



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

POTETFRIT -

Bedre lagring av industripotet for mindre svinn, høyere kvalitet og
redusert innhold av akrylamid

NIBIO RAPPORT | VOL. 8 | NR. 160 | 2022



Pia Heltoft ¹⁾, Erlend Indergaard²⁾

¹⁾ Frukt og Grønt, NIBIO, ²⁾ SINTEF

TITTEL/TITLE

POTETFTRIT - Bedre lagring av industripotet for mindre svinn, høyere kvalitet og redusert innhold av akrylamid

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Pia Heltoft, Erlend Indergaard

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKT NR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
20.12.2022	8/160/2022	Åpen	51095	19/00085
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-03194-9	2464-1162	82		

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

HOFF SA

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Halvor Alm

STIKKORD/KEYWORDS:

Stikkord norske

Stikkord engelske

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Potet, lagring

Potato, postharvest, storage

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Dette prosjektet har hatt fokus på lagringsforholdene for potet til fritering, og på å redusere økningen i mengde akrylamid som naturlig skjer på lager. Innhold av akrylamid er en viktig faktor for lønnsomhet og bærekraft i produksjonen av friterte potetprodukter. Akrylamid dannes ved sterk oppvarming av stivelsesholdig mat og er knyttet til utvikling av kreft. Chips og pommes frites konsumeres av alle aldersgrupper, og det har derfor vært stort press på potetindustrien for å senke nivåene.

Målet med prosjektet var å oppnå bedre produktkvalitet, lavere akrylamidinnhold og en mer lønnsom og bærekraftig produksjon av norsk chips og pommes frites. Målet skulle nås gjennom kunnskap om samspeillet mellom råvarekvalitet og lagringsforhold.

Se fullstendig sammendrag på side 6.

Acrylamide has become an important measure when looking at profitability and sustainability in the potato processing industry. Acrylamide is a possible carcinogenic which is formed in starchy foods during high-temperature cooking processes. Crisps and French fries are consumed by people of all ages and therefore the pressure on the industry has been large to reduce the levels.

The aim of the project was to reduce acrylamide content and improve product quality profitability and sustainability in the production of crisps and French fries. Knowledge about the interaction between potato quality and storage conditions were important measures. The importance of elevated CO₂ levels on product quality and acrylamide content, was studied.

See full summary on page 7.

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

LAND/COUNTRY: Norge
FYLKE/COUNTY: Innlandet
KOMMUNE/MUNICIPALITY: Østre Toten
STED/LOKALITET: Kapp

GODKJENT /APPROVED

Inger Martinussen

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Pia Heltoft

NAVN/NAME



Forord

Poteten kom til Norge i 1740-åra, og har siden den tid hatt en dominerende plass i vårt kosthold. I krisetider har den vært helt avgjørende, og den har også vært essensiell for befolkningsveksten vi tidligere har opplevd.

Nyere bruk av poteter dreier seg mer og mer om bearbeidede potetprodukter, deriblant friterte produkter som chips og pommes frites. Akrylamid har blitt en viktig faktor for lønnsomhet og bærekraft i produksjonen av disse produktene.

Kunnskap om hvordan vi kan påvirke innhold av reduserende sukker i potetene gjennom dyrking, og spesielt gjennom lagring av potetene, er viktig for å kunne redusere akrylamidinnholdet i de ferdige produktene.

Prosjektet Potetfrit har gitt oss økt kunnskap om hvilke prosesser vi skal ha fokus på i lagersesongen, og hvilke tiltak vi kan sette inn for å få et best mulig resultat.

På vegne av Maarud, Orkla/KiMs og HOFF SA ønsker jeg å takke alle produsentene som har stilt lagrene sine til disposisjon, forskere og teknikere som alle har bidratt til å frambringe kunnskap som gjør at vi kan sikre kvalitet på potetene langt ut i lagersesongen til friteringsindustrien.

En spesiell takk til Pia Heltoft som har holdt og samlet trådene hele veien.

En stor takk også til Forskningsrådet, som sammen med bedriftene har finansiert prosjektet slik at vi har kunnet gjennomføre Potetfrit.

Gjøvik,

Halvor Alm
Prosjekteier HOFF SA, Fagsjef Potet

Innhold

Sammendrag	7
Summary	8
1 Innledning.....	9
2 Hovedmål.....	10
3 Betydning av råvarekvalitet.....	11
3.1 Ulike sorter og modningsgrader	11
3.1.1 Sortsegenskaper.....	11
3.1.2 Sorter med ulike modningsgrader	12
3.2 Temperaturstrategi ved lagring.....	14
3.2.1 Forsøk med kald lagring og rekondisjonering i ulike sorter	14
3.2.2 Sorter og temperaturstrategier.....	14
3.2.3 Groing.....	15
3.2.4 Vekttap.....	17
3.2.5 Friteringsfarge, glukose og akrylamid	19
3.2.6 Konklusjon temperaturforsøk	21
4 Lagringstekniske forhold	22
4.1 Oversikt over lagrene i prosjektet	22
4.2 Ulike lagringsprinsipper	23
4.2.1 Agrovent.....	24
4.2.2 Findus.....	25
4.2.3 Tolsma	26
4.2.4 Letterbox.....	26
4.2.5 Undertrykkslager.....	26
4.2.6 Græe-lager	27
4.2.7 Løslager	27
4.3 Oppfukting av lagerluft.....	28
4.4 Temperatur og fuktighet i eksisterende lager	28
4.4.1 Innlagringsperioden og stabilisering	29
4.4.2 Tørketunnel.....	34
4.4.3 Hovedlagringsperioden – stabile lagringsforhold	36
4.4.4 Perioder med behov for kjøling.....	37
5 Potetkvalitet ut fra lager	39
5.1 Prøvemateriale	39
5.2 Betydning av lagerforhold for produktkvaliteten	40
5.2.1 Kvalitetsanalyser	40
5.2.2 Vekttap.....	41
5.2.3 Vekttap i ulike kassehøyder mellom Findus og Agrovent.	46
5.2.4 Friteringsfarge.....	48
5.2.5 Akrylamid	50
5.2.6 Sukkerinnhold	52

5.2.7	Sølvskurv	56
5.2.8	Forskjeller i kvalitet med ulike typer ventilasjonssystem.....	57
5.2.9	Konklusjoner produktkvalitet storskala lager	57
6	Fremtidsrettede luftbehandlingsløsninger.....	58
6.1	Luftsirkulasjonsløsninger	58
6.2	Miljøvennlige kuldesystemer.....	60
6.3	Kuldebehov for industri-poteter.....	60
6.4	Energikostnader.....	63
7	Røyktest på lager	65
7.1	Eksempel på observasjoner og tiltak under røyktest i et lager	65
7.1.1	Observasjoner	65
7.1.2	Tiltak.....	66
8	Luftsammensetning	67
8.1	Betydning av CO ₂ -nivå for produktkvaliteten	67
8.2	Forsøk med ulike sorter i småskala lager	67
8.2.1	Groing.....	68
8.2.2	Vekttap.....	69
8.2.3	Friteringsfarge	69
8.2.4	Sukkerinnhold (glukose, fruktose og sukrose)	70
8.2.5	Akrylamid	71
8.2.6	Indre mørkfarging og råte	71
8.2.7	Konklusjon fra småskala CO ₂ -forsøk	72
8.3	Forsøk med potet med ulike modningsgrader i småskala lager	72
8.4	CO ₂ -målinger i kommersielle lagre	73
8.4.1	Resultater og diskusjon CO ₂ -målinger	73
9	Hovedkonklusjoner.....	77
10	Litteraturreferanse	78

Sammendrag

Dette prosjektet har hatt fokus på lagringsforholdene for potet til fritering, og på å redusere økningen i mengde akrylamid som naturlig skjer på lager. Innhold av akrylamid er en viktig faktor for lønnsomhet og bærekraft i produksjonen av friterte potetprodukter. Akrylamid dannes ved sterk oppvarming av stivelsesholdig mat og er knyttet til utvikling av kreft. Chips og pommes frites konsumeres av alle aldersgrupper, og det har derfor vært stort press på potetindustrien for å senke nivåene.

Målet med prosjektet var å oppnå bedre produktkvalitet, lavere akrylamidinnhold og en mer lønnsom og bærekraftig produksjon av norsk chips og pommes frites. Målet skulle nås gjennom kunnskap om samspillet mellom råvarekvalitet og lagringsforhold.

I et lagringsforsøk gjennomført i tre lagringssesonger (2019-2022) ble effekten av ulike temperaturstrategier under lagring undersøkt i åtte ulike chips- og pommes frites sorter. Det ble undersøkt om rekondisjonering etter kald lagring kunne være en effektiv metode for å redusere mengde reduserende sukker i knollene. Forsøkene viste at noen chipssorter kan lagres ved 5 °C uten å utvikle mørkfarging, sukkerakkumulering og akrylamid over grenseverdien. Men andre sorter har fordel av å gjennomføre rekondisjonering for å få en lysere friteringsfarge eller lagre ved stabil temperatur på 8 °C. Ulempen med økning i lagertemperatur er økt spirevillighet og større vekttap. Det var registrert økt vekttap og mer groing i alle prøvde sorter etter rekondisjoneringsbehandling hvis behandlingen pågikk over flere uker. Rekondisjonering bør kun brukes som metode om det er absolutt nødvendig.

Det finnes lite dokumentasjon på betydningen av luftsammensetning på lager for akkumulering av sukker og dannelse av akrylamid. Vi vet at CO₂ nivået i perioder av lagringssesongen kan stige på grunn av kalde værforhold ute, hvor det ikke trekkes friskluft inn i lageret, eller under behandling med spirehemmende midler hvor lageret stenges for inntak av friskluft i to til tre døgn. Effekten forhøyet CO₂ nivå under lagring ble undersøkt. Det var ikke sikker effekt av CO₂ behandling når det gjelder friteringsfarge sukkerinnhold og akrylamid. I enkeltprøver var det indre misfarging etter CO₂ behandling, som muligens kan kobles til fysiologisk stress. Overvåking av CO₂ ble gjort i seks utvalgte kommersielle potetlagre i to sesonger (2020-2022). Målte CO₂ nivåer i lagrene ble sammenholdt med kvalitetsregistreringer. Det ble ikke funnet sammenheng mellom høye CO₂ nivåer og forringet potetkvalitet ut fra lagrene.

29 kommersielle lagre ble undersøkt gjennom tre lagringssesonger. Det er i hovedsak brukt to typer ventilasjonssystemer, enten med liten luftmengde eller med større luftmengder. Uansett ventilasjonsprinsipp er det viktig at lageret styres etter prinsippet for å få riktig luftfordeling i lageret. Røyktest ble gjennomført som en metode til å se på luftfordelingen i lager i noen av lagrene (6 av 29).

Innlagingsperioden, som er den tid det tar å få ned produkt-temperaturen til stabil temperatur inklusive sårheling varierte fra 8 til 20 uker. I lagre med liten luftmengde tok det lengre tid å senke temperaturen til stabilt nivå enn på lager med større luftmengder. Tørring er viktig spesielt i år med våte forhold under innhøsting. En ny type tørke for poteter før lagring viste god luftfordeling og vil bidra til reduksjon av nødvendig kuldekapasitet og avfuktingsevne på lageret.

Det finnes både lagre med og uten kjøling til industripotet. Det totale kuldebehovet varierer gjennom lagrings-perioden, og er størst etter sårhelingsperioden og i slutten av lagringssesongen. Ved investering i kjølemaskin er det viktig å få gjort en beregning på kuldebehovet man bør være oppmerksom på at eldre typer kuldemedium blir utfaset i løpet av få år på grunn av GWP (global warming potential).

Kvalitet ut fra lager var påvirket av temperatur. Lagringstemperaturen i produktet de siste 5 mdr varierte i snitt over lagringssesonger fra 4 til 9,8 °C. I prosjektet ble det vist at L. Claire kan lagres ned til 6 °C uten at sukkernivået og dermed friteringsfargen blir for mørk og akrylamidinnholdet blir kritisk høyt, mens Peik helst skal lagres over 7 °C. Lengden på lagringssesongen har betydning for kvaliteten, jo lengre tid på lager, dess større vekttap, mer groing og mer sukker i knollene.

Summary

Acrylamide has become an important measure when looking at profitability and sustainability in the potato processing industry. Acrylamide is a possible carcinogenic which is formed in starchy foods during high-temperature cooking processes. Crisps and French fries are consumed by people of all ages and therefore the pressure on the industry has been large to reduce the levels.

The aim of the project was to reduce acrylamide content and improve product quality profitability and sustainability in the production of crisps and French fries. Knowledge about the interaction between potato quality and storage conditions were important measures. The importance of elevated CO₂ levels on product quality and acrylamide content, was studied.

In a storage experiment carried out over three storage seasons (2019-2022), the effect of different temperature strategies during storage was examined in eight different varieties of crisps and French fries. It was investigated whether reconditioning after cold storage could be an effective method for reducing the amount of reducing sugar in the tubers. The experiments showed that some varieties of crisps can be stored at 5 °C without developing darkening, sugar accumulation and acrylamide above the acceptable value, while other varieties benefited from reconditioning to get a lighter frying colour. The disadvantage of an increased storage temperature is increased sprouting and greater weight loss. There was an increased weight loss and more growth in all varieties tested after reconditioning treatment if the treatment lasted for several weeks. Reconditioning should only be used as a method if no other possibilities available.

There is little documentation on the importance of air composition in storage for the accumulation of sugar and the formation of acrylamide. We know that the CO₂ level during periods of the storage season can rise due to cold weather conditions outside, where fresh air is not drawn into the store, or during treatment with sprout inhibitors, where the store is closed to intake of fresh air for two to three days. The effect of elevated CO₂ levels during storage was investigated. There was no definite effect of CO₂ treatment in terms of frying colour, sugar content and acrylamide. In individual samples there was internal discoloration after CO₂ treatment, which can possibly be linked to physiological stress. Monitoring of CO₂ was done in six selected commercial potato stores for two seasons (2020-2022). Measured CO₂ levels in the store were correlated with quality measurements. No correlation was found between high CO₂ levels and reduced potato quality out of store.

29 commercial stores were investigated over three storage seasons. Mainly two types of ventilation systems are used, either with a small or large amount of air. Regardless of the ventilation principle, it is important that the store is controlled according to the principle in order to obtain the correct air distribution in the store. Smoke tests were carried out as a method checking the air distribution in some of the stores (6 out of 29).

The wound healing and pull-down period in the stores, varied from 8 to 20 weeks. In stores with small amounts of air, it took longer to lower the temperature to a stable level than in stores with larger amounts of air. Drying is important especially in years with wet conditions during harvest. A “drying tunnel” showed good air distribution and will contribute to reducing the necessary cold capacity and dehumidification capacity in the store.

There are both stores with and without refrigeration for industrial potatoes. The total cooling requirement varies throughout the storage period and is greatest after the wound healing period and at the end of the storage season. When investing in a refrigerator, it is important to have a calculation made of the cooling requirement, one should be aware that older types of refrigerant will be phased out within a few years due to GWP (global warming potential).

Quality from storage was affected by temperature. The storage temperature in the product over the last 5 months varied on average over storage seasons from 4 to 9.8 °C. In the project, it was shown that L. Claire can be stored down to 6 °C without the sugar level and thus the frying colour becoming too dark and the acrylamide content becoming critically high, while Peik should preferably be stored above 7 °C. The length of the storage season is important for the quality, the longer the time in storage, the greater the weight loss, more growth and more sugar in the tubers.

1 Innledning

I prosjektet POTETFRIT har det vært fokus på lagringsforholdene for potet til fritering, og på å redusere økningen i mengde reduserende sukker som naturlig skjer på lager, og som igjen gir akrylamid under prosessering.

Innhold av akrylamid er en viktig faktor for lønnsomhet og bærekraft i produksjonen av friterte potetprodukter. Akrylamid dannes ved sterk oppvarming av stivelsesholdig mat og er knyttet til utvikling av kreft. Chips og pommes frites konsumeres av alle aldersgrupper, og det har derfor vært stort press på potetindustrien for å senke nivåene. Det har i de senere år blitt jobbet med å forbedre prosess og råvare for å redusere innholdet. Det er fremdeles behov for å redusere nivåene og hvis det ikke lykkes kan det ha økonomiske konsekvenser for norsk potetproduksjon og friteringsindustri.

Målet med prosjektet har vært å oppnå bedre produktkvalitet, lavere akrylamidinnhold og en mer lønnsom og bærekraftig produksjon av norsk chips- og pommes frites. Målet skulle nås gjennom kunnskap om samspillet mellom råvarekvalitet og lagringsforhold. Betydningen av forhøyet CO₂-nivå i lageret for produktkvalitet og mengde akrylamid for ulike råvarer ble studert. Det ble også gjennomført studier på kommersielle lagre for å se på tekniske forhold, med vekt på lagerutforming, -fylling/tømming og ventilasjon.

Gjennom ny kunnskap på viktige områder og tett samarbeid mellom produsenter, industri og forskere, bidro prosjektet til mer tilpassede lagringsstrategier for potet. Bedre kvalitet på ferdigvaren, mindre svinn, og en mindre ressurskrevende produksjonsprosess, har bidratt direkte til verdiskaping for både produsenter og potetindustri. En høyere utnyttelsesgrad av råvaren er positivt for miljø og ressursbruk i samfunnet generelt. En reduksjon av mengde akrylamid i friterte potetprodukter bidrar også til økt mattrygghet og bedre folkehelse.

Prosjektet har vært et samarbeid mellom friteringsindustrien (HOFF SA, Maarud AS og Orkla/KiMs) og deres potetprodusenter, forskningsinstitusjoner (NIBIO og SINTEF) og en kjøleteknikkleverandør (PTG). I tillegg har det vært samarbeid med Senter for Klimaregulert planteforskning (SKP), Inagro i Belgia og SBCR i Storbritannia.

2 Hovedmål

Hovedmål: Bedre kvalitet, ressursutnyttelse og lønnsomhet ved langtidslagring og produksjon av chips og pommes frites, gjennom optimalisering av faktorer som påvirker innhold av akrylamid i sluttproduktet.

Delmål:

- Utvikle anbefalinger om lagerløsninger for langtidslagring, med basis i kartlegging av utforming og lagringstekniske forhold i eksisterende lagre
- Etablere løsninger for fremtidige miljøvennlige luftbehandlingssystemer, med mulighet for utnyttelse av overskuddsvarme til tørking før lagring
- Utvikle strategier for lagring av ulike potetsorter og råvarekvaliteter
- Etablere beslutningsgrunnlag for styring av luftsammensetning på lager
- Utarbeide veiledningsmateriale til potetprodusenter på sentrale områder i prosjektet

3 Betydning av råvarekvalitet

3.1 Ulike sorter og modningsgrader

Tiltak som kan bidra til å redusere sukkerinnholdet, og dermed potensialet for danning av akrylamid, er bruk av sorter med lavt sukkerinnhold, gode dyrkingsforhold som gir modne poteter, og å unngå lagringsforhold som gir stressreaksjoner i poteten under lagring.

3.1.1 Sortsegenskaper

I studiet er de fire sortene: Peik, Innovator, Zorba og Gullflaks valgt ut som pommes frites- sorter og de fire sortene: Lady Claire, Lady Britta, PiroL og Kiebitz er valgt ut som chipssorter. De er brukt i forsøk med ulike temperatur- og CO₂-forhold under lagring (se avsnitt 3.2 og 8.2). Se Tabell 1 for informasjon om de ulike sortene (Møllerhagen et al. 2021, Møllerhagen et al. 2022) og Bilde 1 for bilder av sorter ved prøvegraving før høsting.

Tabell 1. Sortsegenskaper hentet fra offisiell norsk sortsprøving

Sort	Knollfarge	Kjøttfarge	Knollform	Tørrstoff	Friteringsfarge (1-9, 9 er lys) *	Akrylamid	Groer etter 6-7 mnd. (mm)
Peik	Rød	Hvit	Langoval	23,8	7,3	-	-
Innovator	Gul	Gul	Langoval	23,9	7,7	-	460
Zorba	Gul	Lysegul	Lang	23,2	6,5	-	130
Gullflaks	Lyserød	Lysegul	Rundoval	25,3	9,0	-	28
Lady Claire	Gul	Lysegul	Rundoval	24,2	8,2	153	3
Lady Britta	Gul	Gul	Rundoval	23,7	7,5	628	6
PiroL	Gul	Lysegul	Oval	24,9	7,0	695	63
Kiebitz	Gul	Gul	Rundoval	26,2	7,1	202	14

*Chips: 8 °C og lagring til mars/april. Pommes frites: 6 °C og lagring til desember



Bilde 1. Fire pommes frites- sorter (Peik, Zorba, Innovator og Gullflaks (P02 18-66)) og fire chips- sorter (Lady Claire, Lady Britta, Pirol og Kiebitz) ble brukt i forsøkene. (Fotos: Pia Heltoft)

3.1.2 Sorter med ulike modningsgrader

Umodne poteter har høyt sukkerinnhold, noe som bidrar til mørkere friteringsfarge og økt innhold av akrylamid (Amrein et al., 2003; Sowokinos and Preston, 1988). Modningsgraden påvirkes blant annet av vekstsesongens lengde, høstedata, nedsviing og gjødslingsnivå (de Meulenaer et al., 2008; Heltoft et al., 2016, 2017). Ulike sorter har også forskjellig potensiale for dannelse av akrylamid (Amrein et al., 2003; Elmore et al., 2015; Knutsen et al., 2009; Viklund et al., 2008), gjennom ulike innhold av reduserende sukkerarter og aminosyren asparagin. Sorter som tidligere var mye brukt til

chipsproduksjon, som Saturna, er i dag faset ut pga. høyt akrylamidinnhold, og er erstattet med Lady Claire og andre sorter (Møllerhagen, 2017).

Det er behov for mer kunnskap om hvordan råvarens kvalitet (sort og modning) påvirker effekten av ulike tiltak under lagring. Målet med prosjektet er å redusere potensialet for akrylamiddanning gjennom bedre tilpassinger mellom biologiske og lagringstekniske forhold.

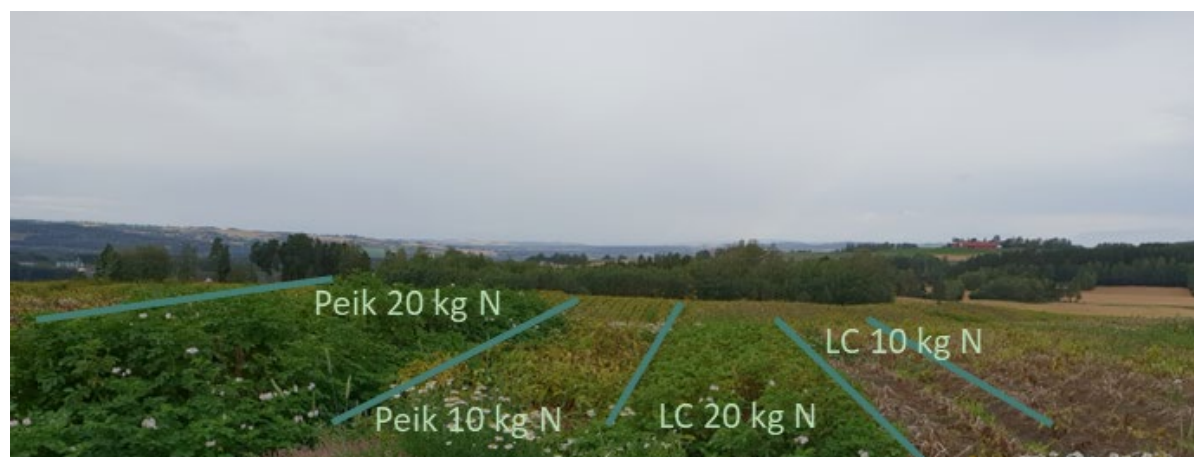
I studiet ble det dyrket materiale av Peik og Lady Claire med to ulike modningsgrader oppnådd med ulik gjødsling med nitrogen, lysgroing/ikke lysgroing og utsatt settetid (se Tabell 2). Materialet var dyrket på to ulike dyrkingssteder: Apelsvoll (2019, 2020 og 2021) og Forseth (2019 og 2021). Materialet med ulike modningsgrader ble brukt til CO₂ lagringsforsøk (se avsnitt 8.3).

Tabell 2. Potetmateriale til lagringsforsøk av sortene Peik og Lady Claire med ulike modningsgrader. Ulike modningsgrader er oppnådd ved ulik gjødsling (10 eller 20 kg N/daa) og ulik lysgroing og settetidspunkt.

	Gjødsling	Lysgroing	Utsatt settetidspunkt
Peik moden	10 kg N	Ja	Nei
Peik umoden	20 kg N	Nei	Ja
Lady Claire moden	10 kg N	Ja	Nei
Lady Claire umoden	20 kg N	Nei	Ja



Bilde 2. Noen av potetene ble lysgrodd før setting. (fotos: Pia Heltoft).

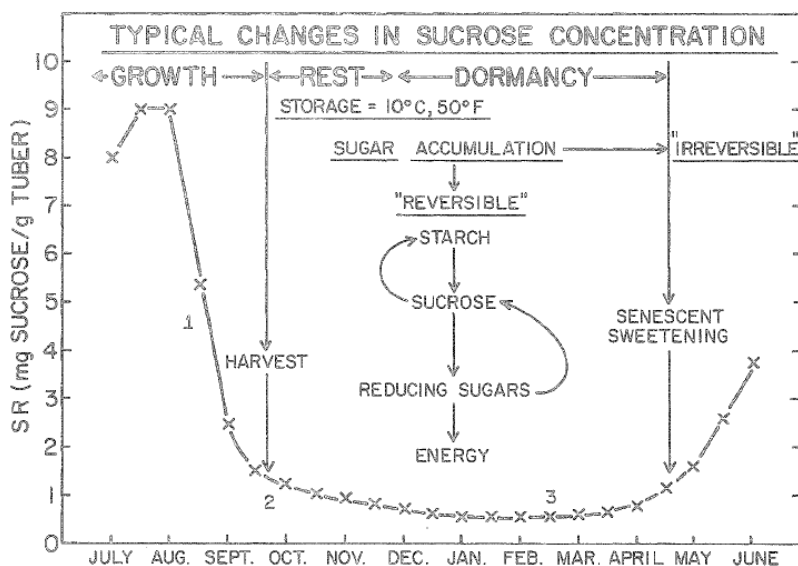


Bilde 3. Bilde fra felt på slutten av vekstsesongen 2019 viser ulike modningstegn/grønnfarge på riset (foto: Pia Heltoft).

3.2 Temperaturstrategi ved lagring

Poteter til fritering må ha lavt nivå av reduserende sukker for å unngå akrylamid og brunfarging av ferdigvaren. Etter som lave temperaturer øker omdannelsen av sukrose til glukose og fruktose ('cold-induced sweetening') (Figur 1) lagres poteter til fritering ved temperaturer over 6 °C (Elmore et al., 2015; Hertog et al., 1997; Knutsen et al., 2009). Ved lagring av potet er det videre viktig med jevn temperatur, for å unngå kondens og utvikling av lagersykdommer, samtidig som relativ fuktighet i lufta må være høy nok til å unngå uttørking (Cunnington and Pringle, 2008; Oberg et al., 2013).

Høyt innhold av glukose og fruktose, forårsaket av 'cold-induced sweetening' kan til en viss grad reverseres ved rekondisjonering (oppvarming) (Driskill et al., 2007; Iritani and Weiler, 1978; Kyriacou et al., 2009). Ved denne metoden varmes knollene opp slik at respirasjonsraten økes og glukose og fruktose forbrukes. Det er store sortsforskjeller i forhold til hvor effektiv metoden er (Hertog et al., 1997; Iritani and Weiler, 1978). Rekondisjonering kan ikke brukes hvis poteten er gått over i stadiet som kalles for 'senescent sweetening'. Ved senescent sweetening akkumuleres sukker i knollen på grunn av fysiologisk aldring, da knollene trenger energi til å sette nye spirer. Dette er en ikke-reversibel prosess, og rekondisjonering vil da bare øke aldringsprosessen og sukkerakkumuleringen (Hertog et al., 1997; Knowles et al., 2009; Lærke og Christiansen, 2005; Sowokinos og Preston, 1988).



Figur 1. Sukkerendringer i potetknollen fra slutningen av vekstsesongen og gjennom lagringssesongen (Sowokinos and Preston, 1988)

3.2.1 Forsøk med kald lagring og rekondisjonering i ulike sorter

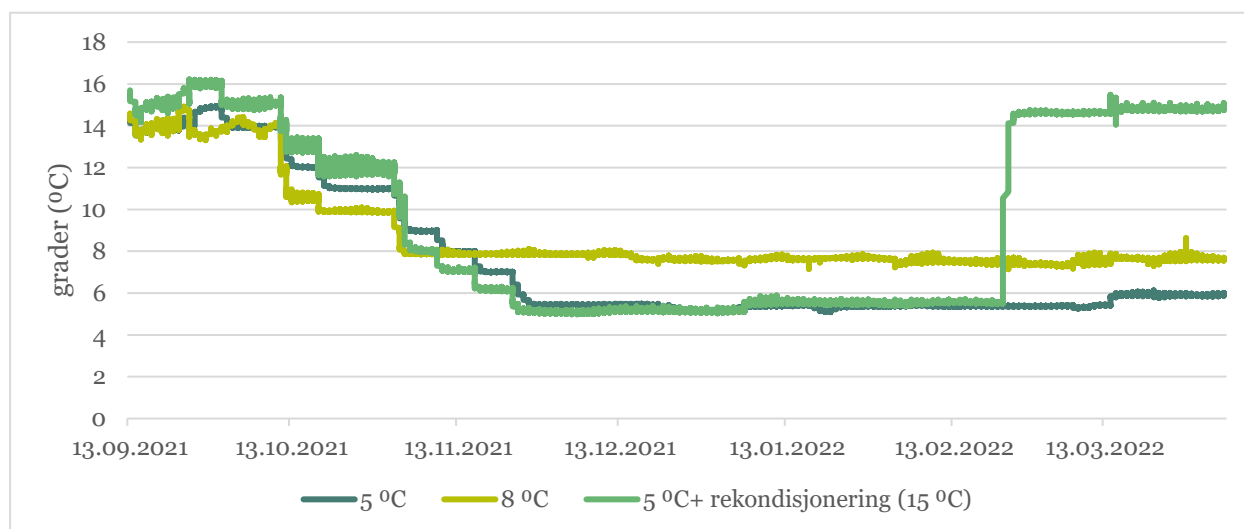
I dette prosjektet ble det undersøkt om ulike sorter kan lagres ved lav temperatur uten å akkumulere reduserende sukkerarter. Kald lagring vil redusere vekttap og hindre groing utover i lagringssesongen. I prosjektet er det også undersøkt om rekondisjonering etter kald lagring kan være en effektiv metode for å redusere mengde reduserende sukker for tilsvarende sorter som brukes til fritering under norske forhold.

3.2.2 Sorter og temperaturstrategier

I forsøket inngikk det 8 ulike sorter (Tabell 1). Tre ulike temperaturstrategier ble testet etter en temperatursenking på 1 °C per uke fra september til start november/desember. Følgende temperaturstrategier ble undersøkt:

- 1) Stabilt 8 °C fra november til april (**Kontroll**)
- 2) Stabilt 5 °C fra desember til april (**Kald lagring**)
- 3) Stabilt 5 °C fra desember til medio februar, heretter rekondisjonering (oppvarming til 15 °C) i 6 uker til april (**Rekondisjonering**)

Figur 2 viser temperaturen som ble logget i forsøkslagrene lagringssesongen 2021-2022. Tilsvarende figur finnes for 2019-2020 og 2020-2021- sesongene. Forsøkene ble gjennomført i små-skala forsøkslager. Det ble tatt ut prøver til kvalitetsvurdering 3 uker og 6 uker etter start rekondisjonering, dvs. i starten av mars og i slutten av mars.



Figur 2. Temperatur logget i forsøkslager med 3 ulike temperaturstrategier. Lagringssesongen 2021-2022 (tilsvarende temperatur registrering finnes fra 2019-2020 og 2020-2021)

3.2.3 Groing

Det ble registrert lengde på groene 3 og 6 uker etter start rekondisjonering i alle sorter. Tabell 3 viser pomes frites-sortene, mens Tabell 4 viser chipssortene. Innovator og Zorba var de mest spirevillige av pomes frites-sortene mens Lady Britta og Pirol var de mest spirevillige av chipssortene.

For de fleste sorter var det signifikant mer groing etter rekondisjonering sammenlignet med de andre temperatur strategiene. Pomes frites- sortene grodde generelt mer enn chipssortene. For Peik og Zorba var det ikke sikre forskjeller mellom lagring ved 8 °C og rekondisjonering. For chipssorten Pirol gjaldt det samme.

Det var også registrert signifikant mer groer i alle sorter 6 uker etter start rekondisjonering, sammenlignet med 3 uker etter start rekondisjonering.

Ser vi på samspillseffektene mellom temperaturstrategier og registreringstidspunktet ses det, at rekondisjonering i 6 uker ble for lenge for alle pomes frites- sortene, da groing kom ut av kontroll (opp til 84 mm groer i Innovator). Sammenlignes temperaturstrategiene etter 3 uker med rekondisjonering er det ikke sikre forskjeller mellom temperatur strategier. I chipssortene ble det registrert det samme, med unntak av Pirol, som også grodde mye ved 8 °C lagring.

Bilde 4 og 5 viser oversikt over de 8 sortene lagret ved ulike temperaturstrategier fra to ulike lagringssesonger (2020-2021 og 2021-2022). Det ses tydelig mer groing i pomes frites-sortene etter rekondisjoneringsbehandling.

