



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2020 30 stp.**

Fakultet for biovitenskap (BIOVIT)

## Kornkvalitet i tre norske havresorter – og sortenes egnethet for havregrynproduksjon

Grain Quality of three Norwegian Oat Cultivars –  
and their Suitability for Rolled Oat Production

Stine Anthonisen

Matvitenskap

## Forord

Denne oppgaven er skrevet som en del av en toårig masterutdanning i Matvitenskap - Produksjon og utvikling av næringsmidler ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Oppgaven er skrevet for forskningsprosjektet FoodProFuture, og forsøkene er utført ved Nofima Ås, våren 2020.

Det er mange personer jeg ønsker å takke for bidrag til oppgaven de siste månedene. Først og fremst vil jeg rette en stor takk til min hovedveileder, Prof. Anne Kjersti Uhlen, for god veiledning og konstruktive tilbakemeldinger, hjelp til valg av metoder og uvurderlig støtte underveis. Tusen takk for ditt engasjement knyttet til oppgaven, og for at du tar en aktiv rolle for å formidle forskning på fremtidig matproduksjon i Norge. Det har vært en nøkkelmotivasjon gjennom masterarbeidet. Tusen hjertelig takk til mine biveiledere, Svein Halvor Knutsen og Stefan Sahlstrøm, for hjelp til valg av metoder, for deling av kunnskap, og for mange gode råd underveis. Jeg setter stor pris på at døren hos dere alltid har vært åpen, og for at dere har gitt så mye av deres tid.

Takk til Karin Svinnset og Eija Bakken for god hjelp med forarbeid og analyser ved Vollebekk. Tusen hjertelig takk, Hanne Zobel, for uvurderlig hjelp og veiledning til bruk av instrumenter ved Nofima, og for mange gode råd underveis. Jeg vil også takke Mona Ringstad, Anne Rieder og medstudent Ingeborg Lea Ertesvåg, for hjelp med instrumenter. Jeg ønsker å takke FoodProFuture for økonomisk støtte, og for å la meg ta del i prosjektet. Jeg er takknemlig for å ha blitt invitert med på møter og seminarer, og setter stor pris på at dere har latt meg få et innblikk i hvordan det er å være med i et stort og tverrfaglig forskningsprosjekt.

Jeg vil også rette en stor takk til familie og venner, som har motivert, korrekturlest, og som stadig viser interesse for prosjektene jeg tar del i. En spesiell takk til Kjetil Vindedal for daglig motivasjon og god hjelp i Excel.

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Ås, Juni 2020

---

Stine Anthonisen

## Sammendrag

Havre er en god kilde til viktige næringsstoffer som karbohydrater, fiber ( $\beta$ -glukan), proteiner og fett. Proteinene har en gunstig aminosyresammensetning, og i kombinasjon med belgvekster vil havre kunne gi produkter med fullverdige proteiner. Etterspørselen av havre som matkorn, har økt de siste årene. Proteinrik mat er helt essensielt i kosten, og med en stadig økende befolkning på verdensbasis, er vegetabiliske proteinkilder sentralt i retning av et mer bærekraftig kosthold. Som matkorn brukes havre først og fremst som havregryn og grøt. Det har vært gjort lite forskning i Norge på hvordan kornkvaliteten i råvare påvirker kvaliteten i havregryn, og kunnskap om sortenes egnethet til havregrynproduksjon er derfor begrenset. Særlig viktige kvalitetsparametere for havregryn er flakstyrke, vannabsorpsjon og viskositet. I tillegg er sensoriske egenskaper som farge og smak viktig for industriens – og forbrukernes valg av råvarer.

Kornkvalitet i tre norske havresorter: Avetron, Dovre og Vinger, ble undersøkt for å karakterisere sortenes egnethet til havregrynproduksjon. Formålet var å undersøke om forskjeller i kornkvalitet kunne relateres til spesifikke egenskaper i havregrynene. Videre var det ønskelig å undersøke om variasjoner i proteininnhold ville påvirke kvaliteten og funksjonelle egenskaper i havregryn, og hvordan dette ville komme til uttrykk når havregryn ble prosessert til ulike flaktykkelser.

Dovre hadde høyere proteininnhold enn Avetron og Vinger, både i korn fra 2018 og 2019. Alle sortene hadde imidlertid signifikant høyere innhold av protein i 2018. Kornene fra 2018 var også større, og hadde lavere skallprosent. Vanligvis foredles sortene basert fra skallprosent, kornfylling og utbytte, men for havre som matkorn vil også parametere som flakstyrke, farge og næringskomponenter være viktig for forbruker. Flaktykkelse hadde en sterk effekt på flakstyrke i havregrynene. Andelen ødelagte flak var størst for tynne havregryn. Tynne havregryn hadde høyere viskositet ved oppvarming i vann, under avkjøling, og i ferdig produkt. Havregrynenes tykkelse hadde også en effekt på farge, der tynne havregryn var lysere.

Høyt proteininnhold ga lavere viskositet, og det var ventet å finne at havregryn av Vinger, med relativt lavt innhold av fett og protein, ville ha høyere viskositet enn Avetron og Dovre. Ved RVA ble det imidlertid observert mange likheter mellom viskositetsegenskapene i Vinger og Avetron. Dovre hadde høyere peak viskositet, men likevel var det ingen signifikante forskjeller i sluttviskositeten mellom sortene.

## Abstract

Oat provide a good source of important nutrients such as carbohydrates, fibre ( $\beta$ -glukan), proteins and fat. The oat proteins have a desirable composition of amino acids, and in combination with legumes, products will provide essential amino acids to form a complete source of protein. The demand for food grade oats has increased the last few years. Protein rich foods is an essential part of a nutritious diet, and with the world's increasing population, plant-based protein sources are essential to meet the demand, as well as ensuring healthy diets. Oats for consumption are mainly used as cereals and porridge. In Norway, studies of the grain qualities effects on rolled oats are limited, and the knowledge about different cultivars suitability for rolled oat production is limited. Important quality parameters for rolled oats is flake strength, water absorption, and viscosity. In addition to this, sensory qualities such as colour and taste, are important for the industry, as well as for the consumers.

The grain quality of three Norwegian oats: Avetron, Dovre and Vinger, were examined to characterise the suitability for rolled oats production. The goal was to examine if differences in grain quality could be related to specific attributes in rolled oats. Further, it was desirable to examine if variations in protein content would affect the quality and functional properties in rolled oats and how this would be expressed when the rolled oats were processed into different flake thicknesses.

Dovre showed a higher protein content than the other cultivars, both in grains from 2018 and 2019. All the cultivars had a higher protein content in grains from 2018. Grains from 2018, were also bigger in size, and they had a lower hull content. Flake thickness showed a significant effect on flake strength in rolled oats. The amount of damaged flake particles was larger in thinner flakes. Thin flakes also showed a higher viscosity during heating, cooling and in final product. The thickness also influenced colour in rolled oats, where thin flakes were lighter in colour. High content of protein gave lower viscosity, and it was expected to find a higher viscosity in Vinger, due to lower content of protein. However, the viscosity curves for Avetron were found to be similar as Vinger in many parameters. In RVA, Dovre showed a higher peak viscosity, but still, there were no significant differences in final viscosity between the cultivars.

## Innholdsfortegnelse

Forord.....	i
Sammendrag.....	ii
Abstract .....	iii
Forkortelser .....	iii
1. Innledning.....	1
1.1 En bærekraftig tilnærming til fremtidig matproduksjon .....	1
1.2 Potensial for bedre utnyttelse av norsk havre .....	1
1.3 Formålet med oppgaven.....	2
2. Litteratur .....	3
2.1 Dyrking og vekstbetingelser for norske havresorter .....	3
2.1.1 Markedsandeler for havresortene.....	3
2.1.2 Dyrkingsegenskaper og kornkvalitet .....	4
2.1.3 Klimaendringer og kornproduksjon.....	5
2.2 Havrens oppbygning .....	6
2.2.1 Morfologi.....	6
2.2.2 Kjemisk innhold .....	7
2.3 Havreprosessering.....	10
2.3.1 Rensing og sortering av korn.....	10
2.3.2 Avskalling.....	11
2.3.3 Stabilisering av kornet ved darring.....	11
2.3.4 Temperering, flaking og tørking.....	12
2.4 Parametere for måling av flakkvalitet.....	13
2.4.1 Flakstyrke .....	13
2.4.2 Vannbindingsevne og viskositet.....	14
2.4.3 Farge i havregryn.....	15
3. Materialer og metoder .....	17
3.1 Plantemateriale og prøveutvelgelse.....	17
3.1.1 Tusenkornvekt (TKV) .....	18
3.1.2 Sortering med hensyn på kornstørrelse.....	18
3.1.3 Beregning av skallprosent.....	19
3.1.4 Oppmaling av korn til proteinanalyse.....	19
3.1.5 Hektolitervekt (HLV) .....	19
3.1.6 Prøveutvelgelse med hensyn på proteininnhold .....	19
3.2 Prosessering til havregryn .....	20
3.2.1 Avskalling av havrekorn.....	20
3.2.2 Bestemmelse av tørrstoff i korn.....	22

3.2.3 Damping av korn i kombidamper .....	22
3.2.4 Flaking av korn til havregryn .....	23
3.2.5 Tørking av havregryn .....	24
3.3 Analyser for bestemmelse av flakkvalitet .....	25
3.3.1 Sikting av havregryn for måling av andel ødelagte flak (ødelagte flak, %) .....	25
3.3.2 Fargemåling ved hjelp av DigiEye™ .....	26
3.3.3 Bestemmelse av vannbindingsevne .....	26
3.3.4 Viskositetsmåling ved Rapid Visco™ Analyser (RVA™).....	27
3.4 Statistisk behandling av data.....	28
3.4.1 Variansanalyser (ANOVA) .....	28
3.4.2 Tukey's Test .....	28
3.4.3 OLS regresjonsanalyse .....	28
4. Resultater.....	29
4.1 Dyrkingsegenskaper i ulike sorter.....	29
4.1.1 Kornstørrelsesfraksjoner.....	30
4.1.2 Proteininnhold .....	31
4.1.3 Hektolitervekt (HLV) .....	32
4.2. Vanninnhold i korn under prosessering .....	33
4.3 Flakanalyser av havregryn .....	34
4.3.1 Andel ødelagte flak.....	34
4.3.2 Fargemålinger.....	37
4.3.2 Vannbindingsevne .....	39
4.3.2 Viskositetsmålinger .....	40
5. Diskusjon.....	48
5.1 Kornkvalitet i Avetron, Dovre og Vinger .....	48
5.2 Prosessering .....	51
5.3 Kvalitetsegenskaper i havregryn.....	53
5.3.1 Farge i havregryn.....	53
5.3.2 Flakstyrke .....	55
5.3.3 Vannbindingsevne og viskositet.....	56
6. Konklusjon.....	61
Referanseliste .....	63
Appendiks.....	a

## Forkortelser

ANOVA = Analysis of Variance

C= Chroma

CIELAB = Commission Internationale de l'Eclairage Lab

cP = centipoise

d = diameter

dH<sub>2</sub>O = destillert vann

DON = deoxynivalenol

g = gram

°H = °Hue

kg = kilogram

min = minutt(er)

mm = millimetre

N = nitrogen

OLS = Ordinary Least Squares

rpm = rounds per minute/rotasjoner per minutt

RVA = Rapid Visco Analyser

R<sup>2</sup> = korrelasjonskoeffisient (R kvadrert)

Temp = temperatur

TC = Total karbon

TN = Total nitrogen

TS = tørrstoff

µm = mikrometer

## **1. Innledning**

### **1.1 En bærekraftig tilnærming til fremtidig matproduksjon**

Store globale endringer i vær og klima gjør matproduksjon mer sårbar. De neste årene er det i Norge forventet høyere gjennomsnittstemperaturer, økt frekvens av ekstreme værforhold, og endringer i nedbørsmengder (Bardalen, 2018; FAO, 2018; Hanssen-Bauer et al., 2016). Dette medfører behov for mat og matproduksjonssystemer som kan tilpasses de forventede klimaendringene som vil påvirke jordbruket. Samtidig vil en stadig økende befolkning på verdensbasis gi utfordringer knyttet til matsikkerhet. FNs klimapanel påpeker at globale klimaendringer kan gi store lokale og globale konsekvenser for matforsyning (IPCC, 2015; Sivertsvik et al., 2018). Tiltak som sortsfremgang og utvikling av mer klimatilpassede sorter kan bidra til økt grad av selvforsyning, og dermed gjøre Norge mindre utsatt for global produksjons- og forsyningsvikt (Bardalen, 2018; Eid Hohle, 2016; FAO, 2018). En bærekraftig tilnærming til fremtidens matproduksjon krever gode kunnskaper om utvikling av både sorter og dyrkningssystemer for å kunne produsere råvarer med høy ernæringsverdi, samtidig som miljøbelastningene reduseres. I en slik tilnærming inngår også kunnskap om sortenes funksjonelle egenskaper, deres egnethet for prosessering, og optimalisering av råvareprosesseringen.

### **1.2 Potensial for bedre utnyttelse av norsk havre**

I Norge brukes normalt mer enn 80 % av det norske kornet til fôr (Landbruksdirektoratet, 2018). Produksjonen av hvete og rug er innrettet for bruk til mat, og hvete er den dominerende matkornarten i Norge (Holtet et al., 2020; Landbruksdirektoratet, 2018). Det settes høye krav til hvetekvalitet, da hvete i stor grad brukes til produksjon av brød. Ofte er det dårlig hvetekvalitet som er årsaken i sesonger med svært lavt forbruk av norsk korn til mat (Eldby & Thuen, 2016). Store områder i Norge er bedre egnet for dyrking av bygg og havre til mat, og anvendelse av disse to kornartene har et stort potensial. Etterspørsel etter havre har økt både i matindustrien og i kraftfôrindustrien de siste ti årene, noe som til dels skyldes bedre forståelse av helsefordelene som assosieres med havrens kjemiske innhold (Eldby & Thuen, 2016; Webster & Wood, 2011). Korn betraktes først og fremst som en viktig energi – og karbohydratkilde, men havre skiller seg fra andre kornarter med en svært god aminosyresammensetning, og høyt innhold av fett, fytokjemikalier og løselig fiber ( $\beta$ -glukaner) (Holtet et al., 2020; Rasane et al., 2015). Eksakt innhold av de ulike næringsstoffene kan imidlertid variere med sort, dyrkingsforhold og klima (Doehlert et al., 2001; Kris-Etherton et al., 2014; Saastamoinen et al., 2004).

Etterspørselen gjenspeiler et økt fokus på helse, miljø, og bærekraft i befolkningen (Landbruksdirektoratet, 2018; Sandbu, 2020). Interessen for vegetarprodukter er økende, og ifølge



dagligvarekjedene er det ingen produktkategori som vokser raskere (Gonera & Milford, 2018). Prosjekter som «FoodProFuture» og «NORSKvegetar», viser at industrien sammen med forskningsinstitusjonene er pådrivere i utviklingen av nye, plantebaserte produkter laget av norske råvarer. Havre regnes som en potensielt billig kilde til proteiner med høy ernæringsverdi, og kombinasjonen av havre og belgvekster kan gi produkter med fullverdige proteiner (Günther, 2019; Rasane et al., 2015).

### **1.3 Formålet med oppgaven**

Forskningsprosjektet FoodProFuture har som formål å utvikle en kunnskapsplattform for optimal produksjon og utnyttelse av norske, proteinrike vekster til mat. Hensikten er at vekster som åkerbønner, erter og havre skal kunne utgjøre råvarene i næringsrike og attraktive plantebaserte matvarer med høyt proteininnhold. I skiftet mot et mer bærekraftig kosthold er proteinrike råvarer helt sentrale. Et høyt innhold av proteiner med gunstig aminosyresammensetning indikerer ofte god biologisk og ernæringsmessig verdi. Det kjemiske innholdet styrer også hvilke funksjonelle egenskaper produktet har.

Havre prosesseres hovedsakelig til havregryn som er relativt enkelt å produsere for matindustrien, og som er enkelt å konsumere for forbrukerne. I utviklingen av nye produkter med havre som ingrediens, er funksjonelle egenskaper som vannbindingsevne og viskositet av stor betydning for den industrielle prosessen, og for endelig produkt. Norsk matindustri bruker norskdyrket havre dersom kvaliteten er god nok, men ofte må det importeres havre for å sikre god kvalitet i havregrynene. Importert havre har i hovedsak kommet fra Finland og Sverige (Callisen et al., 2005; Lapveteläinen et al., 2001). Det har vært gjort lite forskning i Norge på hvordan kornkvaliteten i råvaren påvirker kvaliteten av havregryn og deres funksjonelle egenskaper. Hensikten med oppgaven er derfor å undersøke egnethet for havregrynproduksjon av tre ulike norske havresorter: Avetron, Dovre og Vinger. Sortene ble dyrket i feltforsøk med ulik gjødsling og i ulike sesonger, som ga variasjoner i proteininnhold.

Prøvematerialene fra de tre sortene er derfor valgt ut slik at de har variasjon i proteininnhold.

Oppgaven er konsentrert om følgende tre spørsmål:

- 1) Er det forskjell på sortene Avetron, Dovre og Vinger i egnethet for produksjon av havregryn, og gir dette forskjeller i havregrynenes funksjonelle egenskaper?
- 2) Kan eventuelle forskjeller relateres til spesifikke kvalitetsegenskaper?
- 3) Hvordan påvirker proteininnholdet kvaliteten av havregryn, og hvordan kommer dette til uttrykk når havregryn prosesseres til ulike flaktykkelser?

## 2. Litteratur

### 2.1 Dyrking og vekstbetingelser for norske havresorter

Vanlig hvit havre (*Avena sativa* L.) tilhører gressfamilien og er en ettårig kulturplante. I Norden dyrkes sommerrettårige sorter, men vinterrettårige finnes også (Holtet et al., 2020). På grunn av god tilpasning til tempererte områder, med særlig preferanse for kjølige og fuktige vekstsesonger, og evnen til å vokse i ulike jordtyper, regnes havre ofte for å være den mest allsidige og robuste kornsorten (Sahlstøm & Knutsen, 2010). I 2019 ble det i alt dyrket nesten 1,3 millioner tonn korn i Norge, hvorav havre utgjorde 220 000 tonn (Statistisk sentralbyrå, 2020). Havre dyrkes hovedsakelig på Østlandet, hvor både klimaet og jorda er egnet for et mangfold av kulturvekster. Vekstsesongens lengde er en viktig begrensende faktor for utbredelse av dyrkingsområder for kornartene (Hanssen-Bauer et al., 2016). Således har bygg, som krever en kortere vekstsesong, den største utbredelsen nordover – og i høyereliggende områder i Norge, mens havre er en god nummer to.

#### 2.1.1 Markedsandeler for havresortene

Belinda har lenge vært kjent som en referansesort med klart høyest markedsandel her til lands, og var lenge en foretrukket sort også for havregrynproduksjon. Nye sorter med forbedrede dyrkingsegenskaper har imidlertid kommet på markedet de siste årene (Russenes et al., 2019). Belinda har siden 2010 gått fra å ha en markedsandel på 57%, til en markedsandel på 18% i 2018. Til sammenligning hadde nye sorter som Odal, Vinger og Haga markedsandeler på henholdsvis 25-, 20- og 10% i 2018. Vinger er en sen sort som ble godkjent i 2010, og har siden da blitt godt innarbeidet på markedet. Sorten har gjennom verdiprøvningsforsøk over flere år, vist seg å ha like god kornkvalitet som Belinda (Russenes et al., 2019). Vinger har et tilsvarende innhold av protein som Belinda, men innhold av fett er lavere. Vinger har i tillegg lavere skallprosent, og lavere DON-tall enn Belinda.

Flere nye sorter har blitt introdusert de siste årene. Tidligsortene Dovre og Avetron ble godkjent i henholdsvis 2015 og 2016, og resultater fra forsøk viser at begge sorter har gjennomgående god kornkvalitet (Russenes et al., 2019; Åssveen et al., 2016). Dovre har imidlertid et betydelig lavere avlingsnivå enn andre tidligsorter, men gir et potensiale for økt havredyrking i Norge da den er spesielt tidlig (Åssveen et al., 2016). Andre dyrkingsegenskaper som kjennetegner Dovre er at den har et svært høyt proteininnhold, men et relativt lavt innhold av fett. Dette tilsvarer fettinnholdet i Vinger. Dovre har også høy hektolitervekt og lav skallprosent. Avetron har et noe høyere fettinnhold enn Dovre og Vinger, men et høyt innhold av protein. I tillegg har Avetron høy hektolitervekt. Dyrkingsegenskaper hos Avetron, Dovre, Vinger og Belinda, er vist i tabell 2.1.

**Tabell 2.1.** Dyrkingsegenskaper hos Avetron, Belinda Dovre og Vinger (tabell modifisert etter tabell 20 i *Sorter og sortsprøving 2018* (Russenes et al., 2019)). Forklaring på tall og forkortelser er angitt under tabellen.

Sort	Vekst- tid	Spire- treghet	DON- verdi	Havre- brunflekk	HLV	TKV	Skall- prosent	Protein (%)	Fett (%)
<b>Avetron</b>	-3	3	6	4	8	5	6	9	7
<b>Belinda</b>	+6	5	3	5	6	7	4	6	7
<b>Dovre</b>	-6	2	6	5	8	2	8	10	4
<b>Vinger</b>	+4	3	7	5	6	6	6	6	4

Veksttid: Antall dager senere (+) eller tidligere (-) enn Ringsaker.

Øvrige: 1 = lave DON-tall; dårlig sykdomsresistens; lav hektolitervekt (HLV); lav tusenkornvekt (TKV); høy skallprosent; lav spiretreghet; lavt proteininnhold; lavt fettinnhold. 10 = høye DON-tall; god sykdomsresistens; HLV; høy TKV; lav skallprosent; høy spiretreghet; høyt proteininnhold; høyt fettinnhold.

### 2.1.2 Dyrkingsegenskaper og kornkvalitet

Kunnskap om sorter er en viktig forutsetning for effektiv produksjon og god kornkvalitet. Med norsk klima er tilgang på tidlige sorter viktig. Sortene må være tilpasset en relativt kort vekstsesong, og i tillegg være i stand til å tilpasses et klima i endring. Lave temperaturer gjør at plantene bruker lengre tid til aksskyting, og får en lenger kornfyllingsperiode. Kort vekstperiode begrenser likevel hvor sene sortene kan være, og dermed avlingsutbyttet (Uhlen et al., 2017). Kornstørrelse er avhengig av kornfyllingsperiode. Kornets størrelse og fyllingsgrad er ofte korrelert, og kan måles med henholdsvis tusenkornvekt (TKV) og hektolitervekt (HLV). Prisen på korn ved levering blir regulert etter hektolitervekt, hvor krav til basiskvalitet for havre er 53 kg/hl (Fiska, 2019). HLV korrigeres ut fra vanninnhold i kornet, hvor et vanninnhold under 15 % gjør at vekt må trekkes fra (Fiska, 2019). Høy skallprosent kan indikere lav kornfyldighet, men dette er også en egenskap som er bestemt av gener, og som varierer mellom sorter (Callisen et al., 2005). Høy skallprosent kan påvirke avskallingsprosessen negativt, - og gir lavere produktutbytte. Lav skallprosent er derfor en ønskelig egenskap for industrien.

Den kjemiske sammensetningen i kornet varierer med sort og dyrkingsforhold. Dersom dyrkningsbetingelsene fører til økt innhold av proteiner eller fett, vil ofte en tilsvarende reduksjon av stivelsesinnhold forekomme (Callisen et al., 2005; Eid Hohle, 2016). Veksttid betegner tiden kornet har å opparbeide seg organisk materiale gjennom planteutvikling og modning. Sorter med kort veksttid har altså rask utvikling fra spiring til skyting (Forbord, 2015). Sorter med lengre veksttid har flere dager på å danne anlegg for aks, og kan potensielt få større avlinger.

Noen havresorter betegnes som spiretrege, og denne egenskapen utvikles særlig ved våte og kjølige modningsforhold. Spiretreghet skyldes indre faktorer i frøet som hindrer spiringen å komme i gang. Dette kan være gunstig om høsten når den hindrer aksgroing og tap av kvalitet, men problematisk om

våren når den hindrer spiring av korn. Grad av spiretreghet måles i nye sorter gjennom å utføre spiretester og registrere andel spiretrege frø (Kimen Såvarelaboratoriet AS, 2018).

Kvalitet i kornet kan også påvirkes av biotiske faktorer som bakterier, sopp og insekter. Under vekst, innhøsting og lagring, er kornet utsatt for angrep av ulike skadegjørere. Havre har de senere årene vært spesielt mye angrepet av *Fusarium* spp., en soppsykdom som forårsaker syntese av mykotoksiner i kornet (Hjelkrem et al., 2017). I Norge er det særlig forekomst av mykotoksinet DON (deoxynivalenol) som har vært problematisk, og dette er funnet både i havre og andre kornsorter de siste årene. Det er i en studie av Hjelkrem et al. (2017) vist at forurensning av DON i havre er tydelig knyttet til værforholdene under blomstring og nær høsting. Rundt blomstring er det økt risiko for DON-akkumulering ved varmt, regnfullt og fuktig vær. Før innhøstingen øker risikoen for mykotoksinproduksjon ved varmt og fuktig vær, etterfulgt av kjølige og tørre forhold (Hjelkrem et al., 2017). Resistens mot sykdomsforekomst er en viktig egenskap for sorter, og både Avetron, Dovre og Vinger har vist lave DON-tall gjennom verdiprøvningsforsøk, sammenlignet med Belinda (Russenes et al., 2019).

### **2.1.3 Klimaendringer og kornproduksjon**

Klimaframskrivninger for Norge tilsier at årsmiddeltemperaturen øker, og at vi vil få en lengre vekstsesong i store deler av landet (Hanssen-Bauer et al., 2016). En forlenget vekstsesong kan gi et utvidet produksjonsareal for korn, og muligheter for tidligere såing om våren. Høyere temperaturer vil øke veksthastigheten, noe som kan gi redusert kornfyllingsfase. For å utnytte potensiale av en lengre vekstsesong, er det derfor viktig å følge opp med dyrking av senere sorter med høyere avlingspotensial (Hanssen-Bauer et al., 2016).

I et varmere og mer fuktig klima forventes også tidligere og sterkere angrep av skadegjørere. Angrep av 3. generasjons fritflue (*Oscinella frit*) på korn i 2019, er et eksempel på dette (Dybdal, 2019; Hermansen & Aamlid, 2019). Utvikling av flere generasjoner gjelder spesielt for arter med kort generasjonstid. Skadevirkninger av fritflue er blant annet visning av hovedskudd, svake strå, og dårlige aks (Hofsvang, 2012). Larver av fritflue gnager på kornet, og kan gi tap av avling. Vekstskifte med andre kornsorter eller belgvekster kan ha stor verdi for havre, da de har få felles skadegjørere (Hanssen-Bauer et al., 2016).

