også på sluttproduktene, ble et utvalg av fisken bløytet og lutet. Dette var fisk fra ulike inntakstidspunkt og fisk lagret på ulike lager (tradisjonelle lager og klimalager). Det ble også utvannet noen få fisker som lå lagret fra 2015. For å presentere resultatene mer oversiktlig, er resultat for fisk fra de to klimalagrene slått sammen og tilsvarende for de tre vanlige lagrene slått sammen til hver sin gruppe.

Bløyting og luting ble gjort betydelig mer omfattende i 2016 enn i 2015. Dette for å kunne gjøre gode evalueringer av fisken. Dette arbeidet ble gjort i stedet for en markedstest i Italia som var den opprinnelige planen. Både når fisken var bløytet og lutet, var 2 personer fra hver av de 4 bedriftene med for å bedømme deler av fisken. Dermed fikk alle disse bedriftene en førstehåndsvurdering av kvaliteten på fisken. Nofima gjennomførte vektmålinger i samarbeid med Br. Berg. Nofima oppsummerte også kvalitetsvurderingene og dokumenterte med bilder.

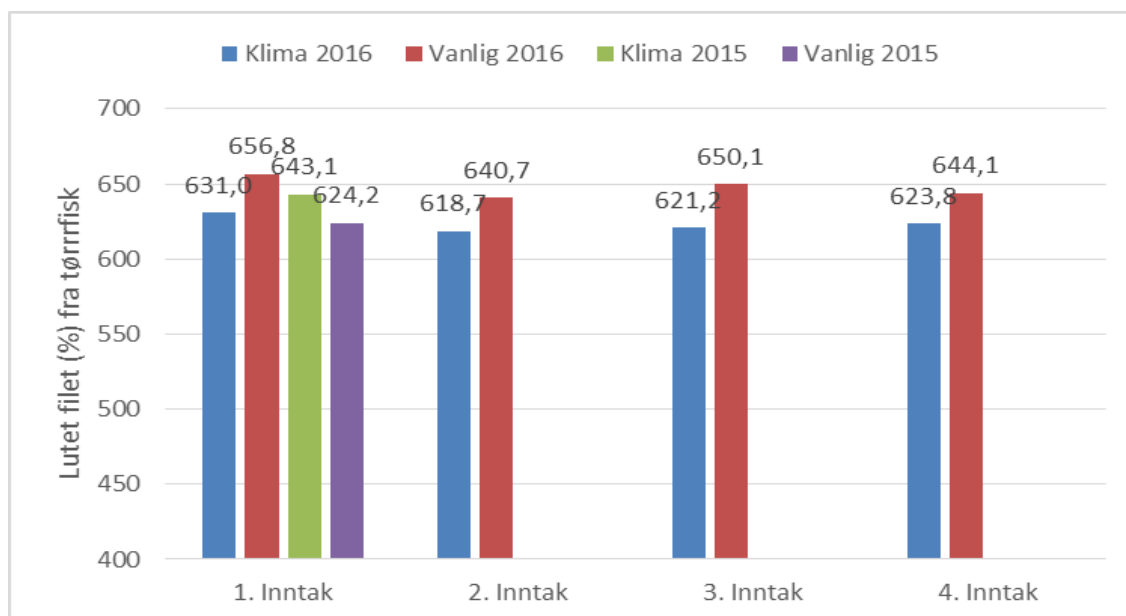
Med hensyn til inntakstidspunkt så er det samme tendens som for tørrfiskutbytte. Utbytte som bløytet og lutet er bedre for tidlig inntak, både beregnet fra råstoff og fra tørrfisk. Tilsvarende gir også seint inntak oftest et dårligere utbytte som bløytet eller lutet (Figur 24).

Lagring i klimarom gir bedre utbytte både som rund bløytet, og som lutet filet beregnet fra råstoffvekten sammenliknet med vanlig lagring (Figur 24). Beregnet fra tørrfiskvekten er ikke dette forholdet så entydig. I 2015-forsøkene var utbytte beregnet fra tørrfiskvekten også bedre for klimalagret fisk. I 2016 forsøkene var det imidlertid ganske like utbytter og da særlig for lutet filet hvor det var et bedre utbytte for fisk fra vanlige lager (Figur 25).