Tabell 3. Groing (mm) i potetsortene Peik, Innovator, Zorba og Gullflaks lagret ved tre ulike temperaturstrategier. Måling på groene er gjort henholdsvis 3 og 6 uker etter start rekondisjonering.

	Peik	Innovator	Zorba	Gullflaks
Kontroll 8 °C	13,8a	22,5b	25,8a	11,8b
Kald lagring 5 °C	0,9b	2,5b	1,1b	2,6b
5 °C + Rekondisjonering	24,4a	49,1a	42,9a	36,2a
	***	***	***	***
3 uker etter start rekondisjonering	5,4b	9,7b	12,7b	8,3b
6 uker etter start rekondisjonering	20,7a	39,7a	33,8a	25,4a
	***	**	**	**
Kontroll 8 °C: 3 uker etter start rekond.	6,5bc	14,0b	24,8b	10,7b
Kontroll 8 °C: 6 uker etter start rekond.	21ab	31,0b	26,8b	13,0b
Kald lagring 5 °C: 3 uker etter start rekond.	0,05c	1,1b	0,8b	1,8b
Kald lagring 5 °C: 6 uker etter start rekond.	1,7bc	4,0b	1,3b	3,3b
5 °C + Rekondisjonering: 3 uker etter start rekond.	9,5bc	14,0b	12,5b	12,3b
5 °C + Rekondisjonering: 6 uker etter start rekond.	39,3a	84,2a	73,3a	60,0a
	*	*	**	***

*Forskjellige bokstaver innen hver kolonne indikerer signifikante forskjeller, n.s. = ikke signifikant, *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001,

Tabell 4. Groing (mm) i potetsortene Lady Claire, Lady Britta, Pirol og Kiebitz lagret ved tre ulike temperaturstrategier. Måling på groene er gjort henholdsvis 3 og 6 uker etter start rekondisjonering.

	Lady Claire	Lady Britta	Pirol	Kiebitz
Kontroll 8 °C	4,6b	8,3b	11,2ab	3,4b
Kald lagring 5 °C	0,3b	2,4b	0,3b	0,02b
5 °C + Rekondisjonering	10,8a	25,8a	17,5a	9,8a
	***	**	**	***
3 uker etter start rekondisjonering	2,9b	6,1b	5,3b	1,7b
6 uker etter start rekondisjonering	7,5a	18,1a	14,0a	7,1a
	*	*	*	**
Kontroll 8 °C: 3 uker etter start rekond.	4,8b	6,7b	9,2ab	2,7b
Kontroll 8 °C: 6 uker etter start rekond.	4,4b	9,8b	13,2ab	4,1b
Kald lagring 5 °C: 3 uker etter start rekond.	0,0b	1,9b	0,2b	0,1b
Kald lagring 5 °C: 6 uker etter start rekond.	0,5b	2,8b	0,5b	0,0b
5 °C + Rekondisjonering: 3 uker etter start rekond.	4,1b	9,8b	6,7b	2,4b
5 °C + Rekondisjonering: 6 uker etter start rekond.	17,6a	41,7a	28,3a	17,2a
	**	*	*	**

*Forskjellige bokstaver innen hver kolonne indikerer signifikante forskjeller, n.s. = ikke signifikant, *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001,



Bilde 4. Spiring i 8 sorter etter 7 måneders lagring med ulike temperaturforhold på lager (lagringssesongen 2020-2021) (foto: Pia Heltoft)



Bilde 5. Spiring i 8 sorter etter 7 måneders lagring med ulike temperaturforhold på lager (lagringssesongen 2021-2022) (foto: Kristian Sæther)

3.2.4 Vekttap

I pommes frites-sortene var det minst vekttap i Innovator, Zorba og Gullflaks når de ble lagret ved 5 °C (Tabell 5). Lagring ved 8 °C eller rekondisjoneringsbehandling resulterte i større vekttap. Det ble også signifikant større vekttap jo lengre tid rekondisjonering sto på. I Peik var det ikke sikre forskjeller mellom temperaturstrategier og heller ikke lengden på rekondisjoneringsperioden (6 uker kontra 3 uker).

Tabell 5. Vekttap (%) i fire pomes frites-sorter lagret ved ulike temperaturstrategier, ulike sorter og ved uttak til ulike tidspunkter fra lager.

	Peik	Innovator	Zorba	Gullflaks
Kontroll 8 °C	6,1	5,7ab	4,7ab	5,6b
Kald lagring 5 °C	5,1	4,3b	3,3b	4,7b
5 °C + Rekondisjonering	9,1	10,1a	8,3a	9,3a
	n.s.	*	**	*
3 uker etter start rekondisjonering	6	4,8b	4,2b	5,4b
6 uker etter start rekondisjonering	7,5	8,6a	6,7a	7,6a
	n.s.	*	*	**
Kontroll 8 °C: 3 uker etter start rekond.	4,7	4,8b	4,6b	5,2b
Kontroll 8 °C: 6 uker etter start rekond.	7,5	6,5ab	4,8b	5,9b
Kald lagring 5 °C: 3 uker etter start rekond.	5,3	4,1b	3,1b	4,6b
Kald lagring 5 °C: 6 uker etter start rekond.	4,9	4,6b	3,5b	4,9b
5 °C + Rekondisjonering: 3 uker etter start rekond.	8,0	5,5b	4,7b	6,5b
5 °C + Rekondisjonering: 6 uker etter start rekond.	10,2	14,8a	11,8a	12,1a
	n.s.	*	*	*

*Forskjellige bokstaver innen hver kolonne indikerer signifikante forskjeller, n.s. = ikke signifikant, *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001,

I chipssortene var det signifikant større vekttap i Lady Claire, Lady Britta og Kiebitz når det var gjennomført rekondisjonering, sammenlignet med både 5 og 8 °C lagring (Tabell 6). I Pirol var det bare sikre forskjeller mellom 5 °C og 5 °C+ rekondisjonering. For chipssortene Lady Claire og Lady Britta var det signifikant større vekttap, jo lengre tid rekondisjonering sto på (6 uker kontra 3 uker).

Tabell 6. Vekttap (%) i fire chipssorter lagret ved ulike temperaturstrategier, ulike sorter og ved uttak til ulike tidspunkter fra lager.

	Lady Claire	Lady Britta	Pirol	Kiebitz
Kontroll 8 °C	6,0b	4,6b	4,7ab	5,5b
Kald lagring 5 °C	5,6b	4,0b	4,3b	5,3b
5 °C + Rekondisjonering	10,6a	7,4a	7,3a	8,5a
	***	**	*	**
3 uker etter start rekondisjonering	6,2b	4,2b	4,8	6,0
6 uker etter start rekondisjonering	8,5a	6,4a	6,2	6,8
	**	*	n.s.	n.s.
Kontroll 8 °C: 3 uker etter start rekond.	5,7b	4,1b	4,7	5,7
Kontroll 8 °C: 6 uker etter start rekond.	6,3b	5,0b	4,7	5,4
Kald lagring 5 °C: 3 uker etter start rekond.	5,3b	3,8b	4,1	5,4
Kald lagring 5 °C: 6 uker etter start rekond.	5,8b	4,2b	4,6	5,1
5 °C + Rekondisjonering: 3 uker etter start rekond.	7,7b	4,8b	5,4	7,0
5 °C + Rekondisjonering: 6 uker etter start rekond.	13,6a	10,0a	9,2	10,0
	**	*	n.s.	n.s.

*Forskjellige bokstaver innen hver kolonne indikerer signifikante forskjeller, n.s. = ikke signifikant, *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001,

3.2.5 Friteringsfarge, glukose og akrylamid

Pommes frites-sortene Peik og Innovator hadde fordel av å gjennomføre rekondisjonering for å få en lysere friteringsfarge, sammenlignet med kald lagring ved 5 °C (Tabell 7). Det ble imidlertid oppnådd samme effekt ved å lagre potetene ved stabil temperatur på 8 °C. Friteringsfargen i Zorba og Gullflaks var ikke påvirket av lagringstemperaturen. Sees det på målte glukoseverdier var det positiv effekt (lavere glukose nivå) ved å la potetene rekondisjoneres ved 15 °C eller lagres ved stabilt 8 °C, frem for 5 °C lagring i både Peik, Zorba og Gullflaks. Det var ingen positive effekter av å la rekondisjonering fortsette i 6 uker frem for 3 ukers rekondisjonering.

Tabell 7. Friteringsfarge og glukose innhold i fire pommes frites-sorter lagret ved ulike temperaturstrategier, ulike sorter og ved uttak til ulike tidspunkter fra lager.

	Peik		Innovator		Zorba		Gullflaks	
	Farge	Glukose	Farge	Glukose	Farge	Glukose	Farge	Glukose
Kontroll 8 °C	6,3a	28,9b	7,1a	27,1	6,7	24,4b	7,7	5,9b
Kald lagring 5 °C	3,8b	43,3a	5,3b	28,2	4,6	44,3a	7,6	11,6a
5 °C + Rekondisjonering	6,0a	28,1b	7,1a	27,4	5,3	28,2b	7,6	5,8b
	***	*	**	n.s.	n.s.	**	n.s.	*
3 uker etter start rekondisjonering	5,5	31,6	6,3	24,7	5,9	30,1	7,6	7,2
6 uker etter start rekondisjonering	5,2	35,2	6,7	26,3	5,1	34,5	7,7	8,3
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Kontroll 8 °C: 3 uker etter start rekond.	6,7a	29,4ab	7,3	29,2	6,8	21,4	7,7	5,4
Kontroll 8 °C: 6 uker etter start rekond.	5,8ab	28,3b	6,8	25,1	6,6	27,4	7,7	6,4
Kald lagring 5 °C: 3 uker etter start rekond.	3,7b	38,6ab	4,5	30,6	5,0	43,1	7,7	10,8
Kald lagring 5 °C: 6 uker etter start rekond.	4,0b	48,1a	6,0	25,8	4,2	45,3	7,5	12,3
5 °C + Rekondisjonering: 3 uker etter start rekond.	6,2ab	26,8ab	7,0	19,3	5,8	25,7	7,3	5,3
5 °C + Rekondisjonering: 6 uker etter start rekond.	5,8ab	29,4ab	7,2	23,1	4,7	30,7	7,9	6,2
	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

*Forskjellige bokstaver innen hver kolonne indikerer signifikante forskjeller, n.s. = ikke signifikant, *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001,

Blant chipssortene hadde Lady Britta positiv effekt og signifikant lysere friteringsfarge og lavere glukoseinnhold etter rekondisjonering og lagring ved stabil temperatur på 8 °C sammenlignet med kald lagring (5 °C) (Tabell 8). I Lady Claire var det lysest friteringsfarge ved å lagre ved stabilt 8 °C, sammenlignet med både kald lagring og lagring inkludert rekondisjonering. Ses det på glukoseverdiene i Lady Claire og Pirol var det ikke sikre forskjeller mellom rekondisjonering og 8 °C lagring. I Kiebitz var det ikke forskjeller mellom noen av temperaturbehandlingene, både når det gjaldt friteringsfarge og glukose. Det var ikke noen positiv effekt av å la rekondisjoneringsperioden vare lengre (3 uker kontra 6 uker) i noen av sortene.

Akrylamidnivåene (Tabell 9) viser i stor grad det samme som friteringsfarge og glukoseverdiene. Det er en fordel å lagre ved 8 °C eller kjøre rekondisjonering etter 5 °C lagring framfor å lagre kaldt på 5 °C i Lady Claire, Lady Britta og Pirol, mens Kiebitz ikke var påvirket av lagringstemperaturen. Det var imidlertid høye akrylamidnivåer i både Lady Britta og Pirol, og uansett temperaturstrategi på lager lå de over tillatt grenseverdi for chipsproduksjon.

Tabell 8. Friteringsfarge og glukoseinnhold i fire chipssorter lagret ved ulike temperaturstrategier, ulike sorter og ved uttak til ulike tidspunkter fra lager.

	Lady Claire		Lady Britta		Pirol		Kiebitz	
	Farge	Glukose	Farge	Glukose	Farge	Glukose	Farge	Glukose
Kontroll 8 °C	7,3a	8,4b	6,8a	64,3b	5,4a	78,2ab	6,0	9,4
Kald lagring 5 °C	5,5b	18,9a	3,6b	128,6a	3,7b	85,5a	5,3	9,9
5 °C + Rekondisjonering	5,5b	12,5ab	6,1a	87,3b	4,2ab	49,3b	6,0	9,7
	*	*	***	**	*	*	n.s.	n.s.
3 uker etter start rekondisjonering	5,4b	13,8	4,7b	79,6b	2,7b	61,9	4,7b	8,2
6 uker etter start rekondisjonering	6,8a	12,7	6,3a	107,2a	6,1a	80,1	6,8a	11,1
	*	n.s.	**	*	***	n.s.	***	n.s.
Kontroll 8 °C: 3 uker etter start rekond.	7,2	7,1	6,8a	60,8	4,0	57,7	4,7	7,3
Kontroll 8 °C: 6 uker etter start rekond.	7,4	9,6	6,8a	67,8	6,8	98,7	7,3	11,4
Kald lagring 5 °C: 3 uker etter start rekond.	4,0	21,0	2,0b	114,4	1,7	79,5	3,7	8,8
Kald lagring 5 °C: 6 uker etter start rekond.	7,0	16,8	5,2a	142,9	5,7	91,5	7,0	10,9
5 °C + Rekondisjonering: 3 uker etter start rekond.	5,0	13,2	5,3a	63,5	2,5	48,5	5,7	8,3
5 °C + Rekondisjonering: 6 uker etter start rekond.	5,9	11,9	6,8a	111,0	5,8	50,1	6,3	11,0
	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

*Forskjellige bokstaver innen hver kolonne indikerer signifikante forskjeller, n.s. = ikke signifikant, *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001,

Tabell 9. Akrylamid innhold i fire chipssorter lagret ved ulike temperatur strategier, ulike sorter og ved uttak til ulike tidspunkter fra lager.

	Lady Claire	Lady Britta	Pirol	Kiebitz
Kontroll 8 °C	128b	1415b	1594ab	159
Kald lagring 5 °C	285a	2693a	1857a	177
5 °C + Rekondisjonering	198ab	1807b	1022b	172
	**	**	*	n.s.
3 uker etter start rekondisjonering	207	1643b	1720	136
6 uker etter start rekondisjonering	202	2300a	1262	201
	n.s.	**	*	n.s.
Kontroll 8 °C: 3 uker etter start rekond.	97	1229b	1113	116
Kontroll 8 °C: 6 uker etter start rekond.	160	1601b	2076	202
Kald lagring 5 °C: 3 uker etter start rekond.	311	2349a	1639	158
Kald lagring 5 °C: 6 uker etter start rekond.	260	3038a	2077	196
5 °C + Rekondisjonering: 3 uker etter start rekond.	197	2262a	1035	135
5 °C + Rekondisjonering: 6 uker etter start rekond.	201	1353b	1009	208
	n.s.	*	n.s.	n.s.

*Forskjellige bokstaver innen hver kolonne indikerer signifikante forskjeller, n.s. = ikke signifikant, *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001,

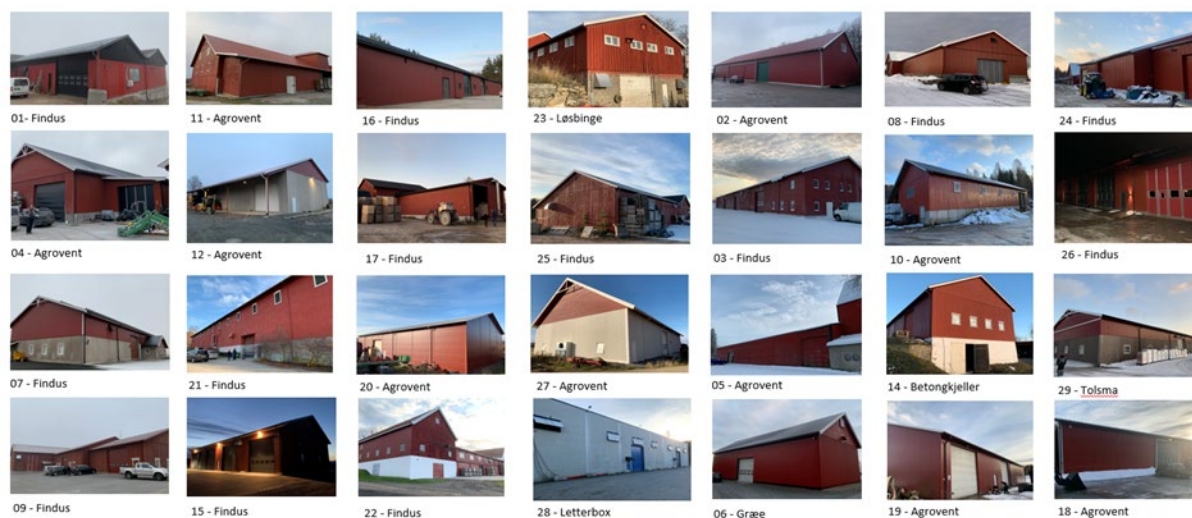
3.2.6 Konklusjon temperaturforsøk

Rekondisjonering (her: oppvarming til 15 °C i 3 eller 6 uker) etter kald lagring (her: 5 °C) kan være en metode til å redusere sukker og mørkfarging i noen sorter til pommes frites og chips. Satses det på å kjøre rekondisjonering for å få ned sukkerinnhold og en lysere friteringsfarge anbefales det å være oppmerksom på groing på lager og store vekttap. Det anbefales derfor heller ikke å kjøre lengere enn tre uker med rekondisjonering. Det ses heller ikke noen fordel i forhold til friteringsfarge å la rekondisjonering vare i 6 uker fram for 3 uker. Det er viktig at rekondisjonering ikke gjennomføres for sent på lagringssesongen, da knollene må være på riktig fysiologisk stadium for å kunne gjennomføre prosessen som omdanner reducerende sukkerarter til sukrose igjen. Dette er en reversibel prosess, se beskrivelse av 'cold-induced sweetening' og 'senescent sweetening' i avsnitt 3.2.

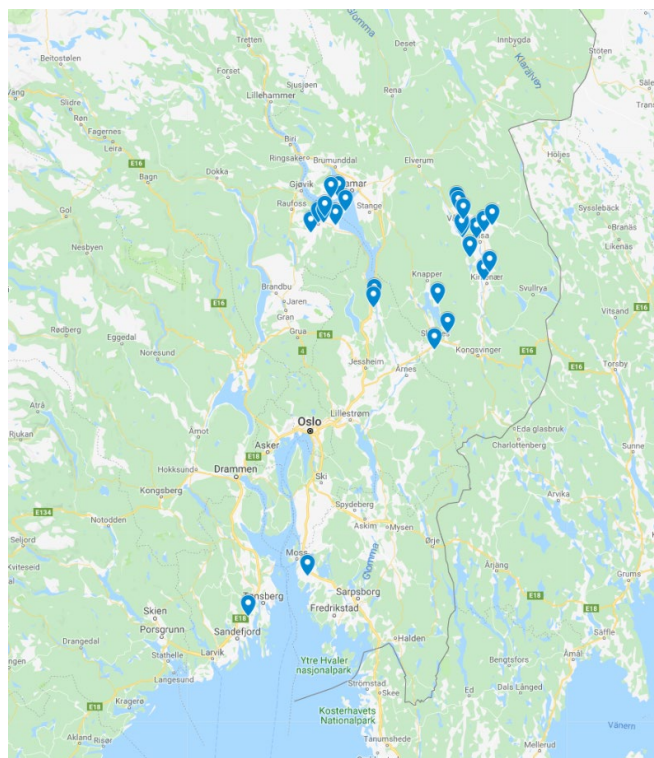
4 Lagringstekniske forhold

4.1 Oversikt over lagrene i prosjektet

Det benyttes en rekke ulike luftfordelingssystemer for lagring av industri-poteter. En sentral del i prosjektet har vært å kartlegge og optimalisere de eksisterende lagerløsningene (29 lager, se Bilde 6), ved å finne tekniske løsninger for energieffektiv klimakontroll av lagrene for å sikre god kvalitet og redusere svinn. Størrelsen på lagrene varierte mellom 100 og 1400 tonn (Tabell 10), og samtlige unntatt ett hadde kassestabling. Se Figur 3 for oversiktskart over geografisk plassering av lagrene.



Bilde 6. 29 lager ble kartlagt, hvor ulike luftfordelingsløsninger ble benyttet (fotos: Erlend Indergård)



Figur 3. Oversiktskart over plassering av de ulike lagrene i prosjektet

Tabell 10. Oversiktstabell over de 29 kommersielle lagrene som inngikk i kartleggingen i prosjektet

Lager nr.	Ventilasjons system	Leverer til	Lagringskapasitet (tonn)	Kjøling	CO ₂ målinger (se avsnitt 8.4)	Ekstra vekttap forsøk (se avsnitt 5.2.3)
01	Findus	Maarud	210	x		
02	Agrovent	Maarud	600		x	
03	Findus	Maarud	900			
04	Agrovent	Maarud	390			
05	Agrovent og Findus*	Maarud	600	x		
06	Græe	Maarud	420	x		
07	Findus	Maarud	150	x		x
08	Findus	Maarud	200			
09	Findus	Maarud	420	x		
10	Agrovent	Maarud	300		x	
11	Agrovent	Orkla	600			
12	Agrovent	Orkla	800			
13	Findus	Orkla	400			
14	Jordkjeller	Orkla	100			
15	Findus	Orkla	2*300			
16	Findus	Orkla	2*400	x		
17	Findus	Orkla	500			
18	Agrovent	HOFF	800			x
19	Agrovent	HOFF	1000			
20	Agrovent	HOFF	750		x	x
21	Findus	HOFF	300 + 250			
22	Findus	HOFF	400			
23	Findus	HOFF	300			
24	Findus	HOFF	500			
25	Findus	HOFF	400	x		
26	Findus	HOFF	300	x		
27	Agrovent	HOFF	800		x	
28	Letterbox	Orkla	500	x	x	
29	Tolsma	Findus	1400		x	

*Agrovent i 2019-2020, Findus i 2020-2021 og 2021-2022

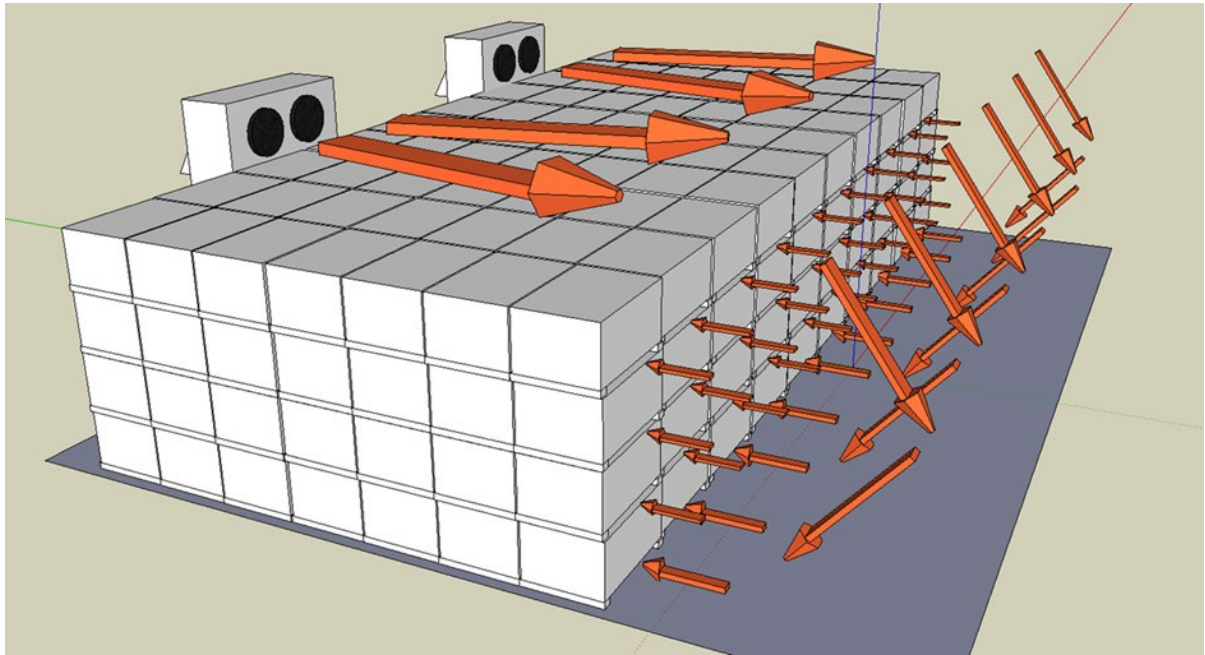
4.2 Ulike lagringsprinsipper

Grovt kan man dele luftfordelingsløsningene i dette prosjektet i systemer med lav luftmengde (Findus, Græe) og med høyere luftmengder (Agrovent, Tolsma, Letterbox). Selv om det som nevnt benyttes mange ulike systemer, er Findus og Agrovent de to mest benyttede metodene. Samtlige lager har et spjeldsystem som justerer tilførsel av uteluft for å stabilisere produkttemperaturen på et ønsket nivå, samt å redusere CO₂-nivået inne på lageret. Noen lager har oppfukningssystemer for å øke % relativ fuktighet inne på lageret, og noen har kjøleaggregat installert for raskere å kunne senke produkttemperaturen etter innhøsting, samt å holde temperaturen lavt ved lagring lengre utover mot sommeren.

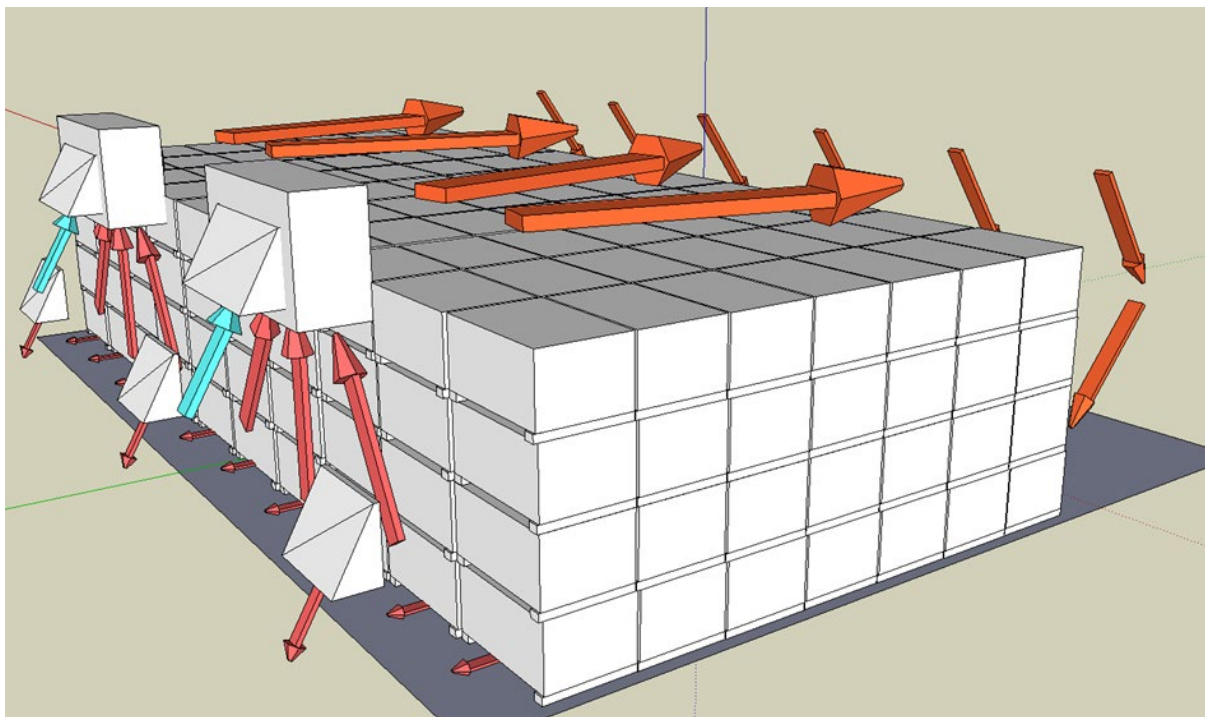
For potet til videre fritering har det vært kjent at man ikke bør ligge for lavt i temperatur under lagring. Det har vært usikkerhet om fordeler og ulemper med bruk av høye eller lave luftmengder og - hastigheter under lagring.

4.2.1 Agrovent

Prinsippet for Agrovent ventilasjon er at luften blåses ut i lageret mellom de øvre kassene og taket, for så å gå mellom hver enkelt kasse tilbake til aggregatet (viftesystemet) (Figur 4 og 5). På denne måten vil hver enkelt kasse med produkt kunne få kontinuerlig tilførsel av sirkulerende luft.



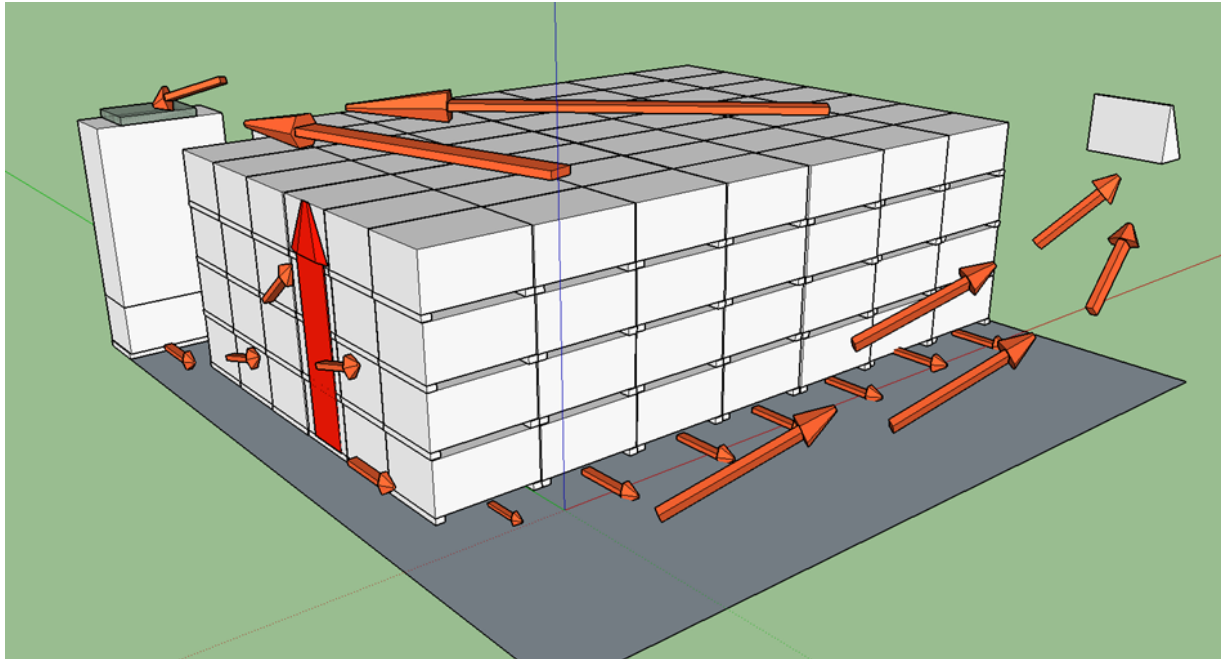
Figur 4. Prinsippet med Agrovent-lager, hvor luft blåses ut fra aggregatene over produktet, og går tilbake mellom hver enkelt kasse.



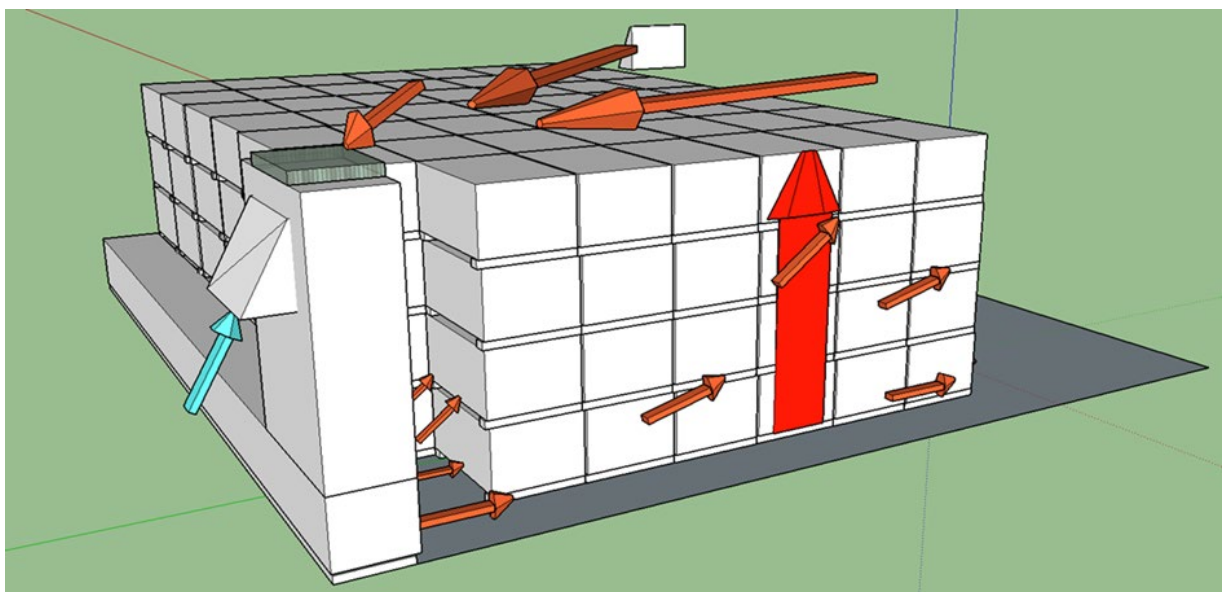
Figur 5. Spjeldsystemer regulerer tilførsel av uteluft og temperaturkontroll og redusert nivå av CO₂ inne i lageret.