Klimaframskrivningene for nedbør er basert på færre klimasimuleringer enn for temperatur, men frem mot 2100 er det forventet en 8 % økning i nedbørmengde, og en økt frekvens av ekstreme værforhold (Hanssen-Bauer et al., 2016). Dager med kraftig nedbør vil bli flest i vinterhalvåret, mens det i korndyrkingsområdene forventes redusert nedbør i sommerhalvåret. Basert på trender de siste årene forventes en reduksjon i antall tørkedager i perioden april-mai, og en økning av tørkedager i august

(Haugen et al., 2019). Sommeren 2017 var preget av store nedbørsmengder og flom, mens 2018 hadde den tørreste sommeren på over 70 år (Haugen et al., 2019). Slike forhold gir ulike utfordringer for kornproduksjon. Store nedbørsmengder kan skade jordbruksarealer, gjøre feltarbeid vanskelig for kornbønder, og gi metningsskader i planter. For mye vann medfører tap av næring fra jorda, og om mangelen på nitrogen er stor under aksdannelse vil planten få små aks med få korn (Forbord, 2015). Havre er imidlertid den kornarten som tåler vannmetning lengst (Eid Hohle, 2016). Motsatt kan lengre perioder uten nedbør føre til tørkestress. Dette vil gi reduserte avlinger, og i verste fall avlingssvikt med store ringvirkninger, slik 2018 var et eksempel på (Seehusen et al., 2017).

## **2.2 Havrens oppbygning**

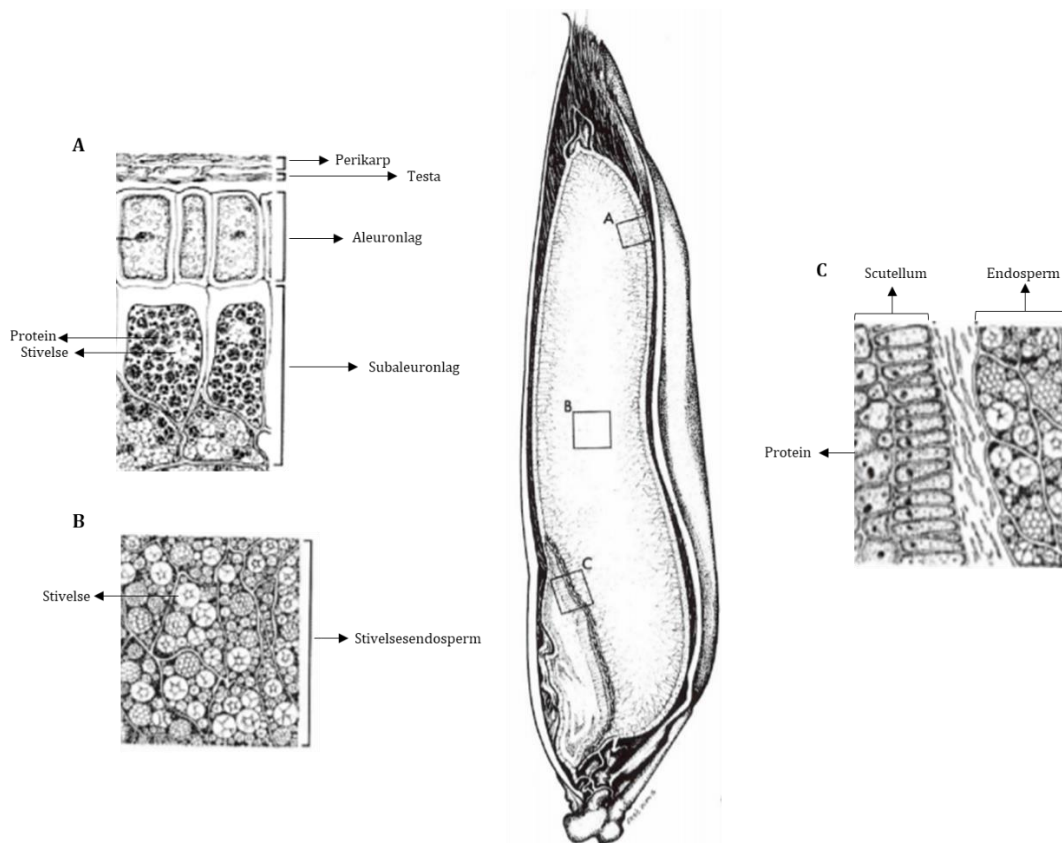
For å regnes som et fullkorn, forutsettes det at kornets kim, kli og endosperm inngår i produktet i samme mengdeforhold som i hel vare (Fardet, 2010). I disse delene av kornet finnes ulike næringskomponenter med stor betydning for kornets ernæringsmessige verdi og funksjonelle egenskaper. I nasjonale kostrådsanbefalinger fremmes et økt konsum av fullkorn som en del av et sunt og bærekraftig kosthold (Helsedirektoratet, 2016).

### **2.2.1 Morfologi**

Kornet er hovedsakelig bygget opp av kjerne (endosperm), kim, og kornskall/kli som omfatter frøskall (testa) og fruktskall (perikarp) (Mäkinen et al., 2017; Webster & Wood, 2011). Kornskallet er bygget opp av uløselig fiber, og består av flere cellelag som beskytter kjerne og kim mot uønskede faktorer som vann, sollys, skadedyr og sykdom (Webster & Wood, 2011). Testa er den delen av kornskallet som ligger lengst inn mot kjernen, mens perikarp grenser ut mot *lemma* og *palea*. Lemma og palea utgjør henholdsvis agnene (henholdsvis ytter- og inneragner), og er skallaktige blader (brakter) som omgir kornet. Disse blir normalt sittende fast på havrekornet ved treskingen, og fjernes ved avskalling.

Aleuronlaget representerer det innerste cellelaget i kliet, som grenser inn mot kjernen hvor stivelsesendospermen ligger (Webster & Wood, 2011). Aleuronlaget består av ett cellelag, hvor cellene er omgitt av en tykk cellevegg (Webster & Wood, 2011). Kliet inneholder viktige næringsstoffer som fiber, vitaminer (-B, -E) mineraler, sporstoffer og andre bioaktive komponenter (Aarnes, 2011; Mäkinen et al., 2017; Rasane et al., 2015; Webster & Wood, 2011). Overgangen fra aleuronlaget til endospermen er ikke like tydelig i havre som i hvete, og kliet i havre består derfor av en større andel stivelsesendosperm enn det som finnes i hvetekli (Webster & Wood, 2011). Kjernen utgjør rundt 80 % av totalvolumet, og fungerer som en lagringsplass for proteiner, stivelse og fett (opplagsnæring). Endospermen har langstrakte celler med tynne vegger, som ved modning er fylt med stivelse. Stivelsesendospermen inneholder også proteiner som fyller rommene mellom stivelseskornene (Uhlen, 2014).

Kimen er dannet fra den befruktede eggcellen i planten, og sitter i enden av kornet. Denne delen utgjør ca. 3 % av totalvolumet, og har et viktig organ kalt *Scutellum*. Scutellum ligger inn mot endospermen, og under spiring skjer overføring av næring fra endospermen til kim via denne (Uhlen, 2014). Kimen inneholder mye protein og fett, og lite stivelse (Webster & Wood, 2011). Oppbygning og struktur av havrekornet er vist i figur 2.1.



**Figur 2.1.** Morfologisk fremstilling av havrekornet (modifisert etter figur 5.1 i *Oats: Chemistry and Technology* (Webster & Wood, 2011)).

## 2.2.2 Kjemisk innhold

Oppmerksomheten rundt havre som mat, har økt betydelig de siste årene. Dette skyldes i stor grad havrens høye innhold av løselige fiber ( $\beta$ -glukaner), som det knyttes flere helsefordeler til (Amundsen et al., 2003; Rasane et al., 2015; Schneeman, 2001). I tillegg til høyt innhold av  $\beta$ -glukaner, er havre rik på proteiner, karbohydrater og antioksidanter (Kris-Etherton et al., 2014; Rasane et al., 2015; Webster & Wood, 2011).

### 2.2.2.1 Proteiner

I havrekorn utgjør proteinene rundt 11 – 15 % (Rasane et al., 2015; Uhlen, 2014). Proteinene er delt opp i fire grupper (Osbourne-fraksjoner) basert på løselighet: albuminer; globuliner; prolaminer; og

gluteliner. Disse er løselige i henholdsvis vann, saltløsninger, vandige alkoholløsninger og syrer/baser (Rasane et al., 2015; Uhlen, 2014). Høyt proteininnhold i kornet er ikke ensbetydende med god biologisk eller ernæringsmessig verdi, dette bestemmes av aminosyresammensetningen. Aminosyrene grupperes etter hvilke som syntetiseres naturlig i kroppen (ikke-essensielle), og hvilke som er nødvendig å få gjennom kosten (essensielle). Lysin og threonin er de mest begrensede essensielle aminosyrene i kornartene som dyrkes i Norge, men havre skiller seg ut med særlig høyt innhold av lysin (Callisen et al., 2005; Rasane et al., 2015). I tillegg har havre et høyt innhold av svovelholdige aminosyrer som cystein og metionin, i motsetning til andre proteinrike vekster som erter og bønner (Webster & Wood, 2011).

Proteinene deles gjerne inn i metabolske proteiner og lagerproteiner, hvorav albuminer og globuliner tilhører de metabolsk aktive, og prolaminer og gluteliner er lagerproteiner. Vanligvis finnes globuliner og albuminer i kimen og aleuronlaget, mens prolaminer og gluteniner først og fremst er knyttet til kornets endosperm. Proteinfraksjonene i havre er imidlertid distribuert annerledes enn proteinene i kornsorter som hvete og bygg (Åssveen, 2005). I hvete og bygg utgjør albumin – og globulinfraksjonene 15 – 30 %, med peptider, nitrater og frie aminosyrer forbundet til albuminfraksjonen (Åssveen, 2005). Prolamin – og gluteninfraksjonene utgjør 35 – 50 %. Globulinfraksjonen i havre utgjør rundt 80 %, hvorav flere av globulinene tilhører lagerproteinene i endospermen (Webster & Wood, 2011). I tillegg utgjør prolaminfraksjonen i havre ca. 15 %, og er lav sammenlignet med globulinfraksjonen. Prolaminfraksjonen har for øvrig høyt innhold av prolin, og lavt innhold av lysin (Rasane et al., 2015; Åssveen, 2005).

#### **2.2.2.2 Karbohydrater**

Havre inneholder rundt 64 % karbohydrater beregnet ut fra tørrstoff, hvorav stivelse utgjør hovedparten (Webster & Wood, 2011). Stivelse deles gjerne i tre ulike fraksjoner, basert på grad av fordøyelighet: raskt fordøyelig, tregt fordøyelig, og resistent stivelse (Rasane et al., 2015). Tregt fordøyelig stivelse er viktig for opprettholdelse av et stabilt glukosenivå i blodet og en langsommere glykemisk respons. I tillegg har den betydning for matens ernæringsmessige kvalitet (Rasane et al., 2015). Resistent stivelse er anerkjent som en funksjonell fiber, og regnes å ha en viktig rolle i tarmflora og fordøyingsfysiologi (McCleary, 2001).

Stivelse er bygget opp av amylose og amylopektin, som begge er polymere kjeder av glukoseenheter. Forholdet mellom disse er henholdsvis 1:3. Amylose er lineære polymerer, hvor glukoseenheterne er bundet sammen gjennom  $\alpha$ -1,4-bindinger. Bindingene gir en spiralformet struktur. Amylopektin har  $\alpha$ -1,6-bindinger i tillegg til  $\alpha$ -1,4-bindinger, hvilket gir en forgrenet struktur. (Uhlen, 2014). I havre er stivelseskornene små (3 – 10 nm) og sammensatte, polygonale enheter. I tillegg til å være små, har de en velutviklet overflate og et høyt innhold av lipider (Rasane et al., 2015). Disse faktorene skiller

havrestivelse fra stivelse i andre kornsorter. Stivelsen er i stand til å ta opp (absorbere) vann, noe som fører til svelling av stivelseskornene. Denne prosessen er reversibel så lenge det ikke skjer en oppvarming. Stivelseskornene er i utgangspunktet krystallinske, men ved oppvarming tapes krystallstrukturen (Crosbie & Ross, 2007; Uhlen, 2014). Dette omtales som gelatinisering, og defineres som en kollaps av molekylær orden inne i stivelseskornene, med assosierte og irreversible endringer i egenskaper (Bason & Blakeney, 2007). Ved ytterlige økning i temperatur, skjer det som kalles forklistring. Forklistringen innebærer svelling av stivelsekornene, utsiving av amylose, og etter hvert en nedbrytning av stivelseskornene (Bason & Blakeney, 2007; Crosbie & Ross, 2007). Forklistring kan observeres ved en økning i viskositet, og i havre er forklistringstemperaturen 53 – 59 °C (Uhlen, 2014).

### **2.2.2.3 Fiber**

Det er i flere studier antatt at kostfiber regulerer grad av næringsopptak og fordøyelse (Rasane et al., 2015; Schneeman, 2001). Kostfiber kan også redusere risiko for koronar hjertesykdom, samt redusere kolesterolnivå i blodet (Amundsen et al., 2003; Schneeman, 2001). Havre inneholder rundt 10 % kostfiber beregnet ut fra tørrvekt, hvorav 2 – 6 % består av løselig (1→3)(1→4)-β-D-glukan (β-glukan) (Uhlen, 2014; Webster & Wood, 2011). Fiber inkluderer også polysakkarider som arabinoksyler og cellulose (Rasane et al., 2015). β-glukan finnes hovedsakelig i celleveggen hos endospermceller, hvor de utgjør 75 – 80 % av celleveggmaterialet (Webster & Wood, 2011). I teknologisk sammenheng bidrar β-glukaner til økt viskositet, selv uten oppvarming, da de har en god evne til å absorbere vann. Vannbindingsevnen avhenger av molekylstørrelsen, hvorav større molekyler binder mer vann (Webster & Wood, 2011).

### **2.2.2.4 Fett**

Havre har et relativt høyt innhold av fett (4 – 7 %), og betraktes som en god kilde til energi og flerumettede fettsyrer (Rasane et al., 2015; Russenes et al., 2019; Uhlen, 2014). Det meste av fettene finnes i stivelsesendospermen, hvor de er assosiert med proteiner (oleosiner). Noe av fettene er imidlertid organisert i såkalte «oil bodies» (lipidbestående strukturer), som finnes i aleuronlaget, scutellum og kimen (Webster & Wood, 2011). Fettsyresammensetningen i havre er dominert av palmitinsyre, oljesyre og linolsyre (omega 6), hvorav de to sistnevnte er umettede fettsyrer. I tillegg inneholder havre 1 – 3 % linolensyre (omega 3), som felles med linolsyre er essensielle fettsyrer (Webster & Wood, 2011).

Funksjonaliteten i havreprodukter påvirkes i stor grad av fettinnholdet. Høyt fettinnhold vil kunne gi harskning og kortere holdbarhet. Harskning er et resultat av lipaseenzymer som hydrolyserer esterbindinger i triacylglyserider, og gir frie fettsyrer. De frie fettsyrene oksiderer lett, og prosessen fremskyndes av lipoksygenase (Rasane et al., 2015; Webster & Wood, 2011). Havre har imidlertid et



høyt innhold av antioksidanter, som kan medføre økt stabilitet av fett. Dette gjelder særlig L – askorbinsyre (vitamin C), tioler, fenoliske syrer og andre fenoliske komponenter (Rasane et al., 2015).

## **2.3 Havreprosessering**

For å gjøre om råvarer til produkter som er trygge, enkle å konsumere, og attraktive for forbruker, benyttes ulike enhetsoperasjoner. Havre prosesseres hovedsakelig til havregryn (hele, steel-cut, flakede), havremel eller andre havrebaserte ingredienser (fiberhusk, kli, etc.). Havre brukes i produkter som grøt, bakevarer, frokostblandinger (müsli, granola), energibarar, probiotiske drikker, og babyemat (Rasane et al., 2015; Webster & Wood, 2011).

Ved møllene produseres ofte flere havreprodukter samtidig. Korn graderes og separeres etter størrelse for å optimalisere den industrielle prosessen og utnyttelse av råstoff. Rekkefølgen på enhetsoperasjonene varierer noe fra mølle til mølle, men vanligvis skjer avskalling av kornene før varmebehandling, da dette er mer kostnadseffektivt (Russenes et al., 2019). Store kjerner brukes vanligvis til store havregryn, og mellomstore kjerner flakes direkte, eller kuttes i mindre biter (steel-cut) til produkter med kort tilberedningstid. Mindre kjerner og finere kornpartikler kan benyttes til mel eller andre havrebaserte ingredienser (Decker et al., 2014; Webster & Wood, 2011).

### **2.3.1 Rensing og sortering av korn**

Rensing er det første trinnet i havreprosessering. Hensikten er å fjerne forurensinger som kan ha kommet med kornet fra jordet, og som ikke er fjernet ved den første grovrensingen. Typiske forurensninger kan være ugress og planterester, stein, sand, metall, eller andre mindre partikler (Webster & Wood, 2011). I tillegg til dette fjernes korn som er av tydelig dårlig prosesskvalitet. Dette inkluderer misfargede korn (sorte, grønne), korn med høy skallprosent, løse agner og knuste kjerner.

Et rense- og sorteringssystem består gjerne av flere trinn. Kornet veies, og fraktes gjennom ulike enheter for separering (magnetisk metallseparator, sikt, triør, luftseparator, etc.). Ved hjelp av perforerte plater eller sylindere med ulike hullstørrelser, vil partikler separeres etter størrelse. Et vanlig prinsipp er at kornet først fraktes inn på en sikt hvor grove partikler ikke passerer. Dette skiller blandingen i to fraksjoner. Den fine fraksjonen faller gjennom til en sikt med mindre hull, hvor kun små partikler som sand og knuste korn passerer. Korn og partikler av lik størrelse fraktes videre til en triør som skiller kornet etter form og lengde. En triør er en roterende sylindreformet enhet, med «lommer» hvor korn eller partikler av ønsket størrelse skal sette seg. Med rotasjonen dras kornet utover mot sidene, og små partikler som får plass i lommene blir løftet opp og sluppet ned i en samlebeholder. Dette kan være enten korn eller forurensninger, avhengig av hva triøren er designet for. Kornstrømmen blir fraktet videre til sortering. Lette korn og kornpartikler fjernes enkelt ved aspirasjon underveis i renseprosessen (Webster & Wood, 2011).

Etter rensing, sorteres kornet etter størrelse. Størrelse på havrekornene kan variere mye, og formålet med sorteringen er å dele korn inn i fraksjoner basert på vekt og tetthet. På denne måten blir avskallingen mer effektiv, og andelen ødelagte korn blir minimal (Webster & Wood, 2011). Sortering av korn kan utføres ved lignende metoder som er beskrevet for rensing. Bruk av triør og roterende sikt er vanlig praksis (Decker et al., 2014; Webster & Wood, 2011).

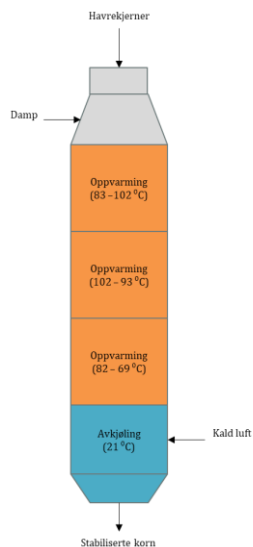
### **2.3.2 Avskalling**

For å fjerne skallfraksjonene fra resten av kjernen, må kornet gjennom en avskallingsprosess (Webster & Wood, 2011). Kornene faller ned i sentrum av en rotor med ulike spor som leder ut fra midten. Tilstrekkelig rotasjonshastighet fører til at kornene slås mot kammerveggen, som består av vertikale støttringer av stål eller hard plast (Decker et al., 2014; Webster & Wood, 2011). Friksjon og støtkraft gjør at skallet løsner. For hard behandling kan imidlertid føre til at kornet knuses, og prosessen avsluttes vanligvis når 85 % av kornet er avskallet. Grad av avskalling er avhengig av rotasjonshastighet i avskalleren og kornets karakter (Webster & Wood, 2011). Særlig vanninnhold, skallprosent og kornvekt er av stor betydning (Dobraszczyk & Gates, 2003; Doehlert et al., 2001; Rajala et al., 2008). Ganssmann og Vorweck (1995) fant at grad av avskalling øker ved redusert vanninnhold i kornet. Vanninnhold påvirker imidlertid også kornets plastisitet, og ved redusert vanninnhold øker også grad av knuste korn. Vanninnhold i korn under avskalling bør derfor være 12-13% for optimal prosessering (Ganssmann & Vorweck, 1995; Webster & Wood, 2011). Avskallingsegenskaper er i hovedsak sortsbestemte, og til en viss grad har egenskapene sammenheng med sortens skallprosent. Sorter med mer skall tåler ofte den mekaniske behandlingen bedre, men andelen skadede korn er også knyttet til sortens hardhet ((Callisen et al., 2005).

### **2.3.3 Stabilisering av kornet ved darring**

Etter avskalling er havrekjernene utsatt for enzymaktivitet og hydrolyse av lipider (Decker et al., 2014; Webster & Wood, 2011). Fosfolipider og triacylglyserider er spesielt utsatt for hydrolyse av lipase, noe som gir frie fettsyre. Frie fettsyrer kan enkelt reagere med lipoksygenase som fremskynder oksidasjon og harskning av havren. For å unngå dette, benyttes en dampbehandlingsprosess for å inaktivere lipase og lipoksygenase etter avskalling (Decker et al., 2014). Prosessen kalles *darring*, og skjer i en såkalt *darre* (Sahlstøm, 2020; Webster & Wood, 2011). Ved darring dampes kornet til det oppnår et vanninnhold på rundt 16 %, før det igjen tørkes til et vanninnhold på 9 - 10 %. Dampen tilføres fra toppen hvor kornet føres inn, og dette gjør at temperaturen og vanninnholdet i kornet stiger raskt. I den øvre seksjonen blir kornene varmet ved indirekte varme, slik at overflødig fukt fordamper. Fra bunn kjøres det inn en luftstrøm for å avkjøle kornet (Fig.2.2). Prosessen tar vanligvis 90 – 120 minutter, og kornet oppnår en temperatur på 102 °C på det høyeste (Webster & Wood, 2011).

I tillegg til å inaktivere enzymer, har darring vist seg å ha flere positive effekter på produktkvalitet. Darring hemmer vekst av bakterier og mugg, og gir dermed økt holdbarheten i endelig produkt. Kombinasjonen av lang holdetid ved høy temperatur og fuktighet, har imidlertid vist seg å redusere innhold av vitamin B<sub>1</sub> (tiamin) (Ganssmann & Vorweck, 1995; Webster & Wood, 2011).



**Figur 2.2.** Prinsippskisse av darring, med en typisk temperaturutvikling i korn (modifisert etter figur 14.9 i *Oats: Chemistry and Technology* (Webster & Wood, 2011)).

### 2.3.4 Temperering, flaking og tørking

Ved prosessering av havregryn tilføres damp for å inaktivere enzymer, men også for å gjøre kornet mykt før flaking. Dampprosesseringen kan utføres som én samlet prosess, men det er vanlig å benytte både darring og temperering/kondisjonering i to separate prosesser. De amorfe makromolekylene i kornet foreligger i en såkalt glasstilstand ved lave temperaturer og lavt vanninnhold. Dette øker kornets hardhet, og gjør det utsatt for brudd (Dobraszczyk & Gates, 2003). Når temperaturen eller vanninnholdet øker, vil molekylene bli mer bevegelige, og kornet vil følgelig bli mykere og mer duktilt (Dobraszczyk & Gates, 2003; Webster & Wood, 2011). Etter darring har kornet et vanninnhold på 9 – 10 %, og det er vanlig å øke vanninnholdet med ytterligere 3 – 5 % ved påfølgende temperering. Dampkokingen foregår da i 20 - 50 minutter, og temperaturen i kornet når 102 °C. Tempereringstid og flakstyrke har vist seg å ha en positiv korrelasjon, hvorav økt tid opptil 30 minutter gir en redusert andel ødelagte havregryn. Dampprosessering gir også en permanent endring i stivelsesgelatinisering og proteinløselighet (Dobraszczyk & Gates, 2003; Ganssmann & Vorweck, 1995).

Dampede korn distribueres jevnt før de slippes ned mellom to valser. Avstanden mellom valsene avgjør hvor tynne eller tykke havregrynene skal være. Jo tynnere havregrynene er, jo raskere vil de kunne tilberedes. Vanlig tykkelse på havregryn for rask tilberedning er 0,36-0,46 mm, mens hele, store

havregryn vanligvis har en tykkelse på 0,51-0,81 mm (Decker et al., 2014). Til produkter som müsli, granola og energibarer benyttes ofte enda større avstand mellom valsene, og generelt varierer tykkelsen på havregryn fra 0,36-1,2 mm (Decker et al., 2014; Webster & Wood, 2011). Det er en sterk korrelasjon mellom flaktykkelse og flakstyrke, hvorav tykke havregryn har færre ødelagte flak (Ganssmann & Vorweck, 1995; Webster & Wood, 2011). Noen møller opererer med varme valser for å oppnå en mer ristet og nøtteaktig aroma som følge av Maillard-reaksjon (Sahlstøm, 2020).

Tørkingen skjer vanligvis etter at havregrynene har passert valsene, hvor de føres gjennom en varm luftstrøm for å redusere vanninnhold og temperatur. Den siste delen av tørkingen vil foregå med kald luft for å oppnå en temperatur på 5 – 10 °C. Vanninnholdet vil på dette tidspunktet være rundt 10 %. Til slutt føres flakene over en siktrister, hvor ødelagte flakpartikler fjernes ved aspirasjon. Kombinasjonen av dampprosessering etterfulgt av tørking kan gi en delvis pre-gelatinisering. Dette vil føre til raskere opptak av vann i havregrynene, og dermed redusert koketid (Decker et al., 2014; Webster & Wood, 2011).

## 2.4 Parametere for måling av flakkvalitet

Flakkvalitet i havregryn kan vurderes ut fra flere parametere. Dette inkluderer tykkelse på flakene, vannbindingsevne, viskositet og flakstyrke (Ames & Rhymer, 2003; Dobraszczyk & Gates, 2003; Gates, 2007; Lapveteläinen et al., 2001). Flakstyrken er korrelert til havregrynets integritet, og kan beregnes ved å måle andel ødelagte flak over en sikt (Gates, 2007). Sensoriske egenskaper som farge og smak er også parametere av stor betydning for industriens – og forbrukernes valg av råvarer.

### 2.4.1 Flakstyrke

Brudd i flak er et problem da det resulterer i et ikke-homogent produkt som kan gi utfordringer knyttet til industriell prosess, og liten aksept hos forbruker (Gates, 2007). Ifølge Hanke og Franz (2015), kan havregryn deles inn i fraksjoner etter hvilke hullstørrelse de passerer i sikt (tabell 2.2). Flak eller flakpartikler som passerer masker (hull) på 2 mm, gir en indikasjon på dårlig flakintegritet (Hanke & Franz, 2015; Rhymer et al., 2005). Flakintegriteten påvirkes av flaktykkelse og tempereringsbetingelser, men det er også funnet forskjeller mellom sorter (Rhymer et al., 2005).