På fisken lagret fra 2015 ser vi et generelt dårligere utbytte i alle beregningene, sammenliknet med fisk fra 2016 (Figur 24). Fisken lagret på klimalager har betydelig bedre utbytte som bløytet og lutet, bortsett fra på lutet filet beregnet fra tørrfisk.



Figur 24 Utbytte som bløytet rund fisk før filetering, beregnet fra råstoffvekten. Ulike tidspunkt for inntak: 1. inntak (rundt 3. mai), 2. inntak (rundt 18. mai), 3. inntak (rundt 9. juni) og 4. inntak (rundt 30. juni). «Klima 2016» fisk fra 2 klimalager (40 fisk ved hvert uttak). «Vanlig 2016» er fisk 3 vanlige lager (30 fisk ved hvert uttak). «Klima 2015» er lagret i eske på klimalager (5 fisker til sammen). «Vanlig 2015» er lagret i esker på vanlig lager (5 fisk til sammen).



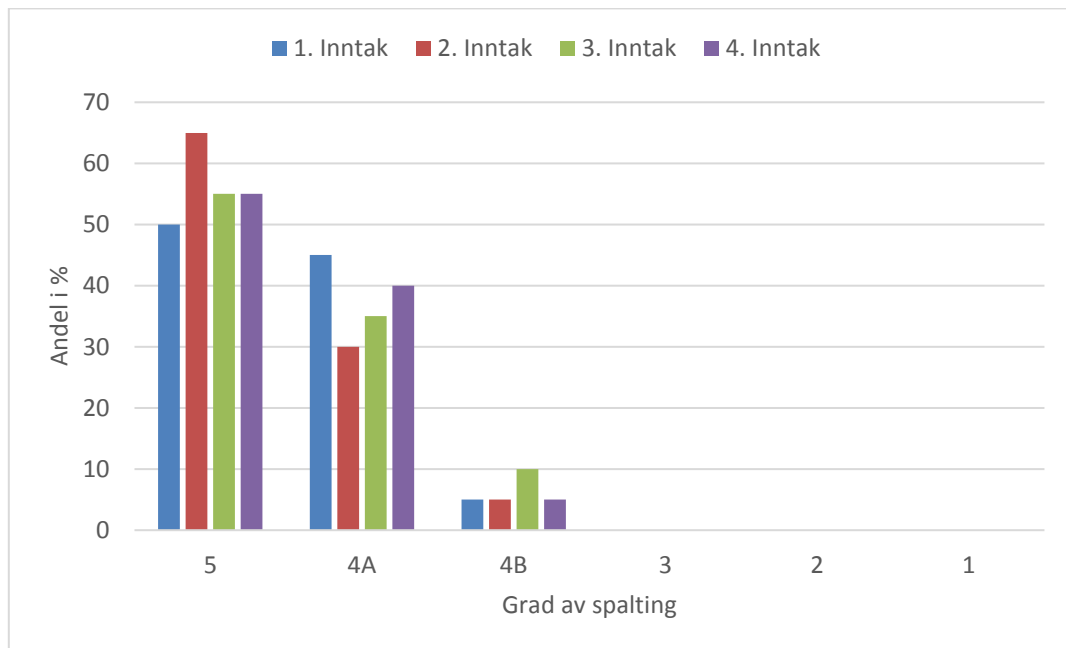
Figur 25 Utbytte som lutet filet, beregnet fra tørrfiskvekten. Ulike tidspunkt for inntak: 1. inntak (rundt 3. mai), 2. inntak (rundt 18. mai), 3. inntak (rundt 9. juni) og 4. inntak (rundt 30. juni). «Klima 2016» fisk fra 2 klimalager (40 fisk ved hvert uttak). «Vanlig 2016» er fisk 3 vanlige lager (30 fisk ved hvert uttak). «Klima 2015» er lagret i eske på klimalager (5 fisker til sammen). «Vanlig 2015» er lagret i esker på vanlig lager (5 fisk til sammen).