4.2.2 Findus

Med denne metoden blåses luft ut under nederste kasserekke via en glippe i en kanal som dekker hele bakre vegg. Spjeldsystemer regulerer tilførsel av uteluft og temperaturkontroll og redusert nivå av CO₂ inne i lageret. (Figur 6 og 7). Luften kommer ut i forkant av lageret under de nederste kassene, presses opp i forkant av kassene og går tilbake til tårnet i bak-kant av lageret. I tårnet er vifter og spjeld plassert, og eventuelt kjøleaggregat og oppfuktning. I dette systemet sirkuleres dermed ikke luft mellom hver enkelt kasse i lageret. Varmen fra produktene i kassene tar luften med opp gjennom de øvre kassene med naturlig konveksjon og enten tilbake til tårnet eller ut av lageret via en lufteluke som er plassert over øverste kassehøyde under taket.



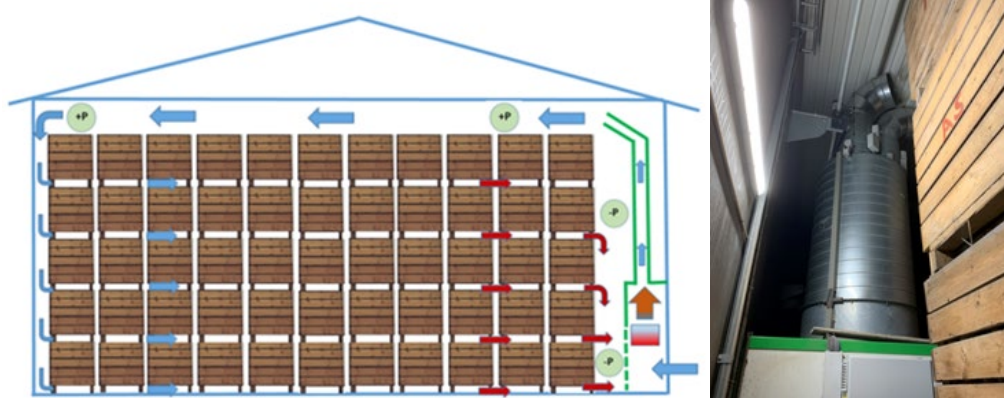
Figur 6. Prinsippskisse av luftstrømmene i Findus-lager.



Figur 7. Returluften over kassene tar med varme og fukt tilbake til tårnet og kanal-systemet.

4.2.3 Tolsma

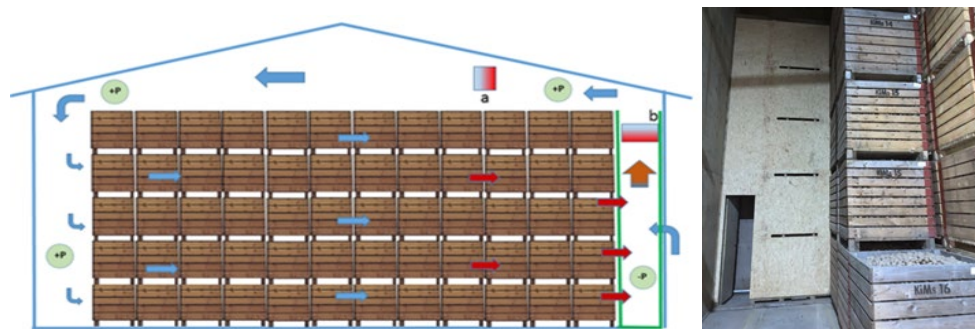
Tolsma kan i vesentlig grad sammenlignes med et Agrovent-lager, ved at luft blåser fremover over kassene og tilbake mellom hver enkelt kasse (Figur 8). Tolsma har valgt å plassere aggregatet bak på gulv, med kanalføringer opp og frem. Kjøling og oppfukning kan monteres.



Figur 8. Prinsippskisse av luftsystemet Tolsma, med kanalføringer til luftstyring. (Foto: Erlend Indergård)

4.2.4 Letterbox

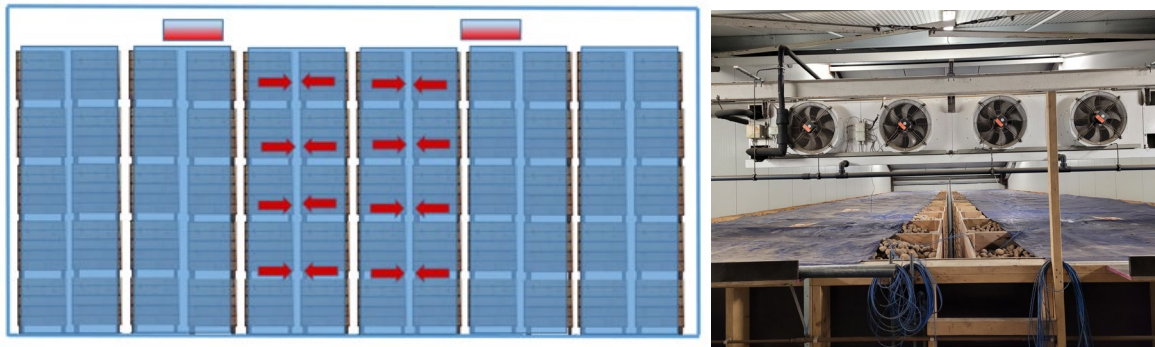
Prinsippet er bygd på at man bak i lageret har en falsk vegg hvor det enten bygges opp et overtrykk. På falskveggen er det utfelt glipper som er tilpasset åpningene på kassestablene, slik at luft blåses mellom hver kasse. Disse sprekene har gitt navnet til systemet Letterbox (Figur 9).



Figur 9. Prinsippskisse av letterbox systemet (foto: Erlend Indergård)

4.2.5 Undertrykkslager

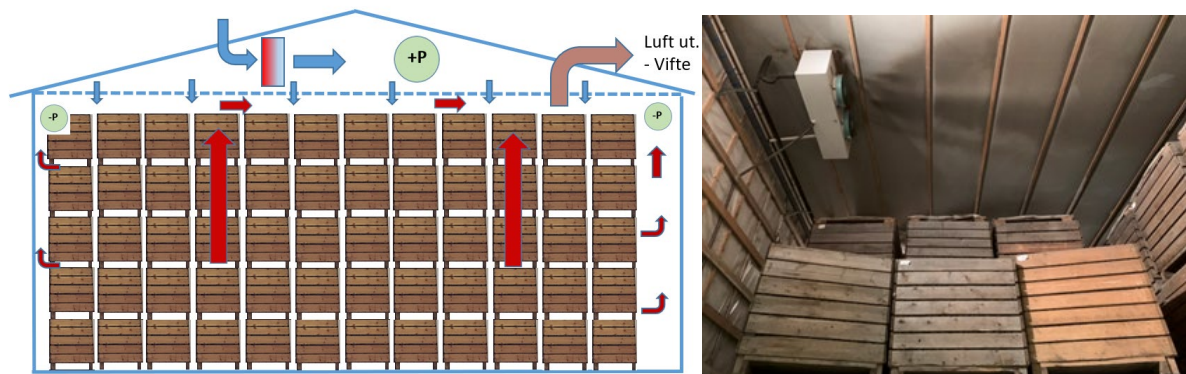
Undertrykkslager (suction wall system/aspiration system) er et omluftsystem med falsk bakvegg hvor vifter danner et undertrykk bak falskveggen. Spalter/åpninger er laget i bakveggen som passer inn med luftstrømmen mellom hver kasserekke. Samtidig plasseres presenninger over to og to kasserekker, noe som fører til at luften som suges inn mellom rekkene snur 90° gjennom kassene og ut til kjøleaggregatet bak falskveggen, se figur 9a. Det kreves egne kasser for denne type lager, da luften må kunne gå begge retninger mellom kassene.



Figur 9a. Prinsippskisse av undertrykklager og bilde fra lager av presenninger som ligger på toppen over kasseradene (foto: Pia Heltoft).

4.2.6 Græe-lager

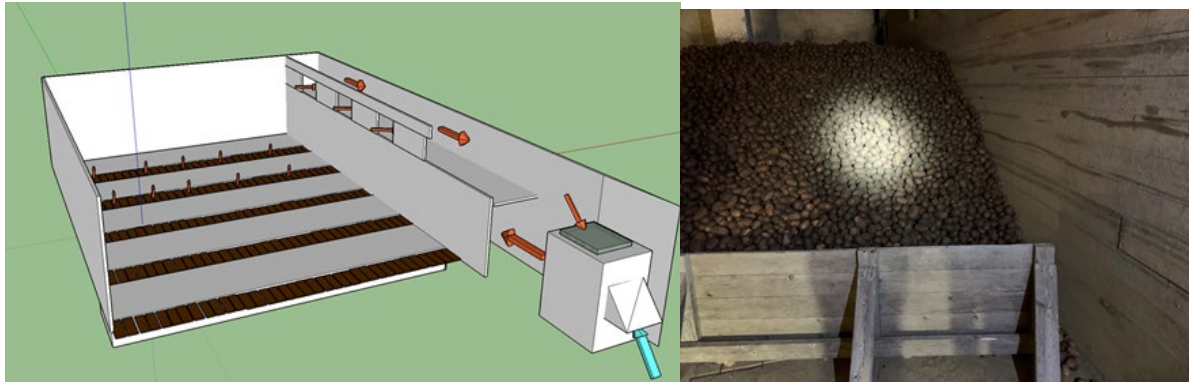
Disse lagrene kan til en viss grad sammenlignes med Findus, ved at det går lite luft i systemet og at varmen stiger opp mot tak før den fjernes (figur 10). For Græe-systemet "sildrer" kald luft ned fra et perforert tak, og suges ut ved bruk av utluftsvifter på vegg. Et eventuelt kuldeaggregat plasseres over det perforerte taket. Oppfukking skjer ved overrisling av vann på store duker som henger langs veggene. Omluftsvifter kan monteres. For detaljert beskrivelse av Græe-lager, se Græe 1991.



Figur 10. Prinsippskisse av Græe-lager, med perforert tak for tilførsel av uteluft og bilde fra Græe-lager som er med i prosjektet (lager 6) (foto: Erlend Indergård)

4.2.7 Løslager

I løslager blir luft distribuert via en kanal langs vegg og ut til mindre kanaler under gulvet (Figur 11). Gulvkanalene har spalter, så luften kommer opp gjennom gulvet og videre opp gjennom potetene som ligger løst i binger. Luften blir deretter sugd tilbake til vegg-kanalen og innblandet ny uteluft via et spjeld.



Figur 11. Prinsippskisse av løslager, med kanalføringer i gulv for tilførsel av luft. Bilde fra løslager som var med i prosjektet (lager 23). Dette lager brukte Findus ventilasjonssystem. (foto: Erlend Indergård)

4.3 Oppfukking av lagerluft

Relativ fuktighet i lageret påvirkes av uteluften og av ånding fra potetene. Både for høy og for lav luftfuktighet vil kunne være uheldig, enten ved å føre til sykdommer eller uttørking og vekttap. I områder av landet med lave vintertemperaturer som bl.a. i innlandet, vil tilførsel av uteluft føre til redusert fuktighet inne på lageret. Spesielt vil produkt som ligger direkte i den sirkulerende lagerluften kunne påvirkes. Det er i hovedsak tre systemer som benyttes til oppfukking av lager, og man vil kunne øke relativ fuktighet opp til 95-99% i lagerluften:

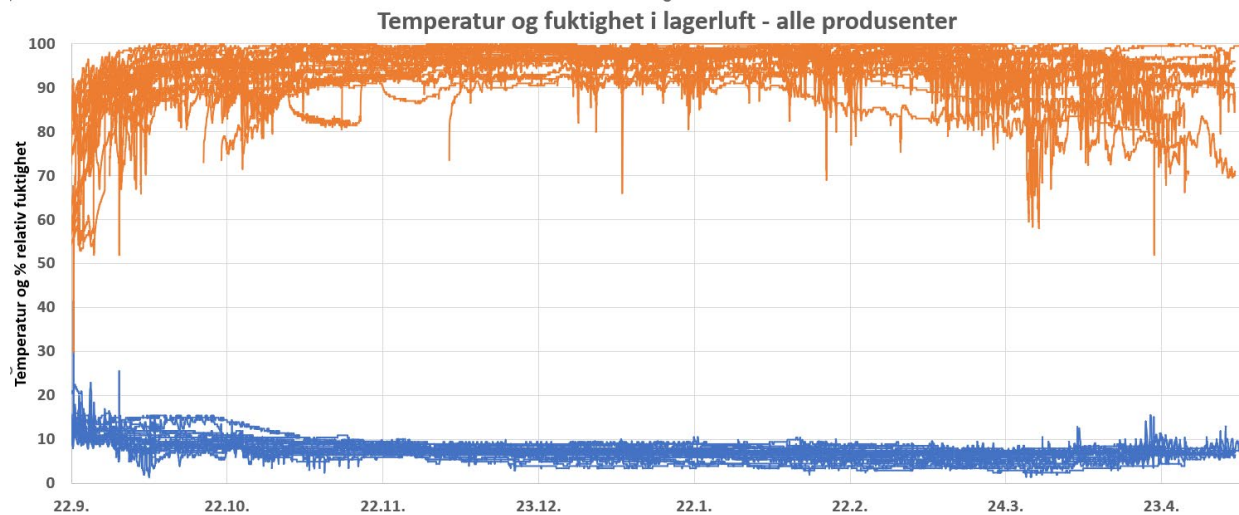
- a. Installasjon av kassetter med mange membraner som overrisles med vann. En vifte blåser luft gjennom kassetten, og luften absorberer fuktighet fra membranene. I Norge nevnes ofte Munters, men mange leverandører har denne type oppfuktere.
- b. Dyser plassert i luftkanalene, hvor vann forstøves og tas med av lagerluften som blåses forbi og inn i lageret.
- c. Duker som henger langs veggene blir overrislet med dryppet av vann og fordelt over hele duken. Lagerluften tar opp fuktighet fra duken.



Bilde 7. Ulike måter å oppfukke lagerluft: Gjennom fordampning fra membraner med vifte (t.v.), Tåke/dysespredning (midten), og oppfukking av store duker hengende på vegg (t.h.). (Fotos: Erlend Indergård)

4.4 Temperatur og fuktighet i eksisterende lager

Det er en usikkerhet om hvordan lagringstemperaturer og –fuktigheter påvirker kvaliteten på potetene under lagring. Råte og andre sykdommer, sukkernivå, samt vekttap er viktige kvalitetsparametere som kan påvirkes av lagerluften. Det er derfor viktig å få dokumentert hvordan og i hvilken grad luftparametrene påvirker kvaliteten. Temperatur og luftfuktighet i lagerluften, og temperatur i potetkassene ble registrert gjennom de tre lagringssesongene for samtlige 29 lagre (Figur 12).



Figur 12. Temperatur og fuktighet i lagerluft for de ulike lagrene gjennom lagringsperioden.

Figur 12 viser lufttemperaturen og den relative fuktigheten inne i lagrene gjennom en lagrings-sesong. Man ser at det er en variasjon mellom de ulike lagrene, men det må merkes at lufttemperaturen er høy de første 6-8 ukene etter høsting. Dette er en periode hvor det gjerne er varmere i været, og det skal foregå en tørking og sårheling av potetene før stabilisering av lagrene. Relativ fuktighet henger fysisk sammen med temperaturen, og man ser derfor samtidig at denne er til dels lav, men økende under den innledende innlagringsperioden frem til lageret er stabilt.

Under den stabile lagringsperioden ligger i hovedsak fuktigheten inne på lager jevnt over 90% inntil man strekker lagringsperioden ut over til april-juni, hvor det blir utfordrende å holde lagertemperaturen lavt på 6-8°C. Samtidig med at lagertemperaturen øker i denne perioden, faller relativ fuktighet.

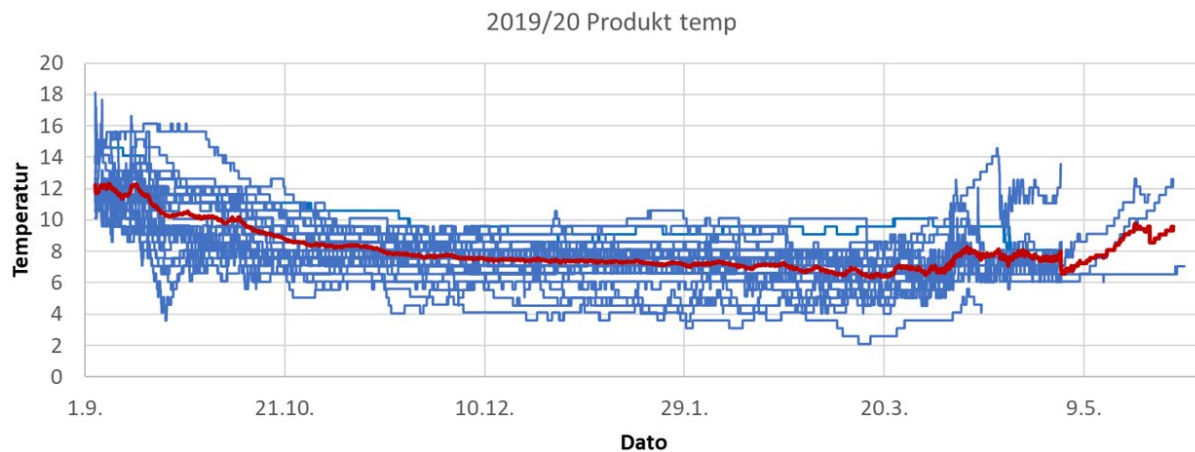
4.4.1 Innlagringsperioden og stabilisering

Forholdene ved høsting, i form av faktorer som regn, sol, temperatur og jordfuktighet, råvarekvalitet vil variere mellom årene, og gjennom høstperioden. Dette vil påvirke råvarekvaliteten og forholdene på lager i mange uker etter høsting. Under fuktige perioder vil en del vann og jord bli med inn på lageret, sammenlignet med tørre perioder. Har man begynt å fylle et lager med poteter høstet under tørre forhold, vil innlagring av en større mengde våte kasser påvirke lagringsluften for hele lageret. Det ble observert at ulike lager har ulik evne til å fjerne fukt fra lagerluften, og dermed tørke potetene. Variasjoner mellom ulike sesonger ses i Figur 16, som viser gjennomsnittlig produkt-temperatur, hvor høstperioden 2019-2020 var kaldere i forhold til de to andre. Man ser videre fra Figur 16 at produkttemperaturen i de varmere sesongene bruker over 2 måneder for å komme ned til en produkttemperatur likt det som kommer fra den kaldere sesongen. Ofte er det ønskelig å vente med nedkjølingsfasen til ut i desember for å sikre at det ikke kommer ny varmepriode som kan føre til kondens på potetene. De ulike lagrenes gjennomsnittlige temperatur den første måneden etter høsting fra de tre sesongene er vist i Tabell 11.

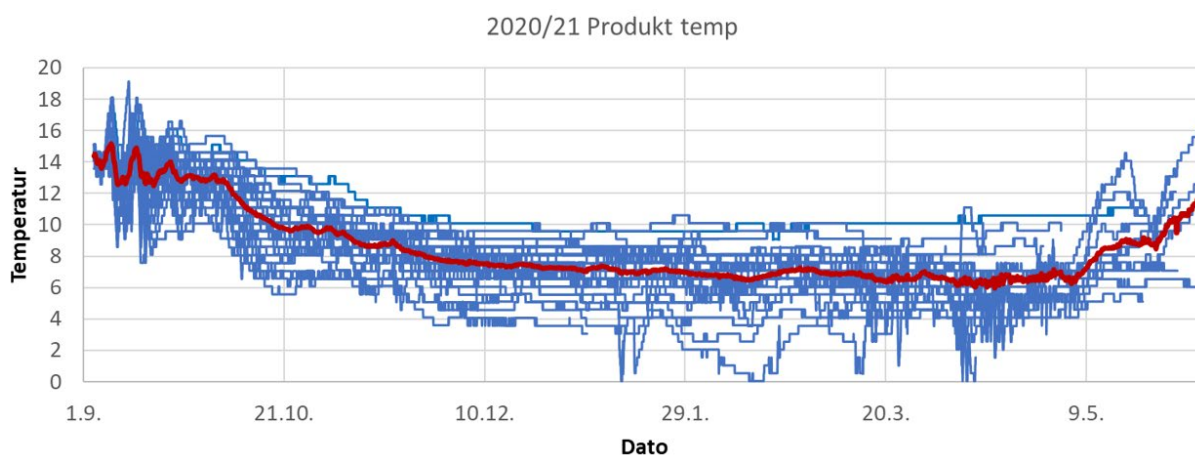
Tabell 11. Temperatur i ulike lagre i gjennomsnitt for den første måneden på lager

Lager nr.	2019-2020	2020-2021	2021-2022	Snitt over år
1	13,3	15,0	13,6	14,0
2	12,6	14,3	13,4	13,4
3	12,6	13,6	13,5	13,3
4	9,7	12,9	-	11,3
5	-	13,2	13,3	13,3
6	11,2	14,5	12,3	12,7
7	-	14,6	12,2	13,7
8	11,1	12,0	11,4	11,5
9	12,1	14,6	13,4	13,4
10	15,5	14,3	12,8	14,2
11	9,6	12,5	12,1	11,4
12	9,8	12,4	-	11,1
13	-	11,9	12,6	12,3
14	12,7	13,8	14,9	13,8
15	11,7	13,7	13,4	12,9
16	11,7	13,3	12,9	12,6
17	11,7	13,3	-	12,5
18	-	14,0	13,2	13,6
19	9,3	13,2	12,3	11,5
20	8,5	11,3	10,8	10,2
21	12,5	13,4	14,7	13,6
22	9,9	14,3	-	12,2
23	8,1	13,3	13,7	11,7
24	10,9	13,7	12,9	12,5
25	10,5	13,1	11,6	11,8
26	8,5	11,6	11,8	10,6
27	11,3	12,0	13,3	12,2
28	11,7	13,6	12,9	12,7
29	12,1	14,2	13,7	13,5
Snitt alle lagre	11,1	13,4	12,9	12,5

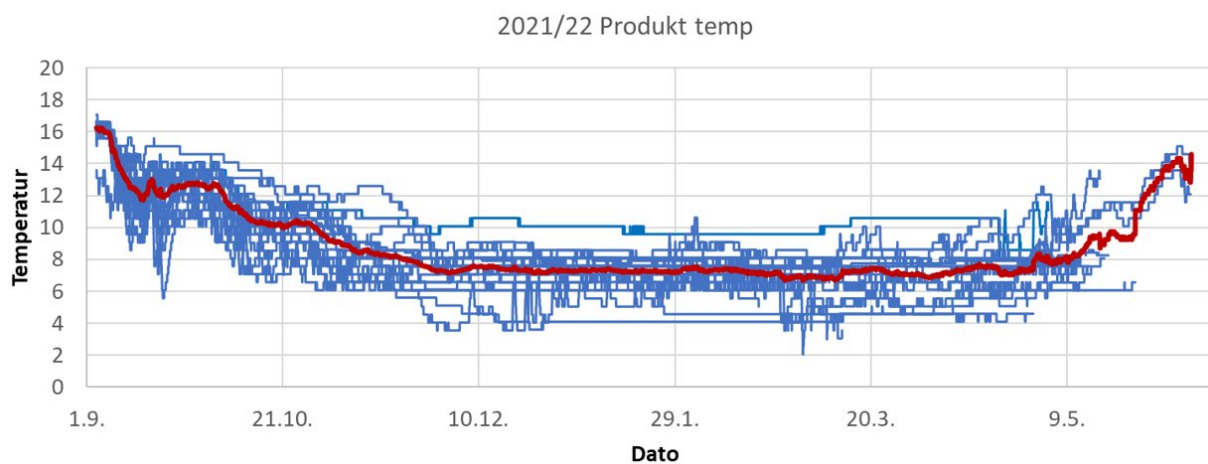
Det er kun lagerluften man har mulighet til å styre, mens det er produkttemperaturen som er avgjørende for kvaliteten. Under nedkjølingsperioden må lagerluften nødvendigvis ha en litt lavere temperatur enn produktene for å senke produkttemperaturen. I denne perioden er respirasjonsvarmen fra produktet også noe høyere enn den vil være under den stabile lagringsperioden. Produkttemperaturene gjennom de ulike sesongene er vist i Figur 13, Figur 14 og Figur 15



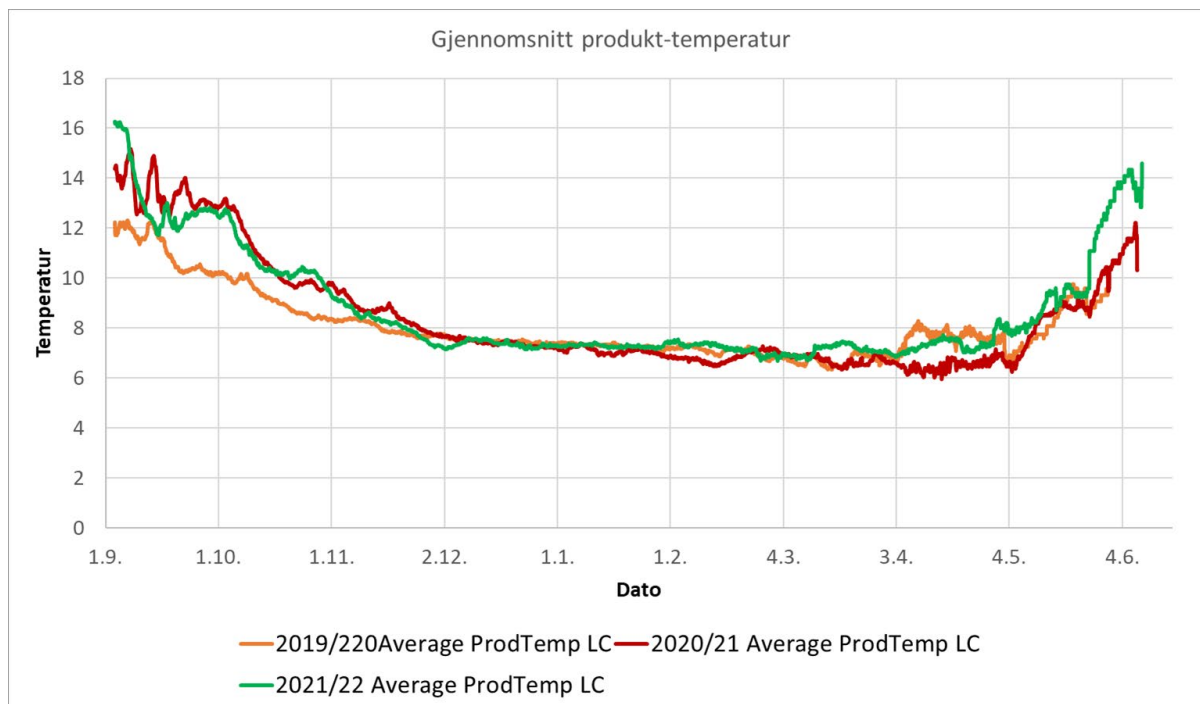
Figur 13. Produkttemperaturer for ulike lagre i lagringssesongen 2019-2020



Figur 14. Produkttemperaturer for ulike lagre i lagringssesongen 2020-2021

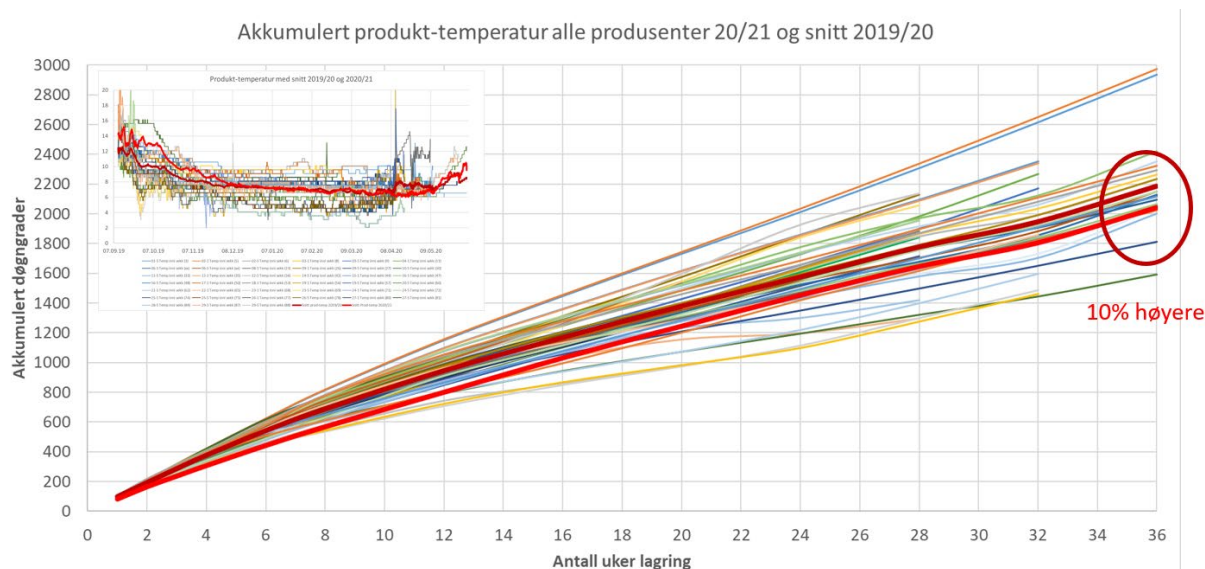


Figur 15. Produkttemperaturer for ulike lagre i lagringssesongen 2021-2022



Figur 16. Gjennomsnittlig produkttemperatur for alle produsenter gjennom de tre lagringssesongene.

Fra figur 16, ser man at det i snitt tar omkring 12 uker fra innhøsting til produkttemperaturen er nede på ønsket nivå for den stabile lagringsperioden. Hvis man ser på den totale varmebelastningen (akkumulert temperatur) dette tilfører produktet, ser man fra Figur 17 at dette tilsvarer 10%. Dvs., at på grunn av at produkttemperaturen er høyere under innlagringsperioden den ene sesongen, blir den totale varmebelastningen på potetene 10 % høyere etter endt lagring. Dette er vist som forskjellen mellom de to markerte røde gjennomsnittlige kurvene i Figur 17.



Figur 17. Produkttemperatur for alle produsenter gjennom to ulike lagringssesonger, med gjennomsnittlig produkttemperatur mellom sesongene markert som røde kurver.

Antall uker for å oppnå stabile temperaturer for hvert lager er vist i Tabell 12, og viser at dette varierer mellom 8 til 16 uker.