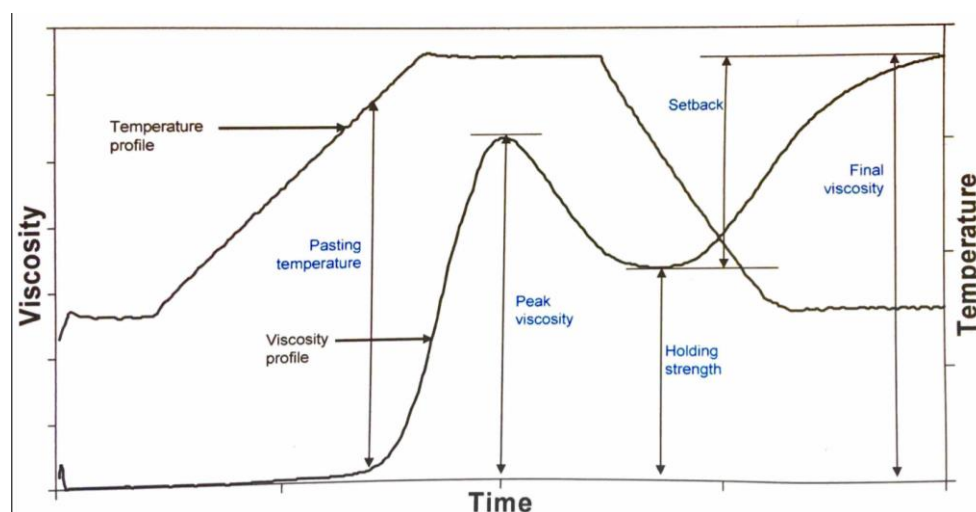
**Tabell 2.2.** Flakfraksjoner definert ved sikting (modifisert tabell fra Hanke og Franz (2015)).

Testsikt (hull i mm)	Definisjon på flakfraksjon
4	Svært store flak
2	Ødelagte flak
1	Grove partikler
0,5	Fine partikler
<0,5	Støv

## 2.4.2 Vannbindingsevne og viskositet

Ved fremstilling av produkter som kjeks og energibarer, er det vanlig å blande havregryn med kald væske. Da dette påvirker konsistensen i blandingen, er vannbindingsevnen en viktig parameter for prosessering og endelig form og tekstur på produktet (Gates, 2007). Vannbindingsevne avhenger av flaktykkelse og innhold av makromolekyler som stivelse og  $\beta$ -glukaner (Gates, 2007; Webster & Wood, 2011). Stivelse og løselig fiber er komponenter som øker opptaket av vann, og det er funnet at fett kan ha en negativ innvirkning på vannopptaket i frokostblandinger (Machado et al., 1998). Ved temperaturøkning utover stivelsens forklstringstemperatur, vil stivelse binde store mengder vann, og viskositeten øker. Egenskaper som forklstringsevne, vannbindingsevne og tekstur i havregryn, er knyttet til sort og dyrkningsbetingelser (Ames & Rhymer, 2003; Lapveteläinen et al., 2001).

Viskositet defineres som evnen en væske har til å motsette seg at ulike lag i væsken beveger seg med ulike hastigheter (skjærspenning/skjærhastighet). Viskositet angir altså væskens resistens mot bevegelse, og er et mål på hvor tyktflytende væsken er (Crosbie & Ross, 2007). Rapid Visco Analyser (RVA) baserer seg på en såkalt «heat-hold-cool»-syklus, hvor viskositeten måles kontinuerlig ved at en plastspade (paddle) roterer i prøven under kontrollert temperaturendring. Informasjon fra viskometeret overføres til et dataprogram, hvor det er mulig å regulere temperatur og antall rotasjoner per minutt (rpm) (Crosbie & Ross, 2007; Dutch et al., 2012). En typisk RVA-kurve er vist i figur 2.3.



**Figur 2.3.** En typisk RVA-kurve som viser hovedparameterne (blå skrift) som brukes for å beskrive forklstring og viskositet i en prøve (figur 2.1 i *The RVA Handbook*, (Crosbie & Ross, 2007)).

RVA kan deles opp i fem trinn, der 1) tilsetning av vann vil føre til en gradvis hydrering av produktet. Trinn 2) omfatter oppvarming, hvor den krystallinske strukturen av stivelsen løses opp og omorganiseres, og deretter binder til seg vann og sveller. Svellingen fører til en økning i viskositet, og

peak viskositet (*peak viscosity*) indikerer prøvens vannbindingskapasitet. Skjærspenningen som oppstår mellom de svullede stivelseskorne under røring, fører imidlertid til at stivelsesmolekylene brytes ned, og danner tilfeldige interaksjoner med hverandre. Peak viskositet oppnås derfor når grad av svelling tilsvarer grad av nedbrytning av stivelseskorn. Peak-tid (*Peak time*) brukes om tiden det tar å oppnå peak viskositet (Bason & Blakeney, 2007; Crosbie & Ross, 2007).

I trinn 3) holdes prøven ved maksimumstemperatur (95 °C) og konstant rotasjonshastighet i rundt 4 minutter. Mekanisk skjærspenning og høy temperatur gjør at amylose siver ut, og nedbrytningen indikeres ved en reduksjon i viskositet (Crosbie & Ross, 2007). Reduksjonen betegnes som nedbrytning (*breakdown*) og beregnes ved peak viskositet minus hold-viskositet (*holding strength*). Hold-viskositeten er viskositeten prøven klarer å opprettholde etter nedbrytning av stivelseskorn (Fig. 2.3). Deretter følger 4) avkjøling av prøven, som fører til en rekrystallisering av stivelsesmolekyler hvor kjeder av glukose går sammen og danner et gellnettverk. Fenomenet kalles retrogradering, og fører til at viskositeten øker ytterligere (Crosbie & Ross, 2007). Punktet hvor viskositeten øker, betegnes som *setback* i en RVA-kurve, og beregnes ved forskjellen mellom hold-viskositet og endelig viskositet (*final viscosity*) i prøven. Trinn 5) omfatter at temperaturen holdes ved 50 °C i ca. 2 minutter med konstant rotasjonshastighet. Dette fører til at temperaturen i blandingen distribueres jevnt, og at viskositeten i blandingen stiger. Den siste parameteren som beregnes i en RVA er altså endelig viskositet.

### 2.4.3 Farge i havregryn

Farge i havregryn kan indikere endringer i smak og tekstur som har skjedd under prosessering. Ved de aller fleste møller inngår måling av farge som en del av kvalitetsvurderingen av korn som kommer inn. Basert på forbrukeraksept og –preferanser, ønsker industrien store og lyse havregryn (Fiska, 2018). Fargeforskjeller kan skyldes flere faktorer. Lapveteläinen et al. (2001) fant en signifikant samspillseffekt mellom sort og år. Regn og fuktighet på jordet kan også virke inn på fargen, da værskadede havregryn kan bli mørke i fargen ved valsing. Rask tørking ved lagring kan gi samme effekt (Fiska, 2018). Forskjeller i farge kan også skyldes prosessering med varmebehandling av kornet.

Det er kjent at varmebehandling av havregryn kan gi mørkere farge og en nøtteaktig smak som følge av Maillard-reaksjon (Webster & Wood, 2011). Maillard-reaksjonen består av flere trinn, hvor reducerende sukker og aminosyrer reagerer ved høye temperaturer. Reaksjonen forekommer gjerne ved 140-160 °C, men dette avhenger av flere faktorer som trykk og vanninnhold. Bruningen starter med en kondensasjonsreaksjon mellom  $\alpha$ -aminogrupeer i aminosyrer, små peptider eller proteiner, og karbonylgrupper i reducerende sukker. Deretter skjer trinnvise kjemiske reaksjoner som i stor grad påvirker produktets farge og aroma (Webster & Wood, 2011).

For fargemåling regnes Commission Internationale de l'Eclairage Lab (CIELAB) som en godt egnet metode for næringsmidler. Metoden baserer seg på RGB-systemet (rød, grønn, blå), som tar utgangspunkt i at øyet har fargereseptorer for rød-, grønn- og blå farge, og at alle andre farger er kombinasjoner av disse (Pathare et al., 2013; Quevedo et al., 2010). Fargen i et produkt kan angis ved koordinater ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) i CIE-systemet. Systemet er utformet som er fargesirkel, hvor origo er grå.  $L^*$ -koordinaten angir lyshet, der 0=svart, og 100=hvit. Røde og grønne toner indikeres ved  $a^*$ -koordinaten, hvor negative verdier indikerer grønn farge, og positive verdier indikerer rød farge. Positive og negative verdier av  $b^*$ -koordinaten indikerer henholdsvis gul og blå farge. Ut ifra disse verdiene kan fargemetning (Chroma,  $C^*$ ), fargetone (hue,  $h^*$ ) bestemmes.  $C^*$  er lengden på vektoren fra origo til fargepunktet, og angir en farges intensitet. Høye verdier av  $C^*$  indikerer sterk metning/intensitet.  $h^*$  definerer fargetone ved samme avstand fra origo, og angir altså hvor på fargesirkelen en prøve befinner seg. En verdi på  $0^\circ$  eller  $360^\circ$  representerer rød hue, og  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  og  $270^\circ$  representerer henholdsvis gul, grønn og blå hue (Quevedo et al., 2010). Verdier av  $C^*$  og  $h^*$  kan beregnes ved følgende formler:

$$\text{Chroma}^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$\text{Hue}^* = \arctan(b^*/a^*)$$

### 3. Materialer og metoder

#### 3.1 Plantemateriale og prøveutvelgelse

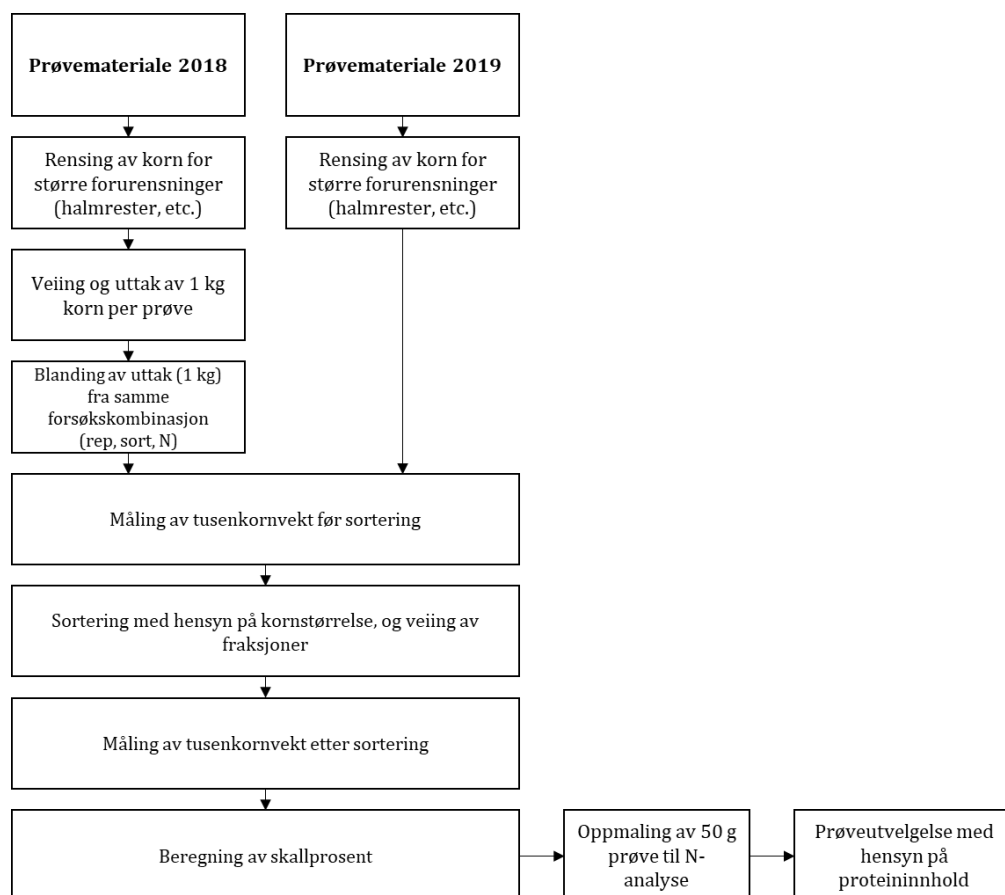
Til forsøkene i oppgaven ble det brukt havre av sortene Avetron, Dovre og Vinger. Disse ble dyrket i feltforsøk ved Vollebekk forsøksgård, NMBU, Ås i 2018 og 2019, hvor to ulike gjødslingsbehandlinger (N1 og N2) ble benyttet. Basisgjødsling (55kg, NPK 22-3-10 [www.yara.no](http://www.yara.no)) ble gitt til alle forsøksrutene ved såing på våren. I tillegg ble forsøksrutene med N2-behandling gitt 4 kg nitrogen i kalksalpeter ([www.yara.no](http://www.yara.no)) ved aksskyting/blomstring. Oversikt over feltplaner kan sees i figur 1 og 2 i vedlegg 1. I begge år ble forsøket lagt ut som et blokkforsøk med gjentak (2 gjentak i 2018, og 3 gjentak i 2019), og med tilfeldig fordeling av forsøksfaktorene (sort, gjødsling) innen hvert gjentak.

Det var store klimatiske forskjeller mellom årene. Middeltemperatur i juni og juli var høyere i 2018 enn i 2019, og med unntak av ett regnskyll hvor det kom 60 mm nedbør i juni 2018, var nedbørmengde betydelig lavere i mai-august dette året sammenlignet med 2019. For å unngå tap av avlinger ble forsøket dette året vannet jevnlig (ca. 20 mm ukentlig fra juni-juli) og ved behov. Værdata for 2018 og 2019 kan sees i tabell 1 i vedlegg 1.

Forsøkene ble høstet rute for rute med skurtresker, og kornavlingen per rute ble samlet opp. Rutestørrelse var 1,5m \* 6m i 2019. I 2018 ble det sådd ut 4 ruter à 1,5m \* 8m for hver kombinasjon av sort og N-gjødsling innen hvert gjentak. Dette ble gjort for å få større kornmengde totalt for å utføre forsøk med ulike prosesseringer. Det ble derfor tatt ut 1 kg korn fra hver av disse 4 ruteavlingene som ble blandet sammen til en prøve. Dette resulterte i totalt 12 prøver fra 2018 (2 gjentak\*3 sorter\*2 N-gjødslinger). Antall prøver fra 2019 var 18 (3 gjentak\*3 sorter\*2 N-gjødslinger).

Prøvematerialet ble på forhånd rensset for større forurensninger ved hjelp av Perten Grain Cleaner 5110 (Perten Instruments AB, Sverige) ved Vollebekk. Videre ble prøvematerialet sortert med hensyn på kornstørrelse, og det ble målt tusenkornvekt (TKV), skallprosent og proteininnhold. Dette ble gjort for å karakterisere prøver og velge ut prøvemateriale til flaking og påfølgende undersøkelser av havregryn. Flytskjema for karakterisering og prøveutvelgelse er vist i figur 3.1.





**Figur 3.1.** Flytskjema for karakterisering og utvelgelse av utgangsmaterialet.

### 3.1.1 Tusenkornvekt (TKV)

Tusenkorvekt ble målt både før og etter sortering. Hver prøve ble blandet godt, og et representativt uttak på minst 300 korn ble tatt ut og telt ved hjelp av Elmor Seed Counter C1 (Elmor Ltd., Schwyz, Sveits). Kornene ble veid og regnet om til TKV (g/1000 korn). Det ble utført to gjentak for hver prøve.

### 3.1.2 Sortering med hensyn på kornstørrelse

Sorteringen ble gjort for å utligne store forskjeller i kornstørrelse før videre prosessering av havregryn. Dette er spesielt viktig i industrien, da jevn størrelse på korn fører til en effektiv avskallingsprosess. Sortering ble utført ved hjelp av Perten Grain Cleaner 5110 (Perten Instruments AB, Sverige), hvor ulike sold (perforerte plater, hull = 350-, 450- og 500  $\mu\text{m}$  i diameter) ble brukt for å skille prøvematerialet i to fraksjoner av gangen. Hver fraksjon ble veid for å beregne prosentvis andel i hver prøve.

1. Det ble først benyttet sold med hullstørrelse 350  $\mu\text{m}$  for å sortere ut de minste kornene (<350  $\mu\text{m}$ ).
2. Deretter ble sold med hullstørrelse 450  $\mu\text{m}$  benyttet, hvor de største kornene (>450  $\mu\text{m}$ ) ble sortert til prosessering av havregryn.

3. For korn fra 2018 ble det i tillegg brukt sold med hullstørrelse 500 µm, da disse hadde større TKV enn korn fra 2019. Korn over 500 µm ble veid, og deretter blandet med resten av fraksjonen over 450 µm.

### 3.1.3 Beregning av skallprosent

Hver prøve ble blandet godt for å sikre et representativt prøveuttak. 5 gram (+/- 0,2 g) korn fra hver prøve ble veid opp og avskallet for hånd. Korn uten skall ble så veid igjen, og skallprosent ble beregnet ved formelen:

$$100 - \left( \frac{\text{vekt}(g) \text{ av korn uten skall}}{\text{vekt}(g) \text{ av korn med skall}} \right) * 100$$

### 3.1.4 Oppmaling av korn til proteinanalyse

I forkant av proteinanalysen ble 50 g korn fra hver prøve veid opp og fryst i 24 timer, før det til slutt ble malt opp ved hjelp av Stein Laboratory Mill M2 (Fred Stein Laboratories, Inc., Atchison Kansas, USA). Prøvene ble fryst for å forhindre klebrighet av melet under oppmaling. Nitrogeninnhold i prøvene ble bestemt ved Dumas metode, utført ved LabTek på Institutt for husdyr- og akvavitenskap (IHA), NMBU. Innhold av total nitrogen (TN) ble oppgitt i prosent per 100 g TS, og proteininnhold ble beregnet ved hjelp av en omregningsfaktor på 6,25, som baserer seg på at gjennomsnittsinholdet av nitrogen i proteiner er 16% (Harstad & Vangen, 2015).

### 3.1.5 Hektolitervekt (HLV)

Hektolitervekt ble målt ved hjelp av standard utstyr for måling av HLV. Utstyret omfattet målesylinder, utstyr for uniform pakking av korn, samt vekt kalibrert for måling av HLV (AACC Method 55-10).

### 3.1.6 Prøveutvelgelse med hensyn på proteininnhold

Videre utvelgelse av prøvematerialet ble gjort med hensyn på proteininnhold. Det ble valgt ut seks prøver av hver sort: to prøver med lavt proteininnhold (LP); to prøver med middels proteininnhold (MP), og to prøver med høyt proteininnhold (HP). På bakgrunn av et generelt høyere proteininnhold i korn fra 2018 enn fra 2019, var alle HP-prøver fra 2018, og resterende prøver fra 2019. Prøver av samme sort og proteinnivå ble blandet sammen, hvilke resulterte i totalt 9 prøver (3 sorter\*3 proteinnivåer). Disse ble videre delt opp i to gjentak, slik at totalt antall prøver til prosessering ble 18. Dette var for å redusere den statistiske effekten av tilfeldige feil ved prosessering. Tabell 3.1 viser en oversikt over gjennomsnittlig proteininnhold i de ulike nivåene etter blanding av prøver. For en mer detaljert oversikt over proteininnhold henvises det til tabell 4.1.

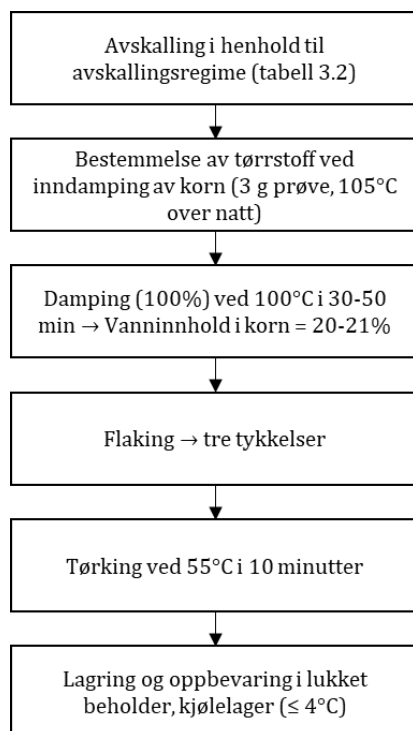
**Tabell 3.1.** Oversikt over gjennomsnittlig proteininnhold (%) i de ulike proteinnivåene.

Sort	LP-nivå	MP-nivå	HP-nivå
<b>Avetron</b>	11,09	15,56	16,13
<b>Dovre</b>	10,81	14,50	18,94
<b>Vinger</b>	8,84	11,88	15,03

### 3.2 Prosessering til havregryn

Prøvene ble nummerert (1-18), og rekkefølge for prosessering ble bestemt ved hjelp av randomiseringsfunksjon (TILFELDIG) i Excel for Microsoft 365. Videre ble prøvene avskallet, dampet, flaket og tørket, som vist i figur 3.2. De ulike enhetsoperasjonene er beskrevet i kapittel 3.2.1-3.2.5. Oversikt over prøver og faktorielt design (3 sorter\*3 proteinnivåer\*3 flaktykkelser\*2 gjentak) kan sees i vedlegg 2.

Som referanseprøve ble det benyttet en kommersiell prøve fra Lantmännen Cerealia i Moss. Dette var en blanding av sortene: Viviana, Peppi, Donna og Niklas (Boreal, Finland). Referanseprøven ble prosessert på tilsvarende måte som Avetron, Dovre og Vinger, og proteininnhold var ikke kjent.



**Figur 3.2.** Flytskjema for prosessering av havrekorn til havregryn.

#### 3.2.1 Avskalling av havrekorn

Kornene ble avskallet ved bruk av en havreavskaller (Rivakka, Nipere Ltd., Finland) med tilkoblet grovstøvsuger (Kärcher MV 3 P, Kärcher AS, Norge) (Fig. 3.3a). Med utgangspunkt i å få nok

prøvemateriale til flaking og videre flakundersøkelser, ble det veid opp 1000 – 1200 g korn per prøve. Kornene ble overført til trakten, hvor de falt ned i en roterende beholder. Ved hjelp av sentrifugalkraft ble kornene presset mot kammerveggen slik at agnene løsnet. Kammerveggen var utstyrt med støt gummi for å minimere ødeleggelse av kornene. Agnene ble så separert fra de avskallede kornene ved hjelp av grovstøvsuger og vakuumbeskyttelse som oppstod med lukket endebeholder (hvit bøtte).



**Figur 3.3a-b.** a) Havreavskaller (Rivakka, Nipere Ltd., Finland) med tilkoblet grovstøvsuger (Kärcher MV 3 P, Kärcher AS, Norge) og b) avskallede korn fra testforsøk.

Hastigheten, og dermed styrken på sentrifugalkraften, kunne reguleres på en skala fra 1 – 10. Det var ønskelig at alt skallet skulle bli fjernet, og det ble derfor gjort testforsøk for å finne optimalt avskallingsregime for de ulike sortene (Fig. 3.3b). I de to siste rundene i testforsøket ble avskallede korn, korn med skall, tomme skall, og knuste korn telt for hånd etter endt avskalling. Dette var for å avgjøre grad av avskalling i korn som skulle dampes og flakes. På bakgrunn av testforsøk ble avskallingen gjentatt syv ganger med vekslende hastighet for hver prøve. Høy hastighet bidro til effektiv avskalling, men flere knuste korn. Avskalling ved lav hastighet ble utført da det førte til god separasjon av gjenværende løse skall, og dermed forbedret avskallingen som foregikk ved høy hastighet. Avskallingsregimer er presentert i tabell 3.2.

**Tabell 3.2.** Avskallingsregime for hver sort (1=lav hastighet, 10=høy hastighet).

Sort	Runde 1	Runde 2	Runde 3	Runde 4	Runde 5	Runde 6	Runde 7
<b>Avetron</b>	10	3	10	3	10	2	2
<b>Dovre</b>	10	3	10	3	6	2	2
<b>Vinger</b>	10	2	10	3	10	2	2

Alle prøver ble først avskallet ved høy hastighet, og deretter ble styrken nedjustert for å fjerne løse skall. Dette ble gjentatt til prøven var tilstrekkelig avskallet. Referanseprøven ble avskallet som Vinger.

### 3.2.2 Bestemmelse av tørrstoff i korn

Tørrstoff (TS) ble bestemt for å kunne beregne fuktighet som måtte tilføres kornene under damping. 3 g (+/- 1 g) korn ble veid opp og plassert i varmeskap ved 105 °C over natten (20 timer). Det ble utført 2 gjentak for hver prøve. Vanninnhold i kornene ble deretter beregnet ut ifra TS (%). Metoden ble også benyttet for flakede – og tørkede havregryn.

### 3.2.3 Damping av korn i kombidamper

Damping av korn ble utført etter prosedyre utviklet av Nofima. Hensikten var å oppnå et vanninnhold på 20-21 % i kornene for å inaktivere enzymer, og gjøre kornet mer duktilt før flaking. For å oppnå riktig vanninnhold (21 %) ble det først beregnet vanninnhold i avskallet prøve (kapittel 3.2.2). Deretter ble prøven veid, og vekt prøven skulle ha etter damping ble bestemt ved:

$$\text{vekt før damping (g)} * \left(1 + \frac{(21 - \text{vanninnhold i avskallet prøve(\%)})}{100}\right) = \text{vekt etter damping (g)}$$

Prøven ble overført til en tett bakke (Electrolux, Italia) med kjent vekt, og deretter veid på nytt. Bakken ble så satt i kombidamperen (Electrolux Air-O-Steam AOS102EAA1, Electrolux, Italia) ved 100 °C og 100 % (mettet) damp (figur 3.4). Testforsøk viste at korteste tid som trengtes i kombidamper for å oppnå et vanninnhold på 21 % var 33 minutter, og ut ifra dette ble 30 minutter satt som minimumstid før første veiing. Dersom vekten, og dermed vanninnholdet var for lavt etter 30 minutter, ble prøven satt tilbake i kombidamperen i 10 minutter, og deretter veid på nytt. Dette ble gjentatt til ønsket vanninnhold var oppnådd. Målinger av vanninnhold er oppgitt i tabell 9 i vedlegg 5. Ferdig dampede korn ble overført til bøtter med lokk, slik at vannet ikke skulle fordampe.



**Figur 3.4a-b.** a) Kombidamper (Electrolux, Italia) og b) korn som veies i bakke.

### 3.2.4 Flaking av korn til havregryn

Dampede korn ble flaket ved hjelp av en flakemaskin (18 x 6 304 SS OS VF Roller Mill, A. T. Ferrell Company Inc., Bluffton, Indiana, USA). Hver prøve ble flaket i tre ulike tykkelser (tabell 3.3) ved å justere mellomrommet mellom to valser. Valsene roterte mot hverandre, og rotasjonshastigheten var 40 rpm. For hver tykkelse en prøve skulle flakes i, ble det veid opp 100 g korn. Kornene ble så overført til en trakt i toppen av maskinen, og et vibrerende brett under trakten sørget for jevn distribusjon av korn før de falt ned mellom valsene. Ferdige flakede havregryn samlet seg i en skuff under valsene, og ble derfra overført til beholdere med lokk.