Generelt var det god kvalitet på den bløyta fisken og den luta fisken i alle gruppene. For fisken fra 2016 fant vi i praksis ingen forskjell i kvaliteten om den var tatt inn tidlig eller seint (Figur 27), eller om den var lagret henholdsvis i vanlig lager eller klimalager. Det ble bare registrert at fargen på skinnet var litt mørkere på 1. inntak, sammenliknet med 3. og 4. inntak. Men ingen vurderinger indikerte at det var

noen kvalitetsforskjell i praksis. På muskelsiden ble hvithet, spalting og mucoso vurdert. Generelt var fisken lite/ingenting spaltet (Figur 26) og det ble funnet kun ubetydelig mucoso-dannelse på enkeltfisk. Fargen var god, men ikke helt hvit. I forsøkene i 2015 var det heller ikke registrert store forskjeller i kvalitet. Inntakstidspunktet hadde ingen innvirkning på kvaliteten. Det ble registrert litt mer mucoso på fisken som ble lagret på klimalager. Heller ikke disse forskjellene ble av deltakerne fra bedriftene vurdert som vesentlige kvalitetsfeil.

Fem fisker fra henholdsvis tradisjonelt lager og klimalager som var lagret i over et år, ble også kvalitetsvurdert og sammenliknet med fisken fra 2016. Fisken fra 2015 som var lagret i en eske på tradisjonelt lager, ble bedømt å være betydelig mere gul på muskel og skinnsiden, sammenliknet med all fisken fra 2016 (Figur 28). Fisken var også betydelig gulere enn fisken som var lagret tilsvarende på klimalager. Forskjellene i gulfarge var så stor at det var enkelt å ta ut hvilke fisk som var lagret i vanlig lager fra 2015. Fisken som var lagret på klimalager var også litt gulere enn fisken fra 2016, men her var forskjellen ikke vurdert å være så stor at en kunne ta ut fisken dersom den ble blandet med 2016 fisken.

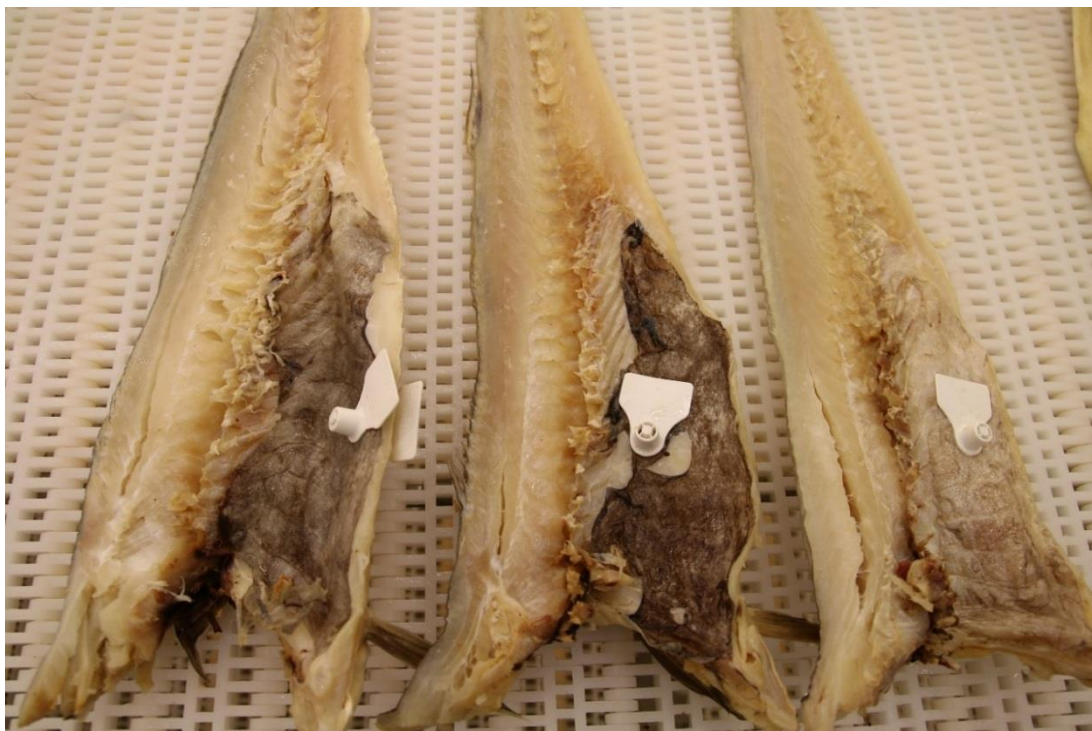
Gulfargen fra 2015 fisken vises hovedsakelig på skinnet og den delen av muskelen som har vært åpen for luft (Figur 29). Resten av muskelen har normal farge for en tørrfisk, bløytet eller lutet.