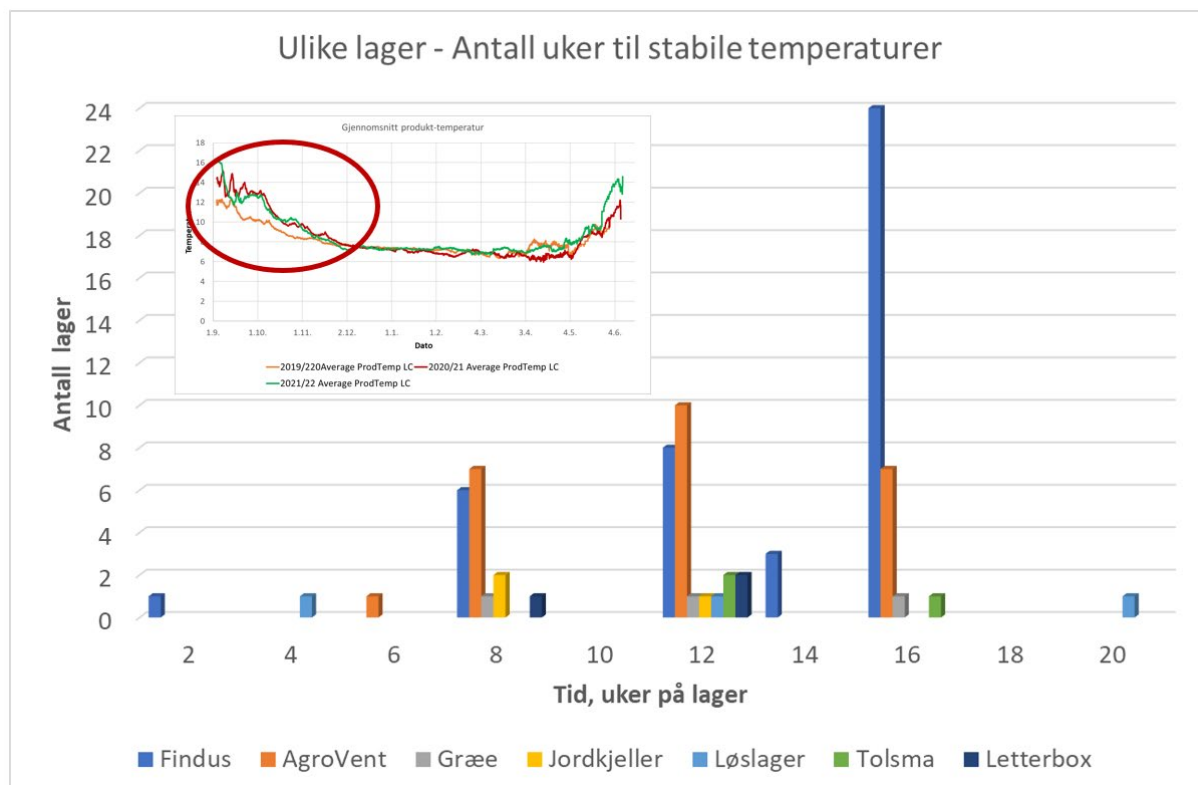
Tabell 12. Antall uker for hvert lager å komme ned til ønsket stabil lagringstemperatur

Lager nr.	2019-2020	2020-2021	2021-2022	Snitt over år
1	16	12	12	13,3
2	16	16	16	16,0
3	16	16	16	16,0
4	16	-	-	16,0
5	-	12	12	12,0
6	16	12	12	13,3
7	16	16	16	16,0
8	16	16	16	16,0
9	12	16	16	14,7
10	12	12	12	12,0
11	8	12	12	10,7
12	8	12	-	10,0
13	-	16	16	16,0
14	8	12	12	10,7
15	16	12	12	13,3
16	16	12	12	13,5
17	16	-	-	16,0
18	-	16	16	16,0
19	8	12	12	10,6
20	8	12	12	10,7
21	16	16	16	16,0
22	16	16		16,0
23	20	12	12	14,7
24	16	16	16	16,0
25	16	16	16	16,0
26	8	12	12	10,7
27	15	16	16	15,7
28	8	12	-	10,0
29	16	12	-	13,5
Snitt alle lagre	13,6	13,9	13,9	13,8

Det ble registrert at ulike luftfordelingssystemer senket produkttemperaturen ulikt, noe som kan forventes hvis man tar høyde for at Findus-systemet benytter lave luftmengder mens Agrovent har høye luftmengder under sirkulasjon. Lufthastighetene mellom kassene varierer mellom de ulike lagrene, og internt i lagrene, avhengig av stabling. For Findus-lager ser man ofte at lufthastigheten ut under nederste kasserekke ligger mellom 0,4 og 1,2 m/s. Oppe ved tak over de øverste kassene registreres svært lite bevegelse i luften. Mange produsenter har satt opp ekstra vifter på toppen av kassene. Hvis man øker luftmengden betydelig ut fra de nederste kassene ved bruk av hovedviften i tårnet, kan man risikere at luft presses inn mellom kasseradene øverst i lageret og fremskaffe kondens

i flere kassehøyder. Ved å plassere vifter på toppen, vil den fuktige luften over de øverste kassene bli styrt mot tårnet uten å suge luft inn mellom kassehøydene lengre ned. For Agrovent-lagre måles ofte luft hastigheten ut mellom kassene i ulike høyder i bak-kant til 0,3-0,6 m/s, og gjerne 1-3 m/s over toppen på de øverste kassene.

Fra Figur 18, ser man antall uker til stabil temperatur mot hvilket luftsystem som er installert. Det er tydelig at Findus-lagrene bruker noe lengre tid (snitt Findus = 14,8 mot snitt Agrovent = 12,8 uker, se også avsnitt 5.2.8). Nedkjølingstiden for de andre luftsystemene kan avleses fra figuren. Det er nødvendig med en innlagringsperiode med forhøyet produkttemperatur for å tørke potetene og for sårheling.



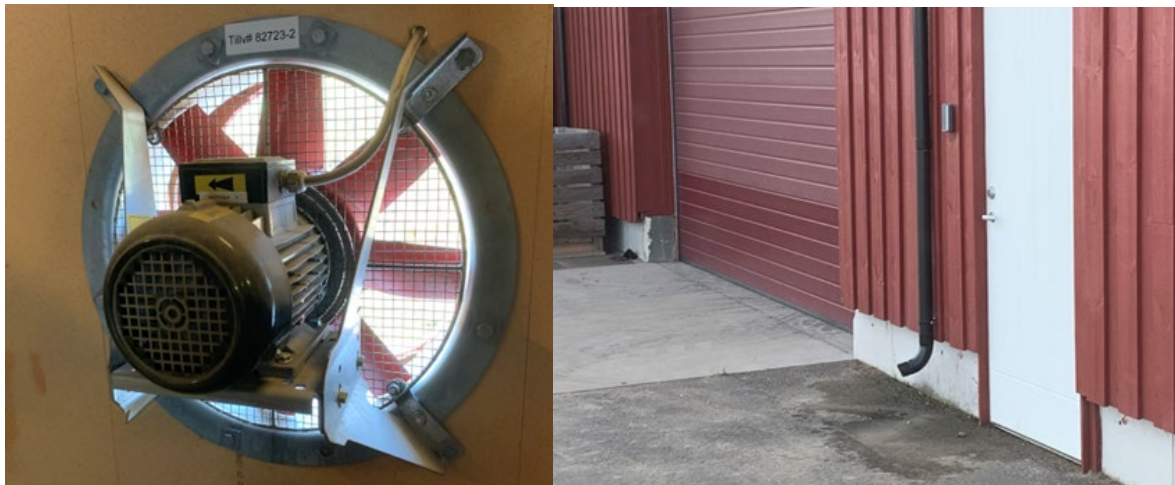
Figur 18. Antall uker de ulike luftsystemene bruker for å komme ned til en stabil produkttemperatur.

4.4.2 Tørketunnel

Perioder med regn under innhøstingsperioden kan føre til mer vann og ekstra fuktig jord inne på lageret. Er det produkter stablet inne på lageret fra før, vil tilførsel av større mengder våte poteter påvirke lagerforholdene for hele produktpartiet. Uavhengig av type luftsystem, er lagrene designet slik at kun mindre mengde luft skiftes ut til enhver tid, og dette gjøres via spjeld. Derfor vil det ta lang tid å fjerne vannet fra de våte potetene for å komme ned til en tørr nok potet for videre stabil lagring.

Noen produsenter har valgt å for-tørke potetene under slike regnfulle perioder, for ikke å belaste hovedlageret i så stor grad. Det ble gjennomført målinger på luftgjennomstrømmen i en stablet "tørketunnel" som vist i Bilde 8. To kasserekker med to kasser i høyden ble stablet ut fra vegg med en avstand litt mindre enn en kassebredde. En tredje kassehøyde ble da satt på toppen mellom de to rekkene. To andre kasser tettet enden av tunnelen. På veggen var en vifte montert, som sugde luften ut fra tunnelen til omgivelsene på andre siden av veggen. Dette må gjøres utenfor lageret i et egnet tilbygg, men det er sannsynligvis tilstrekkelig å kun ha tak over tunnelen.

Erfaringene fra produsentene tilsier at 1-2 døgn i tørketunnel er tilstrekkelig for å ha tørket opp potetene.



Bilde 8. Tørketunnel for å fjerne vann fra potet før de settes inn på hovedlager. (foto: Erlend Indergård)

Tunnelen i bilde 8 er satt opp med totalt 43 kasser, og en 2,2 kW vifte sugde luft ut fra tunnelen. Det ble målt luftgjennomstrømning gjennom alle kassene, med et totalt volum på 8000 m³/time. For å lykkes med dette må kassene være fulle, stables tett, og riktig vei. Stables tørketunnelen i et tilbygg, må porten være åpen for å få nok luft inn i hallen. Hvis ikke får man kraftig undertrykk, og lav virkningsgrad.

4.4.3 Hovedlagringsperioden – stabile lagringsforhold

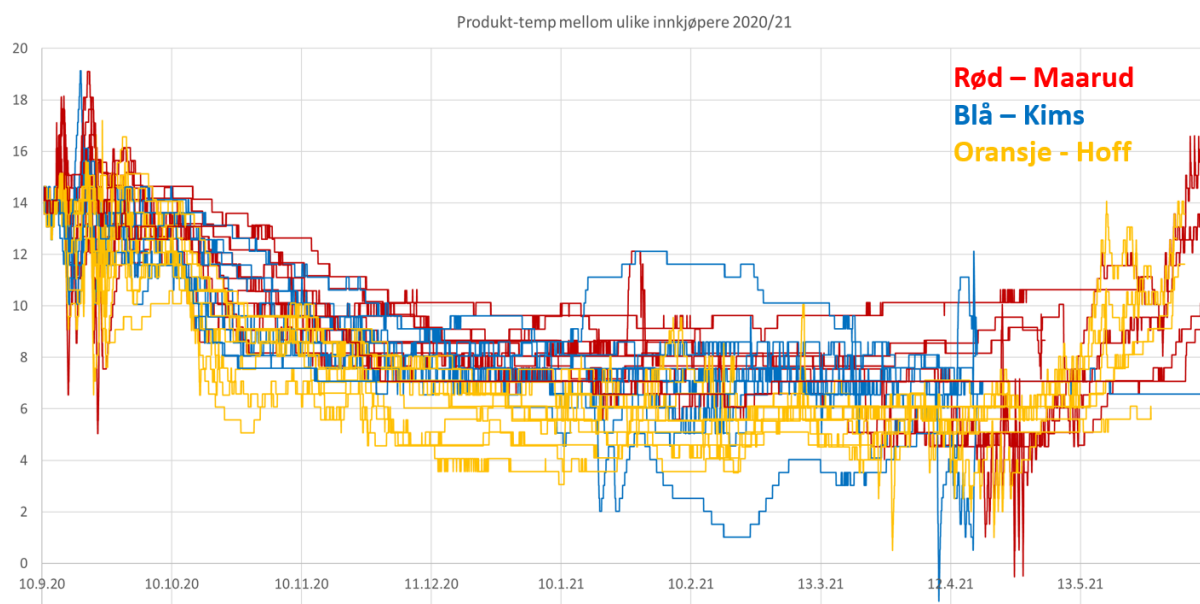
Etter den innledende lagringsperioden, kommer man til den lengre perioden hvor man ønsker å opprettholde så stabile forhold som mulig. Hvor lenge denne perioden varer, avhenger av når lageret tømmes. Dette avhenger igjen av hvordan råvarekvaliteten og forhold på lageret påvirker kvaliteten. Dette styres av kvalitetsmålinger, utvikling av sykdommer, groing og erfaring. Lagringstiden for hvert enkelt lager i de ulike sesongene er vist i Tabell 13.

Tabell 13. Totalt antall uker på lager for hvert av lagrene over tre sesonger.

Lager nr.	2019-2020	2020-2021	2021-2022	Snitt over år
1	36	40	36	37
2	32	23	34	30
3	35	40	34	36
4	32	42	-	37
5	18	29	34	27
6	24	22	27	24
7	35	35	39	36
8	38	42	41	40
9	35	42	42	40
10	27	22	25	25
11	29	32	30	30
12	35	32	-	34
13	-	32	29	31
14	35	32	31	33
15	38	32	36	35
16	38	32	38	36
17	38	25	-	32
18	-	23	43	33
19	34	38	38	37
20	42	18	43	34
21	39	40	39	39
22	37	40	-	39
23	16	38	25	26
24	35	38	36	36
25	33	33	33	33
26	34	33	38	35
27	34	40	22	32
28	42	41	39	41
29	38	40	41	40
Snitt alle lagre	34	34	35	34

Figur 19 viser produkttemperaturen gjennom lagringsperioden en valgt sesong. Etter innlagringsperioden på inntil 2-3 måneder, ser man at det under den stabile perioden er et stort spenn i produkttemperaturer fra 4 til 10°C. Det er kjent at for lave temperaturer fører til økt glukosenivå og til videre akrylamiddannelse etter fritering, og at for høy temperatur fører til økt vekttap, groing og

mulig sykdomsutvikling. Det kan også ses at to produsenter (blå kurver) hadde særlige utfordringer denne sesongen. Dette var under en lengre svært kald periode, hvor ett lager ikke klarte å opprettholde temperaturen på lageret, mens den andre tilførte varme i denne perioden med for høy effekt.



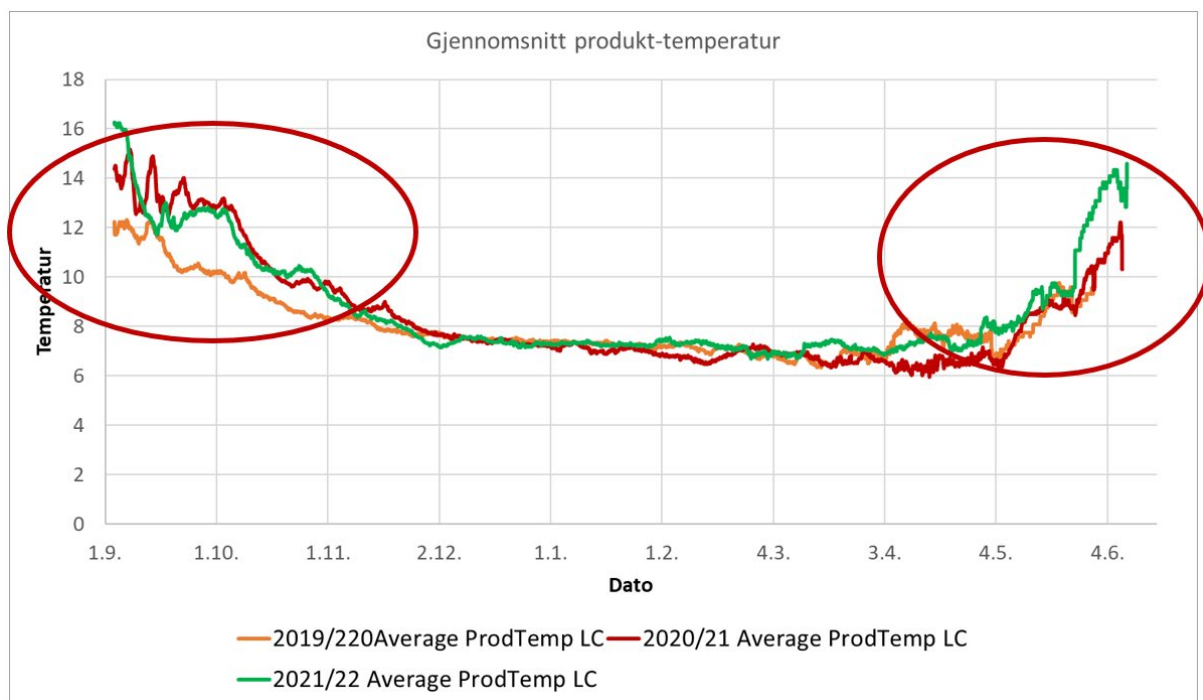
Figur 19. Produkttemperatur under lagrings sesong til produsentene for de ulike prosessbedriftene

Fra figur 19 ser man at produsentene til Maarud (rød) og Kims (blå) i hovedsak ligger med produkttemperaturer mellom 6-10°C, mens produsentene til Hoff (gul) ligger noe lavere. Dette skyldes at Hoff anbefaler sine produsenter å ligge litt lavere enn de til Maarud og Kims på grunn av at Hoff produserer pommes frites som tåler mer før akrylamid- innholdet stiger. De bruker også andre sorter enn det brukes til chips. Lageret til Hoff med lavest produkttemperatur er settepotetlager hvor forsøks-sekkene ble gravd ned for å skaffe ytterpunkter på temperatur-studien.

4.4.4 Perioder med behov for kjøling

I forhold til mat- og settepotet lagres friteringspotet varmere, og behovet for kjøling er noe mindre. Det er derimot to perioder hvor kjøling av lagerluften vil være fordelaktig. Under innlagrings-perioden vil man raskere kunne komme ned til ønsket stabil temperatur, selv om man bør ha en viss periode med tørking og sårheling. Dette gjelder spesielt for Findus-lagre, som jevnt over bruker lengre tid til nedkjølingsperioden. Det andre tilfellet hvor kjøling er fordelaktig er der en planlegger å lagre lengre utover mot sommeren, til april-juni. Som det går fram, ser man av Figur 20 er det da det blir vanskelig å holde produkttemperaturen nede på ønsket nivå. Man ser at produkt-temperaturen utover i juni kan stige betydelig. For disse produsentene vil det være sentralt å ha kjøling. Tidligere er det vist at produkttemperaturen under den stabile perioden varierer, og enkelte ligger i området 9-10°C. For de produsentene som ikke klarer å komme ned til ønsket produkttemperatur i sine lager, bør det også vurderes kjøling for å kompensere for dette.

Kjøletekniske diskusjoner blir beskrevet i kapittel 6.3.



Figur 20. Perioder under lagring med behov for kjøling.

5 Potetkvalitet ut fra lager

5.1 Prøvemateriale

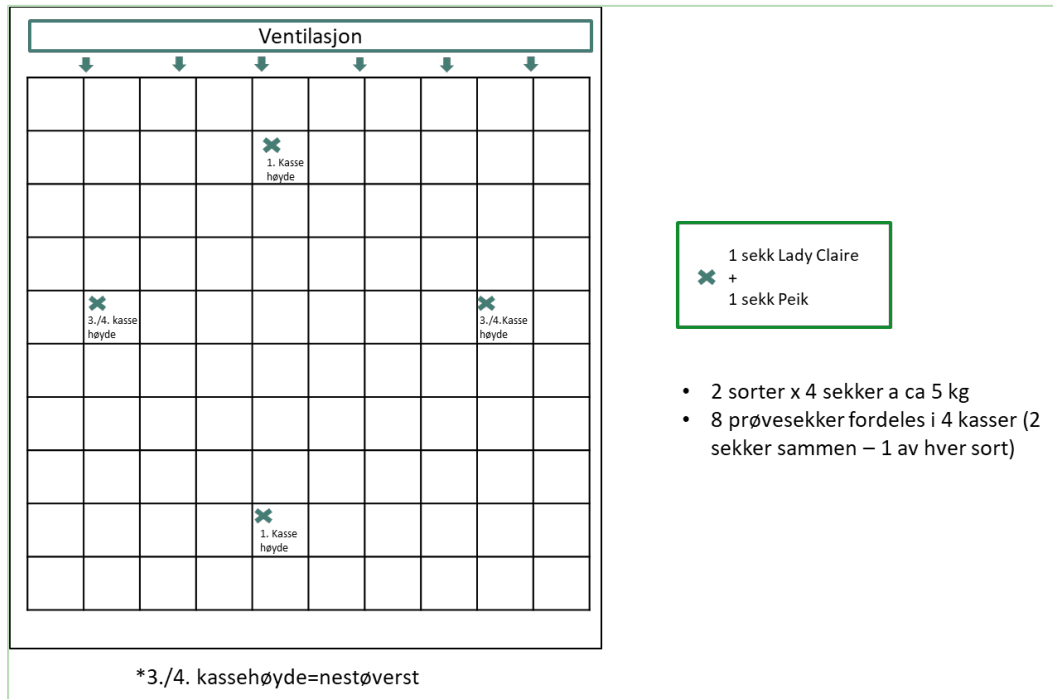
Det ble plassert ut materiale av potetsortene Peik (pommes frites) og Lady Claire (chips) i produsentlagre i tre lagrings sesonger (2019-2020, 2020-2021 og 2021-2022). Alt forsøksmateriale var dyrket samme sted, på NIBIO Apelsvoll (Bilde 9 og Bilde 10). Det ble pakket i 5 kg's nettingssekker, og 4 sekker av hver sort ble deretter utplassert på de 29 ulike produsentlagrene. Figur 21 viser hvordan sekkende ideelt sett ble plassert inn på lager.



Bilde 9. Forsøksmateriale av Peik og Lady Claire ble dyrket frem på NIBIO Apelsvoll alle tre sesonger (2019-2021). (foto: Pia Heltoft)



Bilde 10. Prøvesekker med Peik og Lady Claire klar til utsending på produsentlager. (foto: Pia Heltoft)



Figur 21. Tilstrebet utplassering av forsøksmateriale i produsentlagrene.

5.2 Betydning av lagerforhold for produktkvaliteten

I alt 29 potetlagre inngikk i kartleggingen i POTETFRIIT hos produsenter til HOFF, Maarud og Orkla (Se Tabell 10). Det ble plassert loggere (temperatur og relativ luftfuktighet) i lagrene på fremre og bakre vegg, samt inne i to sekker (nr -1 og -5) på hvert lager. 8 sekker med potet (4 av Peik og 4 av Lady Claire), hver med ca. 5 kg, ble gravd ned i lagrenes egne potetkasser i lagringssesongene 2019-2020, 2020-2021 og 2021-2022. Potetmaterialet ble oppformert på NIBIO Apelsvoll og hadde derfor samme utgangspunkt og kjent kvalitet.

5.2.1 Kvalitetsanalyser

Når lagrene ble tømt ble sekkene til kvalitetsanalyse fraktet tilbake til NIBIO Apelsvoll for kvalitetsanalyse. Følgende kvalitetsparametere ble målt:

- **Vekttap (%):** Beregnet ut fra vekt av prøve ved høsting og vekt ved uttak fra lager
- **Tørrstoff (%):** Beregnet på grunnlag av vekt over og under vann
- **Tørre råter, lagergrønt, skurv:** Visuell vurdering ved uttak fra lager, målt i gram knoller med feil (en knoll kan ha to feil)
- **Sølvskurv (1-9, 9 er lite):** Visuell vurdering, skala 1-9, hvor 9 er 0 % av overflata, 8 er 0,1-5 %, 7 er 5-10 %, og 5 er 10- 25 %, 3 er 25-50, 1 er over 50% av overflata bedømt på prøva samlet
- **Fritering (1-9, 9 er lys):** Visuell vurdering, skala 1-9, hvor 1 = mørk og 9 = lys
- **Sukker (fruktose, glukose og sukrose) (ug/g):** Målt med HPLC apparatur (Lady Claire)
- **Glukose (mmol/l):** Målt med blodsuktermåler (Peik)
- **Akrylamid (ug/kg):** Predikert akrylamid innhold er beregnet ut ifra Maarud sin formel som er basert på innholdet av de tre sukkerartene og asparaginsyre. Referanseverdi (grenseverdi) for akrylamid er 750 ug/kg (Lady Claire).

5.2.2 Vekttap

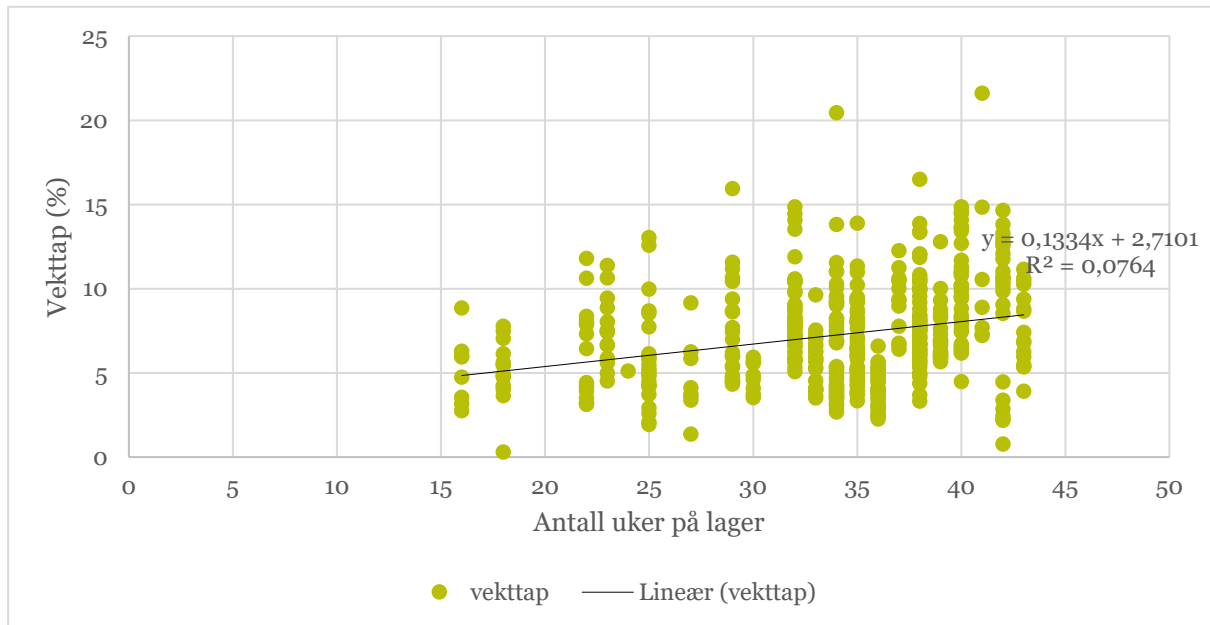
Vekttapet var generelt høyere i snitt for alle 29 lagre i de to første lagringssesonger (2019-2020 og 2020-2021) i forhold til den siste lagringssesongen (2021-2022) (Tabell 14). I snitt over år lå vekttapet på 6,9 % for Lady Claire og 7,6 % for Peik.

Tabell 14. Vekttap (%) etter lagring i Lady Claire (snitt av 4 sekker) og Peik (snitt av 4 sekker) i tre lagringssesonger.

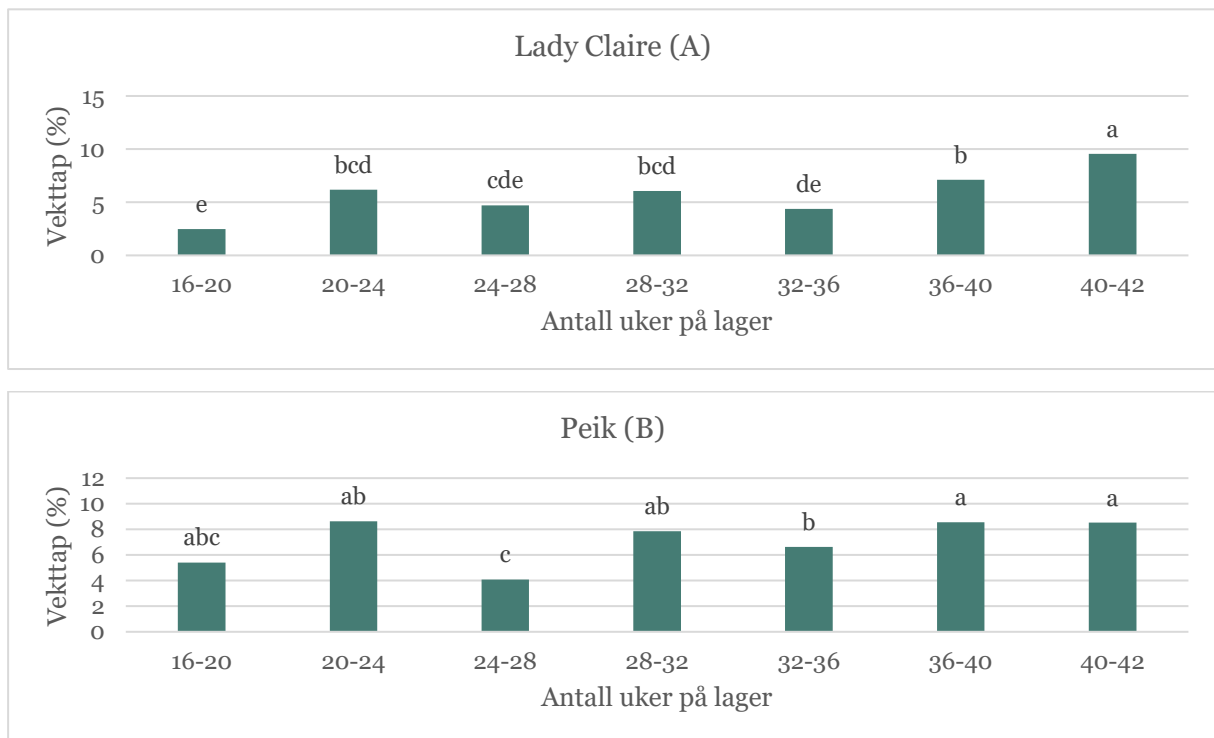
Lager nr.	Lady Claire				Peik			
	2019-2020	2020-2021	2021-2022	Snitt over år	2019-2020	2020-2021	2021-2022	Snitt over år
1	3,4	7,3	4,7	5,1	3,4	12,3	5,6	6,0
2	10,9	6,9	3,7	7,2	8,9	8,6	3,6	7,0
3	5,5	6,4	4,2	5,4	7,8	13,7	5,2	8,9
4	6,9	12,6	-	8,8	7,1	11,8	-	8,7
5	4,7	5,1	3,5	4,4	6,3	9,0	3,8	6,3
6	6,5	5,7	4,6	5,6	8,4	8,9	3,8	7,1
7	5,3	5,6	6,5	5,8	6,8	7,4	8,4	7,6
8	11,9	12,7	9,1	11,4	11,6	-	7,8	10,0
9	6,4	12,7	10,7	9,0	8,5	14,2	9,6	10,1
10	5,0	7,5	9,9	7,5	4,4	9,6	4,7	6,2
11	7,7	8,7	5,5	7,3	9,5	10,1	4,0	7,9
12	9,1	8,8	-	9,0	11,0	10,0	-	10,5
13	-	6,4	5,0	5,7	-	6,4	7,6	7,1
14	8,7	10,3	3,5	7,5	9,7	12,3	5,2	8,3
15	9,9	7,4	5,0	7,4	5,8	10,1	4,9	6,9
16	8,4	7,1	7,6	7,7	6,3	6,8	5,9	6,3
17	10,9	2,8	-	6,9	9,9	7,4	-	8,7
18	-	6,1	10,4	8,3	-	9,3	8,8	9,0
19	8,5	7,9	7,6	8,0	9,2	10,3	7,0	8,6
20	4,9	4,8	6,4	5,4	2,3	4,3	5,1	3,9
21	9,2	9,7	6,4	8,5	8,0	8,6	6,1	7,5
22	8,0	10,8	-	9,6	9,7	10,2	-	9,9
23	3,6	-	5,7	4,6	6,8	10,6	4,6	7,0
24	4,3	8,3	2,9	5,2	4,8	10,0	3,0	5,5
25	4,5	5,4	3,9	4,6	6,7	6,2	3,8	5,7
26	10,1	6,9	5,9	7,6	10,9	7,2	6,2	8,1
27	7,4	9,5	4,0	7,0	11,5	12,1	3,4	8,7
28	8,4	9,5	4,5	7,4	11,9	11,3	4,9	9,2
29	-	10,2	6,5	8,3	7,8	12,0	6,7	9,4
Snitt alle lagre	7,3	7,6	5,8	6,9	8,0	9,4	5,6	7,6

5.2.2.1 Vekttap og antall uker på lager

Ser vi på vekttapet i forhold til antall uker på lager (Tabell 13 og Figur 22), er det som ventet stort sett større vekttap jo lengere tid poteten ligger på lager både for Peik og Lady Claire. Figur 23 viser at det er sikre forskjeller mellom antall uker hvis vi grupperer antall uker i datasettet. Mot slutten av lagringssesongen vil poteten begynne å gro og respirasjonsraten øker, som medfører at vekttapet stiger spesielt på slutten av lagringssesongen.



Figur 22. Vekttap i Peik og Lady Claire etter endt lagringssesong sett i forhold til antall uker på lager.



Figur 23. Vekttap (%) i Lady Claire (A) og Peik (B) etter endt lagringssesong. Snitt av tre lagringssesonger. Forskjellige bokstaver angir signifikante forskjeller mellom antall uker på lager ($P < 0,05$).

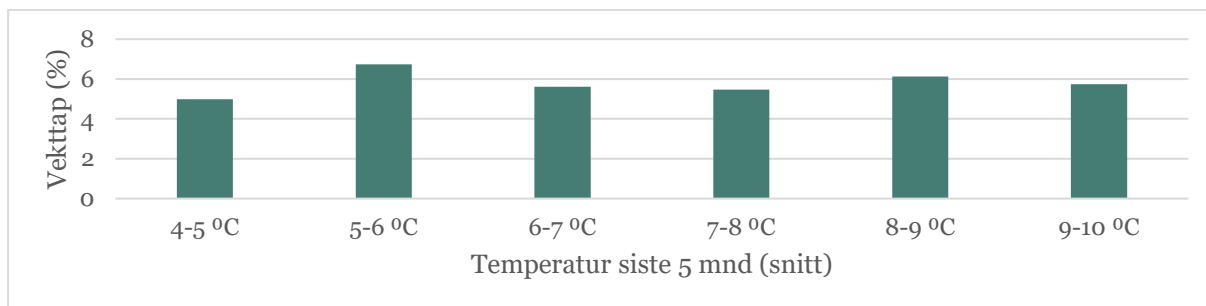
5.2.2.2 Vekttap og temperatur

Tabell 15 viser gjennomsnittstemperaturen de siste 5 måneder på lager.