**Tabell 3.3.** Oversikt over flaktykkelser i havregryn.

	<b>Tykkelse 1</b>	<b>Tykkelse 2</b>	<b>Tykkelse 3</b>
<b>Avstand mellom valser (mm)</b>	0,7	0,8	0,9
<b>Flaktykkelse (mm)</b>	0,70 - 0,73	0,79 - 0,83	0,90 - 0,94

Tykkelsene ble bestemt ut ifra testforsøk for måling av andel ødelagte flak. For å kontrollere tykkelse på flakene, ble det tatt ut 7 tilfeldige prøver som ble målt ved bruk av en skyvelære (Mitutoyo Quadri 531, Mitutoyo, Japan). Det ble gjort 4 gjentak av målinger for hver tykkelse, og disse kan sees i tabell 11 og 12 i vedlegg 6. Bilder av flakemaskin og skyvelære er vist i figur 3.5.



**Figur 3.5a-c.** a) Trakt med vibrerende Brett, b) flakemaskin med skuff til havregryn under valser, og c) skyvelære for måling av flaktykkelse (Mitutoyo, Japan)).

Valsene var utstyrt med metallskraper for å fjerne korn som satt igjen, men disse stod skjevt på valsene, og førte til at det ble dannet metallspen (figur 3.6). Etter vurdering av hvordan dette ville påvirke analyser ble totalt 21 prøver (7 prøver\* 3 tykkelser) kastet. Problemet med maskinen førte til at alt prøvemateriale av Dovre med lavt innhold av protein (LP) gikk tapt. I tillegg var det ikke tilstrekkelig mengde prøvemateriale av Vinger (HP) til å flake ved tykkelse 3 i ett av gjentakene. Som en løsning ble metallskrapene til slutt fjernet fra maskinen, og valsene ble rensed godt mellom hver runde med flaking.



**Figur 3.6.** Bilder av havregryn med metallspen avgitt fra flakemaskin.

### 3.2.5 Tørking av havregryn

Havregrynene ble tørket ved 55 °C i 10 minutter. Dette ble gjort i kombidamper (Electrolux Air-O-Steam AOS102EAA1, Electrolux, Italia) uten tilsig av damp. Prøvene ble deretter overført til lukkede beholdere, og oppbevart ved 4 °C for videre analyser.

### 3.3 Analyser for bestemmelse av flakkvalitet

Kvalitet i havregryn kan vurderes ut ifra ulike parametere (Ames & Rhymer, 2003; Gates, 2007; Lapveteläinen et al., 2001). I forsøket ble flakkvaliteten undersøkt ved måling av andel ødelagte flak ved sikting, vannbindingsevne, og viskositet i RVA<sup>TM</sup>. Det ble i tillegg utført fargemålinger ved hjelp av DigiEye<sup>TM</sup>.

#### 3.3.1 Sikting av havregryn for måling av andel ødelagte flak (ødelagte flak, %)

For måling av andel ødelagte flak, ble det for hver prøve tatt ut to paralleller på 10 g havregryn. Dette ble overført til en laboratoriesikt med hull (masker) på 1,8 mm i diameter (Endecotts Ltd., London, England). Sikten ble videre satt inn i en siktrister (Retsch Sieve Shaker AS 300, Retsch, England), hvor prøven ble ristet i 1 minutt med en amplitude på 1 mm. Brukne flak falt gjennom maskene og samlet seg i bunn, mens hele flak forble på oversiden av sikten. Flakfraksjonene ble veid, og andel ødelagte flak (%) ble beregnet.



**Figur 3.7a-b.** a) Siktrister (Retsch Sieve Shaker AS 300, Retsch, England) og b) sikt (Endecotts Ltd., London, England) med masker på 1,4 mm. Bildene er tatt under testforsøk.

Det ble gjort testforsøk (Fig. 3.7) for å bestemme størrelse på masker i sikt. Tre tilfeldige prøver ble valgt ut og flaket i fem flaktykkelser (0,7 mm; 0,8 mm; 0,9 mm; 1,0 mm; 1,2 mm). Prøvene ble videre testet over to ulike sikter (1,4 mm og 1,8 mm). Det ble utført tre gjentak av målinger. Hensikten var å oppnå en tydelig separering av hele – og ødelagte flak. Sikten som ble valgt til forsøket hadde maskevidde på 1,8 mm i diameter.



### 3.3.2 Fargemåling ved hjelp av DigiEye™

Overflatefarge på havregrynene ble målt ved hjelp av DigiEye™ (VeriVide Ltd., Leicester, Storbritannia). For hver prøve ble det tatt ut tilstrekkelig materiale for å dekke bunnen av to petriskåler (45-50 g), og skålene ble plassert i fotokammeret med innstillinger for standardisert dagslys (CIE D65) og «diffuse» lyssetting. Prøven ble deretter fotografert med et kalibrert digitalkamera (Nikon D7000, 35 mm linse, Nikon Corp., Japan), og fargemålinger av begge skåler (2 gjentak) ble utført ved hjelp av DigiPix programvare (versjon 2.63) i CIE-fargesystemet ( $L^*a^*b^*$ -verdier). Bilde av en prøve fotografert i DigiEye™, er vist i figur 3.8.



**Figur 3.8.** Bilde av prøve med to gjentak fra fotografering – og fargemåling i DigiEye™.

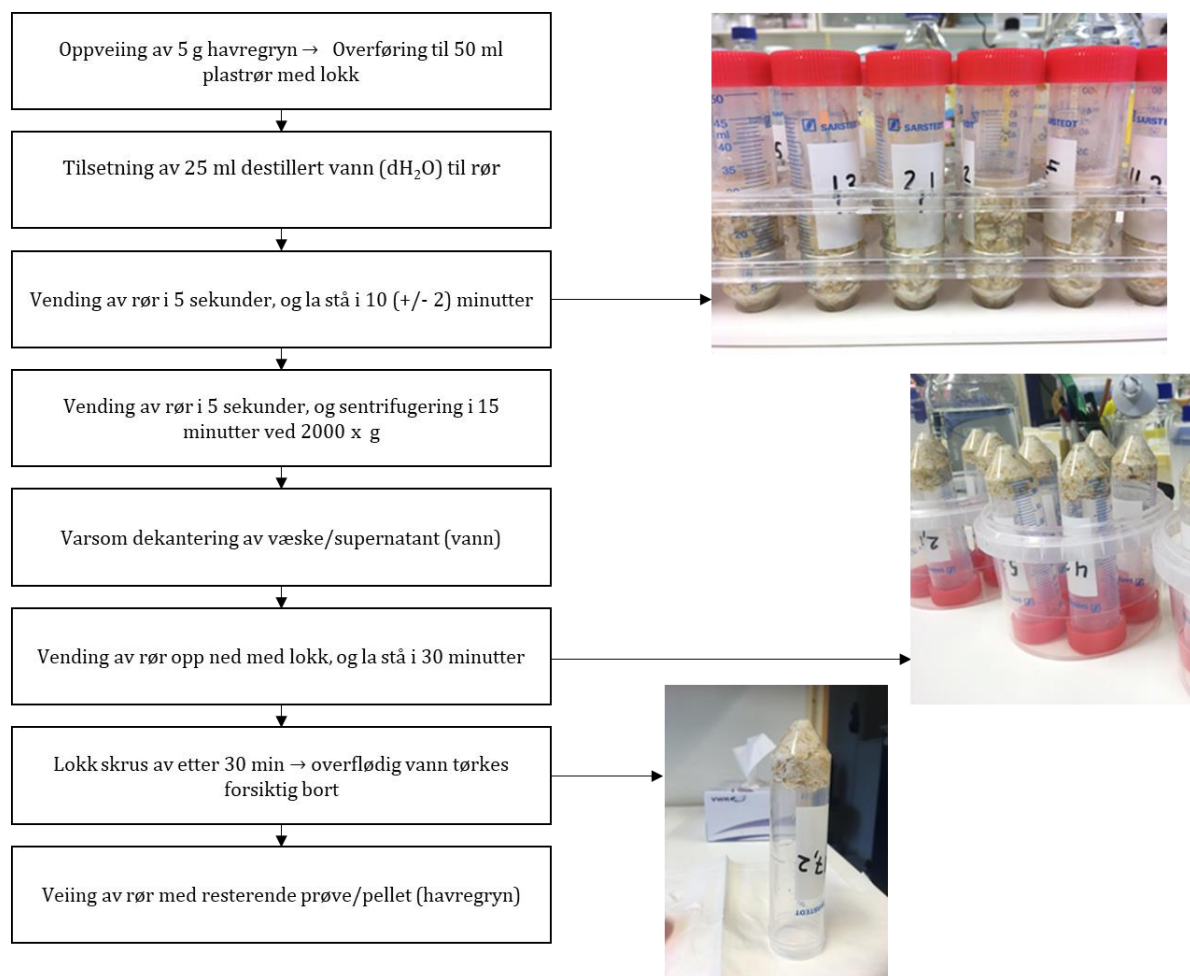
$L^*$ - koordinaten indikerer lyshet (CIE lightness coordinate), hvorav lave verdier indikerer mørk farge (0=sort), og høye verdier indikerer lys farge (100=hvit). Rød (+)/grønn (-)-farge indikeres av  $a^*$ -koordinaten, og  $b^*$  indikerer gul (+)/ blå (-)-farge (Pathare et al., 2013). Det henvises til kapittel 2.4. for en mer detaljert forklaring. Verdier for hue og Chroma ble gitt direkte ved hjelp av DigiEye™.

Verdier av  $L^*$ ,  $h^*$  og  $C^*$ , ble undersøkt med hensyn på forsøksfaktorer ved enveis- og faktoriell ANOVA. Det ble også utført Tukey's Test for å finne hvilke prøver som var forskjellige fra hverandre ved en p-verdi  $< 0,05$ .

### 3.3.3 Bestemmelse av vannbindingsevne

Vannbindingsevne ble undersøkt, da opptak av vann i kornprodukter knyttes til funksjonelle parametere som koketid og tekstur etter tilberedning. Vannbindingsevne er dermed en funksjonell egenskap av stor betydning for prosessering og anvendelse av havreprodukter. Bestemmelse av vannbindingsevne ble utført ved standardisert metode for kornprodukter med noen modifikasjoner (AACC Metode 56-20.01). Sentrifugering ble utført ved bruk av Heraeus® Multifuge® 4 KR (Kendro

Laboratory Products, Tyskland), for å skille pellet (havregryn med vann) fra supernatant (fritt vann). Fremgangsmåten er presentert ved flytskjema i figur 3.9.



**Figur 3.9.** Flytskjema for bestemmelse av vannbindingsevne i havregryn (modifisert i henhold til AACC Metode 56-20.01).

Vannbindingsevne ble også undersøkt i to kommersielle havregrynprodukter (AXA Bjørn Havregryn Store (1,1 kg) og AXA Bjørn havregryn Lettkokte (1,1 kg)) fra Lantmännen, som referanseprøver. Vannbindingsevne regnes i % av opprinnelig vann i prøven.

### 3.3.4 Viskositetsmåling ved Rapid Visco™ Analyser (RVA™)

Viskositet ble målt ved hjelp av Rapid Visco™ Analyser (RVA™) (Newport Scientific Pty. Ltd., Warriewood, NSW, Australia). Mengde prøvemateriale som skulle anvendes i målingen var avhengig av vanninnhold i prøven. TS og vanninnhold ble derfor bestemt på forhånd (utført som beskrevet i kapittel 3.2.2). Vanninnhold (%) ble plottet inn i programmet (RVA™), hvor prøvemengde og mengde dH<sub>2</sub>O ble regnet ut direkte. 4 g (+/- 1 g) prøve ble veid opp i målekopp, og det ble tilsatt 25 g (+/- 0,8 g) dH<sub>2</sub>O. Prøven ble kjørt ved standard STD1 profil, og viskositet i prøven ble målt kontinuerlig ved

kontrollert temperatur og rotasjonshastighet. Informasjon fra viskometeret ble sendt til dataprogrammet, hvor det ble utformet en graf over prøvens viskositetutvikling. Det henvises til kapittel 2.4.2 for ytterligere beskrivelse av RVA.

### **3.4 Statistisk behandling av data**

Resultater fra analysene ble undersøkt ved hjelp av ulike statistiske metoder. Det ble benyttet en-faktor (enveis), to-faktor (toveis), og flerfaktor (faktoriell) variansanalyse (ANOVA), Tukey's Test, og Ordinary Least Squares (OLS) regresjonsanalyse. Metodene er beskrevet nedenfor.

#### **3.4.1 Variansanalyser (ANOVA)**

Enveis – og toveis ANOVA ble utført i Excel for Microsoft 365 (versjon 1908), og faktoriell (general linear model) ANOVA ble utført i Minitab® (Minitab® 19 Statistical Software). ANOVA anvendes for hypotesetesting, der nullhypotesen ( $H_0$ ) = ikke forskjell mellom grupper, og den alternative hypotesen ( $H_1$ ) = minst to grupper er ulike. I en faktoriell ANOVA utledes en modell som beskriver om -, og i så fall hvordan en avhengig variabel ( $y$ ) påvirkes av to eller flere faktorer. Det blir testet hvorvidt det foreligger signifikante forskjeller mellom ulike verdier av  $y$  ved forskjellige nivåer av faktorene, og om det er interaksjoner mellom faktorene. Hver faktor som inkluderes i modellen, vil bli justert for av de andre faktorene. Variansanalyse ble benyttet for å avgjøre hvilke forsøksfaktorer og faktorkombinasjoner som var vesentlige for resultatene som ble testet, og for å anslå effekten av disse. For å indikere statistiske forskjeller ble det brukt et konfidensintervall på 95 %, hvilket tilsvarer et signifikansnivå på 5 % ( $p=0,05$ ).

#### **3.4.2 Tukey's Test**

Dersom nullhypotesen kunne forkastes ( $p \leq 0,05$ ) ved ANOVA, ble Tukey's Test benyttet for å undersøke hvilke grupper som var signifikant forskjellige fra hverandre. Dette ble utført i Minitab® (Minitab® 19 Statistical Software).

#### **3.4.3 OLS regresjonsanalyse**

Regresjonsanalyse ble benyttet for å undersøke sammenhengen mellom ulike variabler. Dette utledes ved en funksjon, der  $y$  = en avhengig variabel, og  $x_n$  = en eller flere uavhengige variabler. Det er sjeldent at  $y$  utelukkende forklares av  $x_n$  (sammenhengene er deterministiske) og at alle datapunkter ligger på en rett linje. Derfor inkluderes et stokastisk restledd,  $e$ , som representerer avviket mellom observert og forventet verdi. Det ble utført OLS regresjonsanalysen på andel ødelagte flak (%), med proteininnhold som forklaringsvariabel. Dette ble gjort i Excel for Microsoft 365 (versjon 1908).

## 4. Resultater

### 4.1 Dyrkingsegenskaper i ulike sorter

Det ble gjort ulike målinger av utgangsmateriale for å karakterisere og velge ut prøver til flaking. Dette inkluderte sortering og veiing av kornstørrelsesfraksjoner; målinger av TKV; beregning av skallprosent; samt oppmaling av hele korn for bestemmelse av proteininnhold. I tabell 4.1 og 4.2 er resultatene for henholdsvis 2018 og 2019 presentert ved gjennomsnittsverdier med hensyn på sort og N-gjødsling. Alle verdier innenfor hver kolonne var signifikant forskjellige med hensyn på år, og resultater fra 2018 og 2019 er derfor presentert hver for seg.

**Tabell 4.1.** Dyrkingsegenskaper i korn fra 2018. Data er presentert ved gjennomsnittsverdier av målinger for Avetron (A), Dovre (D) og Vinger (V) med N1- og N2-gjødsling.

Sort	N-nivå	Andel <350 (%) <sup>ns</sup>	Andel 350-450 (%)	Andel >450 (%)	TKV før sort. (g)	TKV etter sort. (g) <sup>ns</sup>	Skallprosent (%) <sup>ns</sup>	Proteininnhold (%)
<b>A</b>	1	6,26	22,93 <sup>a</sup>	70,81 <sup>a</sup>	36,02 <sup>ab</sup>	41,50	24,00	16,10 <sup>ab</sup>
<b>A</b>	2	6,13	21,87 <sup>a</sup>	72,00 <sup>a</sup>	36,55 <sup>ab</sup>	39,50	22,00	17,50 <sup>ab</sup>
<b>D</b>	1	6,42	27,92 <sup>b</sup>	65,66 <sup>b</sup>	33,35 <sup>a</sup>	38,17	22,50	18,90 <sup>a</sup>
<b>D</b>	2	6,16	27,24 <sup>b</sup>	66,60 <sup>b</sup>	34,78 <sup>a</sup>	40,50	22,50	19,90 <sup>a</sup>
<b>V</b>	1	6,57	21,48 <sup>a</sup>	71,95 <sup>a</sup>	39,04 <sup>b</sup>	42,50	23,50	15,00 <sup>b</sup>
<b>V</b>	2	6,64	20,68 <sup>a</sup>	72,68 <sup>a</sup>	36,70 <sup>b</sup>	43,17	24,00	16,90 <sup>b</sup>

<sup>a-c</sup> : Verdier med ulike bokstaver i hevet skrift er signifikant forskjellige (p<0,05)  
<sup>ns</sup> : Verdier innenfor samme kolonne er ikke signifikant forskjellige (p>0,05)

Resultater ble undersøkt ved enveis ANOVA og Tukey's Test (vedlegg 9). Som tabell 4.1 viser, var det ingen signifikante forskjeller mellom prøver med hensyn på N-gjødsling. Det var imidlertid signifikante forskjeller mellom sorter på 5 %-nivå. Andel korn over 450 µm var høyere hos Avetron og Vinger enn hos Dovre. Motsatt var andel korn i størrelsesfraksjonen 350-450 µm høyest hos Dovre. Dovre hadde også et signifikant høyere proteininnhold – og en lavere opprinnelig TKV enn Vinger.

**Tabell 4.2.** Dyrkingsegenskaper i korn fra 2019. Data er presentert ved gjennomsnittsverdier av målinger for Avetron (A), Dovre (D) og Vinger (V) med N1- og N2-gjødsling.

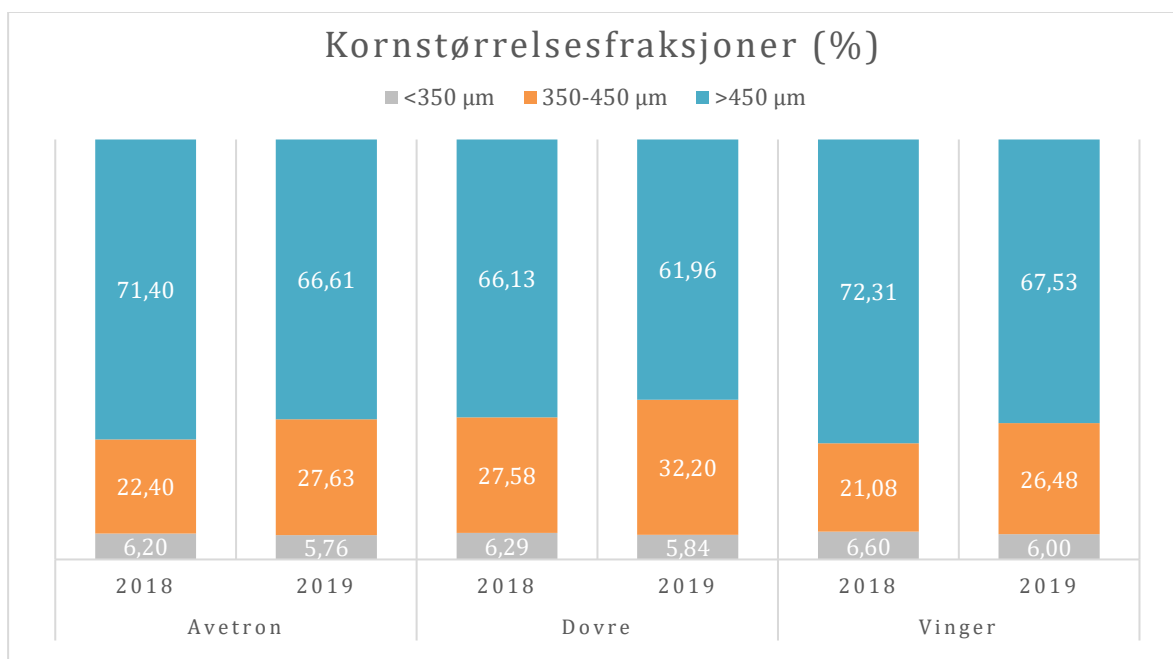
Sort	N-nivå	Andel <350 (%) <sup>ns</sup>	Andel 350-450 (%) <sup>ns</sup>	Andel >450 (%) <sup>ns</sup>	TKV før sort. (g) <sup>ns</sup>	TKV etter sort. (g) <sup>ns</sup>	Skallprosent (%)	Proteininnhold (%)
<b>A</b>	1	5,67	27,04	67,29	32,35	38,00	25,84 <sup>ab</sup>	12,90 <sup>a</sup>
<b>A</b>	2	5,85	28,21	65,94	32,58	38,67	26,67 <sup>ab</sup>	14,06 <sup>a</sup>
<b>D</b>	1	5,96	31,95	62,09	31,38	37,89	26,48 <sup>a</sup>	12,56 <sup>ab</sup>
<b>D</b>	2	5,73	32,44	61,83	33,38	40,22	25,00 <sup>a</sup>	12,92 <sup>ab</sup>
<b>V</b>	1	5,98	24,29	69,73	31,15	38,00	29,73 <sup>b</sup>	10,15 <sup>b</sup>
<b>V</b>	2	6,01	28,66	65,33	32,01	37,22	28,00 <sup>b</sup>	10,35 <sup>b</sup>

<sup>a-c</sup> : Verdier med ulike bokstaver i hevet skrift er signifikant forskjellige (p<0,05)  
<sup>ns</sup> : Verdier innenfor samme kolonne er ikke signifikant forskjellige (p>0,05)

Resultatene fra 2019 (tabell 4.2) viste heller ingen signifikante forskjeller mellom prøver med hensyn på N-gjødsling. Som det fremkommer i tabell 4.1 og 4.2, var det færre signifikante forskjeller mellom kornprøver fra 2019 enn fra 2018. I 2019 var det kun forskjeller i skallprosent og proteininnhold som var signifikant med hensyn på sort. Vinger hadde en høyere skallprosent enn Dovre, mens gjennomsnittlig skallprosent hos Avetron lå mellom gjennomsnittverdiene til de to øvrige sortene. Innhold av protein var signifikant høyere hos Avetron enn hos Vinger. I 2019 var det ingen signifikante forskjeller i kornstørrelsesfraksjoner mellom prøver, men forskjeller mellom 2018 og 2019 var tydelig signifikante ( $p < 0,02$ ).

#### 4.1.1 Kornstørrelsesfraksjoner

Hensikten ved å veie kornene i ulike størrelsesfraksjoner var å kunne si noe om variasjonen innenfor hver prøve, og undersøke om det fantes trender innenfor sort, N-gjødsling og år. I figur 4.1 er kornstørrelsesfraksjonene presentert med hensyn på sort og år. De ulike fraksjonene representerer andelen korn som passerte sold med hullstørrelse 350  $\mu\text{m}$  i diameter (d) (<350  $\mu\text{m}$ ); korn som passerte d= 450  $\mu\text{m}$ , men ikke d=350  $\mu\text{m}$  (350-450  $\mu\text{m}$ ); og korn som ikke passerte d=450  $\mu\text{m}$  (>450  $\mu\text{m}$ ).



**Figur 4.1.** Kornstørrelsesfraksjoner (%) for Avetron, Dovre og Vinger fra 2018 og 2019. Data er gjennomsnitt beregnet fra totalt 6 prøver à 2551,1  $\pm$  288,5 g av hver sort i 2019, og 4 prøver à 4895,0  $\pm$  12,4 g av hver sort i 2018. Tallmaterialet kan sees i tabell 2 og 3 i vedlegg 1.

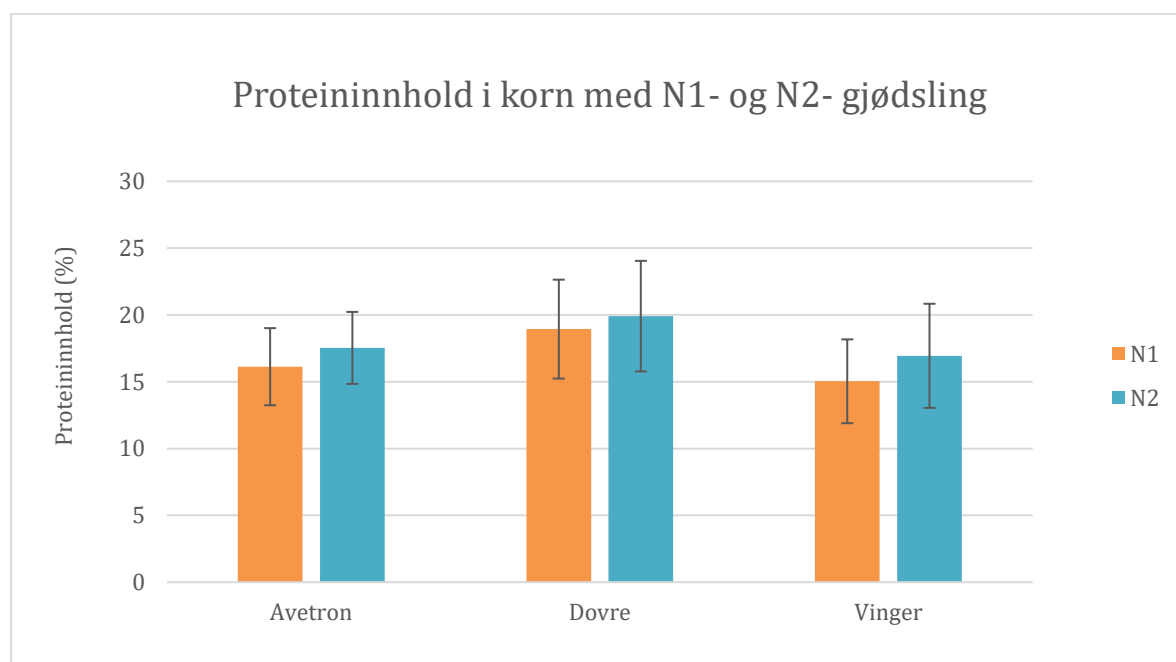
Som figur 4.1 illustrerer, var andel store korn (>450  $\mu\text{m}$ ) størst i 2018. Blant disse hadde Avetron og Vinger en noe høyere andel enn Dovre ( $p < 0,005$ ). Dovre hadde imidlertid en større andel mellomstore korn (350-450  $\mu\text{m}$ ) enn Avetron og Vinger samme år ( $p < 0,001$ ). Samme trend kunne sees i 2019, der andel korn i fraksjonen 350-450  $\mu\text{m}$ , utgjorde 32,2 % for Dovre, og 27,63 – og 26,48 % for

henholdsvis Avetron og Vinger. Andelen korn over 450  $\mu\text{m}$  var også lavere for Dovre, med 61,96 % mot 66,61 – og 67,53 % i henholdsvis Avetron og Vinger.