Figur 26 Grad av spalting i muskelen. Ulike tidspunkt for inntak: 1. inntak (rundt 3. mai), 2. inntak (rundt 18. mai), 3. inntak (rundt 9. juni) og 4. inntak (rundt 30. juni). Spaltingsgrad 5, 4A og 4B er ingen/lite spaltet, 3 er noe spaltet, 2 er spaltet og 1 er mye spaltet. Fisk fra Br. Berg, 30 fisk i hvert uttak.



Figur 27 Bløytet tørrfisk. Eksempel med ulike inntak. 1. inntak (øverst), 2. inntak (nest øverst), 3. inntak (nest nederst) og 4. inntak (nederst).



Figur 28 Bløytet tørrfisk med en fisk fra 2016 til venstre, en lagret på vanlig lager fra 2015 (midten) og en lagret på klimalager fra 2015 til høyre.



Figur 29 Lutfisk av «vanlig 2015» som er tørrfisk lagret på vanlig lager fra 2015 til 2016. Fisken er gul langs ryggbeinet.

5 Konklusjon

Hovedmålsettingen med prosjektet var å lage retningslinjer for optimalt tidspunkt for inntak av tørrfisk og bestemme mest mulig optimale betingelser under ettertørking og lagring av tørrfisk innenfor hver enkelt lagertype.

Det er vist at det både i 2015 og 2016 var bedre utbytte og samme kvalitet ved å ta inn tørrfisk tidligere enn normalt. Tørkehastigheten på fisk som henger ute på hjell vil naturligvis varierer fra år til år på grunn av været. Normalt inntak er regnet som månedsskifte mai/juni. Resultatene viser at det er en bedre løsning å benytte fiskens vekt (og dermed vanninnhold) som grunnlag for inntakstidspunkt. Forsøk med ekstra tidlig inntak (tidlig mai), tidlig inntak (midten av mai), normalt inntak (mai/juni) og sent inntak (midten av juni) viste en **økning i utbytte (+0,5 %, dvs. 2 % økt salgsvekt) ved tidlig og ekstra tidlig inntak**. Tidlig inntak gav også økt utbytte etter bløyting, samtidig som kvaliteten var litt bedre enn ved normalt inntak. Den beste løsningen for valg av inntakstidspunkt vil være at produsentene merker og veier et visst antall fisk som henges ute. Fisken tas inn når vanninnholdet i tykkmuskelen er under kritisk nivå som ligger rundt 50 %. Dette tilsvarer at vekten er kommet ned til cirka 30 % av hengevekten. Hvis fisken er for våt, vil det kunne gi utfordringer med surning og muggdannelse, mens det for tørr fisk vil gi lavere utbytte og kvalitet. Praksisen fra årene 2015 og 2016 viser at små fisk (<2 kg hengt vekt) og medium fisk (omkring 3 kg) bør tas inn tidlig i mai, mens stor fisk (>4 kg) bør tas inn i midten av mai. Dette vil kunne variere fra år til år, derfor er det viktig å ha kontroll på vekt fra henging til inntak og bestemme inntakstidspunktet etter vekten på fisken. **Når fisken har rundt 30 % av hengevekt, er tørrfisken klar for inntak.**

Det er altså etablert en god sammenheng mellom vanninnholdet i fisken og fiskens vekt. Dermed kan fiskens vekt benyttes som grunnlag for beslutninger om når det er mest gunstig å ta inn fisken, og når den er ferdig ettertørket. Man kan også samtidig styre utbytte/vanninnhold under lagringen. Dette er resultater som bør være enkle å implementere av hver enkelt produsent, og gi et vesentlig bidrag for en mer lønnsom tørrfisknæring.

Det er tidligere blitt hevdet at fisken er blitt tørrfisk etter omkring 100 dager. Nå er det vist både kvalitets- og utbyttemessig, at tørrfisken kan tas inn etter 50–60 døgn, forutsatt at det er god nok tørke ute.