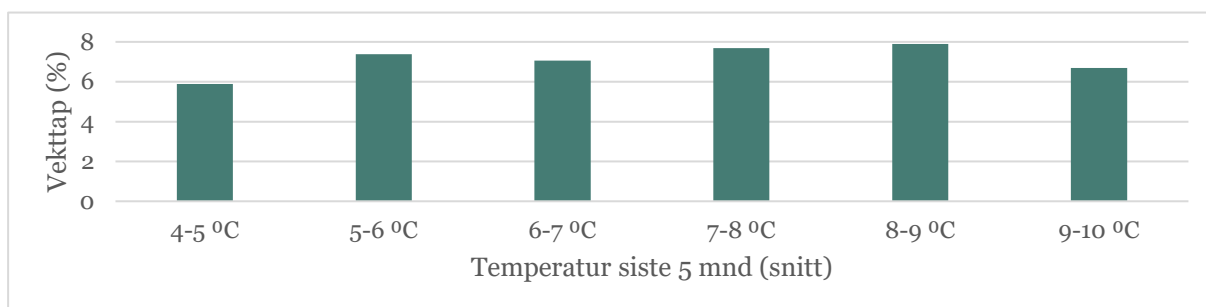
Tabell 15. Temperatur snitt siste 5 måneder på lager

Lager nr.	2019-2020	2020-2021	2021-2022	Snitt over år
1	9,3	10	7,8	9
2	9,5	10	10	9,8
3	8,1	8,2	8	8,1
4	7,2	6,1	-	6,7
5	-	8,5	7,9	8,2
6	7,9	9,3	7,5	8,2
7	-	8,3	7,9	8,2
8	7,6	7,3	8,2	7,6
9	8,8	7,4	7,1	7,8
10	8,8	10	8,7	9,2
11	7,9	8,3	7,3	7,8
12	7,9	7,4	-	7,6
13	-	5,1	7,9	6,5
14	8,1	9,3	9,2	8,8
15	7,5	7,9	8	7,8
16	7,4	7,2	7	7,2
17	8,1	7,6	-	7,8
18	-	7,4	7,6	7,5
19	6,4	6,2	8,7	7,2
20	6,1	5,2	6,4	5,9
21	6,8	6	6,3	6,4
22	6,5	6,6	-	6,6
23	5,4	6,4	7,6	6,5
24	3,8	4,7	3,4	4
25	5	5,6	5,5	5,4
26	5,3	5,1	5,2	5,2
27	7,2	6,7	7,8	7,2
28	7,5	6,9	6,4	6,9
29	7,1	7	7,3	7,1
Snitt alle lagre	7,3	7,3	7,4	7,3

Ser vi på vekttap i forhold til temperaturer de siste 5 månedene på lager, finnes det ikke sikre forskjeller mellom temperaturer (Figur 24 og 25). Det var forventet større vekttap med økende temperaturer på grunn av potensielt tidligere groing og økt respirasjon på lager. Det er imidlertid mange andre faktorer som spiller inn, såsom råte, luftfuktighet og svingninger i temperatur, som har påvirket vekttapet her.

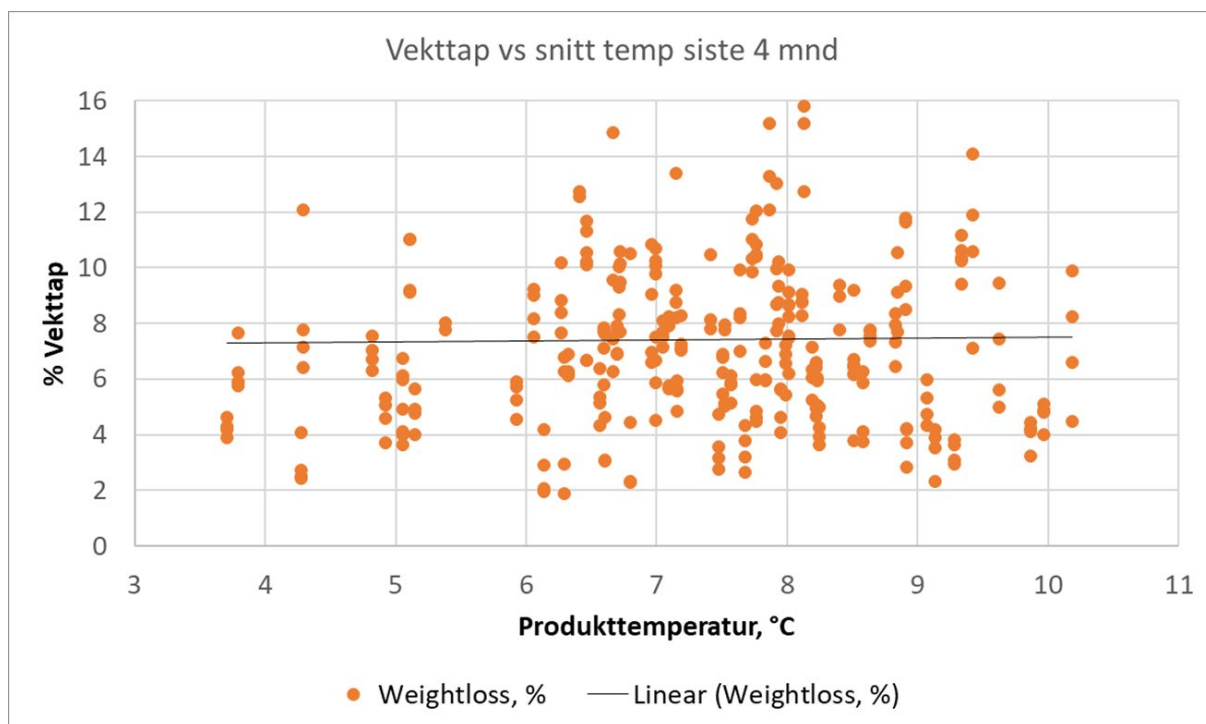


Figur 24. Vekttap (%) i Lady Claire etter endt lagrings sesong. Snitt av tre lagrings sesonger. Det var ikke sikre forskjeller mellom temperaturer (n.s. = ikke signifikant).



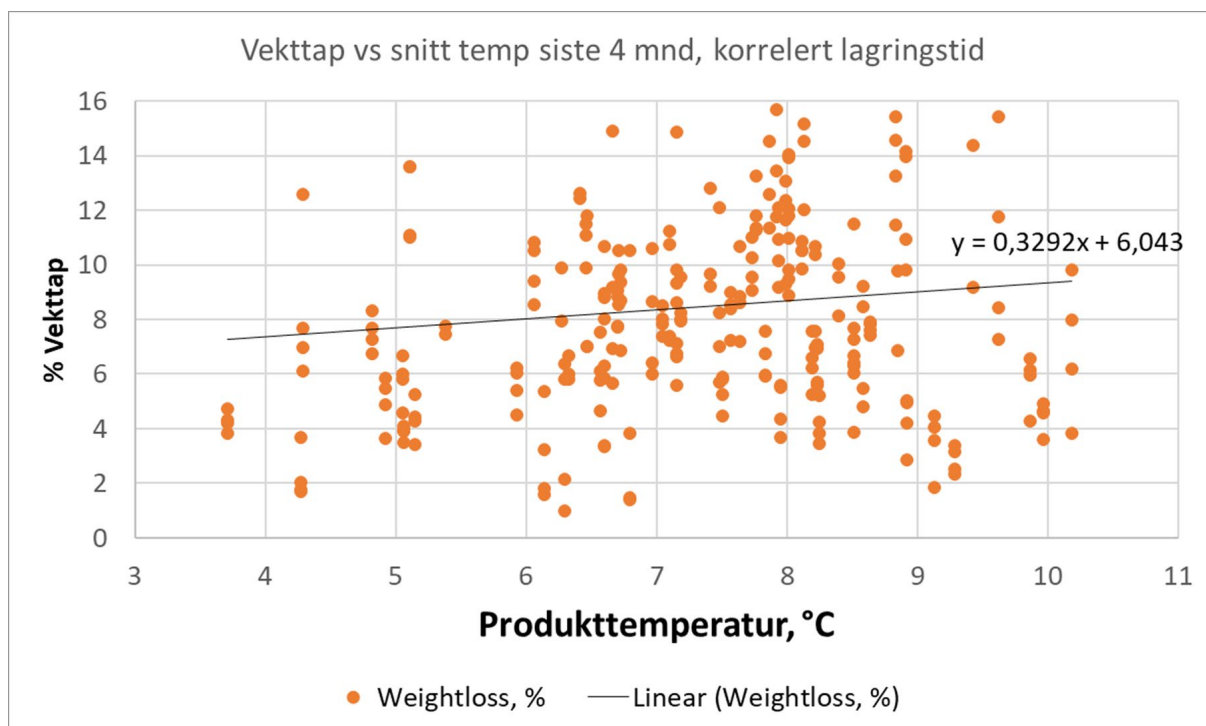
Figur 25. Vekttap i Peik (%) etter endt lagrings sesong. Snitt av tre lagrings sesonger. Det var ikke sikre forskjeller mellom temperaturer (n.s. = ikke signifikant).

Som vist i søylediagrammene over (Figur 24 og Figur 25), er det ingen statistisk sikker sammenheng mellom produkttemperatur under den stabile lagringsperioden og vekttap. Fysiske og biokjemiske faktorer tilsier at det burde vært en slik sammenheng. Visuelt, ser man den manglende sammenhengen i Figur 26.



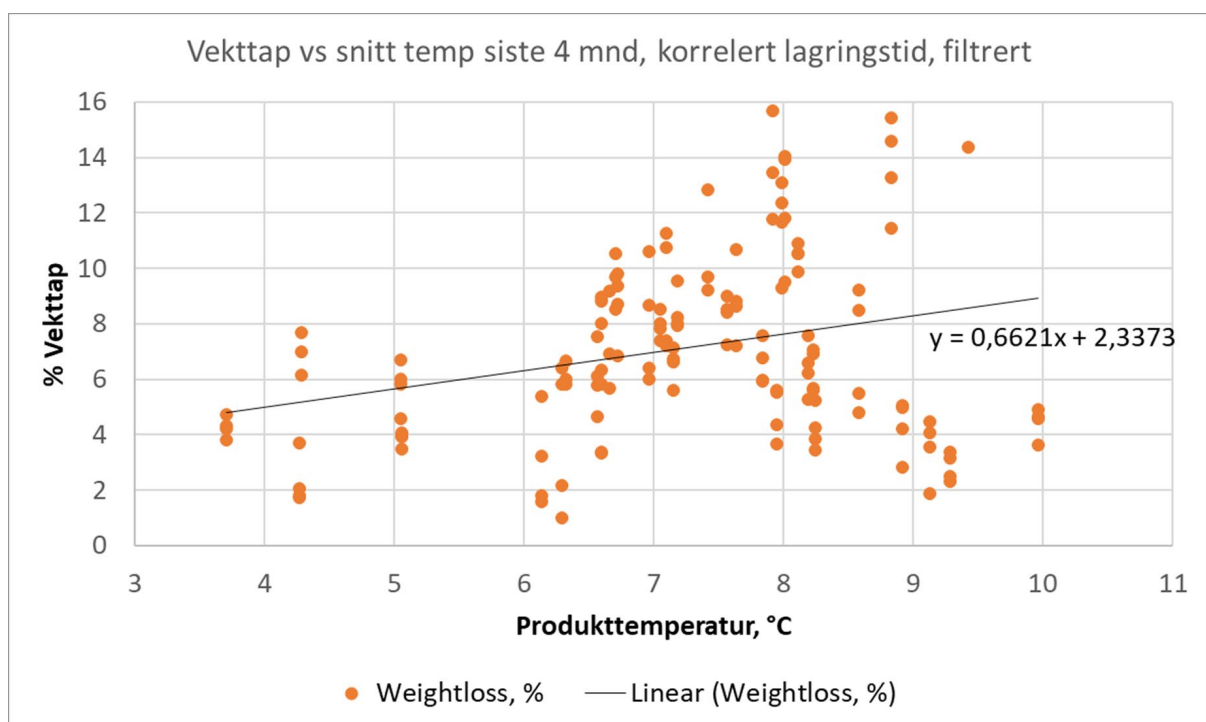
Figur 26. Sammenheng mellom vekttap og produkttemperatur.

Vekttapsmålingene i figuren over (hvert plott er en sekk) innbefatter poteter lagret over et spenn av antall uker og ulike lagringsfaktorer som groing, temperatursvingninger og råte. Hvis man derimot justerer for lagringstid, så kan det være tendenser til sammenhenger Figur 27.



Figur 27. Sammenheng mellom vekttap og produkttemperatur, korrelert for lagringstid.

Hvis man videre filtrerer ut de lagrene som har hatt betydelig svingende lagringstemperatur, og råte og andre usikkerhetsfaktorer, så kan det se ut som sammenhengen blir enda mer tydelig (Figur 28).



Figur 28. Sammenheng mellom vekttap og produkttemperatur, filtrert og korrelert for lagringstid.

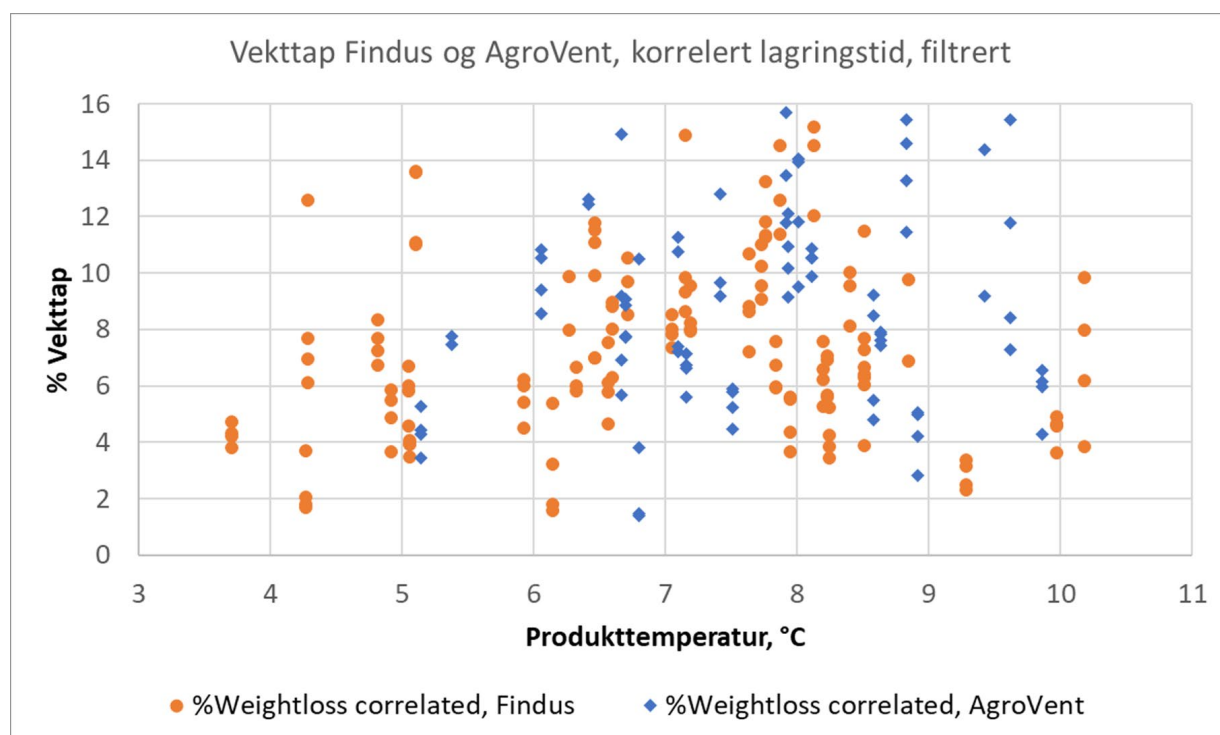
Det er i figurene over viktig å legge merke til stigningstallet på de lineære trendkuvene. Denne beskriver forventet økt vekttap for hver grad økning i lagringstemperatur. Det betyr at man (fra figurene over) kan forvente at hvis man lagrer i 40 uker, så vil forventet økt vekttap ligge rundt 0,5% (0,3-0,7%) for hver grad økning i lagringstemperatur.

5.2.2.3 Vekttap mellom Findus og Agrovent

Som kjent er luftsystemene Findus og Agrovent helt forskjellige med hensyn til sirkulerende luftmengder og –hastigheter. Samtidig fungerer Findus-systemet med det prinsippet at temperaturen øker i kassene stablet oppover i lageret. Disse faktorene vil kunne påvirke vekttap under lagring. Vekttapet påvirkes er også avhengig av temperatursvingninger under lagringsperioden, og hvor lenge potetene lagres. Som nevnt er 4 sekker med både Peik og Lady Claire lagret hos samtlige produsenter over 3 sesonger. Vekttap er registrert på disse sekkene, og hvert punkt i Figur 29 viser sammenhengen mellom vekttap og gjennomsnittlig temperatur de siste 4 månedene på henholdsvis Findus (oransje) og Agrovent (blå) lager, korrelert til 40 ukers lagring.

For å kunne sammenlikne vekttap er det her blitt korrelert for lagringstid. Dvs. gjennomsnittlig vekttap pr uke (fratrekt 1% tap under innlagring) og justert til 40 ukers lagring. De lagrene med vesentlige utfordringer som råte og store temperatursvingninger er utelatt.

Som vist i figurene under, og som det statistisk henvises til i Tabell 23 og kommenteres i avsnitt 5.2.8, kan man ikke påvise forskjeller i vekttap mellom de to ulike luftfordelingssystemene.

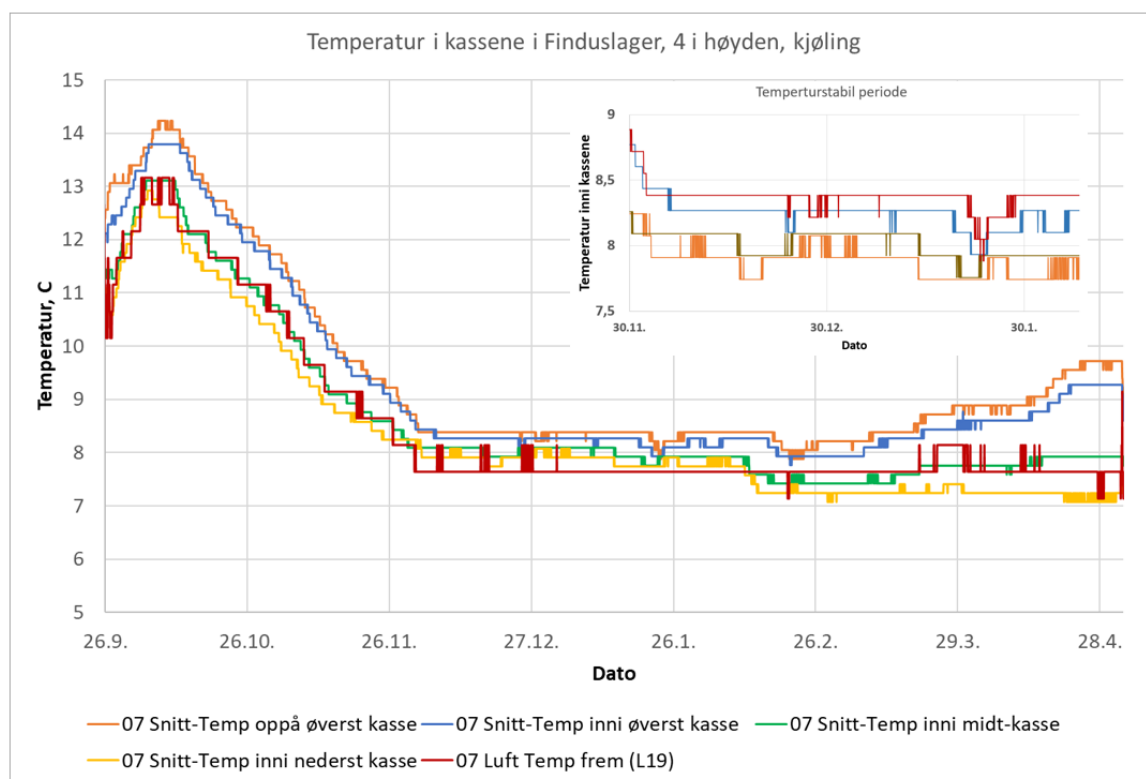


Figur 29. Vekttap plottet mot temperatur i henholdsvis Findus og Agrovent-lager.

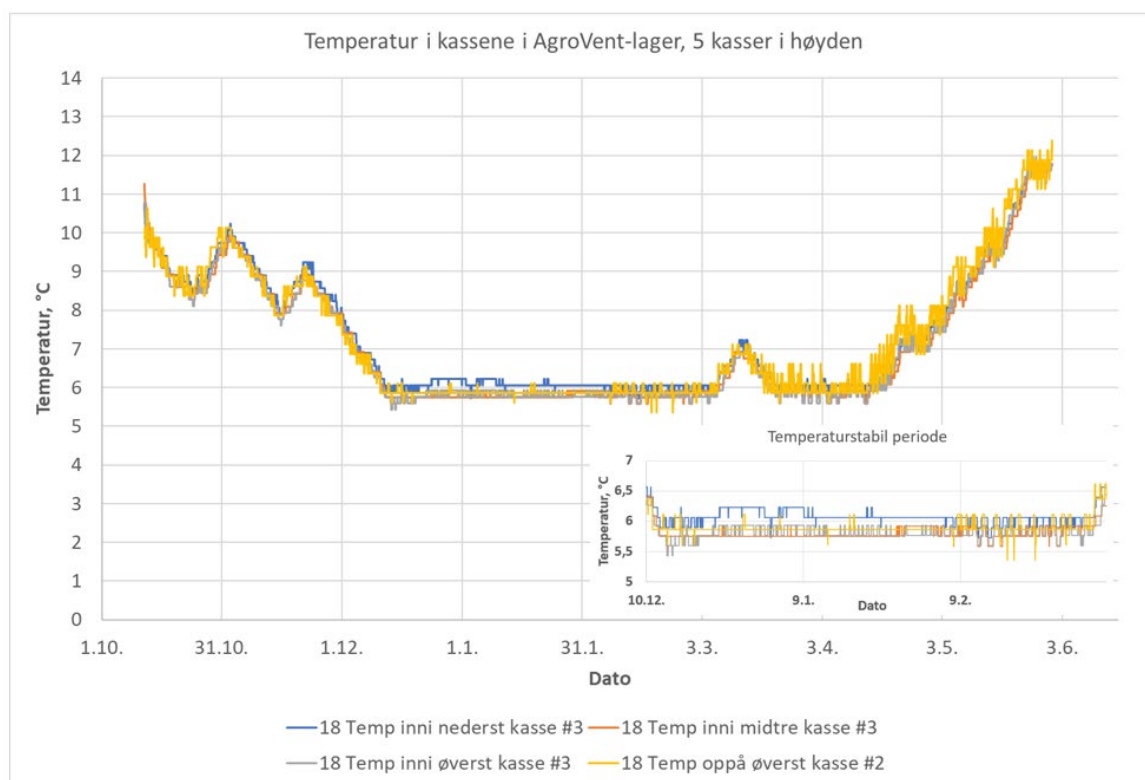
5.2.3 Vekttap i ulike kassehøyder mellom Findus og Agrovent.

Prinsippet med Findus er at varmen stiger oppover i kassene og fjernes med returluft over de øverste kassene, mens returluften for Agrovent går tilbake mellom hver enkelt kasse. Dette fører som forventet til at produkttemperaturen i de øverste kassene på Findus-lager har høyere temperatur (0,5-2,0°C) enn de nederste (Figur 30). For Agrovent (Figur 31) ser man at temperaturen er like i kassene plassert i ulike høyder.

Det ble gjennomført vekttapsmålinger på sekker plassert i de ulike høydene i et Findus-lager og et Agrovent-lager, men det kunne ikke synliggjøres vekttafs-forskjeller, da variasjonen mellom de ulike sekkene i hver av høydene var store.



Figur 30. Temperatur i kasser plassert på ulike høyder i Findus-lager



Figur 31. Temperatur i kasser plassert på ulike høyder i Agrovent-lager

5.2.4 Friteringsfarge

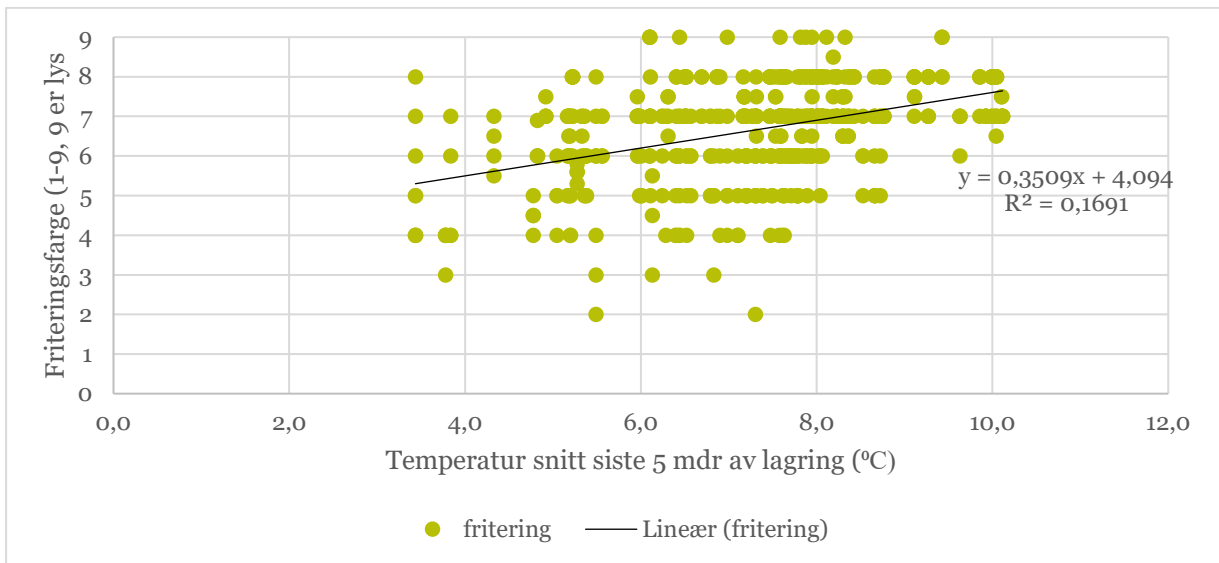
Friteringsfargen var ganske lik i snitt for alle lagrene i de tre lagringssesongene (Tabell 16). Potetmaterialet var likt innenfor den enkelte sesong, da alt var dyrket samme plass og fordelt ut på lagrene. Noe sesongvariasjon kan forekomme, selv om det ikke ser ut til å være tilfellet her. Det var variasjon innenfor det enkelte lager mellom lagringssesonger, som kan skyldes råteproblematikk i lageret, temperaturforhold ute eller andre forhold. Lady Claire var i snitt (friteringsfarge = 7,0) vurdert litt lysere enn Peik (friteringsfarge = 6,3). Det ble sett på sammenhenger mellom temperatur i lageret, antall uker på lager og friteringsfarge.

Tabell 16. Friteringsfarge (1-9, 9 er lys) etter lagring i Lady Claire (snitt av 4 sekker) og Peik (snitt av 4 sekker) i tre lagringssesonger.

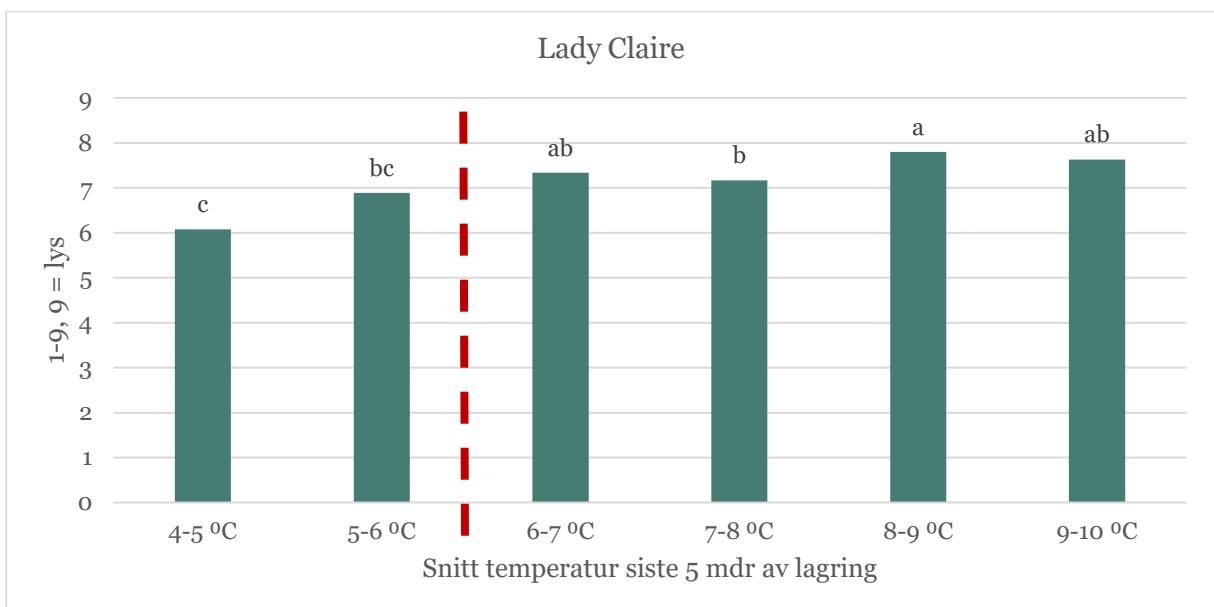
Lager nr.	Lady Claire				Peik			
	2019-2020	2020-2021	2021-2022	Snitt over år	2019-2020	2020-2021	2021-2022	Snitt over år
1	7,8	7,0	7,5	7,4	7,5	7,0	7,0	7,2
2	6,8	7,3	7,8	7,3	8,5	7,8	7,8	8,0
3	7,8	7,8	7,3	7,6	8,3	7,0	6,3	7,2
4	6,5	5,5	-	6,2	5,5	5,3	-	5,4
5	7,3	7,8	7,0	7,3	6,7	6,5	6,3	6,5
6	8,5	7,3	7,3	7,7	7,6	6,8	6,8	7,0
7	6,8	7,2	7,3	7,1	7,5	6,7	7,5	7,1
8	7,8	5,3	7,7	7,0	7,5	4,8	8,0	6,6
9	7,8	5,8	6,8	6,8	6,0	4,5	4,8	5,1
10	7,5	8,0	7,8	7,8	7,3	6,9	6,5	6,9
11	7,5	7,8	5,3	6,8	7,0	7,9	5,5	6,8
12	7,8	7,4	-	7,6	6,3	7,0	-	6,6
13	-	4,5	6,0	5,3	-	5,5	6,0	5,8
14	7,5	7,0	7,0	7,2	5,0	5,9	7,3	6,0
15	7,3	7,9	7,3	7,5	7,8	7,4	7,5	7,5
16	7,3	7,5	5,3	6,7	7,3	7,0	6,7	7,0
17	6,8	6,9	-	6,8	7,3	6,6	-	6,9
18	-	7,0	6,0	6,5	-	7,0	5,5	6,0
19	7,5	7,1	7,0	7,2	4,8	4,3	5,5	4,9
20	8,5	6,3	6,8	7,2	6,5	6,4	5,3	6,0
21	6,7	6,8	7,3	6,9	5,3	6,3	6,3	5,9
22	7,7	7,5	-	7,6	7,5	6,0	-	6,8
23	6,5	7,8	8,0	7,4	5,6	6,5	5,0	5,7
24	5,3	6,3	6,5	6,0	3,8	5,0	4,3	4,3
25	6,3	7,1	6,8	6,7	6,2	6,6	3,0	5,5
26	7,8	7,1	7,3	7,4	5,5	6,6	4,5	5,5
27	6,5	6,3	5,0	5,9	6,3	5,3	7,0	6,2
28	7,0	6,8	6,5	6,8	6,3	6,3	6,8	6,4
29	7,0	8,8	7,5	7,9	7,7	5,5	6,5	6,4
Snitt alle lagre	7,2	7,0	6,8	7,0	6,6	6,3	6,1	6,3

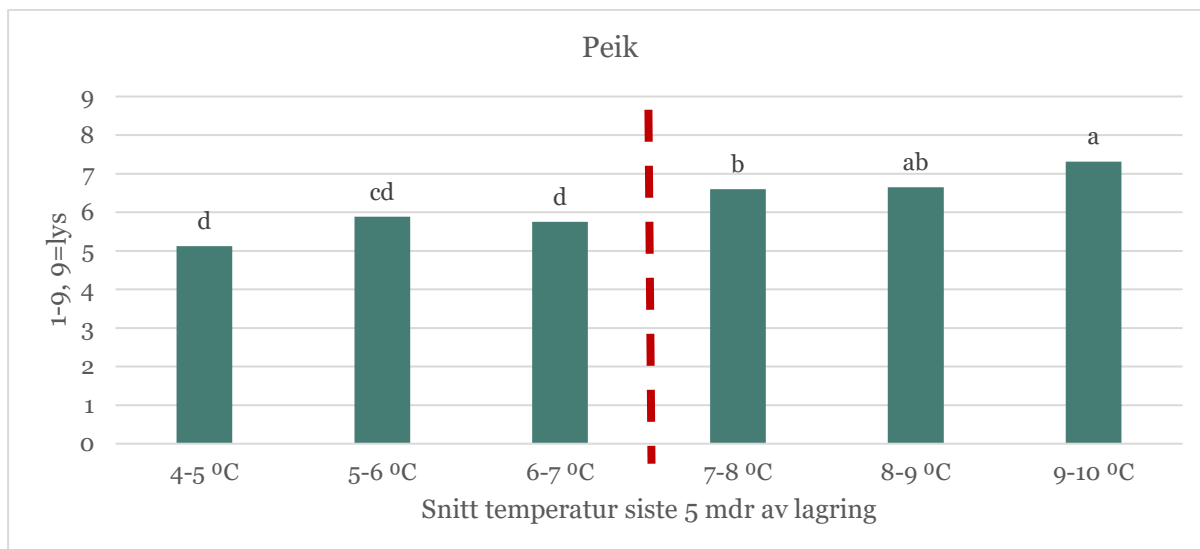
5.2.4.1 Friteringsfarge og temperatur i lageret

Temperaturen spiller en viktig rolle for friteringsfargen. Jo lavere temperatur, dess mørkere blir friteringsfargen, da det skjer en omdannelse av sukrose til reduserende sukkerarter (glukose og fruktose) ved 'cold induced sweetening', som er viktig i forhold til friteringsfargen. Ulike sorter har ulike egenskaper i forhold til sukkerakkumulering. Vi har sett på sammenhengen mellom temperatur de siste 5 månedene av lagringsperioden og friteringsfarge. Figur 32 viser friteringsfarge i både Lady Claire og Peik i forhold til temperatur på lager. For Lady Claire ser det ut til at grensen går ved 6 °C (Figur 33), hvis man tar akrylamidinnhold (Figur 35) og glukose (Figur 36) med i betraktningen. I Peik skjedde det en markant endring i fargen når temperaturen kom under 7 °C (Figur 33). Det anbefales derfor å holde temperaturen ved 7 °C eller litt mer for Peik.