#### 4.1.2 Proteininnhold

Innhold av protein i hele korn ble beregnet ved en omregningsfaktor på 6,25, og alle resultatene er oppgitt i prosent per 100 g TS. Enveis ANOVA viste at det var signifikante forskjeller i proteininnhold mellom sorter i 2018 og 2019, samt mellom årene.

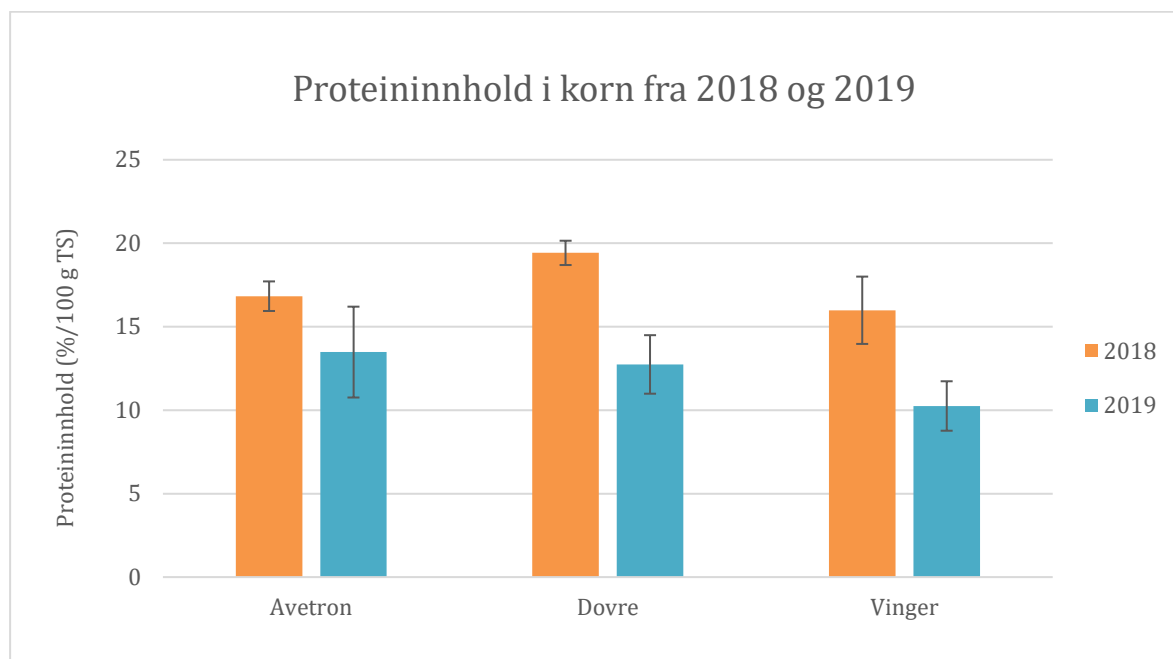
Effekten av sort og N-gjødsling ble videre undersøkt ved hjelp av toveis ANOVA (Fig. 4.2). Det var ingen signifikant samspillseffekt mellom sort og N-gjødsling på proteininnhold.



**Figur 4.2.** Proteininnhold (% av 100 g TS i hele korn) i Avetron, Dovre og Vinger med N1- og N2-gjødsling. Data er gjennomsnittsverdier av 5 prøver, hvor feilfelt representerer ett standardavvik. Tallmaterialet kan sees i tabell 4 og 5 i vedlegg 1.

Forsøksrutene som fikk N2-gjødsling, ble gitt ekstra nitrogen i kalksalpeter ved aksskyting. Som vist i figur 4.2, er gjennomsnittlig proteininnhold høyere i korn med N2-gjødsling. Ved enveis ANOVA var ikke denne effekten signifikant med hensyn på N-nivå alene, men ved å justere for sortsforskjeller kunne det sees en svak signifikant forskjell ( $p < 0,1$ ) på 10 %-nivå. Basert på gjennomsnittsverdiene, var proteininnholdet for samtlige sorter minst 1 %-poeng høyere ved N2-gjødsling enn ved N1-gjødsling.

Forskjellene i proteininnhold var imidlertid størst med hensyn på år, hvor korn dyrket i 2018 hadde et signifikant høyere proteininnhold enn korn dyrket i 2019 ( $p < 0,001$ ) (Fig. 4.3).



**Figur 4.3.** Proteininnhold (% av 100 g TS i hele korn) i Avetron, Dovre og Vinger i 2018 og 2019, med ett standardavvik som feilfelt. Data er gjennomsnitt av 4 prøver per sort fra 2018, og 6 prøver per sort fra 2019. Tallmaterialet kan sees i tabell 4 og 5 i vedlegg 1.

Gjennomsnittlig proteininnhold i Dovre og Avetron var høyere enn i Vinger i 2018 og 2019. I 2018 var forskjellen signifikant mellom Dovre og Vinger, mens den i 2019 var signifikant mellom Vinger og Avetron ( $p < 0,05$ ). Det var ingen signifikant forskjell i proteininnhold mellom Dovre og Avetron, verken i 2018 eller i 2019. Variasjonen innenfor hver sort var mindre i 2018 enn i 2019. I figur 4.3 vises dette ved lavere standardavvik i 2018, hvor særlig Dovre og Avetron skiller seg ut.

#### 4.1.3 Hektolitervekt (HLV)

HLV ble målt etter at kornprøvene var blandet for å få partier med forskjellig proteininnhold til flakundersøkelser. Resultatene er presentert med gjennomsnittsverdier hos de ulike sortene med hensyn på proteinnivåer (tabell 4.3).

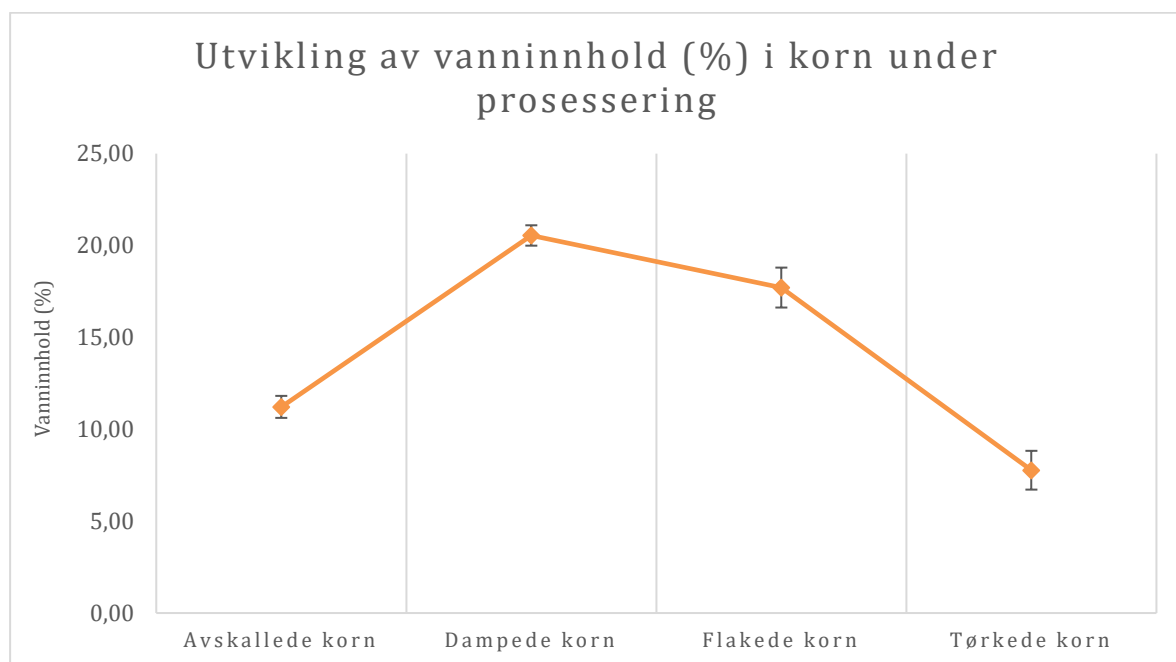
**Tabell 4.3.** Gjennomsnittsverdier av hektolitervekt for de ulike sortene med hensyn på proteinnivåer. Tallmaterialet kan sees i tabell 6 i vedlegg 1.

Proteinnivå	Avetron	Dovre	Vinger	Gjennomsnitt
LP	51,30	47,40	46,30	48,3
MP	51,30	52,20	44,60	49,4
HP	54,00	56,00	53,50	54,5
Gjennomsnitt	52,20	51,87	48,13	-

Alle målinger lå i intervallet 44,6 - 56 kg/hl, hvorav Vinger hadde de to laveste verdiene. Gjennomsnittlig HLV for de ulike proteinnivåene var varierende, men HLV i korn med lavt proteinnivå (LP) var lavere enn i korn med høyt proteinnivå (HP). Forskjellene var signifikante ved enveis ANOVA, der data fra to gjentak av hver prøve ble inkludert ( $p < 0,005$ ). Forskjellene var imidlertid ikke signifikante beregnet med gjennomsnittet av de to gjentakene.

#### 4.2. Vanninnhold i korn under prosessering

Vanninnholdet i alle prøver ble målt ved ulike trinn i prosessen for å sikre jevn kvalitet under prosessering. Resultatene er presentert ved gjennomsnittlig vanninnhold, samt standardavvik av alle avskallede korn, dampede korn, flakede havregryn og tørkede havregryn (Fig. 4.4).



**Figur 4.4.** Vanninnhold i kornprøver etter avskalling; damping; flaking og tørking, med ett standardavvik som feilfelt. Gjennomsnittsverdiene for avskallede- og dampede korn er bygget på 8 prøver \* 2 gjentak \* 2 gjentak av målinger = 32. Gjennomsnittsverdier for flakede og tørkede korn bygger på 24 prøver \* 2 gjentak (foruten Vinger, HP, tykkelse 3) \* 1 gjentak av målinger = 47.

Figur 4.4 viser hvordan vanninnholdet i kornene endret seg ved ulike enhetsoperasjoner. Før avskalling hadde kornene et vanninnhold på rundt 11-12 %. Dette regnes som optimalt vanninnhold for avskalling, og et lavt standardavvik indikerer liten forskjell mellom prøver. Etter avskalling ble kornene dampet med hensikt om å oppnå et vanninnhold på 20-21 %, og som vist i figur 4.4 var dampprosessen vellykket. Under flaking ble vanninnholdet redusert som følge av valsing og diffusjon, og havregrynene hadde et gjennomsnittlig vanninnhold på 18 % før de ble tørket. Tørking ga havregrynene et endelig vanninnhold på rundt 8 %.



## 4.3 Flakanalyser av havregryn

### 4.3.1 Andel ødelagte flak

Som en parameter på flakstyrke ble andel ødelagte flak (%) målt ved sikting, og undersøkt med hensyn på forsøksfaktorene (sort, proteinnivå, flaktykkelse). Dette ble gjort ved enveis ANOVA, Tukey's Test, og OLS regresjonsanalyse.

#### 4.3.1.1 Flaktykkelse

Flaktykkelse hadde en tydelig effekt på andel ødelagte flak. Resultater er gitt ved gjennomsnittsverdier for de tre tykkelsene (1, 2 og 3), samt data fra enveis ANOVA og Tukey's Test (tabell 4.4).

**Tabell. 4.4.** Andel ødelagte flak (%) med hensyn på flaktykkelse (1, 2 og 3). Gjennomsnittsverdier er basert på to gjentak av målinger per prøve. Resultater er gitt ved enveis ANOVA.

Ødelagte flak, % - Forskjell med hensyn på flaktykkelse				
Faktor	Antall prøver	Gjennomsnitt	Standardavvik	Tukey's Test*
Tykkelse 1	16	13,83	2,82	a
Tykkelse 2	16	11,59	2,77	b
Tykkelse 3	15	9,20	2,87	c
P-verdi	<0,001			

<sup>a-c</sup> : Verdier med ulike bokstaver er signifikant forskjellige ( $p < 0,05$ )

Som vist i tabellen, var gjennomsnittlig andel ødelagte flak avtakende med økt tykkelse. Forskjellene mellom de tre flaktykkelsene var alle signifikante fra hverandre. P-verdien er lav, og indikerer en sterk signifikant forskjell.

#### 4.3.1.2 Proteininnhold

På grunn av de sterke signifikante forskjellene mellom flaktykkelse 1, 2 og 3, ble prøvene gruppert etter flaktykkelse før andel ødelagte flak ble undersøkt med hensyn på proteinnivå (LP, MP og HP). Dette ble gjort ved hjelp av enveis ANOVA og Tukey's Test (tabell 4.5).

**Tabell. 4.5.** Andel ødelagte flak med hensyn på proteinnivå (LP, MP, HP) for tykkelse 1, 2 og 3.

Gjennomsnittsverdier er basert på to gjentak av målinger per prøve.

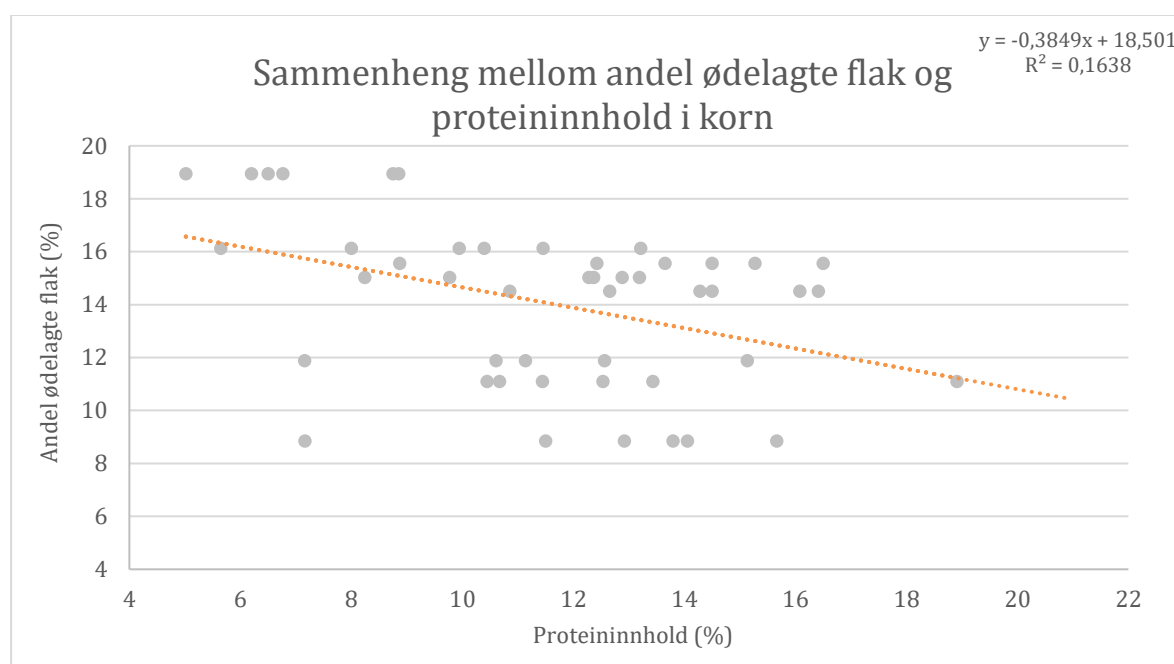
Ødelagte flak, %	Flaktykkelse 1			Flaktykkelse 2			Flaktykkelse 3		
	LP	MP	HP	LP	MP	HP	LP	MP	HP
Gjennomsnitt (%) *	15,45 <sup>a</sup>	15,33 <sup>a</sup>	11,24 <sup>b</sup>	12,19 <sup>a</sup>	12,90 <sup>a</sup>	9,85 <sup>a</sup>	10,49 <sup>a</sup>	10,63 <sup>a</sup>	7,15 <sup>b</sup>
Standardavvik	2,48	1,46	2,16	1,71	2,34	2,92	2,80	2,58	1,88
P-verdi	0,004			0,074			0,046		

<sup>a-c</sup> : Verdier med ulike bokstaver i hevet skrift er signifikant forskjellige ( $p < 0,05$ )

\* Statistisk signifikans gjelder mellom prøver innenfor samme kolonne

Gjennomsnittlig andel ødelagte flak var størst for korn med lavt og middels proteinnivå (LP og MP). Resultatene fra enveis ANOVA viste signifikante forskjeller med hensyn på proteininnhold både for tykkelse 1 og 3 ( $p < 0,05$ ). Ved hjelp av Tukey's Test ble det vist at korn med høyt proteinnivå (HP) skilte seg signifikant fra de to andre proteinnivåene, med en lavere andel ødelagte flak. Forskjellen mellom proteinnivåene var ikke signifikant for havregryn i tykkelse 2, men den samme trenden kan sees ved gjennomsnittsverdier i tabell 4.5.

For å supplere funnene fra ANOVA og Tukey's Test, ble det gjort en OLS regresjonsanalyse av andel ødelagte flak med proteininnhold som forklaringsvariabel (Fig. 4.5).

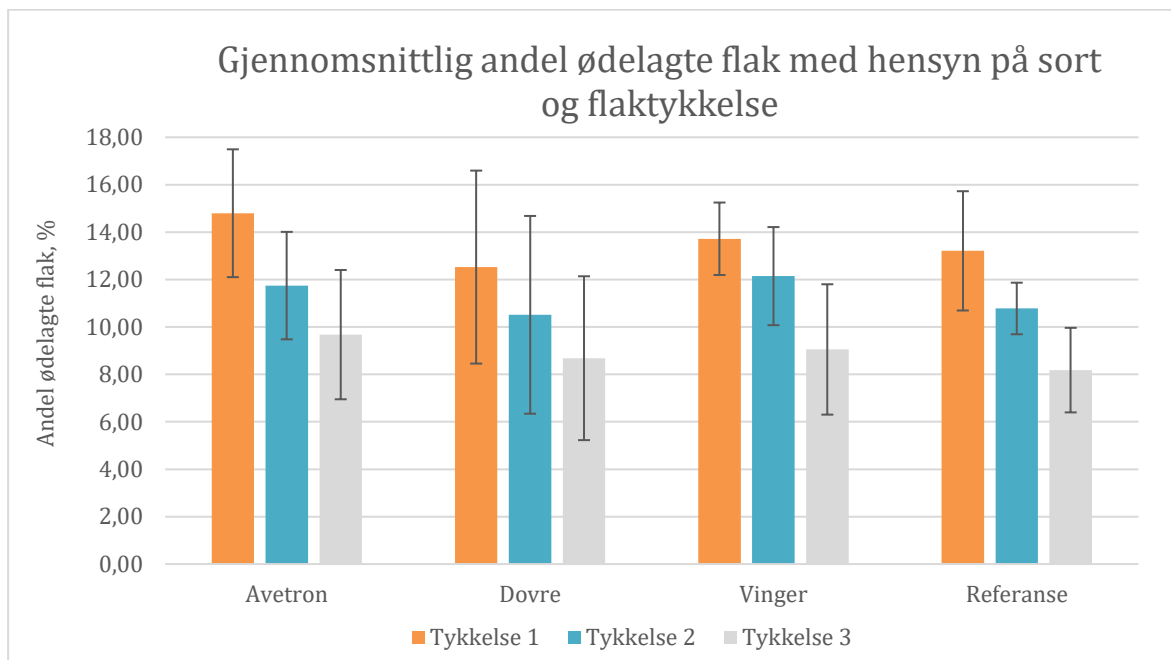


**Figur 4.5.** Sammenheng mellom andel ødelagte flak og proteininnhold i korn, med andel ødelagte flak (%) som avhengig variabel (y). Data av proteininnhold er resultater fra N-analyse av hele korn. Data fra regresjonsanalyse er vist i tabell 20 i vedlegg 10.

Regresjonsanalysen viser at den gjennomsnittlige reduksjonen i andel ødelagte flak er 0,38 %-poeng per 1 %-poeng økning i proteininnhold. Som trendlinjen i figur 4.5 illustrerer, hadde havregryn med høyere innhold av protein, færre ødelagte flak. Korrelasjonskoeffisienten,  $R^2$ , er lav og indikerer at kun 16,4 % av variasjonen i andel ødelagte flak kan forklares med en variasjon i proteininnhold. P-verdien indikerer imidlertid en sterk statistisk signifikans ( $p < 0,005$ ).

#### 4.3.1.3 Sorter

Med hensyn på sortene (Avetron, Dovre, og Vinger) var det ingen signifikante forskjeller i andel ødelagte flak. Det var heller ingen signifikant forskjell mellom sortene og referanseprøven (Fig. 4.6).



**Figur 4.6.** Andel ødelagte flak (%) hos Avetron, Dovre, Vinger og referanseprøve, med ett standardavvik som feilfelt. Data er gjennomsnittsverdier beregnet fra tallmateriale i tabell 7b i vedlegg 3. Gjennomsnitt er beregnet fra 3 prøver (LP, MP, HP) \*2 gjentak \* 2 gjentak av målinger. Antall prøver av Dovre var 2 (MP, HP), samt 1 referanseprøve.

Figuren viser at andelen ødelagte flak var relativt lik mellom alle sorter, og mellom sortene og referanseprøven. Figuren illustrerer også forskjellene med hensyn på ulike flaktykkelser, hvor trenden var den samme innenfor hver sort.

### 4.3.2 Fargemålinger

Fargemålinger ble utført ved hjelp av DigiEye™. Resultatene er presentert ved gjennomsnittsverdier av L\*, hue\*, og Chroma\* (tabell 4.6). Verdier av a\* og b\* er presentert indirekte gjennom h\* og C\*-verdiene. Målinger ble undersøkt med hensyn på forsøksfaktorene sort, proteininnhold og flaktykkelse ved hjelp av faktoriell ANOVA. Bilder av alle prøver kan sees i vedlegg 7.

**Tabell 4.6.** CIE-verdier (L\*, C\* h\*) i havregrynprøver. Gjennomsnittsverdier er angitt med hensyn på forsøksfaktorer (sort, proteinnivå, flaktykkelse), samt referanseprøve. Data er gjennomsnitt av 2 gjentak\*2 gjentak av målinger. Tallmaterialet kan sees i tabell 13 i vedlegg 7.

Prøve			CIE-farger fra DigiEye™		
Sort	Proteinnivå	Flaktykkelse	L*	C*	h*
<b>Avetron</b>	LP	1	73,58 ± 0,66	22,38 ± 0,25	76,27 ± 0,39
<b>Avetron</b>	LP	2	71,99 ± 1,88	23,66 ± 0,62	75,54 ± 0,79
<b>Avetron</b>	LP	3	67,73 ± 0,85	24,54 ± 0,52	75,39 ± 0,33
<b>Avetron</b>	MP	1	72,55 ± 0,71	21,45 ± 0,34	75,33 ± 0,19
<b>Avetron</b>	MP	2	71,67 ± 1,80	21,90 ± 0,45	75,36 ± 0,18
<b>Avetron</b>	MP	3	69,73 ± 2,33	22,70 ± 0,45	74,98 ± 0,38
<b>Avetron</b>	HP	1	73,52 ± 0,13	21,69 ± 0,16	73,55 ± 0,26
<b>Avetron</b>	HP	2	72,06 ± 3,22	22,01 ± 0,06	73,28 ± 0,30
<b>Avetron</b>	HP	3	68,75 ± 0,79	22,04 ± 0,26	72,98 ± 0,15
<b>Dovre</b>	MP	1	71,12 ± 0,99	21,27 ± 0,21	75,45 ± 0,18
<b>Dovre</b>	MP	2	69,80 ± 1,46	21,48 ± 0,08	75,13 ± 0,35
<b>Dovre</b>	MP	3	69,42 ± 1,69	22,53 ± 0,52	74,46 ± 0,55
<b>Dovre</b>	HP	1	71,40 ± 0,45	21,96 ± 0,17	74,77 ± 0,38
<b>Dovre</b>	HP	2	70,59 ± 1,16	22,61 ± 0,44	74,02 ± 0,44
<b>Dovre</b>	HP	3	68,18 ± 0,96	22,92 ± 0,38	73,71 ± 0,29
<b>Vinger</b>	LP	1	72,83 ± 2,85	22,13 ± 0,33	75,52 ± 0,49
<b>Vinger</b>	LP	2	72,09 ± 1,23	22,00 ± 0,36	75,41 ± 0,35
<b>Vinger</b>	LP	3	69,70 ± 2,03	22,53 ± 0,39	75,07 ± 0,13
<b>Vinger</b>	MP	1	72,50 ± 0,63	22,35 ± 0,23	75,73 ± 0,38
<b>Vinger</b>	MP	2	70,62 ± 0,76	22,62 ± 0,58	75,68 ± 0,17
<b>Vinger</b>	MP	3	68,74 ± 0,27	24,03 ± 0,01	75,16 ± 0,16
<b>Vinger</b>	HP	1	74,87 ± 0,23	21,12 ± 0,34	75,34 ± 0,39
<b>Vinger</b>	HP	2	74,55 ± 1,29	21,86 ± 0,82	74,77 ± 0,77
<b>Vinger</b>	HP	3	71,22 ± 0,70	22,36 ± 0,36	73,87 ± 0,27
<b>Referanse</b>	*IK	1	76,44 ± 1,29	21,69 ± 0,59	73,94 ± 0,81
<b>Referanse</b>	*IK	2	74,07 ± 0,01	22,35 ± 0,72	73,24 ± 0,19
<b>Referanse</b>	*IK	3	71,92 ± 0,47	23,51 ± 0,21	72,52 ± 0,10

Verdier er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik.

\*IK = Ikke kjent.

L\*-verdier angir grad av lyshet i prøven, hvor 100 = hvit. Som vist i tabell 4.6, var L\*-verdier høyere for de tynneste flakene, og verdiene var avtakende med økt tykkelse (1-3). Ved faktoriell ANOVA og Tukey's Test ble det vist at L\*-verdiene for havregryn i flaktykkelse 1 og 2 var signifikant forskjellig

( $p < 0,001$ ) fra havregryn i tykkelse 3. Det ble også vist at Vinger hadde signifikant lysere havregryn enn Dovre ( $p < 0,01$ ).

Verdier av  $h^*$ , representerer prøvens fargetone. En  $h^*$ -verdi lik 0 representerer rød fargetone, mens en verdi lik 90 representerer gul farge. Gjennomsnittene av hue-verdier lå mellom 72,5 – 76,3. Faktoriell ANOVA og Tukey's Test viste at  $h^*$ -verdier for havregryn i tykkelse 1 og 2 var signifikant forskjellig fra havregryn i tykkelse 3 ( $p < 0,001$ ). Dette kan sees i tabell 4.6, hvor  $h^*$ -verdiene er høyest i tynne flak, og synker med økt flaktykkelse. I tillegg var verdier av  $h^*$  signifikant høyere i havregryn med lavt og middels proteinnivå (LP og MP) sammenlignet med havregryn med høyt proteinnivå (HP) ( $p < 0,001$ ). Den statistiske analysen viste også at fargetone i Avetron var signifikant forskjellig fra Vinger, med gjennomsnittsverdier på henholdsvis 74,8 og 75,2.