Kvaliteten både som tørrfisk, bløytet og som lutet er i mindre grad påvirket av de ulike inntakstidspunktene. Det er en liten tendens til at også kvaliteten er bedre på fisken som er tatt inn tidlig. Ettetørking og lagring på ulike lager hadde heller ikke noe betydning for kvaliteten. Man ser likevel at det ved langtidslagring på klimarom er mindre dannelse av gulfarge på skinn og i fiskemuskelen. Når man ikke ser betydelige kvalitetsforskjeller grunnet inntakstidspunkt eller type lager, gir det en trygghet i at resultatene som gir beste utbytte, kan anvendes innenfor de rammene som er gitt i forsøkene.

Det er viktig å presisere at ved inntak er det fortsatt en del vann inne i den tykkeste muskelen som må tørkes ut før tørrfisken er stabil. Det tar en del uker etter inntak før tørrfisken er stabil, avhengig av fiskens størrelse, inntakstidspunkt og lagerets luftforhold. Ved å veie den merkede fisken under lagring har man kontroll på dette, og **når vekten er 23–24 % av hengevekt er fisken lagringsstabil**. Særlig for fisk som skal lagres på klimalager er det fortsatt knyttet en del usikkerhet til hvor tørr fisken må være

før en kan begynne å optimalisere tørkebetingelsene under lagring. Her bør det gjøres mere forskning for ikke å få uheldige overraskelser (eks. surning, mugg) med kvaliteten på fisk fra klimalager.

Produsentenes lagertype, og styringen av disse, vil kunne påvirke utbytte og kvalitet. Relativ fuktighet i luften i lageret påvirker utbytte og kvalitet. I tradisjonelle lager vil temperaturen ligge rundt 10–12 °C gjennom sommeren. Ved slike temperaturer vil man få muggdannelse hvis relativ fuktighet over tid kommer over 82–85 %. I lager med lavere relativ fuktighet (målt ned til 75 % RH) vil utbyttet bli lavt. I klimalager hvor temperaturen ligger rundt 3–4 °C, kan man øke relativ fuktighet til 90 % uten muggdannelse. **For hver 5 % gjennomsnittlig økning i relativ fuktighet inne på lageret vil utbytte øke med 1 %, det vil si 4,5 % økt salgsvekt.**

Tradisjonelle lager hvor porter og dører står åpne, er prisgitt uteluften. Uteluften varierer gjennom sesongen, og mellom årene. Under tørre perioder vil utbytte bli lavt, og i fuktige perioder vil det bli utfordringer med muggdannelse. Det mest kritiske er imidlertid dødsoner inne i lageret hvor luftutskiflingen ikke er tilstrekkelig, og man får fuktige soner som skaper mugg. Det viktigste tiltaket produsenter med tradisjonelle lager kan gjøre, er derfor å stable produktene slik at man får ganger mellom rekkene, og samtidig sette ut flere mindre vifter som skaper luftsirkulasjon gjennom hele lageret. Det kan også vurderes å sette inn mobile avfuktere for å senke relativ fuktighet i lageret under fuktige perioder.

Kjølelager blir benyttet av noen produsenter, og selv om temperaturen kan kontrolleres vil relativ fuktighet på lageret være påvirket av utetemperaturen, samt avfuktingen fra fisken. Relativ fuktighet kan fort komme opp i nivåer som gir muggdannelse selv ved lave temperaturer. Det er derfor viktig at tørrfisken blir tatt inn i lageret uten kjøling først, slik at fuktigheten fra fisken får tid til å avdampe før lageret stenges og kjøleaggregatet startes.

Klimalager kontrollerer både temperatur og relativ fuktighet, og ved 3 °C og 90 % RH vil utbytte kunne ligge 1–3 % høyere enn for tradisjonelle lager. Ved 2 % økt utbytte vil salgsvekten øke med 9 %. **Ved investering i nytt lager med klimaaggregat er forventet nedbetalingstid 3–4 år.**

Resultatene fra dette prosjektet er nyttige for alle aktører i tørrfisknæringen. Inntakstidspunkt kan styres bedre kun ved å følge utviklingen av fiskens vekt. Inntak til riktig tid gir bedre lønnsomhet ved 0,5 % bedre utbytte som tilsvarer cirka 2 % økt salgsvekt. I tradisjonelle lager kan det gjøres tiltak som forbedrer utbytte. I klimalager er det mulig å flytte utbytte enda mer oppover, med høyere salgsvekt sammenliknet med tradisjonelle lager.