Figur 32. Friteringsfarge i Peik og Lady Claire i forhold til temperatur på lager

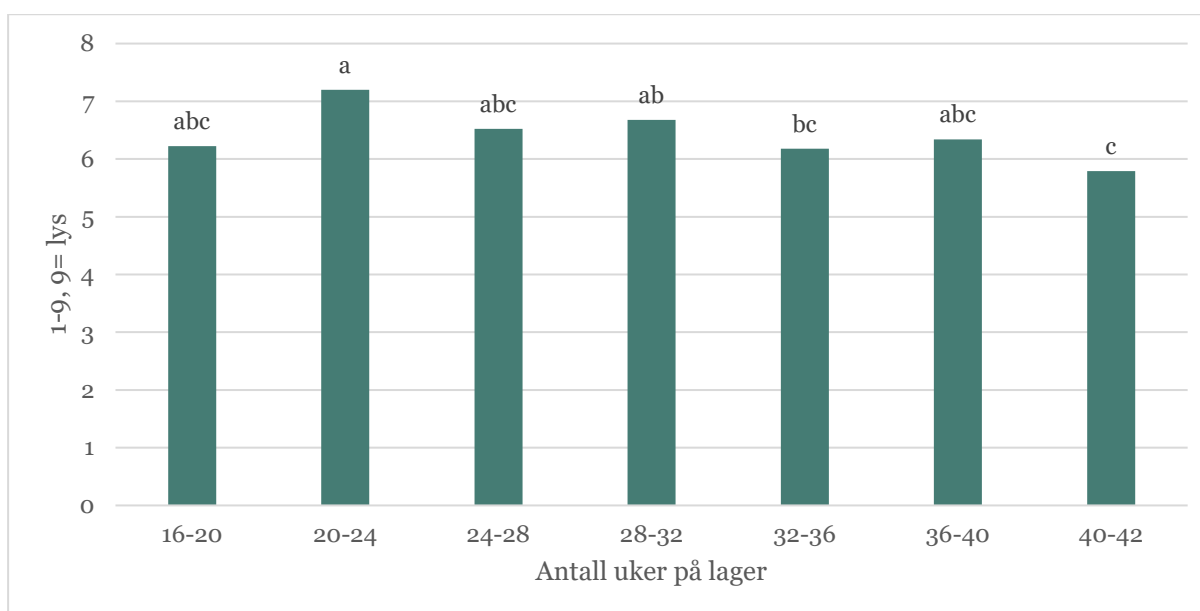




Figur 33. Friteringsfarge (1-9, 9 er lys) i Lady Claire og Peik. snitt av 29 lagre og tre lagringssesonger. Forskjellige bokstaver angir signifikante forskjeller mellom temperaturer ($P < 0,05$).

5.2.4.2 Friteringsfarge og antall uker på lager

Friteringsfargen endrer seg over tid, noe som skyldes fysiologisk aldring av poteten og akkumulering av sukker. Vi så at friteringsfargen ble mørkere mot slutten av lagringssesongen i Peik (Figur 34). Spesielt i de lagre hvor poteten lå på lager i opptil 40-42 uker (Figur 34) Dette skyldes 'senescent sweetening' som er beskrevet i avsnitt 3.2.



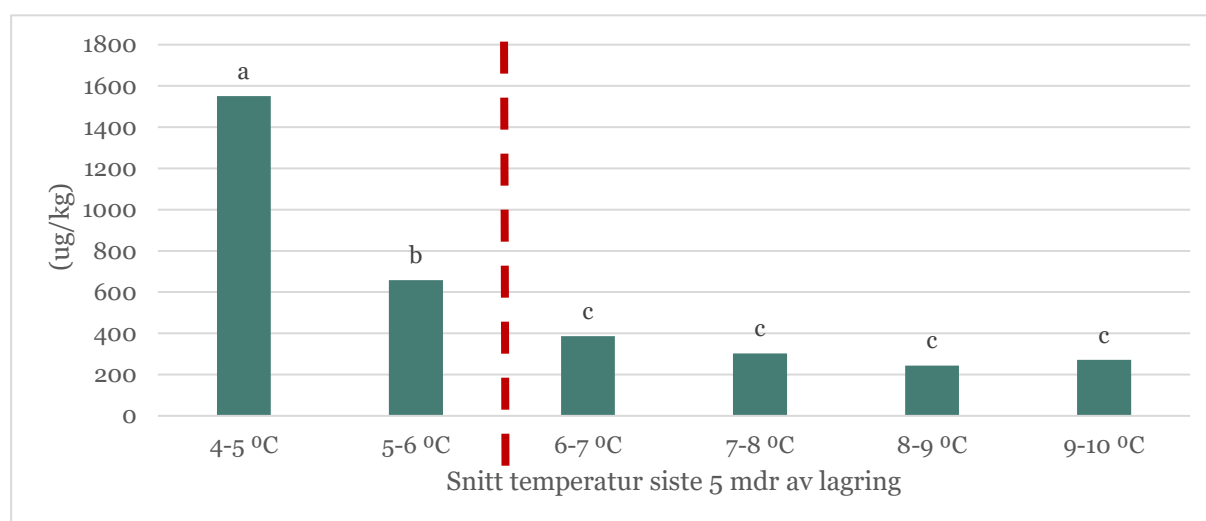
Figur 34. Friteringsfarge (1-9, 9 er lys) i Peik. Snitt av 29 lagre, tre lagringssesonger. Forskjellige bokstaver angir signifikante forskjeller mellom antall uker på lager ($P < 0,05$).

5.2.5 Akrylamid

Akrylamid innholdet var i snitt litt høyere i 2020-2021 sesongen i forhold til de to andre sesongene (Tabell 17). Noen få lagre (lager 12, lager 20 og lager 24) hadde stor innflytelse på dette denne sesongen på grunn av utfordringer med råte, og store temperatur svingninger med svært lave temperaturer i lagringssesongen. Ser vi på temperaturforhold på lageret i forhold til akrylamidinnholdet (Figur 35) viser dette at det anbefales å lagre ved en temperatur på over 6 °C for å unngå å komme over grenseverdien for akrylamid.

Tabell 17. Akrylamid etter lagring i Lady Claire (snitt av 4 sekker) i tre lagringssesonger.

Lager nr.	2019-2020	2020-2021	2021-2022	Snitt over år
1	116	814	225	385
2	132	175	116	141
3	162	498	152	271
4	121	669	-	304
5	172	140	123	145
6	127	288	98	171
7	285	441	111	311
8	134	465	211	261
9	175	577	352	368
10	91	289	149	176
11	92	292	237	207
12	130	427	-	279
13	-	2682	545	1613
14	146	558	183	296
15	130	356	186	224
16	142	456	251	283
17	215	978	-	596
18	-	865	349	607
19	411	970	273	551
20	271	1651	296	740
21	101	419	331	300
22	176	582	-	408
23	476	384	85	315
24	1121	1681	1477	1426
25	685	631	603	640
26	304	793	260	452
27	536	381	236	384
28	168	625	129	307
29	79	196	192	171
Snitt alle lagre	254	661	288	413



Figur 35. Akrylamid innhold (ug/kg) i Lady Claire ved uttak fra lager. Snitt av 29 lagre, tre lagringssesonger. Forskjellige bokstaver angir signifikante forskjeller mellom temperaturer (P<0,05).

5.2.6 Sukkerinnhold

Det ble målt sukrose, glukose og fruktose innhold i Lady Claire (Tabell 18, Tabell 19 og Tabell 21). I Peik ble det kun målt glukoseinnhold (Tabell 20).

Det var høyere sukkerinnhold i snitt for lagrene i 2020-2021 sesongen enn de to andre sesongene. Det skyldes i stor grad noen få lagre som hadde utfordringer med råte, og store temperatursvingninger på grunn av svært lave temperaturer i lagringssesongen 2020-2021. Glukose, som er en av de reduserende sukkerarter, er tett korrelert med akrylamid innholdet og friteringsfarge. Det sees at temperatur også påvirker glukoseinnholdet. Det var større forskjeller mellom glukoseinnhold i forhold til temperatur for Lady Claire (Figur 36) enn for Peik (Figur 37).

5.2.6.1 Sukrose

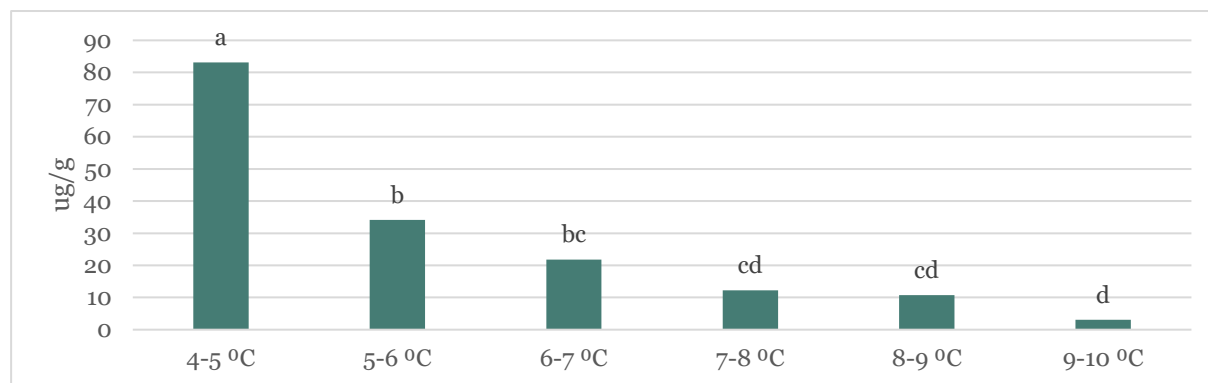
Tabell 18. Sukrose innhold (mg/kg) etter lagring i Lady Claire (snitt av 4 sekker) i tre lagringssesonger.

Lager nr.	2019-2020	2020-2021	2021-2022	Snitt over år
1	84,8	179,0	105,5	123,1
2	98,3	99,0	97,3	98,2
3	94,3	117,8	108,3	106,8
4	83,8	211,5	-	126,3
5	110,3	96,8	80,5	95,8
6	95,8	119,3	100,0	105,0
7	67,5	213,0	93,8	142,4
8	88,8	174,3	163,5	133,9
9	88,3	131,5	171,8	130,5
10	83,3	106,0	119,3	102,8
11	118,3	115,5	111,5	115,1
12	95,3	116,5	-	105,9
13	-	177,0	135,5	156,3
14	85,3	150,5	110,5	115,4
15	74,5	105,8	96,0	92,1
16	63,8	94,8	104,5	87,7
17	104,5	172,5	-	138,5
18	-	152,8	315,0	233,9
19	96,5	141,5	155,0	131,0
20	117,0	186,0	111,5	138,2
21	96,0	163,5	77,8	113,9
22	84,3	116,3	-	102,6
23	146,8	98,8	111,3	118,9
24	102,8	103,3	108,5	104,8
25	104,0	98,0	100,8	100,9
26	107,0	109,5	106,3	107,6
27	132,0	127,5	120,8	126,8
28	84,0	129,0	75,8	96,3
29	76,5	88,5	102,0	91,5
Snitt alle lagre	96,1	134,7	118,4	117,1

5.2.6.2 Glukose

Tabell 19. Glukose innhold (mg/kg) etter lagring i Lady Claire (snitt av 4 sekker) i tre lagringssesonger.

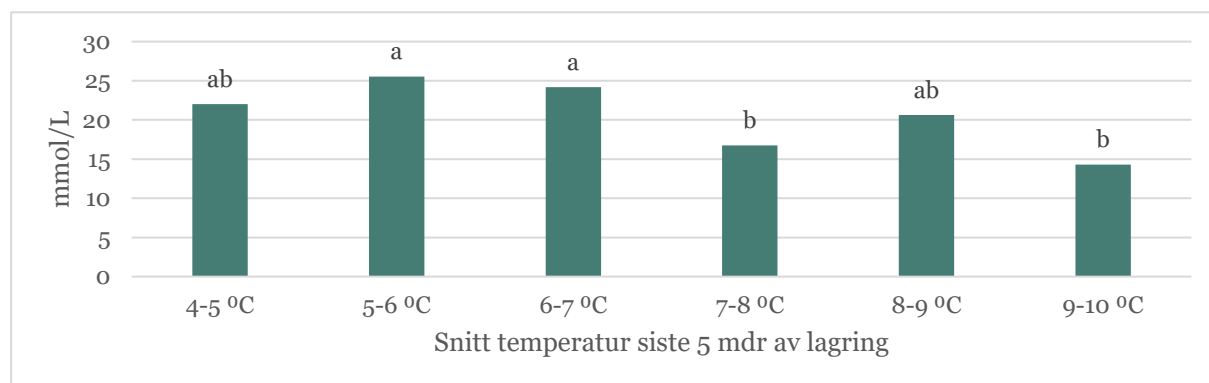
Lager nr.	2019-2020	2020-2021	2021-2022	Snitt over år
1	7,1	40,5	11,5	23,8
2	8,1	18,8	6,7	13,1
3	9,4	29,5	8,4	18,5
4	7,8	50,9	-	33,7
5	9,4	19,9	6,8	14,0
6	7,5	22,7	5,2	14,5
7	17,5	34,1	6,5	25,7
8	7,9	41,4	13,0	26,7
9	9,7	40,8	21,7	28,2
10	5,4	22,9	8,7	15,0
11	5,6	26,8	14,7	18,5
12	7,8	37,7	-	27,7
13	-	125,3	33,9	94,9
14	8,1	44,9	10,3	27,1
15	8,2	29,8	11,7	19,9
16	8,3	39,9	16,9	25,3
17	11,6	51,4	-	38,2
18	-	47,2	18,8	35,9
19	22,3	52,6	17,5	35,1
20	14,9	66,1	17,5	41,2
21	5,4	33,2	20,9	23,7
22	10,1	38,6	-	30,1
23	26,7	37,4	5,8	26,8
24	49,2	80,2	71,1	70,2
25	33,0	44,8	31,0	38,4
26	15,2	51,5	12,7	32,7
27	26,2	39,9	12,1	29,5
28	9,1	37,9	7,4	23,1
29	5,1	21,6	10,5	16,0
Snitt alle lagre	13,5	42,1	16,1	29,2



Figur 36. Glukoseinnhold i Lady Claire ved uttak fra lager. Snitt av 29 lagre, tre lagringssesonger. Forskjellige bokstaver angir signifikante forskjeller mellom temperaturer (P<0,05).

Tabell 20. Glukoseinnhold (mmol/l) etter lagring i Peik (snitt av 4 sekker) i tre lagringssesonger.

Lager nr.	2019-2020	2020-2021	2021-2022	Snitt over år
1	19,8	39,0	10,9	21,8
2	18,3	25,9	9,3	17,8
3	16,3	21,3	16,7	18,0
4	14,7	55,8	-	35,2
5	17,6	29,1	15,1	20,6
6	14,6	25,8	5,3	15,2
7	20,1	41,2	13,8	27,3
8	18,2	48,0	13,8	27,8
9	21,4	47,1	24,4	31,0
10	8,8	26,7	15,7	17,1
11	11,5	32,4	13,5	19,1
12	21,1	46,4	-	33,7
13	-	100,4	17,1	58,7
14	24,9	50,7	10,0	28,5
15	21,5	35,8	18,4	25,2
16	19,3	49,3	15,4	27,1
17	33,9	37,7	-	35,8
18	-	48,3	18,0	30,1
19	26,7	55,9	24,4	33,8
20	24,0	22,3	24,2	23,4
21	28,0	40,5	16,1	27,1
22	33,0	41,1	-	36,4
23	35,1	47,4	14,9	32,4
24	17,9	58,4	31,5	37,4
25	26,3	48,8	32,9	36,6
26	23,5	51,5	18,6	32,3
27	21,0	54,0	21,9	32,3
28	22,2	37,3	13,5	24,3
29	26,1	29,6	24,8	27,4
Snitt lagre	21,7	43,0	16,6	27,9



Figur 37. Glukoseinnhold i Peik ved uttak fra lager. Snitt av 29 lagre og tre lagringssesonger. Forskjellige bokstaver angir signifikante forskjeller mellom temperaturer (P<0,05).

5.2.6.3 Fruktose

Tabell 21. Fruktoseinnhold (mg/kg) etter lagring i Lady Claire (snitt av 4 sekker) i tre lagringssesonger.

Lager nr.	2019-2020	2020-2021	2021-2022	Snitt over år
1	2,7	32,5	7,4	14,2
2	2,9	4,3	2,6	3,3
3	4,3	21,6	3,9	9,9
4	2,6	24,4	-	9,9
5	5,0	3,0	3,1	3,7
6	2,8	9,3	2,6	4,9
7	6,5	15,0	2,7	9,5
8	3,3	12,1	6,6	7,0
9	4,9	19,0	8,2	10,7
10	2,5	7,6	3,9	4,7
11	2,0	6,8	5,1	4,6
12	3,4	12,0	-	7,7
13	-	112,4	15,9	64,1
14	3,6	19,4	4,6	9,2
15	3,4	8,9	3,8	5,3
16	3,5	8,6	4,7	5,6
17	6,4	25,2	-	15,8
18	-	29,9	10,3	20,1
19	14,3	35,9	7,7	19,3
20	8,3	46,8	7,8	20,9
21	2,8	9,3	7,0	6,7
22	4,4	13,1	-	9,4
23	12,2	10,4	1,0	7,9
24	43,6	57,3	44,8	48,6
25	24,2	21,1	17,8	21,0
26	9,9	21,1	7,6	12,9
27	17,3	12,4	6,6	12,1
28	5,5	19,4	2,8	9,2
29	1,5	6,8	5,7	5,3
Snitt alle lagre	7,7	21,4	7,8	12,7

5.2.7 Sølvskurv

Sølvskurv er en sjukdom som er mindre viktig i friteringsindustrien enn til ferskkonsum, men det sier likevel noe om hvordan lagringsforholdene har vært. Forekomsten av sølvskurv ble vurdert i alle prøver. Det var lite forskjeller mellom lagringssesongene i snitt og mellom de to sortene (Tabell 22). Det var noe variasjon mellom lagre. Tidligere forsøk har vist at langsom nedkjøling fremmer sølvskurv på lager. Det var derfor ventet at de lagre som tok lengst tid om å komme ned i stabil temperatur skulle ha mest sølvskurv. Det ble sett på sammenhenger mellom sølvskurv i prøvene og antall uker til lageret hadde stabil temperatur. Det var ikke mulig å finne sikre sammenhenger i denne undersøkelse.

Tabell 22. Sølvskurv (1-9, 9 er lite) i Peik (snitt av 4 sekker) og Lady Claire (snitt av 4 sekker) i tre lagringssesonger.

Lager nr.	Lady Claire				Peik			
	2019-2020	2020-2021	2021-2022	Snitt over år	2019-2020	2020-2021	2021-2022	Snitt over år
1	6,8	6,3	4,8	5,9	6,5	6,8	5,3	6,2
2	7,8	6,5	7,3	7,2	5,0	6,0	9,0	6,7
3	7,3	6,8	7,3	7,1	6,5	7,0	7,5	7,0
4	7,3	7,5	-	7,3	6,0	7,8	-	6,9
5	7,0	8,0	7,8	7,6	7,0	6,8	9,0	7,6
6	7,0	6,8	7,5	7,1	7,0	7,0	7,5	7,2
7	7,5	6,0	6,8	6,6	6,5	4,5	5,3	5,3
8	6,8	5,0	6,0	6,0	5,8	4,8	5,3	5,3
9	7,0	5,0	6,3	6,2	4,5	4,8	4,8	4,7
10	8,0	7,0	6,5	7,2	7,8	6,3	5,8	6,6
11	8,0	8,5	9,0	8,5	7,0	8,5	8,3	7,9
12	7,0	7,5	-	7,3	6,3	7,5	-	6,9
13	-	7,3	9,0	8,1	-	7,8	7,3	7,5
14	8,0	7,0	9,0	8,0	7,0	6,3	9,0	7,4
15	7,8	7,5	6,0	7,1	6,8	7,5	5,3	6,5
16	7,0	7,5	6,0	6,8	6,8	4,7	5,3	5,7
17	6,3	9,0	-	7,6	6,0	9,0	-	7,5
18	-	5,8	6,5	6,1	-	6,5	6,8	6,7
19	5,8	5,8	4,5	5,3	4,8	7,7	3,8	5,2
20	5,0	6,3	7,3	6,2	6,0	7,3	6,3	6,5
21	7,0	7,0	8,0	7,3	5,8	8,7	5,5	6,5
22	7,0	7,0	-	7,0	6,5	9,0	-	7,8
23	7,8	5,3	7,8	6,9	8,8	7,3	7,8	7,9
24	8,0	6,0	6,8	6,9	5,3	7,8	7,3	6,8
25	7,0	6,3	8,3	7,2	6,3	8,3	9,0	7,7
26	8,0	7,5	8,5	8,0	8,0	8,8	7,5	8,1
27	6,3	5,5	6,5	6,1	6,3	6,8	7,5	6,8
28	9,0	7,8	8,8	8,5	5,0	7,5	7,3	6,6
29	8,5	7,3	6,3	7,1	6,3	6,8	5,0	6,2
Snitt alle lagre	7,2	6,8	7,1	7,0	6,3	7,0	6,8	6,7

5.2.8 Forskjeller i kvalitet med ulike typer ventilasjonssystem

Det var i alt 29 lagre med i kartleggingen. 10 av disse brukte Agrovent ventilasjon, mens 15 lagre brukte Findusventilasjon. Se beskrivelse av de ulike ventilasjonsprinsippene i avsnitt 4.2. Lagre med Findus ventilasjon brukte litt lengre tid på å komme ned i stabil temperatur (14,8 uker) enn lagre som brukte Agrovent ventilasjon (12,8 uker) (Tabell 23). Snitt-temperaturen de siste 5 mdr. var høyere varmere i lagre med Agrovent ventilasjon enn lagre med Findus ventilasjon. Grunnen til at det var forskjeller i akrylamid- nivåene mellom de to ventilasjonsprinsippene skyldes nok i hovedsak temperaturforskjeller mellom lagrene, ikke mellom ventilasjonsprinsipper. Det var ikke forskjeller mellom ventilasjonsprinsippene når det gjelder vekttap, friteringsfarge og sølvskurv.

Tabell 23. Forskjeller i temperaturer og ulike kvalitetsparametre mellom Agrovent og Findus ventilasjonsprinsipper i kartleggingen.

Ventilasjons-system	Antall uker til stabil temp	Snitt temp siste 5 måneder	Akrylamid (ug/kg)	Vekttap (%)	Fritering (1-9, 9= lys)	Sølvskurv (1-9, 9= lite)
Agrovent (10 lagre)	12,8b	7,8a	349b	7,2	6,7	6,8
Findus (15 lagre)	14,8a	6,9b	501a	7,2	6,6	6,8
	<i>P<0,001</i>	<i>P<0,001</i>	<i>P=0,01</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

*Forskjellige bokstaver innen hver kolonne indikerer signifikante forskjeller, n.s. = ikke signifikant, **P*<0,05, ***P*<0,01, ****P*<0,001,

5.2.9 Konklusjoner produktkvalitet storskala lager

Det var forskjeller i kvalitet ut fra lager. Ulike vekttap skyldtes i hovedsak at prøvene lå på lager over kortere eller lengre tid. Jo lengre tid på lager dess større vekttap. Friteringsfarge, sukkerinnhold og akrylamid var avhengig av temperaturen på de ulike lagrene. Jo kaldere temperatur på lager, dess mørkere farge, høyere sukkerinnhold og høyere akrylamidinnhold. Lady Claire klarer å lagres ned til 6 °C, mens Peik helst skal lagres over 7 °C. I Peik ble det også forringet kvalitet (mørkere friteringsfarge) jo lengere tid poteten lå på lager.

6 Fremtidsrettede luftbehandlingsløsninger

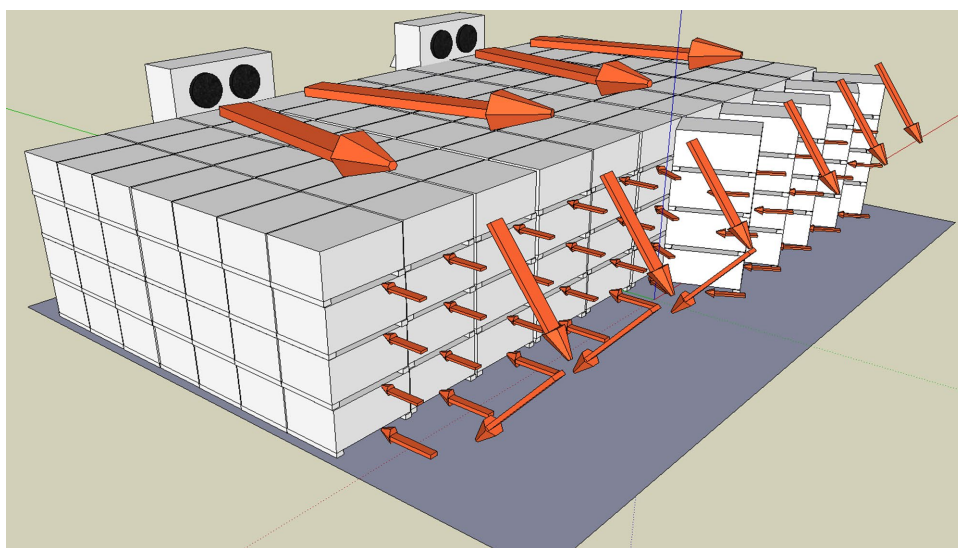
6.1 Luftsirkulasjonsløsninger

Å ha god luftsirkulasjon i hele lageret er viktig med tanke på å unngå soner hvor temperatur og CO₂ kan akkumuleres. Stabling av kassene er derfor viktig, og kassene som stables i samme rekke må ha lik størrelse og være hele. Dette er spesielt viktig for omluftslager. I et Agrovent-lager, må det mot bakveggen være tilstrekkelig avstand til kassene for at den sirkulerende luften som kommer ut mellom kassene i bak-kant kan suges opp i viftene igjen. Fylles kassene for mye med produkter, vil dette hindre videre sirkulasjon. Man bør kunne se mellom kassene i hele rekken, som i Bilde 11 under.



Bilde 11. Korrekt stabling av kasser er viktig for å oppnå god luftsirkulasjon.

Agrovent har ofte installert flere store vifter som skaper mye luftbevegelser. Det er fordel med mye luft under innlagringsperioden, men når lageret er stabilt er det ikke nødvendigvis behov for så høy lufthastighet. Enkelte produsenter reduserer lufthastigheten gjennom kassene ved å sette skråstilte kasser i forkant som vist i figuren under. Dette gjør at viftene går for fullt uten behov, og energibruken øker. En frekvensomformer kan monteres for å trinne ned viftene etter behov, men det er viktig at dette gjøres etter riktig beregning av ventilasjonen på lageret, slik at man er sikker på at lageret fungerer optimalt, og lufthastigheten blir stor nok til å dekke hele lageret.



Figur 38. Skråstilte kasser skal redusere luftmengden gjennom Agrovent-lager.

I et Findus-lager sirkulerer det lite luft, noe som gjør at senkningen av produkt-temperaturen går litt langsommere enn i et lager med større lufthastighet. Noen produsenter setter inn provisoriske vifter ('kondensvifter') på toppen av kassen for å skape bevegelse i luften. Dette gir en reduksjon i kondensering på toppen hvor luftstrømmene går i tillegg til varmekabler som er installert i loftet over kassene (se bilde 12).



Bilde 12. Stabling av tverrsatte kasser i Findus-lager, tilleggsvifter på toppen og varmekabler under taket over øverste kassehøyde. (fotos: Erlend Indergård og Pia Heltoft)

Både for Findus og Agrovent vil det være viktig å plassere de siste tverrsatte kassene når lageret fylles. På grunn av at truckene ikke kan plassere alle kassene i samme retning når lageret er nesten fullt, tverrsettes de siste kassene for å utnytte lagringskapasiteten. For Agrovent er det viktig at det er godt med rom for luften å strømme ned og inn til "hoved"-lageret mellom i forkant av de tverrsatte kassene. Findus-lagre kan utnytte at luft kun går under den nederste kassen. Ved å legge ut planker på gulvet hvor de tverrsatte kassene stables, vil luften fritt kunne strømme ut frem i lageret som vist i Bilde 12. Det er nødvendig med 10 cm høyde på plankene.

Noen lager har utfordringer med å fjerne tilstrekkelig med fukt under innlagrings-perioden. Spjeldene kan styres med bruk av temperatur inne og ute, samt CO₂-nivå inne. Lager med fuktutfordringer må gjennomgå spjeldreguleringen. Enkelte produsenter har også en spjeldrekke (Bilde 13) der samme spjeld suger luft ut av lageret og samtidig inn med uteluft. Det bør være egne spjeld til hvert av dette. En kuldemaskin vil også kunne øke fjerningen av fukt ved at dette kondenseres ut på den kalde fordamperflaten, før denne luften blandes på nytt med lagerluften.



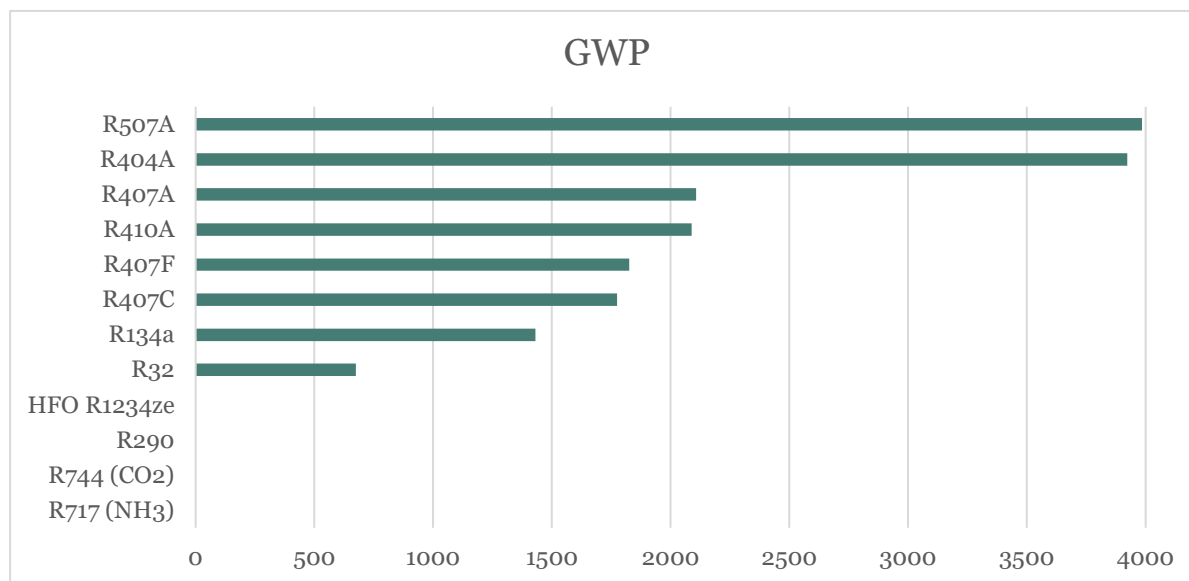
Bilde 13. Spjeldregulering må fungere optimalt.

6.2 Miljøvennlige kuldesystemer

En kuldemaskin (varmepumpe) vil raskere kunne stabilisere temperaturen på produktene, samt å opprettholde riktig temperatur når det blir varmere i været utover mot sommeren. Kapasiteten til kuldemaskinen må være tilstrekkelig til å fjerne varme fra potetene etter høsting, fjerne respirasjonsvarmen fra potetene og i perioder kjøle den mengde uteluft som blandes inn i lagerluften.

Inne i kuldemaskinen sirkulerer et kuldemedium som er en gass ved normale temperaturer. Ved lekkasjer vil dette kuldemediet komme ut i atmosfæren. Utfordringen med tradisjonelle kuldemedier er at de har høy GWP (Global Warming Potential). Dvs. ved lekkasje av ett kg gass, vil dette kunne tilsvare flere tusen kg CO₂-equivalenter (Figur 39). Gjennom Klimaforliket er det bestemt at disse gassene skal fases ut frem mot 2030. Når dette skjer er avhengig av gassenes GWP-nivå, og vist under. Noen gasser som R22 og R134a kan samtidig skade ozonlaget eller brytes ned til giftige fluorforbindelser.

- Kuldemedium med GWH høyere en 2500 forbys fra 1. januar 2020
- Kuldemedium med GWH høyere en 1500 forbys fra 1. januar 2022
- Kuldemedium med GWH høyere en 750 forbys fra 1. januar 2025
- Fra 2030: GWP < 400



Figur 39. Ulike kuldemedium har ulik GWP.

Etter utfasedato vil det ikke være mulig å omsette ny gass ved service på kuldemaskinene. Det vil en periode kunne omsettes brukt gass som er tappet av andre kuldemaskiner. Det er imidlertid gode miljøvennlige kuldemaskiner tilgjengelig. CO₂ og propan er naturlige kuldemedier som egner seg svært godt til kjølemaskiner for lagring av poteter. CO₂-maskiner egner seg også godt til å hente ut overskuddsvarmen til produksjon av varmt vann, for eksempel til renhold eller annen prosessering.