Verdier av  $C^*$  viser motsatt trend med hensyn på flaktykkelse. Tykkelse 3 har høyere  $C^*$ -verdier, og dermed sterkere metning, enn tykkelse 2 og 1 ( $p < 0,001$ ). Det ble også vist at havregryn med lavt proteinnivå (LP) hadde signifikant høyere  $C^*$ -verdier enn havregryn med middels og høyt proteinnivå (MP og HP). Gjennomsnittet av havregryn med lavt proteinnivå (LP) er imidlertid basert på færre målinger.

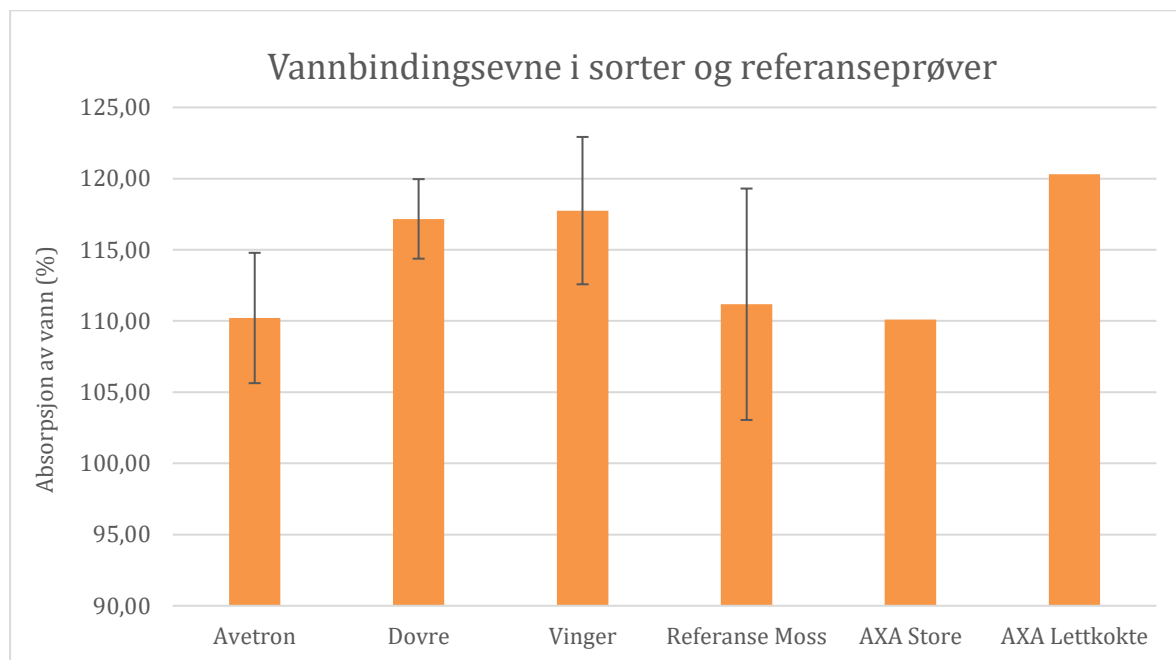
Referanseprøven (Fig. 4.7) skilte seg noe ut fra de andre prøvene, særlig ved  $L^*$ -verdien i havregryn i tykkelse 1. Dette indikerer at referanseprøven var lysere enn andre prøver. I tabell 4.6, vises det også at referanseprøven hadde lavere  $h^*$ -verdier enn samtlige prøver. Referanseprøven viste imidlertid samme trend som de andre prøvene når det gjaldt flaktykkelse. Fargen var mørkest, - og metningen størst, i havregryn i tykkelse 3.  $h^*$ -verdier på 73,9, 73,2, og 72,5 i henholdsvis tykkelse 1, 2, og 3, tilsier at fargetonen ligger mellom rød og gul – med klart høyere gultone ( $h^* = 90$ ). Gul-tonen var mer fremtredende i tynne havregryn.



**Figur 4.7.** Bilder av referanseprøve i tykkelse 1, 2 og 3 fra fotografering – og fargemåling i DigiEye™.

### 4.3.2 Vannbindingsevne

Måling av vannbindingsevne ble utført i henhold til AACC Metode 56-20.01. I tillegg til den kommersielle referanseprøven som ble prosessert på samme måte som Avetron, Dovre og Vinger, ble vannbindingsevne også målt i to kommersielle havregrynprodukter (AXA Bjørn havregryn Store og AXA Bjørn havregryn Lettkokte). Resultatene for alle sorter, samt referanseprøver, er presentert i figur 4.8.



**Figur 4.8.** Vannbindingsevne i Avetron, Dovre, Vinger og referanseprøve, samt kommersielle referanseprøver fra Lantmännen. Feilfelt representerer ett standardavvik. Data er gjennomsnittsverdier beregnet fra 9 prøver \*2 gjentak\*2 gjentak av målinger. Gjennomsnittsverdi i referanseprøven er basert på 3 prøver (tykkelse 1, 2 og 3) \* 2 gjentak av målinger. Tallmaterialet kan sees i tabell 14 i vedlegg 8. Verdier av de to kommersielle prøvene er basert på to gjentak av målinger.

Ved faktoriell ANOVA ble det vist at forskjellene i vannbindingsevne ikke var signifikant med hensyn på proteinnivå eller flaktykkelse. Det ble imidlertid vist en signifikant forskjell med hensyn på sorter ( $p < 0,001$ ). Vannbindingsevnen var lavere i havregryn av Avetron, enn i havregryn av Dovre og Vinger (Fig. 4.8). Det kan også sees at gjennomsnittlig vannbindingsevne i Avetron, var relativt lik vannbindingsevnen som ble målt i AXA Store havregryn og i referanseprøven. Dovre og Vinger hadde høyere vannbindingsevne, med gjennomsnittsverdier som var mer like vannbindingsevnen som ble målt i AXA Lettkokte havregryn. AXA Lettkokte havregryn hadde for øvrig den høyeste vannbindingsevnen (Fig. 4.8).

### 4.3.2 Viskositetsmålinger

Viskositetsmålingene ble utført ved hjelp av RVA<sup>TM</sup>, og resultatene ble undersøkt ved faktoriell (General Linear Model) ANOVA og Tukey's Test med hensyn på forsøksfaktorene sort, proteinnivå og flaktykkelse. De ulike parameterne inkluderer forklistringstemperatur, peak viskositet, peak-tid, nedbrytning, hold-viskositet, setback og endelig viskositet. Resultatene er presentert nedenfor.

#### 4.3.2.1 Forklistringstemperatur

Forklistringstemperaturen representerer stadiet hvor viskositeten i prøven begynner å øke. Resultatene er presentert ved gjennomsnittsverdier av forklistringstemperatur (tabell 4.7).

**Tabell 4.7.** Forklistringstemperatur med hensyn på sort, proteinnivå og flaktykkelse. Gjennomsnittsverdier er basert på 9 prøver \* 2 gjentak \*. Tallmaterialet kan sees i tabell 24 i vedlegg 10.

Forklist. temp	Sort <sup>ns</sup>			Proteinnivå <sup>ns</sup>			Flaktykkelse <sup>ns</sup>		
	A	D	V	LP	MP	HP	1	2	3
Gjennomsnitt	50,97	50,91	50,74	50,52	50,72	51,39	51,34	50,69	50,60
P-verdi	0,808			0,069			0,111		
R <sup>2</sup> (adj.)	9,83 %								

<sup>ns</sup> : Verdier innenfor samme kolonne er ikke signifikant forskjellige (p>0,05)

Ved faktoriell ANOVA ble det ikke funnet noen signifikante forskjeller i forklistringstemperatur med hensyn på sort, proteininnhold, eller flaktykkelse. Forklistringstemperaturen i prøvene lå mellom 50,1 – og 54,5 °C, med et totalgjennomsnitt på 50,9 °C.

#### 4.3.2.2 Peak viskositet

Peak viskositet angir prøvens maksimum viskositet i oppvarmingsfasen. Ved faktoriell ANOVA ble det vist at forskjeller i peak viskositet var signifikante med hensyn på alle forsøksfaktorene (tabell 4.8, Fig. 4.9).

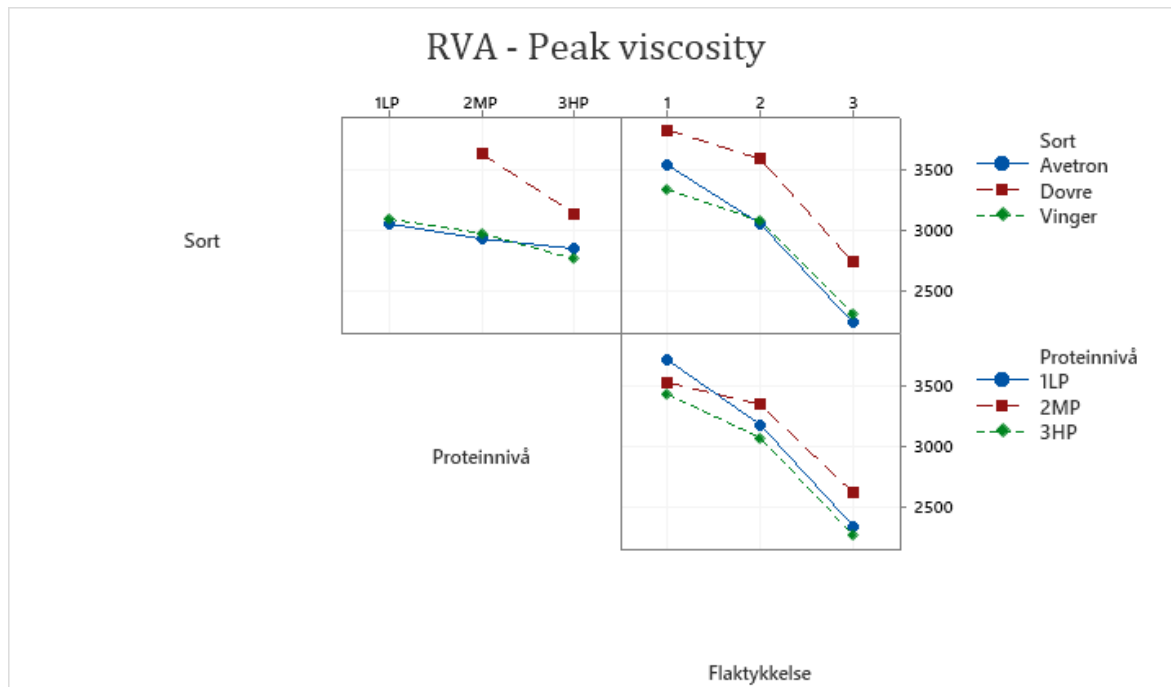
**Tabell 4.8.** Gjennomsnitt av peak viskositet med hensyn på respektive forsøksfaktorer (sort, proteinnivå og flaktykkelse). A=Avetron, D=Dovre, V=Vinger. Data fra statistisk analyse er vist i tabell 24 i vedlegg 10.

Peak viskosit.	Sort			Proteinnivå			Flaktykkelse		
	A	D	V	LP	MP	HP	1	2	3
Gjennomsnitt	2949,0 <sup>b</sup>	3464,2 <sup>a</sup>	2911,7 <sup>b</sup>	3556,8 <sup>a</sup>	3146,1 <sup>a</sup>	2922,2 <sup>b</sup>	3604,3 <sup>a</sup>	3264,7 <sup>b</sup>	2456,0 <sup>c</sup>
P-verdi	0,0000			0,0000			0,0006		
R <sup>2</sup> (adj.)	85,82 %								

<sup>a-c</sup> : Verdier med ulike bokstaver i hevet skrift er signifikant forskjellige (p<0,05)  
Statistisk signifikans gjelder mellom prøver innenfor samme kolonne

Som vist i tabell 4.8 var peak viskositet i havregryn med lavt og middels proteinnivå (LP og MP), signifikant høyere enn i havregryn med høyt proteinnivå (HP). Dovre hadde en signifikant høyere

peak viskositet enn Avetron og Vinger, til tross for at LP prøvene av Dovre manglet. Forskjellene i peak viskositet var signifikant mellom alle flaktykkelsene, der viskositeten var høyest i havregryn i tykkelse 1. Modellen forklarer 85,8 % av variasjonen i peak viskositet.



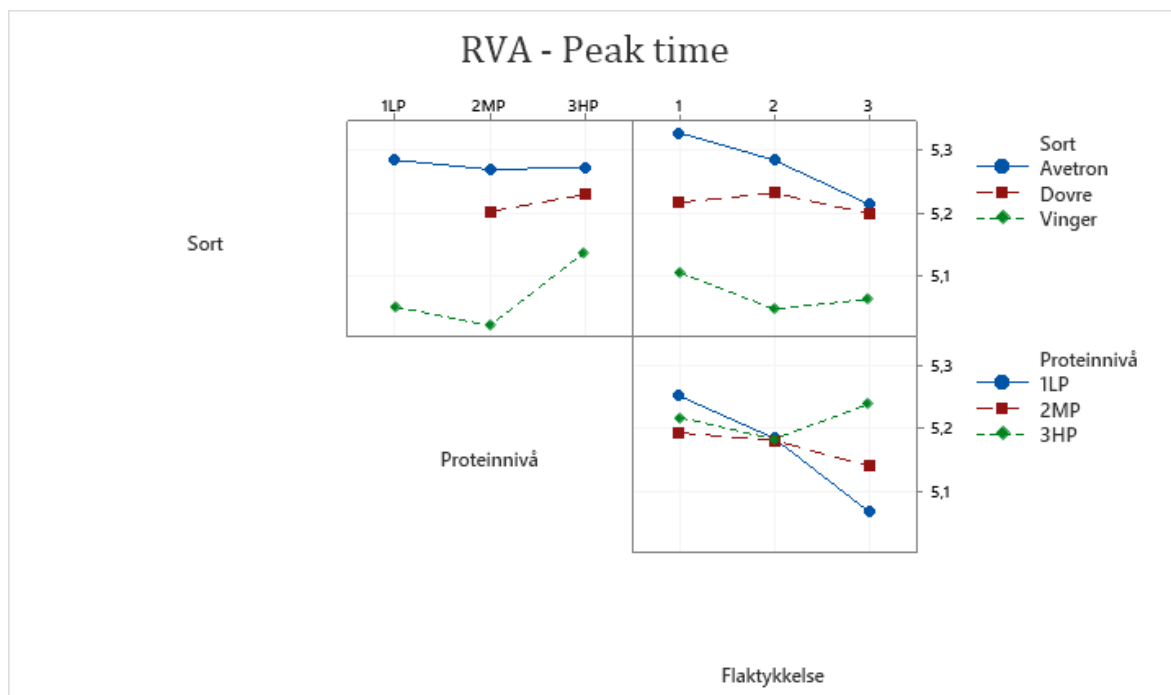
**Figur 4.9.** Peak viskositet (cP) med hensyn på sort, proteinnivå og flaktykkelse. Datapunktene angir gjennomsnittsverdier av peak viskositet for to og to faktorer, fordelt på tre ruter. Faktorene står på linje med rutene de inngår i (1LP = lavt proteinnivå, 2MP = middels proteinnivå, 3HP = høyt proteinnivå, 1 = flaktykkelse 1, 2= flaktykkelse 2, 3 = flaktykkelse 3).

I figur 4.9, vises det tydelig at Dovre har høyere peak viskositet enn Avetron og Vinger. Dette kan sees i de to øverste rutene, både med hensyn på proteinnivå og flaktykkelse. Det var ingen signifikant forskjell i peak viskositet mellom Avetron og Vinger, og dette illustreres godt i figuren. Det kan også sees en tydelig effekt av flaktykkelse, hvorav samtlige sorter hadde en reduksjon i peak viskositet med økt tykkelse i havregrynene. Peak viskositet var også lavere i havregryn med høyt proteininnhold, enn i havregryn med lavt proteininnhold. Denne effekten var imidlertid størst i Dovre.

#### 4.3.2.3 Peak-tid

Peak-tid angir hvor raskt prøven oppnår maksimum viskositet. Ved bruk av standard STD1 testprofil i RVA, tok det 4 minutter og 42 sekunder før maksimum temperatur (95 °C) var oppnådd. Ingen av prøvene nådde maksimum viskositet før de var ved 95 °C. Ved faktoriell ANOVA og Tukey's Test ble det gitt at peak-tid var signifikant lavere hos Vinger, enn hos Avetron og Dovre (tabell 4.9, Fig. 4.10). Vinger brukte altså kortere tid på å nå peak viskositet.





**Figur 4.10.** Peak-tid (min) med hensyn på sort, proteinnivå og flaktykkelse. Datapunktene angir gjennomsnittsverdier av peak-tid for to og to faktorer, fordelt på tre ruter. Faktorene står på linje med rutene de inngår i (1LP = lavt proteinnivå, 2MP = middels proteinnivå, 3HP = høyt proteinnivå, 1 = flaktykkelse 1, 2 = flaktykkelse 2, 3 = flaktykkelse 3).

Som vist i figur 4.10, hadde både Vinger og Avetron en nedgang i peak-tid fra LP- til MP, og deretter en økning fra MP- til HP. Vinger hadde også en nedgang i peak-tid fra tykkelse 1 til tykkelse 2, og deretter en økning til tykkelse 3. Dette var for øvrig motsatt trend av Dovre. Peak-tid med hensyn på proteinnivå og flaktykkelse er illustrert i nederste rute i figur 4.10. Det var ingen signifikante forskjeller i peak-tid med hensyn på disse to faktorene (tabell 4.9).

**Tabell 4.9.** Gjennomsnitt av peak-tid med hensyn på respektive forsøksfaktorer (sort, proteinnivå og flaktykkelse). A=Avetron, D=Dovre, V=Vinger. Data fra statistisk analyse er vist i tabell 24 i vedlegg 10.

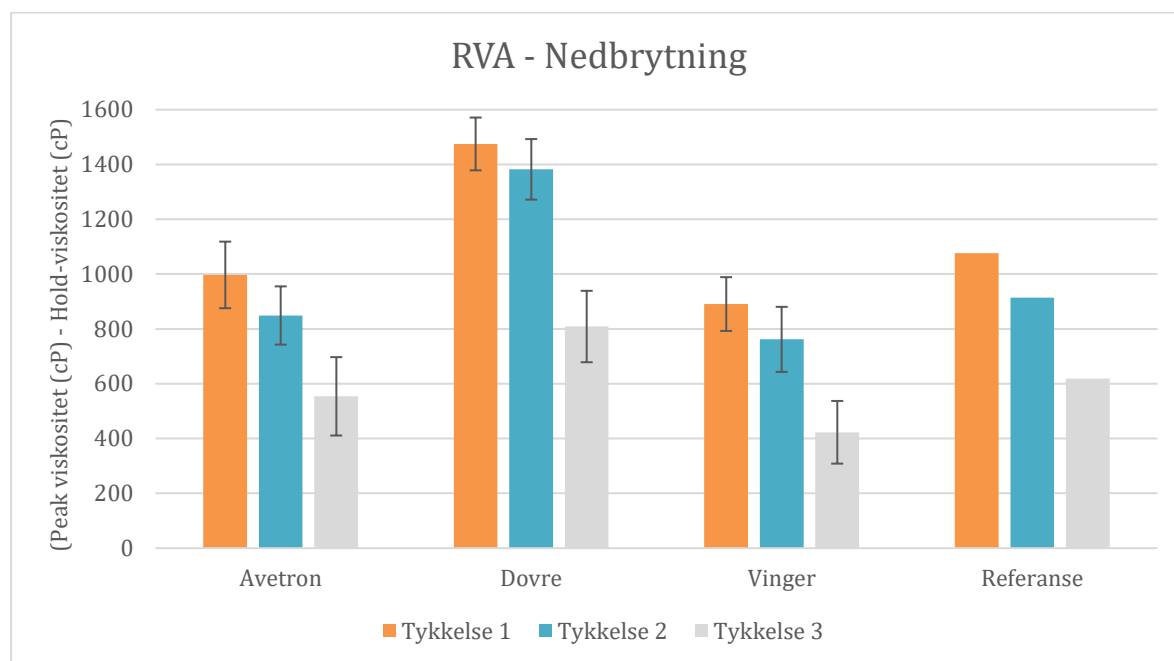
Peak-tid	Sort			Proteinnivå			Flaktykkelse		
	A	D	V	LP	MP	HP	1	2	3
Gjennomsnitt	5,27 <sup>a</sup>	5,21 <sup>a</sup>	5,07 <sup>b</sup>	5,18 <sup>a</sup>	5,16 <sup>a</sup>	5,21 <sup>a</sup>	5,22 <sup>a</sup>	5,19 <sup>a</sup>	5,15 <sup>a</sup>
P-verdi	0,000			0,280			0,143		
R <sup>2</sup> (adj.)	49,90 %								

<sup>a-c</sup> : Verdier med ulike bokstaver i hevet skrift er signifikant forskjellige (p<0,05)  
Statistisk signifikans gjelder mellom prøver innenfor samme kolonne

#### 4.3.2.4 Nedbrytning

Nedbrytning angir reduksjonen i viskositet fra peak viskositet (cP) til hold-viskositet (cP).

Ved faktoriell ANOVA og Tukey's Test, ble det vist at forskjellene i nedbrytning av stivelse var signifikante mellom alle sortene, og mellom alle flaktykkelsene (tabell 4.10, Fig. 4.11). Resultatene av alle sorter, samt referanseprøven, er presentert med hensyn på flaktykkelse.



**Figur 4.11.** Nedbrytning av stivelse hos Avetron, Dovre, Vinger og referanseprøve, med ett standardavvik som feilfelt. Data er gjennomsnittsverdier beregnet fra 3 prøver (LP, MP, HP) \*2 gjentak. Antall prøver av Dovre var 2 (MP, HP), samt 1 referanseprøve.

Som vist i figuren, var grad av nedbrytning lavere i Vinger enn de to andre sortene, etterfulgt av Avetron som hadde lavere nedbrytning enn Dovre. Reduksjonen i viskositet var altså høyest i havregryn av Dovre. Verdiene av nedbrytning i referanseprøven var relativt like gjennomsnittsverdiene hos Avetron og Vinger, men lå noe høyere. I figur 4.11 kan det også sees en tydelig effekt av flaktykkelse, hvor reduksjonen i viskositet var lavest i tykke flak (tykkelse 3).

**Tabell 4.10.** Gjennomsnitt av nedbrytning med hensyn på respektive forsøksfaktorer (sort, proteinnivå og flaktykkelse). A=Avetron, D=Dovre, V=Vinger. Data fra statistisk analyse er vist i tabell 24 i vedlegg 10.

Nedbrytning	Sort			Proteinnivå			Flaktykkelse		
	A	D	V	LP	MP	HP	1	2	3
<b>Gjennomsnitt</b>	792,1 <sup>b</sup>	1224,4 <sup>a</sup>	689,5 <sup>c</sup>	906,8 <sup>a</sup>	898,3 <sup>a</sup>	900,9 <sup>a</sup>	1117,5 <sup>a</sup>	990,5 <sup>b</sup>	597,9 <sup>c</sup>
<b>P-verdi</b>	0,000			0,985			0,000		
<b>R<sup>2</sup> (adj.)</b>	85,74 %								

<sup>a-c</sup> : Verdier med ulike bokstaver i hevet skrift er signifikant forskjellige (p<0,05)  
Statistisk signifikans gjelder mellom prøver innenfor samme kolonne

#### 4.3.2.5 Hold-viskositet

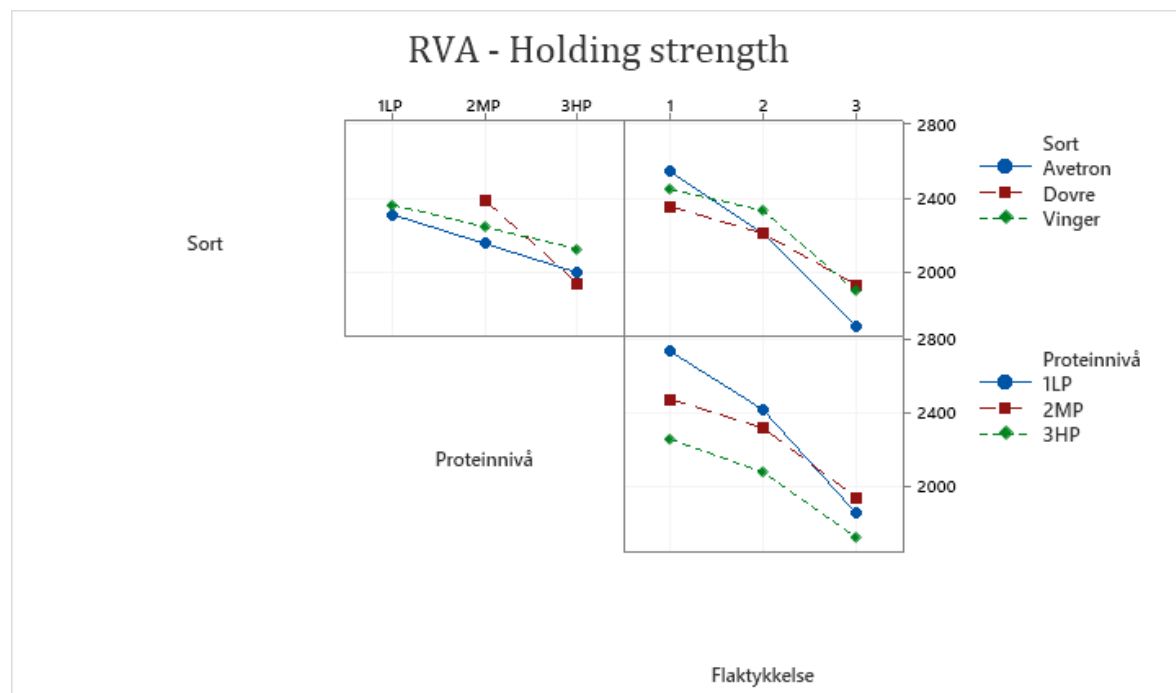
Det var ingen signifikante forskjeller i hold-viskositet mellom sortene. Det var imidlertid signifikante forskjeller både mellom proteinnivåer og flaktykkelser (tabell 4.11, Fig. 4.12).

**Tabell 4.11.** Gjennomsnitt av hold-viskositet med hensyn på respektive forsøksfaktorer (sort, proteinnivå og flaktykkelse). A=Avetron, D=Dovre, V=Vinger. Data fra statistisk analyse er vist i tabell 24 i vedlegg 10.

Hold-viskositet	Sort			Proteinnivå			Flaktykkelse		
Faktor	A	D	V	LP	MP	HP	1	2	3
Gjennomsnitt	2157,1 <sup>a</sup>	2241,7 <sup>a</sup>	2229,4 <sup>a</sup>	2356,9 <sup>a</sup>	2248,0 <sup>a</sup>	2023,2 <sup>b</sup>	2487,1 <sup>a</sup>	2280,2 <sup>b</sup>	1860,9 <sup>c</sup>
P-verdi	0,284			0,000			0,000		
R <sup>2</sup> (adj.)	77,27 %								

<sup>a-c</sup> : Verdier med ulike bokstaver i hevet skrift er signifikant forskjellige (p<0,05)  
Statistisk signifikans gjelder mellom prøver innenfor samme kolonne

Som vist i tabell 4.11, var viskositeten ved hold-viskositet lavere i havregryn med høyt proteinnivå (HP), enn i havregryn med lavt og middels proteinnivå (LP og MP). Det er også vist at viskositeten var høyest i tynne flak (tykkelse 1), og lavest i tykke flak (tykkelse 3). Forskjellene i hold-viskositet var signifikant forskjellig mellom alle flaktykkelsene.