I prosjektet var det ikke rom for å avdekke effekten av ulike vanninnhold på fisken som gikk inn på klimalager. Dersom en begynner å søke utbytteoptimalisering på fisk som ikke er tørket helt i kjernen, er det usikkert hvordan kvaliteten utvikler seg på en slik fisk. Det blir fort fristende å ha fisken lite ettertørket før den settes på klimalager. Som en oppfølging til dette arbeidet foreslås derfor at det gjøres forsøk hvor effekten av ulike vanninnhold i fisken inn i klimalager evalueres i forhold til kvalitet og utbytte som tørrfisk og bløytet fisk.

6 Leveranser

Prosjektet innbefattet jevnlig leveranser, både åpne og fortrolig rapporter, samt populærvitenskapelige artikler:

- Artikler, fagrapporter, presentasjoner, populærformidling osv.
 - L1: Notat for 2015 med utbytte- og kvalitetsmålinger (Nofima notat)
 - L1b: Notat for 2016 med utbytter og kvalitetsmålinger (som L1 for 2015) (Nofima notat)
 - L2: Forslag til forsøksoppsett år nr. 2: (Nofima notat)
 - L3: Notat til produsenter innen hver lager-kategori (Åpen) (SINTEF notat)
 - L4-2015: Tilpasset notat til hver deltagende produsent, i forhold til optimal drift og forbedringer (fortrolig).
 - L4a Notat drift og forbedringer Br. Berg 2015 (SINTEF notat)
 - L4b Notat drift og forbedringer Røst Sjømat 2015 (SINTEF notat)
 - L4c Notat drift og forbedringer Astrup 2015 (SINTEF notat)
 - L4d Notat drift og forbedringer Nic. Haug 2015 (SINTEF notat)
 - L4e Notat drift og forbedringer Hovden 2015 (SINTEF notat)
 - L4f Notat drift og forbedringer Br. Andreassen 2015 (SINTEF notat)
 - L4-2016: Tilpasset notat til hver deltagende produsent, i forhold til optimal drift og forbedringer (fortrolig).
 - L4a Notat drift og forbedringer Br. Berg 2016 (SINTEF notat)
 - L4b Notat drift og forbedringer Røst Sjømat 2016 (SINTEF notat)
 - L4c Notat drift og forbedringer Astrup 2016 (SINTEF notat)
 - L4d Notat drift og forbedringer Nic. Haug 2016 (SINTEF notat)
 - L4e Notat drift og forbedringer Hovden 2016 (SINTEF notat)
 - L4f Notat drift og forbedringer Br. Andreassen 2016 (SINTEF notat)
 - L4f Notat drift og forbedringer LofotenViking 2016 (SINTEF notat)
 - Presentasjoner og foredrag
 - Presentasjon: Optimalt inntak, ettertørrking, og lagring av tørrfisk. Orientering og planer i prosjektet. Tørrfisk samling, Bodø 8. mai 2015. (Nofima).
 - 2 Presentasjoner: Optimalt inntak, ettertørrking, og lagring av tørrfisk. Resultat fra inntak og lagring i 2015 sesongen. Tørrfisksamling, Bodø 8. mai 2016. (Nofima og SINTEF).
 - Presentasjon: Optimalt inntak, ettertørrking, og lagring av tørrfisk. Tørrfisksamling, Bodø 12. mai 2017. (Felles Nofima og SINTEF).
 - Populær formidling
 - Artikkel: Mer «klimalagring» av tørrfisk, Fiskarbladet Fiskaren, 11.05.2015
- Møtereferater av styringsgruppemøter og tørrfiskforum sine samlinger.
 - L5: Styringsgruppe referat 18. november 2015 i Svolvær (Nofima)
 - L6: Styringsgruppe referat 27. januar 2016, telefonmøte (Nofima)
 - L7: Styringsgruppe referat 27. mai 2016 i Bodø (Nofima)
 - L8: Styringsgruppe referat 23. januar 2017 i Bodø (Nofima)
- Kvartalsvis statusrapporter til FHF og IN.
- L9a: Sluttrapport (denne rapporten) (Nofima og SINTEF)
- L9b: Adm sluttrapportering til FHF (Nofima og SINTEF)
- L10: Populærvitenskapelig resultatsammendrag (Nofima og SINTEF)