6.3 Kuldebehov for industri-poteter

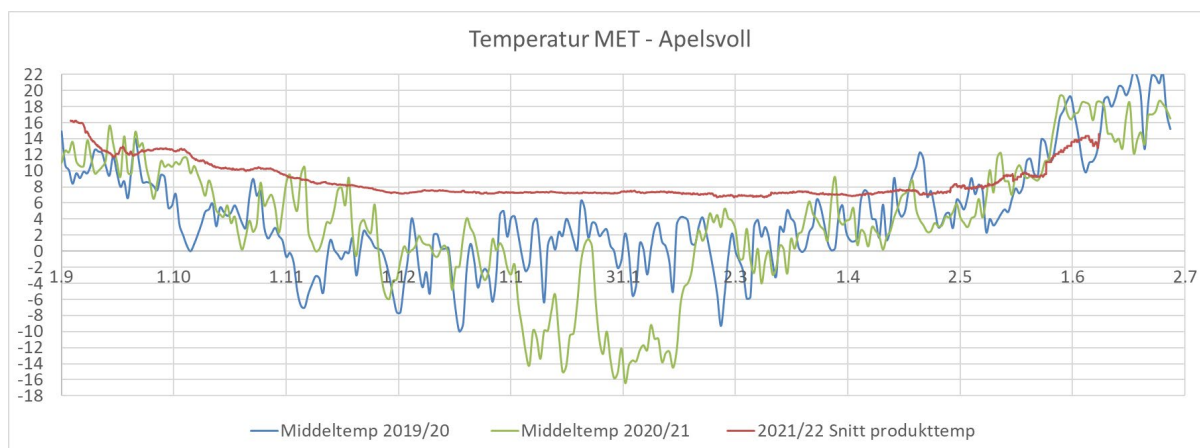
Ved installasjon av en kjølemaskin, må maskinens kjølekapasitet være i samsvar med kjølebehovet inne på lageret. Varmen som skal fjernes kommer fra varm uteluft (i perioder), respirasjonsvarmen fra potetene, nedkjøling av produktene og i tillegg kondenseringstapet i kjølemaskinen på grunn av at fukt kondenserer ut vann i fordampere. Det totale kuldebehovet vil variere stort gjennom lagringsperioden, og være størst etter innhøsting.

På grunn av at uteluft suges inn og blandes med lagerluften, vil beregningene av nødvendig kuldekapasitet være utfordrende. Det er derfor nødvendig å beregne kuldekapasiteten ut fra at potetlageret skal være et kjølelager, hvor uteluft ikke er en faktor.



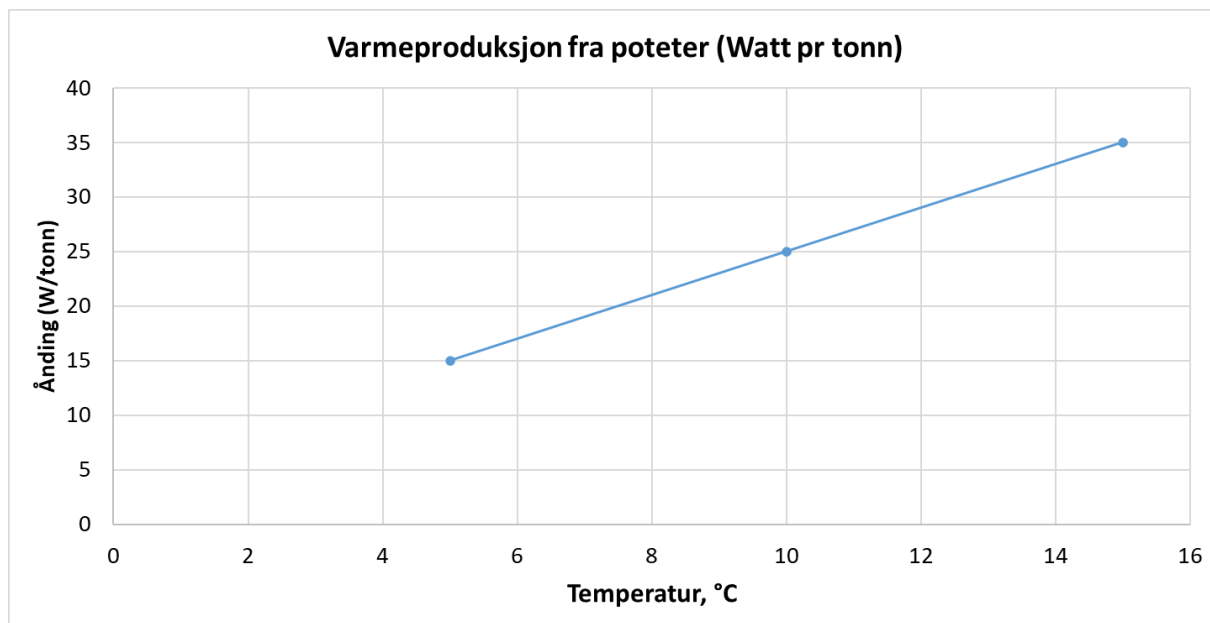
Bilde 14. En rekke leverandører kan installere fabrikkproduserte miljøvennlige kjøleaggregater med et stort spenn av kuldekapasiteter.

Varme fra uteluft. Figur 40 viser gjennomsnittlig utetemperatur (Apelsvoll) og gjennomsnittlig produkttemperatur gjennom lagringssesongen. Man ser at uteluften ikke vil fungere tilstrekkelig som kjøling av produktene i september, og i april-juni. I september vil de fleste ikke ha kjøling, da tørking og sårheling foregår. Enkelte kan derimot velge å benytte noe kjøling for ekstra uttak av fukt under tørke-perioden. I april til juni vil en kjølemaskin være nødvendig for å avkjøle uteluften. Resten av sesongen vil uteluften kunne fungere til å holde produkttemperaturen på et stabilt nivå.



Figur 40. Uteluft- og produkttemperatur gjennom lagringsperioden september-juni.

Respirasjonsvarmen er avhengig av produkttemperaturen som vist Figur 41. Etter innhøsting har produktene en temperatur typisk rundt 15-16°C, og respirasjonsvarmen ligger da på rundt 35-40 W/tonn. Etter at produkt-temperaturen er stabilt på for eksempel 7°C, vil respirasjonsvarmen reduseres til omkring 18 W/tonn.



Figur 41. Respirasjonsvarmen fra potet er temperaturavhengig.

Nedkjøling av potetene skjer gjennom de første månedene etter innhøsting. I beregningene for nødvendig kuldekapasitet er det satt at temperaturen skal ned til stabilt nivå i løpet av 8 uker. Temperaturen skal da senkes fra 16°C til 7°C. Varmekapasiteten (C_p) til potet er satt til 3,45 kJ/kg (National center for biotechnology information).

Kondenseringsenergien stjeler kapasitet fra kuldemaskinen, og man må ta med den nødvendige kuldekapasiteten som maskinen bruker når vanddamp kondenseres til vann på den kalde fordamperflaten. Denne faktoren vil her ha en stor usikkerhet på grunn av at luft skiftes ut gjennom hele lagringsforløpet i større eller mindre grad.

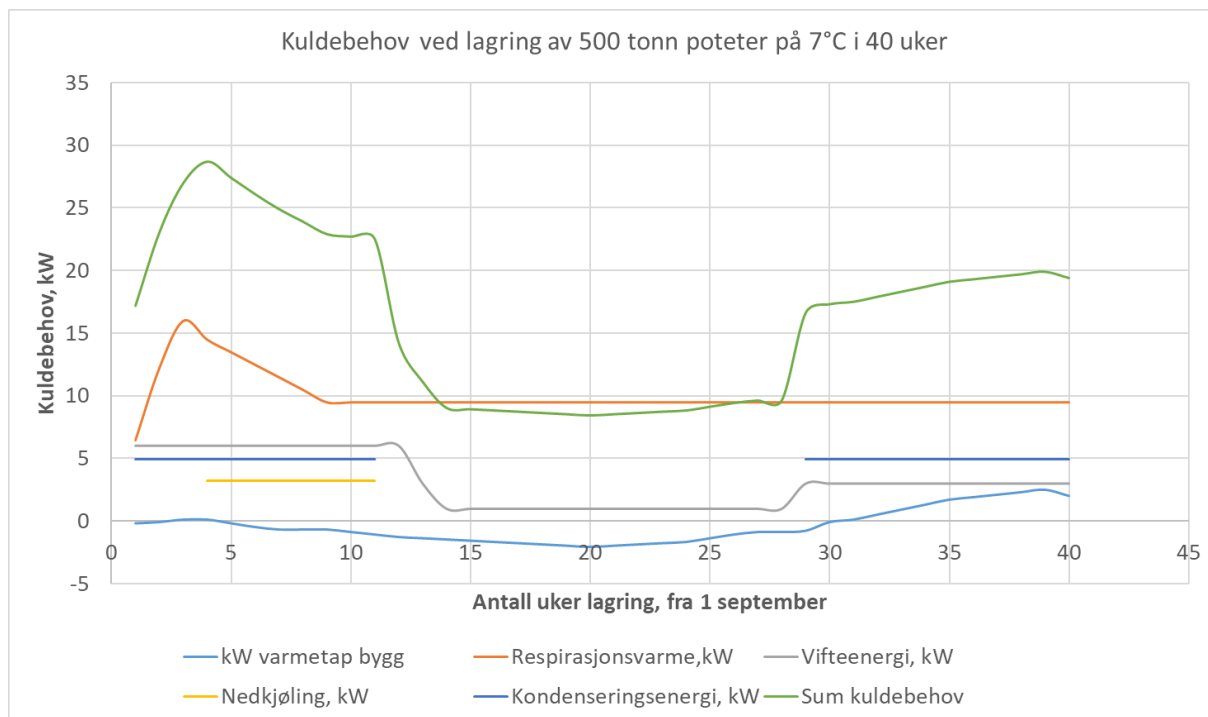
Her er det valgt å anta at vannet som kondenseres ut kommer fra respirasjonsprosessen. Gjennomsnittlig vekttap etter 32 uker ligger på 9%, og det antas at 50% av dette vannet kondenseres ut på fordamperen.

Vifteenergien fra omluftsviftene må også fjernes. Det antas at to vifter hver på 3 kW går kontinuerlig de første 12 ukene, deretter 4 timer pr døgn frem til mai da de går 12 timer pr døgn.

Varmelekkasje fra bygg varierer stort gjennom sesongen og med unntak av september og april-juni vil utetemperaturen kjøle lageret. Et bygg som rommer 500 tonn, med 700 kg poteter pr kasse og satt opp på betonggulv med standard sandwich elementer til vegg og industriplater i tak.

Som case blir det her beregnet nødvendig kuldekapasitet for et lager med en kapasitet på 500 tonn, som bruker 20 dager i september for å fylle dette (25 tonn pr døgn), bruker 8 uker etter fylling på nedkjølings-perioden, og lagrer til 1.juli.

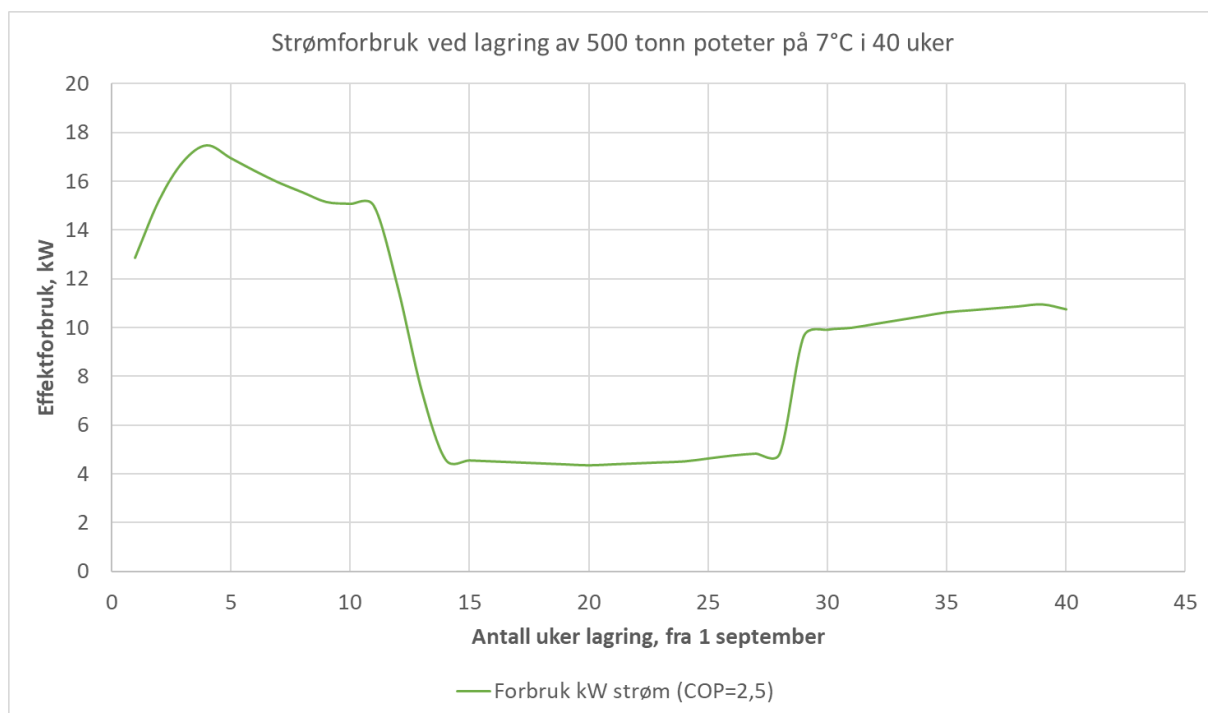
Den totale nødvendige kuldekapasiteten vil for et lager med 500 tonn kapasitet ligge på 29 kW på det høyeste. Dette er imidlertid hvis lageret driftes som et kjølelager. I realiteten vil kald uteluft bli tilført lageret, og som vil avlaste kuldemaskinen. Tall fra et Tolsma-lager med kapasitet 650 tonn (Tabell 24) viser et effektforbruk på 6 kW i oktober, noe som tilsier 18 kW kuldebehov hvis effekt faktoren på kuldemaskinen $COP = 3$. Dette betyr at man kan anta at man fra uteluften kan tilføre en kuldekapasitet på rundt 10 kW. Man må ta i betraktning at det under den første tiden etter høsting vil avdampe en del vann fra potetene som også vil fungere som kjøling. Fra Figur 42, ser man at respirasjonsvarmen er den mest sentrale varmebelastningen.



Figur 42. Beregnet kuldebehov for lagring av 500 tonn poteter ved 7°C.

6.4 Energikostnader

Med forutsetningen med lagringskapasitet på 500 tonn og et maksimalt kuldebehov på 29 kW vil man ved en kuldemaskin og 2 stk vifter få et forventet effektforbruk som vist i Figur 43 . Det er som nevnt forventet at effektforbruket reelt vil ligge lavere.



Figur 43. Beregnet effektforbruk under kjøling av 500 tonn poteter ved 7°C.

I lagringssesongen 2021-2022 ble det hentet inn energiforbruk fra Tolsma lager med lagringskapasitet på 650 tonn med kjøling (Tabell 24). Her var det hentet ut data for faktisk energiforbruk på bruk av

vifter og kjølemaskin. Det ses spesielt i starten av lagringsperioden (sep-okt) størst energiforbruk, da det er her potetene skal tørkes og sårheles og etter hvert kjøles ned til ønsket stabil lagringstemperatur, samtidig med at utetemperaturen er høy. Energiforbruket øker også på slutten av lagringssesongen, når utetemperaturen stiger igjen og temperaturen skal holdes nede på ønsket lagringstemperatur.

I starten av lagringssesongen 2022-2023 er det blitt hentet inn faktisk energiforbruk målt på energimåler for et lager med lagringskapasitet på 200 tonn *uten kjøling* (Tabell 24). Det ble målt 25 kW per dag på Findus lageret, og dette tallet er da brukt som basis for videre beregning per måned.

Det bør gjøres mer eksakte målinger på flere lager for å kunne si noe videre om energiforbruk på ulike typer lager. Det bør følges opp med energimåler samtidig med klimatiske målinger på flere kommersielle lagre.

Tabell 24. Estimert energiforbruk på et lager med Tolsma ventilasjon med kjøling og et lager med Findus ventilasjon uten kjøling.

Måned	TOLSMA LAGER (650 tonn) 6,5 grader med kjøling		FINDUS LAGER (200 tonn) uten kjøling	
	KWh pr mdr (faktisk målt forbruk på vifter og kjølemaskin)	kWh/ tonn v/ 650 tonn	KWh/ mdr (basert på estimert forbruk på 25 kWh/tonn v 200 tonn kWh pr dag)	kWh/tonn v 200 tonn
September	759	1,17	750	3,75
Oktober	4283	6,59	775	3,88
November	2306	3,55	750	3,75
Desember	1914	2,94	775	3,88
Januar	1816	2,79	775	3,88
Februar	1701	2,62	700	3,5
Mars	1606	2,47	775	3,88
April	2052	3,16	750	3,75
Mai	3567	5,49	775	3,88
Total	20007	30,78	6825	34,13

7 Røyktest på lager

Det ble gjennomført røyktest på 6 av 29 lagre i prosjektet. Det gjelder lager 5, 11, 12, 18, 20 og 29 (se avsnitt 4.1, for tabell over lagre). I denne rapporten omtales bare ett av lagrene (lager 18). Røyktesten ble gjennomført både som en del av POTETFRIT- prosjektet men også en del av et annet prosjekt (NFR prosjekt: ANTIGRO - Nye strategier for spirefri langtidslagring av friteringspoteter, 2020-2024). Formålet med røyktesten var å se på distribusjonen av luft (og spirehemmende midler) i lageret.

Ved røyktest ble røyken ført inn i et hjørne av lageret og lageret ble inspisert under testen (bilde 15).

Det ble sett på kassestabling, plassering av kasser, innstilling på vifter, plassering av temperaturfølere, plassering av eventuelle ekstra vifter på lageret. Det ble også sett på kondens i kasser, groing i kasser, råteutvikling og eventuelle dødsoner i lageret der det var lite røyk under testingen.



Bilde 15. Røyktest på lager

Etter røyktesting ble det skrevet en rapport på hvert enkelt lager, som inkluderte beskrivelse av lageret og forslag til tiltak og forbedringer inkludert skisser av lagrene. Eksempel på lagerskisse er vist i Figur 44.

7.1 Eksempel på observasjoner og tiltak under røyktest i et lager

7.1.1 Observasjoner

Det ble observert at det var montert to vifter bak i lageret. Lageret var forholdsvis bredt, men kort i lengden. Det var montert «kondensvifter» på toppen. Det var også observert mer groer ved bakveggen, spesielt i de nederste kassene, enn fremme i lageret. Noe som kan tyde på luften ikke kommer godt nok tilbake til bakvegg. Det ble også konstatert at det var spjeld, som ikke var helt tette sluttet på bakvegg. Det var observert fukt i poteter i toppkasser ved bakvegg (se skisse og bilde). Det var kondensproblemer i taket og det dryppet ned fra møningen.

Ved røyktest tok det lang tid før det var røyk i hjørne ved bakvegg motsatt den side gassen ble sluppet inn (se rød sirkel på lagerskisse). Lageret er forholdsvis bredt og det vil ta tid før røyken var i motsatt ende, men de store viftene burde ha ført røyken godt nok ned i hjørnet?

Kondens/toppvifter er montert (se skisse m blå piler+ bilder) og det ga en god fordeling av røyken på toppen av kassene. Det var lite groer på toppkassene i forhold til bunnkasser ved bakvegg. Det er mer groer i hjørnet på toppen også motsatt side som røyken blir ført inn i lager.

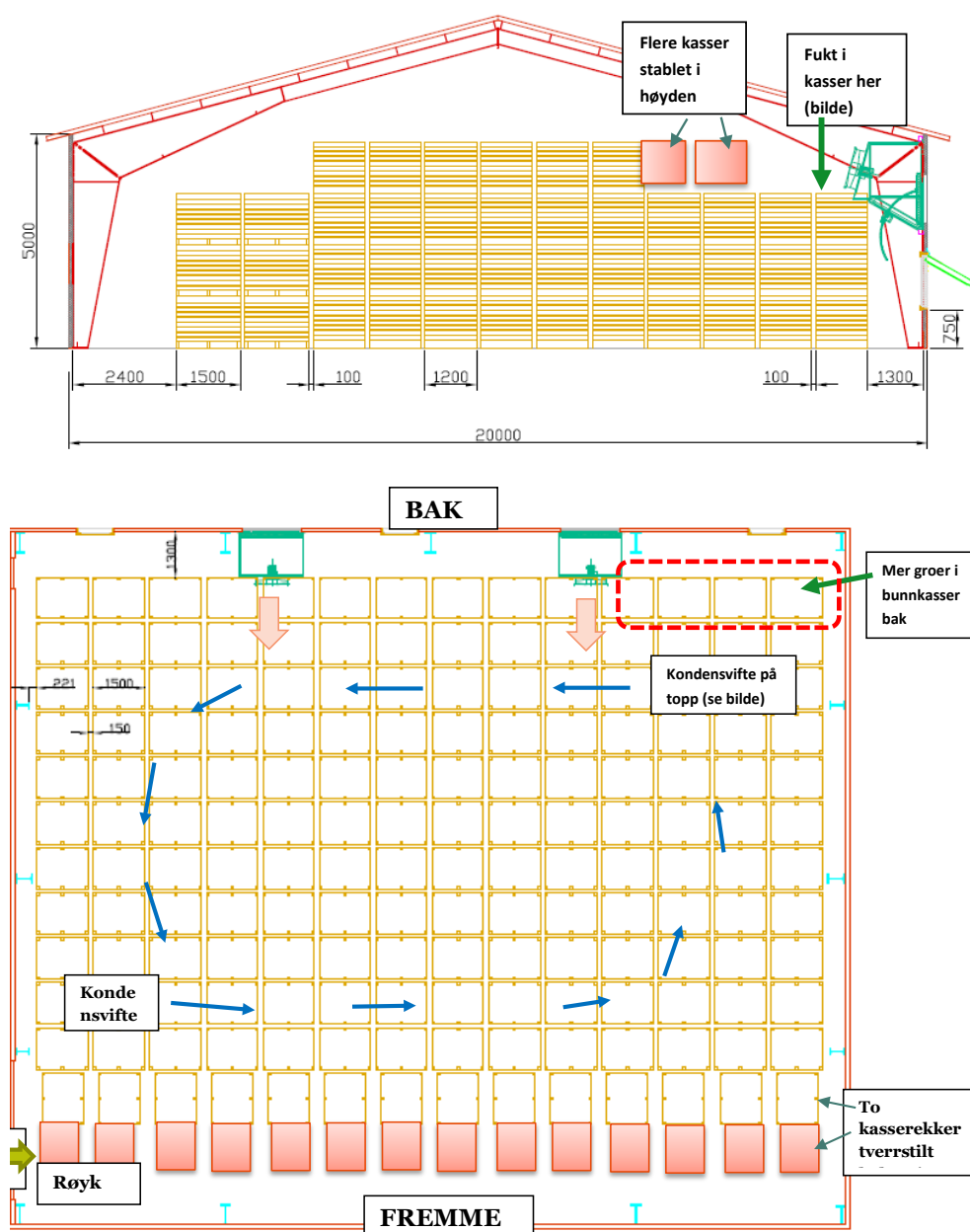
7.1.2 Tiltak

Plassering av kasser: Kassene står for tett. Burde vært 15 cm mellomrom mellom kasserekker. Det oppfordres til å tegne streker på gulvet for riktig kasseplassering. Det oppfordres til å stenge lukene helt tett bak i lager.

Flere kasser stablet på topp bak i lager enn det er tegnet på skisse. Kommer luften godt nok over kasser? Det anbefales å fjerne kasser foran viftene.

Kondensproblemer og drypp fra møningen kan avhjelpes ved å sprøyte inn skum. Evt. som en midlertidig løsning legge på halm på toppen der det drypper for å ta imot fukten nå.

Det er mulig at ekstra vifter på sidene bak som blåser samme retning som de store viftene kan hjelpe med luftfordeling på siden og ut i hjørner spesielt til kasser ved gulvet.



Figur 44. Skisser av Agroventlager hvor det ble gjennomført røyktest

8 Luftsammensetning

8.1 Betydning av CO₂-nivå for produktkvaliteten

Det finnes lite dokumentasjon om betydningen av luftsammensetning på lager for akkumulering av sukker og dannelse av akrylamid. Mange moderne lagre er relativt lufttette, og som et resultat av ånding fra potetene kan CO₂-nivået i lageret bli nokså høyt, hvis det ikke tas inn nok frisk luft i lageret. I Norge kan det i perioder om vinteren være for kaldt ute (eks -20 °C) til å ta inn friskluft i lageret. I slike perioder kan det skje en opphopning av CO₂ i lageret. En sammenheng mellom CO₂ og akrylamid er kun svakt dokumentert. En norsk studie har diskutert om CO₂-oppbygging gjennom en kuldeperiode kunne være årsak til at det i kommersielle lagre ble registrert mer sukker og mørkere friteringsfarge i de nyeste og mest lufttette lagrene (Heltoft et al., 2015; Heltoft et al., 2016). Tidligere har britiske forsøk fra 1996 vist en effekt av høye CO₂-nivåer på potetkvaliteten under lagring (Harper and Cunnington, 2010). Andre studier har vist at høye CO₂-nivåer i lageret kan resultere i høyere innhold av reduserende sukker i knollene og mørkere friteringsfarge (Daniels-Lake et al., 2005; Khanbari and Thompson, 1994, 1996; Mazza and Siemens, 1990). Forsøk med CO₂ og etylen viser at noen sorter gir mørkere friteringsfarge etter CO₂-behandling alene og at effekten ble forsterket når prøven også var utsatt for etylen (Alamar et al., 2017; Daniels-Lake, 2012; Daniels-Lake, 2013). Det behov for ytterligere å forstå forekomst og konsekvenser av CO₂-oppbygging i norske potetlagre i relasjon til potetkvalitet og sukker- og akrylamidinnhold i ulike chips- og pommes frites-sorter.

8.2 Forsøk med ulike sorter i småskala lager

Det ble gjennomført forsøk i små-skala lager med fokus på hvordan ulike CO₂-nivåer i potetlageret påvirket kvaliteten på råvare og sluttprodukt.

Poteter av åtte chips- og pommes frites-sorter dyrket på Apelsvoll (se avsnitt 3.1) ble lagret på smålagre på SKP (Senter for klimaregulert Planteforskning) (Bilde 16) under kontrollerte forhold med 3 ulike CO₂-behandlinger i ulike perioder av lagringssesongen (Tabell 25). Kvaliteten av knollene ble fulgt ved å ta ut og analysere prøver flere ganger i løpet av lagringssesongen, med hovedvekt på sukkerinnhold, akrylamidinnhold og friteringsfarge. I tillegg ble det brukt materiale av 2 sorter (Peik og Lady Claire) med ulik modningsgrad (se avsnitt 3.1.2) for å undersøke om modningsgraden påvirker følsomheten for forhøyet CO₂-nivå.



Bilde 16. Forsøksoppsett med små prøver i småskala lager ved 8 °C og småkamre med ulike CO₂ nivåer. (Foto: Pia Heltoft)

Det ble gjennomført 3 forskjellige CO₂-behandlinger (tabell 25), hvor **‘Vinter CO₂ – 15000 ppm konstant i 2 uker’** skal simulere lang kald vinterperiode med kalde temperaturer utendørs, da det er liten mulighet for inntak av frisk uteluft i lageret. Her var CO₂-nivået oppe i 15000 ppm (luften omkring oss inneholder ca. 400 ppm). Den andre CO₂-behandlingen **‘Spirehemmer – svingninger i CO₂ nivået’** skal simulere perioder der det blir behandlet med spirehemmende middel i lageret. Det vil typisk bli gjort tre ganger i løpet av lagringsperioden. De nye spirehemmende midlene krever at lageret stenges og det lukkes for inntak av frisk luft i 48 timer. Her kan CO₂-nivået stige opp mot 15000 ppm, som er nivået det også ble testet på i forsøket.

Tabell 25. Oversikt over CO₂-behandlinger i lagringsperioden.

	SEP	OKT	NOV	DES	JAN	FEB	MAR	APR	MAI
Kontroll									
‘Vinter CO₂’ 15000 ppm konstant i 2 uker						3uker			
‘Spirehemmer’ Svingninger i CO₂ nivå (3 x 48t)			48t		48t		48t		

8.2.1 Groing

Som forventet var det forskjeller mellom sorter når det gjelder groing (Tabell 26 og 27). Pomes frites-sortene grodde mer enn chipssortene, og Innovator og Zorba hadde lengre groer enn Peik og Gullflaks. I chipssortene hadde Lady Britta og Pirol lengre groer enn Lady Claire og Kiebitz ved uttakstidspunkt etter 7 måneders lagring. Det var lite forskjeller i groing mellom CO₂-behandlinger i pomes frites-sortene, men litt tendenser til at svingninger i CO₂-nivået ga mer spirer. I chipssortene viste Pirol og Kiebitz tendenser til å gro mer når det var svingninger i CO₂-nivået utover lagringsperioden, mens Lady Claire og Lady Britta ikke var påvirket av CO₂-behandlingene.

Tabell 26. Groing (mm) i fire ulike pomes frites-sorter med tre ulike CO₂-behandlinger under lagringsperioden. Uttak etter 7 måneders lagring.

	Peik	Innovator	Zorba	Gullflaks	Snitt sorter
Kontroll	12,6ab	30,9	29,4	9,7	20,6ab
15000 ppm konstant i 2 uker	7,4b	23,8	21,0	15,7	16,6b
Svingninger i CO₂ nivå	21,7a	31,8	32,0	17,2	26,1a
	*	n.s.	n.s.	n.s.	**
Snitt behandlinger	14,0b	28,8a	27,5a	14,2b	***

*Forskjellige bokstaver innen hver kolonne indikerer signifikante forskjeller, n.s. = ikke signifikant, *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001

Tabell 27. Groing (mm) i fire ulike chipssorter med tre ulike CO₂-behandlinger under lagringsperioden. Uttak etter 7 måneders lagring.

	Lady Claire	Lady Britta	Pirol	Kiebitz	Snitt sorter
Kontroll	2,8	8,9	6,8b	2,7b	5,3b
15000 ppm konstant i 2 uker	3,6	10,7	10,0ab	5,6ab	7,5b
Svingninger i CO₂ nivå	3,8	13,0	21,1a	9,1a	11,7a
	n.s.	n.s.	*	*	***
Snitt behandlinger	3,4b	10,9a	12,6a	5,8b	***

*Forskjellige bokstaver innen hver kolonne indikerer signifikante forskjeller, n.s. = ikke signifikant, *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001

8.2.2 Vekttap

Det var ikke sikre forskjeller mellom CO₂-behandlinger når det gjelder vekttap (Tabell 28 og 29). Det var ikke forskjeller mellom pommes frites-sortene, på tross av forskjeller i groing. I chipssortene var det litt større vekttap i Lady Claire og Kiebitz enn Lady Britta og Pirol.

Tabell 28. Vekttap (%) i fire ulike pommes frites-sorter med tre ulike CO₂-behandlinger under lagringsperioden. Uttak etter 7 måneders lagring.

	Peik	Innovator	Zorba	Gullflaks	Snitt sorter
Kontroll	5,4	5,3	3,1	5,2	4,7
15000 ppm konstant i 2 uker	5,7	4,7	5,9	6,7	5,5
Svingninger i CO ₂ nivå	6,0	2,9	4,5	5,8	5,0
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Snitt behandlinger	5,7	4,3	4,4	5,9	n.s.

*Forskjellige bokstaver innen hver kolonne indikerer signifikante forskjeller, n.s. = ikke signifikant, *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001,

Tabell 29. Vekttap(%) i fire ulike chipssorter med tre ulike CO₂-behandlinger under lagringsperioden. Uttak etter 7 måneders lagring.

	Lady Claire	Lady Britta	Pirol	Kiebitz	Snitt sorter
Kontroll	6,2	4,3	3,6	5,6	4,9
15000 ppm konstant i 2 uker	6,6	4,1	6,1	6,0	5,7
Svingninger i CO ₂ nivå	6,6	4,3	3,8	5,1	4,9
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Snitt behandlinger	6,4a	4,2c	4,5bc	5,6ab	***

*Forskjellige bokstaver innen hver kolonne indikerer signifikante forskjeller, n.s. = ikke signifikant, *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001,

8.2.3 Friteringsfarge

Det var forskjeller mellom pommes frites-sorter når det gjelder friteringsfarge. Gullflaks hadde lysere farge enn de andre sortene, mens Zorba hadde mørkere farge (Tabell 30). I chipssortene var Pirol mørkere enn de andre sortene (Tabell 31). Gullflaks var den eneste av de åtte testede pommes frites- og chipssortene som viste effekt av CO₂-behandling, hvor kontrollen hadde en signifikant lysere friteringsfarge enn 'vinterbehandlingen' med høyt CO₂-nivå (15000 ppm) i to uker i februar. Det var ikke forskjeller mellom behandlingen med 'svingninger i CO₂-nivå' og de andre behandlinger.

Tabell 30. Friteringsfarge (1-9, 9 er lys) i fire ulike pommes frites sorter med tre ulike CO₂-behandlinger under lagringsperioden. Uttak etter 7 måneders lagring.