**Figur 4.12** Hold-viskositet (cP) med hensyn på sort, proteinnivå og flaktykkelse. Datapunktene angir gjennomsnittsverdier av hold-viskositet for to og to faktorer, fordelt på tre ruter. Faktorene står på linje med rutene de inngår i (1LP = lavt proteinnivå, 2MP = middels proteinnivå, 3HP = høyt proteinnivå, 1 = flaktykkelse 1, 2= flaktykkelse 2, 3 = flaktykkelse 3).

Figur 4.12 viser tydelig at tynne flak med lavt proteinnivå, hadde høy hold-viskositet. Forskjellene mellom sorter varierte, men det kan sees en felles trend i at havregrynene med høyt proteinnivå (HP),

samt havregryn i flaktykkelse 3 i alle sorter, hadde en lavere hold-viskositet enn ved henholdsvis lavt proteinnivå, og med flaktykkelse 1.

#### 4.3.2.6 Setback

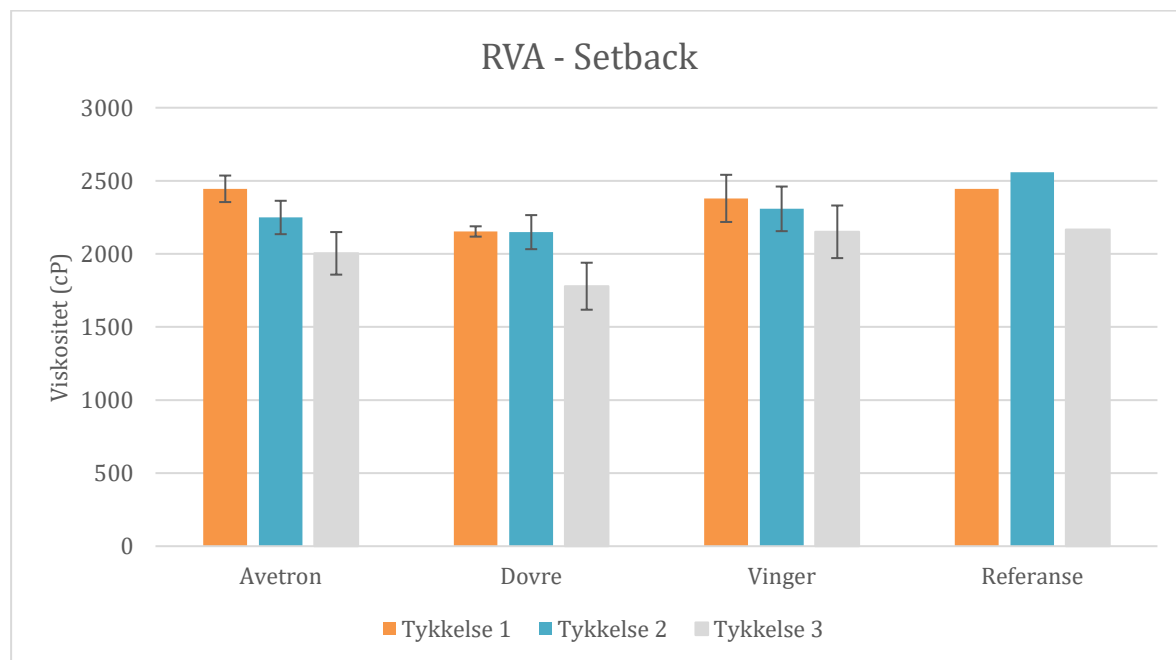
Setback oppgis som forskjellen mellom viskositet ved hold-viskositet og endelig viskositet i prøven. Resultatene fra faktoriell ANOVA viste at forskjellene i setback var signifikante med hensyn på sort og flaktykkelse (tabell 4.12, Fig. 4.13).

**Tabell 4.12.** Gjennomsnitt av setback med hensyn på respektive forsøksfaktorer (sort, proteinnivå og flaktykkelse). A=Avetron, D=Dovre, V=Vinger. Data fra statistisk analyse er vist i tabell 24 i vedlegg 10.

Setback	Sort			Proteinnivå			Flaktykkelse		
Faktor	A	D	V	LP	MP	HP	1	2	3
Gjennomsnitt	2232,6 <sup>a</sup>	2062,5 <sup>b</sup>	2273,0 <sup>a</sup>	2260,5 <sup>a</sup>	2150,6 <sup>a</sup>	2157,0 <sup>a</sup>	2340,7 <sup>a</sup>	2239,1 <sup>a</sup>	1988,3 <sup>b</sup>
P-verdi	0,001			0,099			0,000		
R <sup>2</sup> (adj.)	63,79								

<sup>a-c</sup> : Verdier med ulike bokstaver i hevet skrift er signifikant forskjellige (p<0,05)  
Statistisk signifikans gjelder mellom prøver innenfor samme kolonne

Som vist i tabell 4.12, skilte Dovre seg signifikant fra Avetron og Vinger, med lavere setback. Havregryn i tykkelse 3 hadde også signifikant lavere setback enn havregryn i tykkelse 1 og 2.

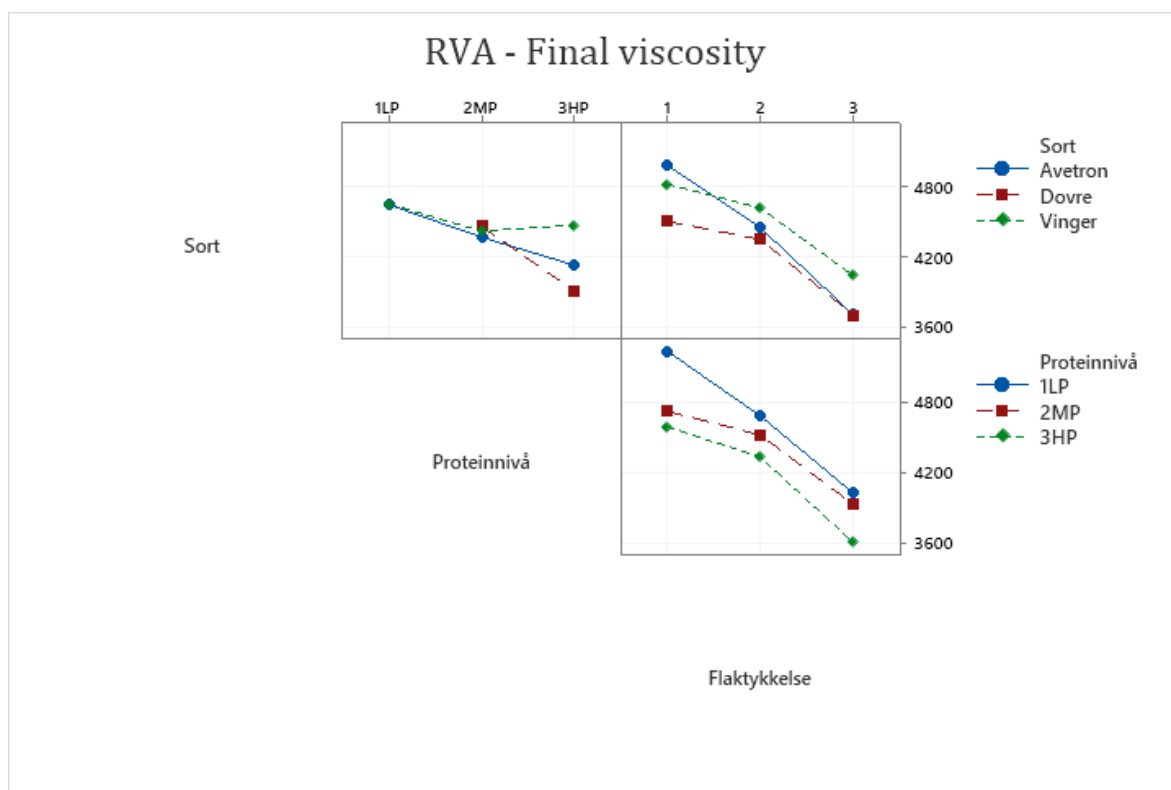


**Figur 4.13.** Setback hos Avetron, Dovre, Vinger og referanseprøve, med ett standardavvik som feilfelt. Data er gjennomsnittsverdier beregnet fra 3 prøver (LP, MP, HP) \*2 prøvegentak. Antall prøver av Dovre var 2 (MP, HP), samt 1 referanseprøve.

Som vist i figur 4.13, var forskjellene generelt små, både med hensyn på forsøksfaktorene og med hensyn på variasjon innad i gruppene. Det kan likevel sees at setback var høyere i Vinger enn i de to andre sortene, og noe lavere enn referansesorten. Det var også en gjennomgående trend i alle sorter, at tynne flak (tykkelse 1 og 2) hadde høyere setback enn tykkere flak (tykkelse 3). Viskositeten i tynne flak økte altså mer enn tykkere flak under avkjøling.

#### 4.3.2.7 Endelig viskositet

Endelig viskositet er sluttviskositeten som ble målt i RVA. Ved faktoriell ANOVA ble det vist at forskjellene i endelig viskositet var signifikante med hensyn på proteinnivå og flaktykkelse (tabell 4.13, Fig. 4.14).



**Figur 4.14** Endelig viskositet (cP) med hensyn på sort, proteinnivå og flaktykkelse. Datapunktene angir gjennomsnittsverdier av endelig viskositet for to og to faktorer, fordelt på tre ruter. Faktorene står på linje med rutene de inngår i (1LP = lavt proteinnivå, 2MP = middels proteinnivå, 3HP = høyt proteinnivå, 1 = flaktykkelse 1, 2 = flaktykkelse 2, 3 = flaktykkelse 3).

Havregryn med høyt proteinnivå (HP), hadde signifikant lavere viskositet enn havregryn med lavt og middels proteinnivå (LP og MP). Effekten er tydelig for Avetron og Dovre, men ikke for Vinger. Samspillet mellom sorter og proteinnivå skiller seg ut fra disse. Forskjellen i endelig viskositet var signifikant med hensyn på flaktykkelse, hvorav alle tykkelsene skilte seg signifikant fra hverandre ( $p < 0,001$ ). Sortene skiller seg ikke signifikant fra hverandre, hverken med hensyn på proteinnivå eller

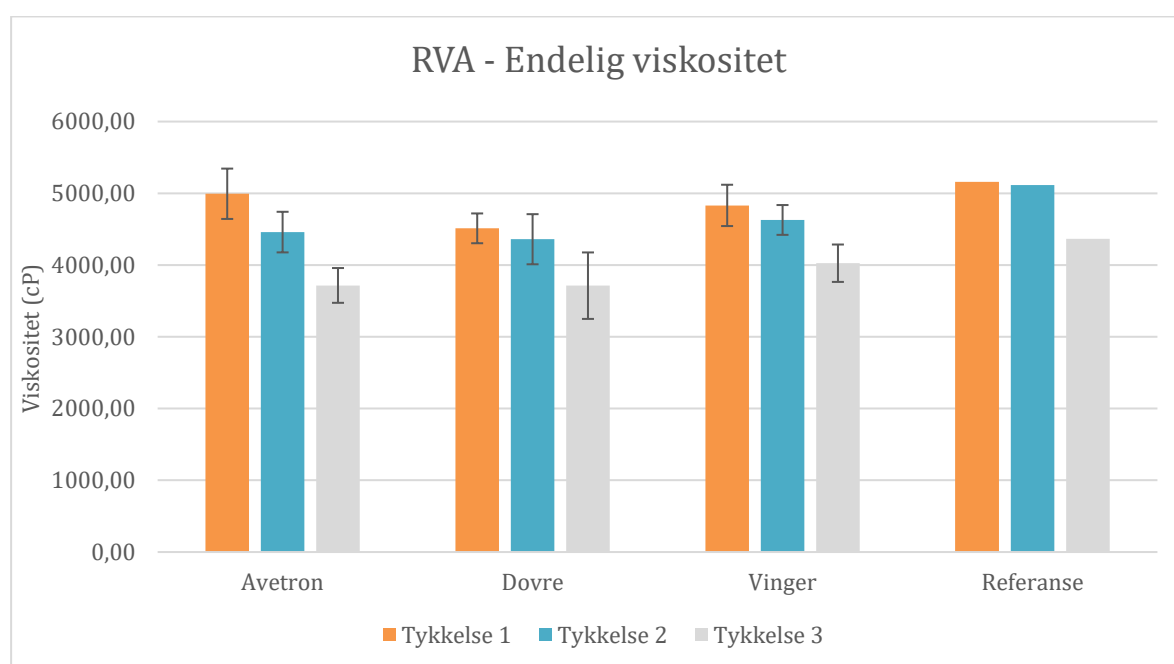
flaktykkelse. Det er heller ingen klar forskjell i endelig viskositet mellom sortene og referansesorten (Fig. 4.15).

**Tabell 4.13.** Gjennomsnitt av endelig viskositet med hensyn på respektive forsøksfaktorer (sort, proteinnivå og flaktykkelse). A=Avetron, D=Dovre, V=Vinger. Data fra statistisk analyse er vist i tabell 24 i vedlegg 10.

Endelig visk.	Sort			Proteinnivå			Flaktykkelse		
Faktor	A	D	V	LP	MP	HP	1	2	3
Gjennomsnitt	4389,7 <sup>a</sup>	4301,7 <sup>a</sup>	4497,3 <sup>a</sup>	4610,0 <sup>a</sup>	4398,6 <sup>a</sup>	4180,2 <sup>b</sup>	4827,2 <sup>a</sup>	4513,0 <sup>b</sup>	3848,5 <sup>c</sup>
P-verdi	0,152			0,000			0,000		
R <sup>2</sup> (adj.)	75,94								

<sup>a</sup> : Verdier med ulike bokstaver i hevet skrift er signifikant forskjellige ( $p < 0,05$ )

<sup>c</sup> Statistisk signifikans gjelder mellom prøver innenfor samme kolonne



**Figur 4.15.** Endelig viskositet hos Avetron, Dovre, Vinger og referanseprøve, med ett standardavvik som feilfelt. Data er gjennomsnittsverdier beregnet fra 3 prøver (LP, MP, HP) \*2 gjentak. Antall prøver av Dovre var 2 (MP, HP), samt 1 referanseprøve.

Figur 4.15 illustrerer forskjellene i endelig viskositet mellom prøvene med hensyn på flaktykkelse. Tynne havregryn hadde signifikant høyere viskositet enn tykke havregryn.

## 5. Diskusjon

I oppgaven ble kornkvalitet i Avetron, Dovre og Vinger undersøkt ved dyrkingsegenskapene: HLV, TKV, skallprosent og proteininnhold. Det ble også beregnet andel korn i tre ulike kornstørrelsesfraksjoner, som ga en indikasjon på kornstørrelse og jevnhet i kornmaterialet. Hver sort ble sortert med hensyn på proteinnivå, og prosessert til havregryn i tre ulike flaktykkelser. Målet var å undersøke sortenes egnethet for produksjon av havregryn, og om forskjellene i kornkvalitet mellom de tre sortene kunne relateres til spesifikke kvalitetsegenskaper i havregrynene. Videre, var målet å undersøke om variasjoner i proteininnhold ville påvirke kvaliteten og funksjonelle egenskaper i havregryn, og hvordan dette ville komme til uttrykk når havregryn ble prosessert til ulike flaktykkelser. Kvalitetsparameterne som ble undersøkt i havregrynene var flakstyrke (andel ødelagte flak), farge, vannbindingsevne og viskositet.

### 5.1 Kornkvalitet i Avetron, Dovre og Vinger

Sortenes dyrkingsegenskaper ble undersøkt i korn fra både 2018 og 2019. Det er kjent at kornets størrelse og fyllingsgrad korrelerer (Eid Hohle, 2016; Webster & Wood, 2011), og at disse egenskapene påvirkes av lengden på kornfyllingsperioden (Uhlen et al., 2017). Gjennomsnittlig TKV i korn fra 2018 var 36 g, der Vinger hadde en signifikant høyere TKV enn Dovre. Korn fra 2019 hadde en betydelig lavere TKV, med et gjennomsnitt på 32,1 g. Det var ingen signifikante forskjeller mellom sortene i 2019. Lengde på kornfyllingsperioden påvirkes i stor grad av temperatur. Lave temperaturer gjør at plantene bruker lengre tid fra aksskyting til gulmodning, og dermed får en lengre kornfyllingsperiode (Hanssen-Bauer et al., 2016; Uhlen et al., 2017). Den varme sommeren i 2018 var forventet å gi mindre korn enn i 2019. Varme og tørre forhold før blomstring kan imidlertid ha ført til at det ble anlagt færre blomster, og at disse kornene ble bedre fylt da det ikke var så mange å dele næringen på. Kornene i forsøket ble også vannet jevnt gjennom hele sesongen, og i august 2018 var værforholdene mer normale.

Fyllingsgrad i kornet kan også indikeres ved skallprosent (Gates, 2007; Lapveteläinen et al., 2001), der høy skallprosent tilsvarer lavere kornfyldighet. Skallprosentene som ble beregnet, underbygger resultatene av TKV, hvor korn fra 2018 hadde lavere skallprosent enn korn fra 2019. Skallprosenten avhenger imidlertid ikke bare av miljø, men påvirkes også av gener som gir variasjon mellom sorter. Ut fra verdiprøvningsforsøk over flere år, er det vist at Vinger har høyere skallprosent enn både Avetron og Dovre, til tross for at sorten har en relativt lav skallprosent (Russenes et al., 2019). Dette var overensstemmende med skallprosentene i dette forsøket, hvor Dovre hadde signifikant lavere skallprosent enn Vinger i 2019. Trenden mellom sortene var lik i 2018.

Det ble også observert høyere HLV i korn fra 2018, sammenlignet med korn fra 2019. Målingene ble gjort etter at kornet var sortert i tre ulike nivåer basert på proteininnhold (LP, MP og HP), der korn fra 2018 utgjorde gruppen med høyt proteininnhold (HP) av hver sort. Analysen burde ha blitt gjort før sorteringen, men årseffekten ville trolig ha vært den samme, da alt korn fra 2018 hadde et signifikant høyere proteininnhold enn korn fra 2019.

HLV er et av kriteriene for prisfastsettelse ved levering av korn, hvor kravet til basiskvalitet for havre er 53 kg/hl (Fiska, 2019). Det var bare korn med høyt proteininnhold (HP) som oppfylte dette kravet. En forklaring kan være at det varme og tørre været i juli 2018 førte til en kort kornfyllingsperiode, og at HLV i kornet var lavere enn normalt (Russenes et al., 2019). Den varme sommeren i 2018, ga også problemer med angrep av 2. generasjons fritflue – og 3. generasjons fritfluelarver på Østlandet i 2019 (Dybdal, 2019). Kornene som ble brukt i forsøket ble ikke undersøkt for dette, men det kan tenkes at et eventuelt angrep av fritflue – eller fritfluelarver, ville gitt mindre korn og dårligere kornkvalitet i korn fra 2019 som følge av skadevirkningene. Larver av fritflue gnager på kornet, og kan gi tap av avling. Et resultat av dette vil være lavere TKV og HLV. Dette kan forklare noe av den signifikante forskjellen i HLV mellom årene. En medvirkende årsak kan være effekter av samspillet mellom dyrkingspraksis og værforholdene i 2018 og 2019.

Resultatene kan imidlertid skyldes feil anslag av vanninnhold i kornene før beregning av HLV, da vanninnhold først ble målt ved prosessering. Ved beregning ble det altså tatt utgangspunkt i at kornene hadde 12 % vann, slik de hadde ved avskalling, og det ble trukket fra 2 kg/hl av vekten som opprinnelig ble målt. Sammenlignet med HLV fra verdiprøvningsforsøk i 2018, kan det se ut til at vanninnholdet i kornene var høyere enn antatt ved tidspunktet som HLV ble målt, og at vekten burde ha blitt regulert med 1 kg/hl, i stedet for 2 kg/hl (Russenes et al., 2019). Det er også rimelig å tenke at kornene fra feltforsøket snarere skulle hatt høyere HLV enn korn fra verdiprøvningsforsøk, da kornene som ble brukt i dette forsøket (Vollebekk forsøksgård, NMBU) ble vannet jevnt og ved behov gjennom hele den tørre sesongen i 2018. At de lave tallene skyldes systematisk målefeil eller feilberegning av vanninnhold i kornet ved analyse av HLV, underbygges av at kornet hadde betydelig høyere TKV enn det som ble rapportert av korn fra verdiprøvningsforsøk fra 2018 (Russenes et al., 2019).

Forskjellen i HLV mellom sortene var som forventet (Russenes et al., 2019). Ved enveis ANOVA var det ingen signifikante forskjeller i HLV med hensyn på sort da gjennomsnittet av to gjentak fra hver prøve ble testet. Dette kan delvis forklares av lite data etter sorteringen. Da begge gjentakene ble inkludert i den statistiske analysen, ble det vist at Vinger hadde lavere HLV enn Avetron og Dovre ( $p < 0,005$ ). Dette er også rapportert av Russenes et al. (2019).



Ved sortering av korn etter kornstørrelse, ble det vist at andelen store korn ( $>450 \mu\text{m}$ ) utgjorde den klart største fraksjonen av totalt tre fraksjoner. Denne fraksjonen var større hos korn fra 2018 enn hos korn fra 2019, med andeler på henholdsvis 70 – og 65 %. Mellomstore korn ( $350 - 450 \mu\text{m}$ ) utgjorde rundt 20 – 30 % av kornmaterialet, mens andelen små korn ( $<350 \mu\text{m}$ ) utgjorde rundt 6 % hos alle tre sorter, både i 2018 og 2019 (Fig. 4.1). Reduksjonen i andelen store korn fra 2018 til 2019, tilsvarte altså økningen av andel mellomstore korn i samme periode. Dette kan bety at miljøvariasjonene ikke påvirket andelen små korn i like stor grad som de to andre fraksjonene.

I korn fra 2018, var andelen store korn signifikant høyere hos Avetron og Vinger, enn hos Dovre. Til gjengjeld hadde Dovre en signifikant høyere andel mellomstore korn. Trenden var lik i 2019. Dette indikerer at korn av Dovre var mindre enn Avetron og Vinger, og dette samsvarer med at Dovre hadde lavere TKV enn Vinger. Hensikten med å sortere kornene etter kornstørrelse, var å få et så jevnt kornmateriale som mulig før prosessering til havregryn. Fraksjonene av korn over  $450 \mu\text{m}$  ble brukt til prosesseringen, hvorav andelene fra Avetron og Vinger var jevnstore beregnet i prosent. Etter at kornene var sortert, var forskjellene i TKV mellom sortene utlignet, og forskjellene mellom år ble redusert.

Kornkvaliteten vurderes i stor grad ut fra innhold av ulike næringsstoffer, som fett, protein,  $\beta$ -glukaner og stivelse (Ganssmann & Vorweck, 1995; Lapveteläinen et al., 2001; Rasane et al., 2015; Webster & Wood, 2011). Det er naturlig å tenke at skallprosent vil påvirke proteininnhold, da skallet nesten ikke inneholder noe protein (Webster & Wood, 2011). I forsøket ble proteininnhold undersøkt i hele korn hvor skall var inkludert. Proteininnholdet hos Vinger var signifikant lavere enn hos Dovre i 2018 – og signifikant lavere enn hos Avetron i 2019. Proteininnholdet i Dovre og Avetron var imidlertid ikke signifikant forskjellig fra hverandre. Det er kjent at Vinger inneholder mindre protein enn de to andre sortene, og at proteininnholdet er høyest i Dovre. Avetron har også høyt innhold av protein, i tillegg til et relativt høyt innhold av fett (Russenes et al., 2019; Åssveen et al., 2016).

Innhold av protein er i stor grad sortsavhengig, men påvirkes også av miljø (Webster & Wood, 2011). Ulik gjødsling ga en svak signifikant effekt på proteininnhold. Forsøksrutene som ble gitt ekstra nitrogen ved aksskyting (N<sub>2</sub>-behandling) hadde et høyere gjennomsnittlig proteininnhold enn korn som fikk N<sub>1</sub>-behandling ( $p < 0.1$ ). Trenden viste at proteininnholdet var rundt 1 %-poeng høyere ved N<sub>2</sub>-gjødsling enn ved N<sub>1</sub>-gjødsling. Effekten av N-gjødsling på proteininnhold har blitt rapportert i flere studier (Doehlert et al., 2001; Gorash et al., 2017; Uhlen et al., 2017). Det har også blitt antatt at N-gjødsling påvirker andre næringsstoffer, slik som stivelse og  $\beta$ -glukaner (Doehlert et al., 2001). Dette er naturlig siden økt innhold av proteiner eller fett, ofte vil gi en tilsvarende reduksjon av stivelsesinnhold (Callisen et al., 2005; Eid Hohle, 2016). Proteinsyntese krever også dobbelt så mye energi enn syntese av stivelse (Åssveen, 2005). Dette kan være med å forklare forskjellene i

proteininnhold mellom 2018 og 2019. Vær – og temperaturforholdene disse årene så ut til å ha en tydelig effekt på proteininnholdet i alle sortene. Gjennomsnittlig proteininnhold for Avetron, Dovre og Vinger var henholdsvis 16,8-, 19,4-, og 16 % i 2018, og 13,5-, 12,7- og 10,3 % i 2019 (Fig. 4.3). I 2018 var variasjonen innenfor hver sort svært lav. Dette kan indikere at kornene fra 2018 var nært maksimum potensiale i proteininnhold. Det bør igjen nevnes at kornene fikk tilstrekkelig vanning gjennom hele sesongen.

Prøvematerialet av de tre sortene ble valgt ut slik at de hadde en variasjon i proteininnhold. Dette ble gjort med hensyn på sort, og betyr at korn med lavt proteinnivå (LP-fraksjonen) av Vinger, hadde lavere proteininnhold enn LP-fraksjonen av Dovre. På den ene siden var dette en styrke ved designet, ved at resultatene fra flakundersøkelsene i større grad representerte sortsforskjeller i kornkvalitet. På den annen side var det en svakhet fordi forskjellene innenfor hvert proteinnivå førte til at de var mindre sammenlignbare.

Sortenes dyrkingsegenskaper, stemmer overens med det som tidligere har blitt rapportert om sortene (Russenes et al., 2019; Åssveen et al., 2016). Dette indikerer at kornmaterialet som ble brukt til havregrynproduksjon hadde kvalitet tilsvarende det som kan forventes av sortene. Dette styrker videre resultatene fra undersøkelser av flakkvalitet.

## 5.2 Prosessering

Råvare av Avetron, Dovre og Vinger ble flaket til havregryn i tre ulike flaktykkelser. Prosessen innebar avskalling, damping, flaking og tørking, og det ble etterstrebet jevn prosesskvalitet ved prosessering av alle prøver. Prøvematerialet ble delt i to før prosessering, slik at hele prosessen ble gjentatt for hver prøve. Dette ble gjort for å måle tilfeldige feil som følge av prosessvariasjoner. De relativt lave standardavvikene både mellom gjentak og innenfor forsøksfaktorer, indikerte jevn prosesskvalitet.

Jevn prosesskvalitet var spesielt viktig med hensyn på vanninnhold i kornene, som er en særlig viktig parameter ved avskalling og flaking (Dobraszczyk & Gates, 2003; Webster & Wood, 2011). Ved avskalling øker grad av avskallede korn med redusert vanninnhold i kornet. På den annen side bidrar vanninnholdet til plastisitet i kornet, og fører dermed til at færre korn blir knust. Ut fra dette regnes et vanninnhold på 12 – 13 % som optimalt for avskalling (Ganssmann & Vorweck, 1995; Webster & Wood, 2011). I dette forsøket var gjennomsnittlig vanninnhold i kornene 11 – 12 % ved avskalling. Gjennomsnittet var basert på 32 målinger, og standardavviket var lavt. Dette indikerer først og fremst at vanninnholdet i kornene var gunstig med hensyn til prosessen, men også at det var liten variasjon mellom prøvene.

Avskalling er en kritisk prosess for industrien. Prosessen er både energikrevende og kostbar, og skallet som biprodukt kan utgjøre så mye som 25 – 30 % (Sahlstøm, 2020). Høy skallprosent kan også gjøre avskallingen mer utfordrende. Skallprosent, vanninnhold og kornvekt er tre av de viktigste faktorene for grad av avskalling (Dobraszczyk & Gates, 2003; Doehlert et al., 2001; Rajala et al., 2008). Ved testforsøk med de tre sortene, ble det observert at høy intensitet i avskalleren førte til høy grad av avskalling, men også en høy andel knuste korn. Dette samsvarer med resultater fra tidligere studier (Ganssmann & Vorweck, 1995; Webster & Wood, 2011). Da formålet med avskallingen i dette forsøket først og fremst var å oppnå minst mulig skall, ble det ikke tatt hensyn til svinn. Svinn og produktutbytte er derimot svært viktige faktorer for industrien, og observasjonene fra testforsøket bør derfor nevnes.

Korn av Avetron og Vinger fikk en lavere andel avskallede korn, og en høyere andel knuste korn enn Dovre ved like betingelser under avskalling. Dette resulterte i at styrken i avskalleren ble økt ytterligere for Avetron og Vinger, noe som resulterte i en lavere andel korn med skall, men også en økt andel knuste korn. Ved telling og beregning av de ulike kornfraksjonene (avskallede korn, korn med skall, knuste korn og tomme skall), var andelen knuste korn høyere hos Vinger, sammenlignet med Avetron. Avskallingsegenskaper er i hovedsak sortsbestemte, og høy skallprosent er ofte relatert til bedre evne til å tåle den mekaniske belastningen i avskalleren (Callisen et al., 2005). Til tross for høyere skallprosent hos Vinger enn hos Avetron og Dovre, var skallprosenten fortsatt relativt lav også hos Vinger. Observasjonene fra testforsøket kan tyde på at Vinger kan ha andre egenskaper som gjør det mer utsatt for skade. Det er kjent at avskallingsegenskaper kan være knyttet til kornets hardhet, og i hvete og bygg bestemmes dette i stor grad av bindingskreftene mellom proteiner og stivelseskorn i endospermen (Dobraszczyk & Gates, 2003; Uhlen, 2014). Hvilke faktorer som påvirker hardhet i havre er mindre kjent (Dobraszczyk & Gates, 2003). Hva gjelder avskallingsegenskaper i Avetron, Dovre og Vinger, ble det imidlertid ikke foretatt systematiske målinger utover det som ble registrert i testforsøket. Dette gir lite grunnlag for å si noe mer om disse observasjonene.

Etter avskalling ble kornene dampet med for å oppnå et vanninnhold på 20 – 21 %. Resultatene tyder på at dampprosessen var vellykket. Dette vises ved et gjennomsnitt på 20,5 %, og et svært lavt standardavvik. Etter prosessering var variasjonen mellom prøvene imidlertid noe høyere.

Gjennomsnittlig vanninnhold i havregryn etter tørking var 8 %, og målingene lå i intervallet 6,3 – til 9,9 %. Kornene ble tørket direkte etter flaking, og vanninnholdet kunne derfor ikke reguleres på samme måte som ved damping, hvor vanninnholdet var kjent. Variasjonene i vanninnhold etter tørking skyldes trolig at alle havregrynprøver ble tørket ved samme temperatur over like lang tid (55 °C, 10 minutter) for å oppnå et så jevnt resultat som mulig, i den grad det var mulig. Det er naturlig å tenke at de tynneste flakene ville tørket raskere enn de tykkeste flakene ved diffusjon, men dette var ikke

tilfellet. Ved beregning av gjennomsnittlig vanninnhold for hver flaktykkelse, ble det vist at havregryn i tykkelse 2 hadde en noe lavere gjennomsnittsverdi enn havregryn i tykkelse 1 og 3.

Resultater fra flakundersøkelser viste også at der det var forskjeller med hensyn på flaktykkelse, var forskjellene størst mellom havregryn i tykkelse 1 og tykkelse 3. Dette underbygger at variasjonene i vanninnhold ikke nødvendigvis hadde en betydelig effekt på resultatene fra flakundersøkelsene. I RVA ble også mengden prøvemateriale som skulle anvendes i analysen korrigert med hensyn til vanninnhold i prøven.

## **5.3 Kvalitetsegenskaper i havregryn**

### **5.3.1 Farge i havregryn**

Når værskadede havrekorn flakes, blir havregrynet som produseres mørkt i fargen (Fiska, 2018). Forbrukeraksepten er lav for mørke havregryn, og andel misfargede korn blir derfor brukt som en kvalitetsindikasjon ved levering av kornet (Fiska, 2018). I noen prosesser kan imidlertid lysebrun farge i havregrynet være en tilsiktet egenskap som oppnås ved Maillard-reaksjon. Maillard-reaksjonen krever temperaturer rundt 140 – 160 °C, og gir i tillegg til bruning, en nøtteaktig aroma i havregrynene (Sahlstøm, 2020; Webster & Wood, 2011). I dette forsøket ble det ikke brukt temperaturer over 100 °C, og det er derfor ikke grunn til å tro at fargeforskjellene skyldes bruning som følge av Maillard-reaksjon.

Fargen i havregrynene ble undersøkt ved verdier av  $L^*$ ,  $hue^*$  og  $Chroma^*$ , hvor  $L^*$ - og  $h^*$ -verdiene trolig har størst betydning for industri – og forbrukeraksept. Fargetone kan gi en indikasjon på forringelse, og av forbrukerne ønskes store og lyse havregryn (Fiska, 2018; Webster & Wood, 2011).  $L^*$ -koordinaten angir grad av lyshet, der 0=svart, og 100=hvit. Havregrynene var relativt lyse i fargen, med  $L^*$ -verdier mellom 67,0 og 74,9 (tabell 4.6). Referanseprøven var noe lysere, og hadde 76,4 som høyeste  $L^*$ -verdi. Tynne havregryn hadde betydelig høyere grad av lyshet, -høyere grad av gultone, og lavere grad av metning enn tykkere flak. Tynne havregryn kan ha en større andel flak hvor endospermen kommer til syne, og dermed påvirke  $L^*$ -verdien til å bli høyere. Det er også fornuftig å tenke at tykkere havregryn vil gi en sterkere metning, da dette tilsvarer flere lag med havregryn som nødvendigvis vil øke fargemetningen.

Det var en signifikant forskjell i lyshet mellom havregryn av Vinger og Dovre, hvor Vinger hadde lysere havregryn. Det var også forskjeller i fargetone mellom Vinger og Avetron, der det ble vist at havregryn av Vinger hadde høyere grad av gultone, og mindre grad av rødtone, enn Avetron. Det er kjent at fargeforskjeller i havregryn kan skyldes sort, og Lapveteläinen et al. (2001) fant en signifikant

samspillseffekt mellom sort og år. Til tross for at sortene i forsøket ble dyrket ved like dyrkingsbetingelser, kan altså ulike kornegenskaper være årsaken til ulik grad av både lyshet og fargetone (Doehlert et al., 2001). Dette kan innebære egenskaper som påvirker hvordan sortene tåler ulike værforhold, noe som potensielt kan ha ført til en høyere andel værskadede korn av Dovre, og dermed mørkere havregryn. Til tross for en signifikant forskjell i L\*-verdier, med gjennomsnittsverdier på 69,9 og 72,0 for henholdsvis Dovre og Vinger, var forskjellene imidlertid ikke synlig for et utrent øye. Ut fra dette har slike forskjeller trolig ikke betydning for grad av forbrukeraksept.

Forskjeller mellom sorter kan også skyldes egenskaper som kjemisk sammensetning i kornet. For havregryn med lavt proteininnhold var metningen høyere, og fargen var mer gul, og mindre rød, enn i havregryn med høyt innhold av protein. Dette samsvarer med resultatet for Vinger, som hadde et lavere proteininnhold enn Avetron. I denne betraktningen er det viktig å ha med at havregryn med lavt – og middels proteinnivå var fra 2019, og at havregryn med høyt innhold av protein var fra 2018. Forskjellene i vær og temperatur disse årene kan ha gitt forskjeller i farge på havregrynene, men det ville da ha vært forventet å finne en signifikant forskjell i lyshet mellom havregryn ved ulike proteinnivåer. For h\*- og C\*-verdiene, hvor resultatene var signifikant forskjellige med hensyn på proteinnivå, ville det også ha vært forventet at forskjellen havregryn med lavt – og middels proteinnivå, ville ha vært signifikant fra havregryn med høyt proteinnivå dersom forskjellene skyldes år. Dette var som nevnt tidligere, ikke tilfellet. På den annen side kan forskjellen skyldes avskallingen, da det ytterste laget i kornet er mørkere enn selve kjernen. Avetron og Vinger ble avskallet ved samme styrkeserie, men avskallingsegenskaper kan ha påvirket grad av avskalling, og hvor mye av kjernen som ble «slipt» bort.

Sammenlignet med en studie av finske og svenske havregryn, hvor L\*-verdiene lå mellom 77,1 og 79,8 (Lapveteläinen et al., 2001), var L\*-verdiene som ble målt i dette forsøket noe lavere. Dette indikerer at sortene som ble brukt i den finske studien hadde høyere grad av lyshet enn Avetron, Dovre og Vinger. Havregrynene i studien var imidlertid tynnere, med gjennomsnittlig flaktykkelse mellom 0,5 – og 0,6 mm, noe som underbygger påstanden om at tykkelse er en viktig faktor for lyshet i havregrynet. Forskjellene kan på den annen side også bety at grad av lyshet er en kvalitetsegenskap som skiller norsk havre fra finsk – og svensk havre, noe som underbygges av at referanseprøven i dette forsøket hadde en høyere L\*-verdi i tykkelse 1, sammenlignet med de andre sortene. Dette er interessant da hovedparten av importert havre til Norge kommer fra Finland og Sverige (Callisen et al., 2005).

### 5.3.2 Flakstyrke

Andel ødelagte flak er et mål på flakstyrke, og dette er en viktig parameter for havregryn-kvalitet (Dobraszczyk & Gates, 2003; Lapveteläinen et al., 2001). Det er ønskelig at ferdige produkter har en jevn kvalitet, og hos møllene vil ødelagte flak kunne påvirke utbyttet av ferdig havregryn. Dette er av stor økonomisk betydning både med hensyn til svinn og pris på produkt. Jevn kvalitet på råstoff er også et viktig kriterium i videreføring.

Havregryn av ulike tykkelser benyttes ofte til ulike formål. Det var tydelig at andelen ødelagte flak var avtakende med økt flaktykkelse, og forskjellene var signifikante mellom alle flaktykkelser. Dette var forventet, da tynne flak er skjørere enn tykke flak, og dermed mer utsatt for brudd. Lignende resultater er rapportert i tidligere studier (Gates, 2007; Lapveteläinen et al., 2001). Lapveteläinen et al. (2001) rapporterte en gjennomsnittlig andel ødelagte flak på 16 – 22 % for havregryn med flaktykkelse 0,5 – 0,6 mm. Gjennomsnittlig andel ødelagte flak i dette forsøket var 9,2 – 13,9 % med henholdsvis flaktykkelse 0,7 – 0,9 mm. Resultatene er imidlertid ikke helt sammenlignbare, da maskestørrelser, vanninnhold og prøvemengde som ble brukt i analysene var forskjellige.

Det var ingen signifikant forskjell i flakstyrke mellom Avetron, Dovre og Vinger, og andelen ødelagte flak i sortene tilsvarte andelen ødelagte flak i referanseprøven. Det er i tidligere forsøk rapportert om at flakstyrke kan være sortsavhengig, men i likhet med Lapveteläinen et al. (2001), samsvarte ikke dette med resultatene i dette forsøket. Proteininnholdet ser imidlertid ut til å ha hatt en effekt. Det var en signifikant forskjell mellom havregryn med høyt proteininnhold og havregryn med lavt – og middels proteininnhold, der havregryn med høyt innhold av protein hadde en lavere gjennomsnittlig andel ødelagte flak. Regresjonsanalysen som ble gjort ga tilsvarende resultater, og viste at andelen ødelagte flak ble lavere med høyere proteininnhold (Fig. 4.5). Modellen forklarer 16,4 % av variasjon i andel ødelagte flak ( $p < 0,005$ ). Selv om effekten er klart signifikant, viser også modellen at brorparten av variasjonen skyldes andre faktorer.

Høyt proteininnhold i kornet gir normalt en tilsvarende reduksjon i stivelse (Åssveen, 2005), og resultatene er derfor overraskende. Under dampprosessering som blir gjort før flaking skjer det en permanent endring i stivelsesgelatinisering og proteinløselighet, og det er naturlig å tenke at stivelse har en viktig rolle i å binde havregrynet sammen. Vannet som blir tilført kornet under damping gjør det mer duktilt, og komponenter som  $\beta$ -glukan og stivelse kan i større grad binde dette vannet enn proteiner. Det er også kjent at tempereringstid og flakstyrke har en positiv korrelasjon (Ganssmann & Vorweck, 1995), og at økt tid opptil 30 minutter gir en redusert andel ødelagte flak (Dobraszczyk & Gates, 2003; Ganssmann & Vorweck, 1995). Alle prøvene ble imidlertid dampet over 30 minutter, og tiden utover dette kunne med fordel ha blitt registrert. Funnene er interessante, og kan bety at proteinene kan ha en vesentlig rolle for hvordan flaket henger sammen. Uten å kontrollere for flere

faktorer enn proteininnhold i regresjonsanalysen er det imidlertid vanskelig å si noe klart om effekten av dette. Innhold av stivelse og  $\beta$ -glukan burde ha blitt analysert for å få et mer sammensatt bilde av hvordan faktorene virker inn på flakstyrke.

### 5.3.3 Vannbindingsevne og viskositet

Ved videreforedling av havrebaserte produkter, er funksjonelle egenskaper som vannbindingsevne og viskositet viktige parametere. Dette påvirker prosessering, og kvaliteter i ferdig produkt. På molekylært nivå er det i hovedsak stivelse og  $\beta$ -glukan som er de viktigste bidragsyterne til viskositet i havreprodukter, men også havreproteiner har en sterk vannbindingskapasitet (Dobraszczyk & Gates, 2003; Webster & Wood, 2011). Vannbindingsevnen til ulike typer av stivelse,  $\beta$ -glukaner og proteiner varierer (Dobraszczyk & Gates, 2003), og det var ikke forventet at ulike nivåer av proteininnhold ville ha innvirkning på resultatene.

Lapveteläinen et al. (2001) fant at tynne flak kunne knyttes til økt vannbinding. Denne sammenhengen er også vist i andre studier (Dobraszczyk & Gates, 2003). I tynne havregryn vil endospermen og dens komponenter være mer tilgjengelige, og vil dermed lettere absorbere vann (Dobraszczyk & Gates, 2003; Lapveteläinen et al., 2001). Ved bestemmelse av vannbindingsevne var det ikke signifikante forskjeller verken med hensyn på proteininnhold eller flaktykkelse. En forklaring kan være metoden som ble brukt, ikke er optimal for havregryn. Metoden regnes som godt egnet for kornprodukter, men det finnes en standard som er utviklet spesifikt for bestemmelse av vannabsorpsjon i havregryn (AACC Metode 56-40.01). Denne metoden er mer skånsom mot havregrynene, slik at de i større grad holdes intakt. I teorien vil det forventes at ødelagte havregryn binder til seg mer vann på samme måte som at tynne havregryn binder mer vann enn tykke havregryn (Dobraszczyk & Gates, 2003; Lapveteläinen et al., 2001). Ødelagte flak kan dermed ha virket inn på vannbindingen, og gitt et mer variert resultat.

I analysen ble det brukt to referanseprøver i tillegg til den opprinnelige referanseprøven, og resultatene av de to kommersielle havregrynproduktene ga resultater i samsvar med teorien om at tynne havregryn binder til seg mer vann enn tykke havregryn. Store havregryn vil bruke lenger tid på å absorbere vann, og stivelse og  $\beta$ -glukan er mindre tilgjengelige for vannabsorpsjon. AXA Bjørn Havregryn Store hadde derfor lavere vannbindingsevne enn AXA Bjørn Havregryn Lettkokte, som både er mindre og tynnere. Bruk av metoden som er beregnet for havregryn, ville med stor sannsynlighet ha ført til et mer presist resultat, men siden alle prøvene ble behandlet likt i analysen, kan det likevel tenkes at de signifikante sortsforskjellene også ville ha vært tilstede ved bruk av AACC Metode 56-40.01.

Det er kjent at vannbindingsevne er knyttet til sort (Ames & Rhymer, 2003; Lapveteläinen et al., 2001), og det ble observert at Avetron hadde lavere vannbindingsevne enn Dovre og Vinger. Avetron

hadde høyere innhold av fett, og dette er en av egenskapene som kan forklare forskjellene mellom sortene. Fett er negativt korrelert med innhold av stivelse som øker opptaket av vann (Åssveen, 2005), men det er også funnet at fett i seg selv kan ha en negativ effekt på vannopptaket (Machado et al., 1998). Innhold av stivelse er også negativt korrelert med protein (Åssveen, 2005), og man skulle forvente at vannbindingsevnen hos Vinger hadde vært høyere enn hos Dovre. Som nevnt tidligere har imidlertid også havreproteiner sterk vannbindingskapasitet, og dette kan være årsaken til at vannbindingsevnen i både Dovre og Vinger var signifikant høyere enn i Avetron. Med høyt innhold av fett og protein i Avetron, forventes det at innhold av stivelse er lavt. Resultatene tyder derfor på at både stivelse og protein, er viktige bidragsyttere i vannbindingsevnen hos havregryn. På den annen side styrkes også hypotesen om at fett kan virke negativt på vannbindingsevnen, slik det er blitt rapportert av Machado et al. (1998). Som nevnt tidligere burde innhold av  $\beta$ -glukan og stivelse ha blitt analysert for å kunne få si mer om dette.

Høy vannbindingsevne, og altså hvor mye vann havregrynene binder, assosieres med økt viskositet (Lapveteläinen et al., 2001; Webster & Wood, 2011). Viskositeten påvirker konsistensen både i en blanding under oppvarming, og i ferdig produkt. Det er derfor en viktig sensorisk egenskap, så vel som en viktig prosessparameter. Viskositeten i prøvene ble målt ved RVA, som angir verdien i fem ulike parametre: forklistringstemperatur, peak viskositet, peak-tid, hold-viskositet, setback og endelig viskositet i prøven. Forklistringstemperatur angir når viskositeten i prøven begynner å øke, og altså når stivelseskornene begynner å svulle. Det var ingen signifikante forskjeller mellom havregrynene i forklistringstemperatur, verken med hensyn på sort, proteinnivå eller flaktykkelse. Gjennomsnittlig forklistringstemperatur var 50,9 °C, og dette er noe lavere enn det som er rapport for havre (Uhlen, 2014). Dette kan skyldes at havregrynene ikke var malt opp, og at motstanden mellom havregrynene og «paddelen» som roterer i prøven under omrøring i RVA, ble registrert som økt viskositet (Crosbie & Ross, 2007).

Peak viskositet er et mål på maksimum viskositet ved oppvarming, og indikerer prøvens vannbindingskapasitet (Lapveteläinen et al., 2001). Peak viskositet var derfor forventet å samsvare med resultater fra bestemmelse av vannbindingsevne. Vinger brukte signifikant kortere tid enn Avetron og Dovre på å nå peak viskositet (Fig. 4.10). Dette skyldes trolig høyere innhold av stivelse, da stivelseskornene både hydreres – og sveller raskt ved oppvarming. Med stor sannsynlighet spiller også løselig fiber ( $\beta$ -glukan) en stor rolle her. Sammenlignet med Dovre, er det naturlig å tenke at Vinger brukte kortere tid på å nå peak viskositet, da peak viskositet var signifikant lavere enn i Dovre. I RVA kunne det sees en tydelig sorteffekt på peak viskositet, hvor viskositeten i Dovre var klart høyere enn i de to andre sortene (Fig. 4.9). Det må imidlertid tas høyde for forskjellene i proteininnhold i de ulike proteinnivåene. Dovre hadde et høyere proteininnhold enn både Avetron og Vinger i HP-nivå, og enn Vinger i MP-nivå. Proteininnholdet i havregryn med middels proteinnivå av



Dovre og Avetron tilsvarte havregryn med høyt proteinnivå i Vinger. Til tross for dette, var peak viskositet tydelig høyere i Dovre sammenlignet med Avetron, også i MP-nivået hvor proteininnholdet var tilnærmet likt. Dette tyder på en sterk sorteffekt.

Effekten kan, som for vannbindingsevne, delvis forklares ved sortenes innhold av protein, stivelse og fett. Ut fra dette var det imidlertid forventet at Vinger ville ha en relativt lik peak viskositet som Dovre. Da det er kjent at stivelse og  $\beta$ -glukaner er de viktigste bidragsyterne for økt viskositet, kan høyere peak viskositet i Dovre trolig ikke forklares av høyere proteininnhold (Ahmad et al., 2010; Dobraszczyk & Gates, 2003; Webster & Wood, 2011). Ved oppvarming denatureres proteinene, og de «gir fra seg» det bundne vannet de har tatt opp ved hydrering. Vannet blir dermed tilgjengelig for stivelsen og løselig fiber (Sahlstøm, 2020; Webster & Wood, 2011). En mulig forklaring på høyere peak viskositet i Dovre enn hos Vinger kan være at den kjemiske sammensetningen – og interaksjoner mellom proteiner og stivelse i endospermen er i stand til å binde opp mer vann ved oppvarming. Dette er interessant da proteinenes funksjonelle egenskaper i havre er lite kjent (Gates, 2007; Webster & Wood, 2011).

Peak viskositet var signifikant lavere hos havregryn med høyt proteinnivå, enn hos havregryn med lavt og middels proteinnivå (LP og MP). Dette styrker teorien om at høyere peak viskositet i Dovre, ikke skyldes høyere proteininnhold alene. En svakhet ved designet i oppgaven var at havregryn med lavt proteinnivå (LP) av Dovre manglet. Det kan tenkes at havregryn med lavt proteinnivå (LP) av Dovre ville ha ført til en signifikant forskjell også mellom Havregryn med lavt og middels proteinnivå (LP og MP). I interaksjonsplottet mellom proteinnivå og flaktykkelse ville dette ha kommet til uttrykk ved at LP hadde ligget høyere, og dermed indikert en tydelig negativ korrelasjon mellom proteininnhold og peak viskositet (Fig.4.9). På den annen side var forskjellen i peak viskositet mellom havregryn med middels og høyt proteinnivå i Dovre stor, og det kan ikke utelukkes at dette kan skyldes en årseffekt.

Når det gjelder flaktykkelse, oppnådde tynne flak en betydelig høyere peak viskositet enn tykkere flak, og forskjellen var signifikant mellom alle flaktykkelser. Dette samsvarer med resultater fra tidligere studier (Dobraszczyk & Gates, 2003; Lapveteläinen et al., 2001). Dette skyldes trolig den samme mekanismen som er beskrevet for vannbinding av tynne flak, og økt vannbinding assosieres med høyere viskositet (Dobraszczyk & Gates, 2003; Lapveteläinen et al., 2001). Ved oppvarming i vann vil det skje en stivelsesgelatinisering, og deretter vil det forekomme en forklistring av stivelseskornene. Dette skjer ved at amylose lekker ut, og at det dannes en viskøs væske. Det kan tenkes at molekyler som øker vannabsorpsjonen, slik som stivelse, er mer tilgjengelig i tynne flak. Dette gjør at amylosen lettere kan lekke ut, noe som vil resultere i økt viskositet (Bason & Blakeney, 2007; Crosbie & Ross, 2007).

Ved forklistring kan stivelseskorne øke opptil fem ganger i størrelse (Bason & Blakeney, 2007; Crosbie & Ross, 2007), og høy viskositet i kombinasjon med mekanisk skjærspenning (røring), vil føre til at stivelsesmolekylene brytes ned (Crosbie & Ross, 2007). Økt viskositet gir økt friksjon mellom stivelsesmolekylene, og gir dermed økt nedbrytning av stivelseskorne.  $\beta$ -glukan løses også opp, og binder til seg vann i et gelnettverk (Dobraszczyk & Gates, 2003). Resultatene viste at nedbrytningen var signifikant høyere for tynne havregryn hvor disse komponentene er mer tilgjengelig, hvilket er forventet (Fig. 4.11, tabell 4.10). Nedgangen i viskositet var også signifikant høyere hos Dovre, som oppnådde høyest peak viskositet av sortene. Dersom den høye viskositeten i Dovre delvis skyldtes proteiner, kan dette være årsaken til at viskositeten falt betydelig etter peak viskositet. Der er ikke vist at havreproteinene bidrar til økt viskositet ved oppvarming, i motsetning til stivelse og  $\beta$ -glukaner som er helt essensielle (Dobraszczyk & Gates, 2003; Webster & Wood, 2011). Stor grad av nedbrytning korrelerer også negativt med innhold av  $\beta$ -glukan (Choi et al., 2012).

Reduksjonen i viskositet var imidlertid ikke større enn at Dovre opprettholdt hold-viskositet på nivå med Avetron og Vinger, og viskositeten ved dette stadiet var ikke signifikant mellom sortene. Hold-viskositeten er viskositeten som prøven klarer å opprettholde etter nedbrytning av stivelseskorn. Med hensyn på proteinnivå, var det imidlertid en signifikant forskjell, der havregryn med høyt proteininnhold hadde lavere viskositet. Trenden for hold-viskositet var altså den samme som for peak viskositet, og kan tyde på at lavere innhold av protein gir høyere viskositet. Dette sammenfaller med det som tidligere har blitt nevnt om forholdet mellom stivelse og protein.

Ved setback er viskositeten tilsvarende den viskositeten et produkt har når det konsumeres etter koking (Choi et al., 2012). Den er forskjellen mellom hold-viskositet og endelig viskositet, og betegner altså utviklingen av viskositet under avkjøling (Crosbie & Ross, 2007). Dette er viktig for smaksopplevelsen, da det påvirker konsistens og munnfølelse. Dovre hadde lavere setback enn Avetron og