	Peik	Innovator	Zorba	Gullflaks	Snitt sorter
Kontroll	6,6	7,0	4,8	8,1a	6,6
15000 ppm konstant i 2 uker	6,2	6,6	5,4	7,5b	6,4
Svingninger i CO ₂ nivå	6,8	7,1	6,4	7,9ab	7,0
	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.
Snitt behandlinger	6,5b	6,9b	5,5c	7,9a	***

*Forskjellige bokstaver innen hver kolonne indikerer signifikante forskjeller, n.s. = ikke signifikant, *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001.

Tabell 31. Friteringsfarge (1-9, 9 er lys) i fire ulike chipssorter med tre ulike CO₂-behandlinger under lagringsperioden. Uttak etter 7 måneders lagring.

	Lady Claire	Lady Britta	Pirol	Kiebitz	Snitt sorter
Kontroll	6,9	6,8	5,2	6,9	6,4
15000 ppm konstant i 2 uker	7,5	6,9	6,4	6,9	6,9
Svingninger i CO ₂ nivå	7,1	6,5	5,7	6,4	6,4
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Snitt behandlinger	7,2a	6,7a	5,8b	6,7a	***

*Forskjellige bokstaver innen hver kolonne indikerer signifikante forskjeller, n.s. = ikke signifikant, *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001.

8.2.4 Sukkerinnhold (glukose, fruktose og sukrose)

I likhet med friteringsfarge, som er sterkt knyttet til innhold av glukose, var det ingen forskjeller mellom CO₂-behandlinger i hverken pommes frites- eller chipssorter når det gjelder sukker-innhold (Tabell 32-35). Eneste unntak var Gullflaks, som hadde litt høyere glukoseinnhold når det var gjennomført 'spirehemmer-behandling' med svingninger i CO₂-nivået, i forhold til kontrollbehandlingen.

Tabell 32. Glukoseinnhold (mmol/l) i fire ulike pommes frites sorter med tre ulike CO₂-behandlinger under lagringsperioden. Uttak etter 7 måneders lagring.

	Peik	Innovator	Zorba	Gullflaks	Snitt sorter
Kontroll	17,7	16,7	29,9	3,9b	17,6
15000 ppm konstant i 2 uker	18,0	24,2	25,6	6,3ab	18,7
Svingninger i CO ₂ nivå	19,8	26,4	33,5	11,1a	22,1
	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.
Snitt behandlinger	18,5b	22,4ab	29,7a	7,9c	***

*Forskjellige bokstaver innen hver kolonne indikerer signifikante forskjeller, n.s. = ikke signifikant, *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001

Tabell 33. Glukoseinnhold (mg/kg) i fire ulike chipssorter med tre ulike CO₂-behandlinger under lagringsperioden. Uttak etter 7 måneders lagring.

	Lady Claire	Lady Britta	Pirol	Kiebitz	Snitt sorter
Kontroll	7,8	53,7	71,0	9,7	35,6
15000 ppm konstant i 2 uker	9,8	50,2	70,3	10,9	35,3
Svingninger i CO ₂ nivå	10,5	62,1	85,0	10,1	41,9
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Snitt behandlinger	9,4c	55,3b	75,4a	10,2c	***

*Forskjellige bokstaver innen hver kolonne indikerer signifikante forskjeller, n.s. = ikke signifikant, *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001

Tabell 34. Fruktoseinnhold (mg/kg) i fire ulike chipssorter med tre ulike CO₂-behandlinger under lagringsperioden. Uttak etter 7 måneders lagring.

	Lady Claire	Lady Britta	Pirol	Kiebitz	Snitt sorter
Kontroll	3,1	38,9	53,7	3,9	20,3
15000 ppm konstant i 2 uker	4,4	34,5	65,5	5,0	22,4
Svingninger i CO ₂ nivå	3,8	43,6	82,9	5,5	26,4
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Snitt behandlinger	3,8	39,0	67,4	4,8	***

*Forskjellige bokstaver innen hver kolonne indikerer signifikante forskjeller, n.s. = ikke signifikant, *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001,

Tabell 35. Sukroseinnhold (mg/kg) i fire ulike chipssorter med tre ulike CO₂-behandlinger under lagringsperioden. Uttak etter 7 måneders lagring.

	Lady Claire	Lady Britta	Pirol	Kiebitz	Snitt sorter
Kontroll	90,3	121,4	211,0	150,6	117,0
15000 ppm konstant i 2 uker	94,6	118,3	225,0	138,4	121,4
Svingninger i CO ₂ nivå	86,1	106,5	222,0	148,5	110,3
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Snitt behandlinger	90,3d	116,0c	220,8a	145,6b	***

*Forskjellige bokstaver innen hver kolonne indikerer signifikante forskjeller, n.s. = ikke signifikant, *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001,

8.2.5 Akrylamid

Akrylamid-nivået var i likhet med friteringsfarge og sukkerinnhold heller ikke påvirket av CO₂-behandlingen (Tabell 36). Det var sikre forskjeller mellom sorter, og Pirol hadde signifikant høyere akrylamidinnhold enn de andre tre sortene, mens Lady Claire og Kiebitz hadde signifikant lavere akrylamidinnhold enn Lady Britta og Pirol.

Tabell 36. Predikert akrylamid (ug/kg) i fire ulike chipssorter med tre ulike CO₂-behandlinger under lagringsperioden. Uttak etter 7 måneders lagring.

	Lady Claire	Lady Britta	Pirol	Kiebitz	Snitt sorter
Kontroll	111	1198	1332	153	591
15000 ppm konstant i 2 uker	147	1077	1495	187	625
Svingninger i CO ₂ nivå	155	1333	1797	175	715
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Snitt behandlinger	137c	1202b	1541a	171c	***

*Forskjellige bokstaver innen hver kolonne indikerer signifikante forskjeller, n.s. = ikke signifikant, *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001,

8.2.6 Indre mørkfarging og råte

I 2020-2021 var det tendenser til indre mørkfarging i Gullflaks (P02 18-66) og Innovator (Bilde 17) når de hadde gjennomgått 'spirehemmer' behandlingen med 3 x 48 timer CO₂ nivå opp til 15000 ppm.



Bilde 17. Noen enkelte sorter (Gullflaks, Innovator og Zorba) viste tegn til indre mørkfarging i enkeltprøver ved uttak. (foto: Pia Heltoft)

Det var ikke observert forskjeller mellom CO₂-behandlinger når det gjelder lagringssykdommer og råtesymptomer i knollene ved uttak fra lager.

8.2.7 Konklusjon fra småskala CO₂-forsøk

Resultater fra småskala forsøk med ulike CO₂-behandlinger på lageret viser at høy forekomst av CO₂ (15000 ppm) ikke har negativ effekt på friteringsfarge, sukkerinnhold og akrylamid i de fleste sorter. Gullflaks er et unntak som hadde litt mørkere friteringsfarge og høyere glukoseinnhold etter å ha blitt utsatt for høyt innhold av CO₂.

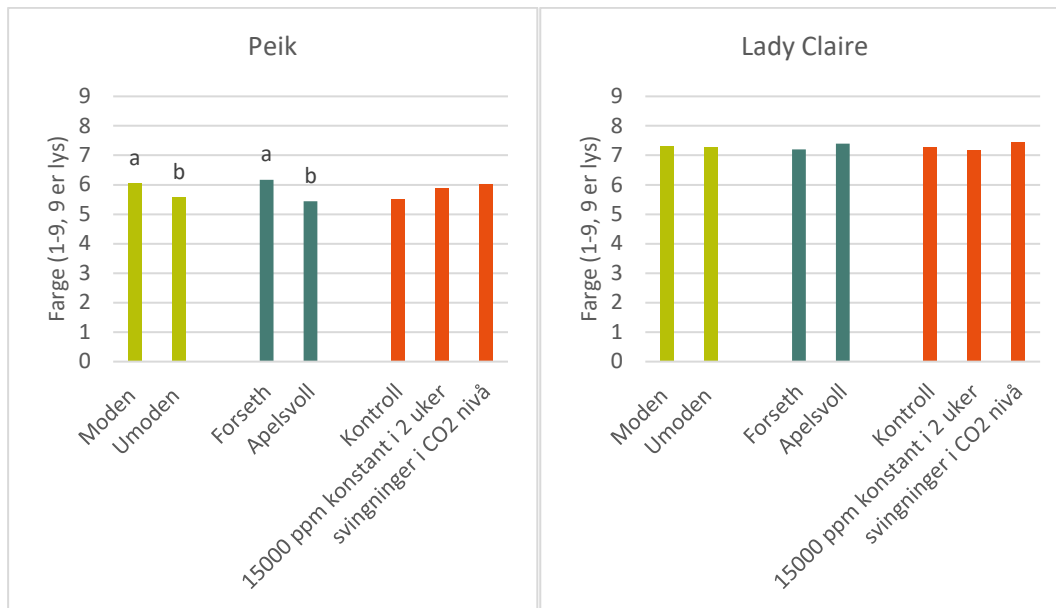
Det var tendens til mer groing i sortene Pirol og Kiebitz etter behandling med svingninger i CO₂-nivå. Dette kan ha sammenheng med en liten stigning i temperatur under behandlingene, men det kan også være et tegn på stress i knollene.

Indre mørkfarging ble observert i enkelte prøver i enkelte sorter som hadde gjennomgått CO₂-behandling med svingninger i CO₂-nivå. Dette ble observert i en av lagringssesongene, men tillegges lite betydning, da det ikke var en gjennomgående observert feil.

Det ble ikke observert forskjeller mellom CO₂-behandlinger når det gjelder råte i prøvene. Det var generelt lite råte i prøvene i forsøket. Finnes det råte i partier som skal lagres inn, spesielt bakterieråte, som liker anaerobe forhold, anbefales det uansett å være oppmerksom på CO₂-nivået.

8.3 Forsøk med potet med ulike modningsgrader i småskala lager

Poteter av Peik og Lady Claire var dyrket med ulike modningsgrader (se avsnitt 3.1.2) på to forskjellige dyrkingssteder. Poteten ble lagret ved 8 °C og det ble gjort ulike CO₂-behandlinger under lagringsperioden. Det ble tatt ut prøver til kvalitetsvurdering (vekttap, groing, friteringsfarge, akrylamid, sukker og sykdommer) etter 7 måneders lagring. Figur 45 a og b viser friteringsfarge etter lagringsperioden. Det var forskjeller mellom moden og umoden, hvor moden Peik hadde litt lysere farge enn den umodne Peik. Det var ikke forskjeller mellom modningsgrader i Lady Claire. Det var forskjeller mellom dyrkingsplasser, hvor det var litt lysere Peik fra Forseth-feltet enn fra Apelsvoll-feltet. Det var ingen forskjeller mellom dyrkingsplasser for Lady Claire. Når det gjelder ulike CO₂-behandlinger var det ikke sikre forskjeller mellom de tre behandlingene, noe som tyder på at et høyt CO₂-nivå ikke er av avgjørende betydning for friteringsfarge. Det var ikke noen av de andre målte kvalitetsparametere som var påvirket av CO₂-behandling (data ikke vist).



Figur 45. Friteringsfarge i Peik og Lady Claire etter 7 måneders lagring. Potetene ble dyrket med to ulike modningsgrader (moden og umoden) og på to ulike plasser (Forseth og Apelsvoll), lagret ved 8 °C og gitt 3 ulike CO₂-behandlinger. Snitt over 3 lagringssesonger. Forskjellig bokstav indikerer sikre forskjeller mellom de ulike behandlingene (moden/umoden, Forseth/Apelsvoll og Kontroll/15000 ppm/Svingninger). (P<0,05).

8.4 CO₂-målinger i kommersielle lagre

For å undersøke den praktiske betydningen av CO₂-innhold for akrylamid-dannelse ble det i noen utvalgte kommersielle potetlagre gjennomført overvåking av CO₂. Det var plassert ut loggere i 6 ulike lager i løpet av sesongen 2020-2021 (lager 2, 10, 27, 28 og 29) og 2021-2022 (lager 10, 20, 27 og 29). Se avsnitt 4.1 for oversikt over lagre. Det var både eldre og nyere lagre og lagre med ulike ventilasjonssystemer.

8.4.1 Resultater og diskusjon CO₂-målinger

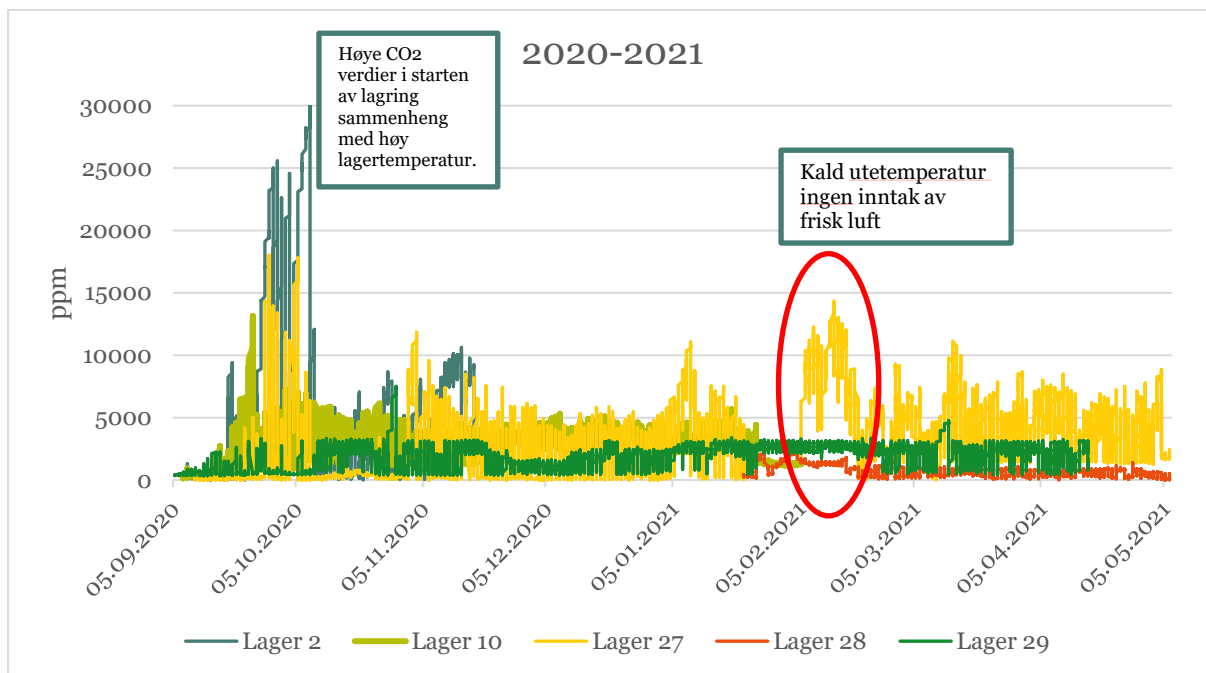
Figur 46 og Figur 47 viser CO₂-målinger fra ulike kommersielle potetlagre på Østlandet i Norge i sesongene 2020-2021 og 2021-2022. Det var forskjeller i CO₂-nivået mellom lagre i løpet av lagringssesongen.

I 2020-2021-sesongen var det høye CO₂-nivåer i starten av lagringssesongen (september) på lager 2 (29900 ppm), lager 10 (13130 ppm) og lager 27 (18030 ppm). Dette skyldes høyst sannsynlig høye temperaturer i lageret og lite inntak av frisk luft, da poteten ånder mer jo høyere temperatur det er i lageret.

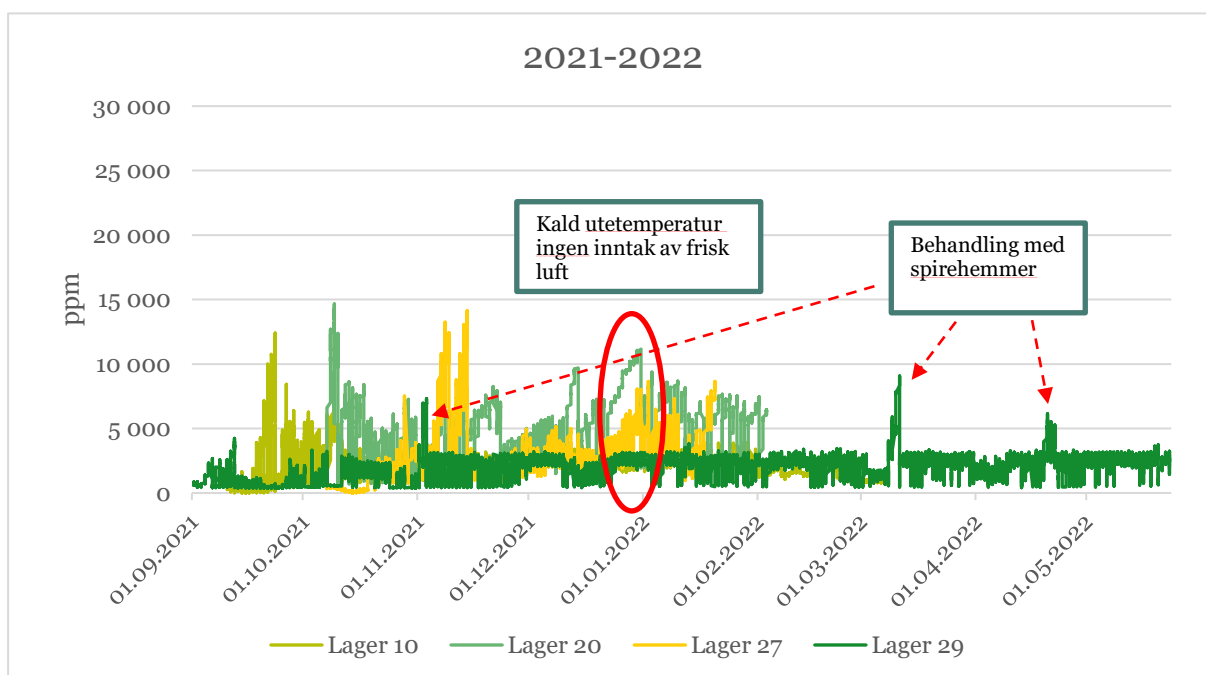
I begge sesongene var det en kuldeperiode, der utetemperaturen var lav og det ikke ble tatt inn frisk luft i en periode på ca. 2 uker i lageret. Dette ses ved at CO₂-nivået stiger og at det i denne perioden ikke registreres CO₂ ned mot 0 ppm.

I lager med CO₂-kontroll kan man kjøre omluft, som i noen grad hjelper på å fordele luften i lageret og unngå at CO₂ legger seg i bunnen av lageret, da CO₂ er tyngre enn O₂. I noen lagre er det installert «CO₂-utlufting» i bunnen av lageret som trekker CO₂ ut fra gulvnivå i lageret (Bilde 18). I 2020-2021 var det en kuldeperiode i starten av februar, mens det i 2021-2022 var en kald periode i slutten av desember.

I 2021-2022 sesongen sees det i lager 29 et stabilt CO₂-nivå (ca 3000 ppm), da dette lageret har CO₂-kontroll (Figur 47). Det sees også 3 små perioder av 48 timer, der CO₂ nivået har vært oppe på ca 9000 ppm. Dette skyldes at lageret ble behandlet med spirehemmer tre ganger.



Figur 46. Målte CO₂-verdier i fem ulike kommersielle lagre gjennom lagringssesongen 2020-2021.



Figur 47. Målte CO₂-verdier i fire ulike kommersielle lagre gjennom lagringssesongen 2021-2022.



Bilde 18. Liten vifte plassert ved bakveggen i gulvhøyde i omluft-lager til CO₂-utlufting. (foto: Pia Heltoft)

Tabell 37 viser gjennomsnittsnivået for CO₂ og minimum og maximum registrert CO₂-nivå i lagrene. Dette viser noe variasjon mellom lagre. I Tabell 38 er det vist kvalitetsmålinger fra potetprøvene av Peik og Lady Claire som var lagt inn i de respektive lagre.

Om kvalitetsmålinger holdes opp mot målte CO₂-nivåer i lagrene finnes det ingen sammenheng mellom høye CO₂-nivåer og redusert kvalitet i lagrene. Dette tyder, i likhet med forsøkene i småskala, på at høye CO₂-nivåer spiller liten rolle for kvalitet ut fra lager.

Tabell 37. Målte CO₂-nivåer (snitt, max og min) gjennom lagringsperioden i sesongene 2020-2021 og 2021-2022.

2020-2021	Lager 2	Lager 10	Lager 20	Lager 27	Lager 28	Lager 29
Gjennomsnitt CO ₂	6311	2932	-	3556	732	1931
Minimum CO ₂	0	130	-	0	10	350
Maximum CO ₂	29990	13130	-	18030	2410	7500
2021-2022						
Gjennomsnitt CO ₂	-	2311	5240	2935	-	1966
Minimum CO ₂	-	0	360	0	-	350
Maximum CO ₂	-	12390	14660	14140	-	9060

Tabell 38. Kvalitet ut fra kommersielle lager med målte CO₂-nivåer i lagringsperioden i sesongene 2020-2021 og 2021-2022.

Uker på lager	Lady Claire			Peik		
	Vekttap	Fritering	Akrylamid	Vekttap	Fritering	
2020-2021						
Lager 2	23	6,9	7,3	175	8,6	7,8
Lager 10	22	7,5	8,0	289	9,6	6,9
Lager 27	40	9,5	6,3	381	12,1	5,3
Lager 28	41	9,5	6,8	625	11,3	6,3
Lager 29	40	10,2	8,8	196	12,0	5,5
2021-2022						
Lager 10	25	9,9	7,8	149	4,7	6,5
Lager 20	43	6,4	6,8	296	5,1	5,3
Lager 27	22	4,0	5,0	236	3,4	7,0
Lager 29	41	6,5	7,5	192	6,7	6,5

9 Hovedkonklusjoner

I dagens potetlagre brukes det lagersystemer med ulike typer ventilasjonssystemer. Det er i hovedsak brukt to typer ventilasjonssystemer, enten med liten luftmengde eller med større luftmengder. Uansett lagerløsning er det viktig at lageret styres som prinsippet tilsier. Kassene må være stablet korrekt i forhold til det ventilasjons-systemet som er brukt, for å få riktig luftfordeling i lageret. Røyktest kan være en metode til å undersøke luftfordelingen i et lager. I dette prosjektet ble det ikke funnet forskjeller i kvalitet ut fra lager, i forhold til hvilket ventilasjonssystem som ble brukt. Derimot var det enkeltlagre som slo ut med dårlig lagringskvalitet, noe som kunne forklares med råteproblematikk i lageret, utilstrekkelig temperaturstyring på lageret eller utfordringer med kassestabling.

I lagre med liten luftmengde tok det lengre tid å senke temperaturen til stabilt nivå enn på lager med større luftmengder. I år med utfordrende værforhold under innhøsting kan det være krevende å tørke og nedkjøle potetene i lager med lav luftmengde. Motsatt kan det i noen lagre med store luftmengder være fornuftig å sette en frekvensomformer på viften og kjøre med litt mindre luftmengder, for å senke energiforbruket i den temperaturstabile delen av lagringsperioden. En ny type tørke for poteter før lagring ble testet i 2019-20. Denne viste god luftfordeling gjennom kassene og vil bidra til reduksjon av nødvendig kuldekapasitet og avfuktingsevne på lageret.

Det finnes både lagre med og uten kjøling til industripotet. Det totale kuldebehovet vil variere stort gjennom lagringsperioden, og være størst etter sårhelingsperioden og i slutten av lagringssesongen, om det lagres til mai/juni. Ved investering i kjølemaskin er det først og fremst viktig å få gjort en beregning på kuldebehovet, dernest bør man være oppmerksom på hvilket kuldemedium som blir brukt, da noen av de gamle typer kuldemedium blir utfaset i løpet av få år på grunn GWP (global warming potential).

Kvaliteten ut fra lager var i stor grad påvirket av temperatur. Ulike sorter har ulike krav til temperatur på lager. I prosjektet ble det vist at Lady Claire kunne lagres ned til 6 °C uten at sukkernivået og dermed friteringsfargen ble for mørk, og akrylamidinnholdet kritisk høyt, mens Peik helst skulle lagres over 7 °C. Lengden på lagringssesongen hadde betydning for kvaliteten; jo lengere tid på lager, dess større vekttap, mer groing og mer sukker i knollene. Kiebitz er også en sort som tåler lave temperaturer ned mot 5 °C uten at sukkerinnholdet påvirkes i vesentlig grad.

Rekondisjonering (her: oppvarming til 15 °C etter lagring ved 5 °C) kan være en metode til å redusere sukker og mørkfarging i noen sorter til pommefrites og chips, spesielt sorter som i utgangspunktet har høyt sukkerinnhold. Det anbefales å være oppmerksom på at det kan gi mye groing og store vekttap når denne metoden benyttes. Metoden bør derfor kun benyttes i nødtilfeller.

Det er ikke nødvendig å kjøre lengre enn tre uker med rekondisjonering ved 15 °C. Rekondisjonering må ikke gjennomføres for sent på lagringssesongen, da knollene må ha riktig fysiologisk alder for at metoden skal virke etter hensikten.

Forekomst av høye CO₂-nivåer opp mot 15000 ppm har ikke negativ effekt på friteringsfarge, sukkerinnhold og akrylamid i de fleste sorter. Gullflaks er et unntak, som i småskalaforsøk hadde litt mørkere friteringsfarge og høyere glukoseinnhold etter å ha blitt utsatt for perioder med høyt nivå av CO₂.

Det var tendens til mer groing i sortene Pirol og Kiebitz etter behandling med svingninger i CO₂-nivå, noe som enten kan ha sammenheng med en liten stigning i temperatur under behandlingene, men som også kan være et tegn på stress i knollene. Finnes det råte i partier som skal lagres inn, spesielt bakterieråter, som liker anaerobe forhold, anbefales det å være oppmerksom på CO₂-nivået i lageret. Fra målinger i kommersielle lager finnes det ingen indikasjoner på at kvaliteten ble forringet ut fra lager, selv om det i små perioder gjennom lagringssesongen var høye CO₂-nivåer i lageret.

Nye friteringssorter til markedet bør testes for både sukkerakkumulering under ulike temperaturforhold under lagring, og følsomhet for høye CO₂-nivåer under lagring.

10 Litteraturreferanse

- Alamar, M. C., Tosetti, R., Landahl, S., Bermejo, A., and Terry, L. A. (2017). Assuring Potato Tuber Quality during Storage: A future Perspective. *Frontiers in Plant Science* **8**, 1-6.
- Amrein, T. M., Bachmann, S., Noti, A., Biedermann, M., Barbosa, M. F., Biedermann-Brem, S., Grob, K., Keiser, A., Realini, P., and Escher, F. (2003). Potential of acrylamide formation, sugars, and free asparagine in potatoes: A comparison of cultivars and farming systems. *J Agric Food Chem* **51**, 5556-5560.
- Cunnington, A. C., and Pringle, R., eds. (2008). "Store Managers' Guide," pp. 1-56.
- Daniels-Lake, B. J. (2012). Effects of elevated CO₂ and trace ethylene present throughout the storage season on the processing colour of stored potatoes. *Potato Research* **55**, 157-173.
- Daniels-Lake, B. J. (2013). The combined effect of CO₂ and ethylene sprout inhibitor on the fry colour of stored potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Potato Research* **56**, 115-126.
- Daniels-Lake, B. J., Prange, R. K., and Walsh, J. R. (2005). Carbon dioxide and ethylene: a combined influence on potato fry color. *HortSci* **40**, 1824-1828.
- de Meulenaer, B., Wilde, T. d., Mestdagh, F., Govaert, Y., Ooghe, W., Fraselle, S., Demeulemeester, K., Peteghem, C. v., Calus, A., Degroodt, J.-M., and Verhe, R. (2008). Comparison of potato varieties between seasons and their potential for acrylamide formation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **88**, 313-318.
- Driskill, E. P., Knowles, L. O., and Knowles, N. R. (2007). Temperature-induced changes in potato processing quality during storage are modulated by tuber maturity. *Am. J. Potato Res* **84**, 367-383.
- Elmore, J. S., Briddon, A., Dodson, A. T., Muttucumaru, N., Halford, N. G., and Mottram, D. S. (2015). Acrylamide in potato crisps prepared from 20 UK-grown varieties: effects of variety and tuber storage time. *Food Chemistry* **182**, 1-8.
- European Commission (2017). Establishing mitigation measures and benchmark levels for the reduction of the presence of acrylamide in food. Brussels: European Commission.
- Græe, T. (1991) Lagerrom for friske planteprodukter, temperatur-stabilisering, virkemidler. Notat av 01.04.91. Institutt for tekniske fag.
- Harper, G., and Cunnington, A. C. (2010). The Effect of Atmospheric Components in Potato Storage on Tuber Quality Characteristics. *AHDB, R298* **7**.
- Heltoft, P., Molteberg, E. L., Nybråten, R., and Rødningsby, M. T. (2015). Kvalitet av potet ut fra lager: Hva betyr ventilasjonssystemet? *Gartneryrket* **5**, 21-24.
- Heltoft, P., Wold, A.-B., and Molteberg, E. L. (2016). Effect of ventilation strategy on storage quality indicators of processing potatoes with different maturity levels at harvest. *Postharvest Biology and Technology* **117**, 21-29.
- Heltoft, P., Wold, A.-B., and Molteberg, E. L. (2017). Maturity indicators for prediction of potato (*Solanum tuberosum* L.) quality during storage. *Postharvest Biology and Technology* **129**, 97-106.
- Hertog, M. L. A. T. M., Tijsskens, L. M. M., and Hak, P. S. (1997). The effect of temperature and senescence on the accumulation of reducing sugars during storage of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers: a mathematical model. *Postharvest Biol. Technol.* **10**, 67-79.

- Hogervorst, J. G., Schouten, L. J., Konings, E. J., Goldbohm, R. A., and van den Brandt, P. A. (2007). A prospective study of dietary acrylamide intake and the risk of endometrial, ovarian, and breast cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* **16**, 2304-13.
- Iritani, W. M., and Weiler, L. D. (1978). Factors influencing reconditioning of Russet Burbank potatoes. *American Potato Journal* **55**, 425-430.
- Khanbari, O. S., and Thompson, A. K. (1994). The effect of controlled atmosphere storage at 4°C on crisp colour and on sprout growth, rotting and weight loss of potato tubers. *Potato Research* **37**, 291-300.
- Khanbari, O. S., and Thompson, A. K. (1996). Effect of controlled atmosphere, temperature and cultivar on sprouting and processing quality of stored potatoes. *Potato Research* **39**, 523-531.
- Knowles, N. R., Driskill, E. P., and Knowles, L. O. (2009). Sweetening responses of potato tubers of different maturity to conventional and non-conventional storage temperature regimes. *Postharvest Biology and Technology* **52**, 49-61.
- Knutsen, S. H., Dimitrijevic, S., Molteberg, E. L., Segtnan, V. H., Kaaber, L., and Wicklund, T. (2009). The influence of variety, agronomical factors and storage on the potential for acrylamide formation in potatoes grown in Norway. *LWT - Food Science and Technology* **42**, 550-556.
- Kyriacou, M., Siomos, A., M Ioannides, I., and Gerasopoulos, D. (2009). "The chip-processing potential of four potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars in response to long-term cold storage and reconditioning."
- Lærke, P. E., and Christiansen, J. (2005). Variation in chemical composition of potato tubers and discolouration of crisps between and within years. pp. 109-118. International Society for Horticultural Science (ISHS), Leuven, Belgium.
- Mazza, G., and Siemens, A. J. (1990). Carbon dioxide concentration in commercial potato storages and its effect on quality of tubers for processing. *American Potato Journal* **67**, 121.
- Mottram, D. S., Wedzicha, B. L., and Dodson, A. T. (2002). Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature* **419**, 448-449.
- Møllerhagen, P. J. (2017). Potetsorter til chips. *Jord og plantekultur 2017. Forsøk i korn, olje- og proteinvekster, engfrøavl og potet 2016* **3**, 297-300.
- Møllerhagen, P. J., Rødningsby, M. T. og Nybråten, R. (2021) Potetsorter til chips. *Jord og plantekultur 2020. Potetsorter til Chips. Forsøk i korn, olje- og proteinvekster, engfrøavl og potet 2020. s. 294-298.*
- Møllerhagen, P. J., Sæther, K. og Nybråten, R. (2022) Potetsorter til Chips. *Jord og plantekultur 2021. Forsøk i korn, olje- og proteinvekster, engfrøavl og potet 2021. s. 281-285*
- Oberg, N., Olsen, N., and Kleinkopf, G. E. (2013). Relative Humidity: A Key to Successful Potato Storage.
- Olesen, P. T., Olsen, A., Frandsen, H., Frederiksen, K., Overvad, K., and Tjønneland, A. (2008). Acrylamide exposure and incidence of breast cancer among postmenopausal women in the Danish Diet, Cancer and Health Study. *Int J Cancer* **122**, 2094-100.
- Powers, S. J., Mottram, D. S., Curtis, A., and Halford, N. G. (2017). Acrylamide levels in potato crisps in Europe from 2002 to 2016. *Food Additives & Contaminants: Part A* **34**, 2085-2100.
- Sowokinos, J. R., and Preston, D. A. (1988). Maintenance of potato processing quality by chemical maturity monitoring (CMM). In "Minnesota Agricultural experiment station", <https://conservancy.umn.edu/handle/11299/139536>.

Viklund, G. Å., Olsson, K. M., Sjöholm, I. M., and Skog, K. I. (2008). Variety and storage conditions affect the precursor content and amount of acrylamide in potato crisps. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **88**, 305-312.

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter.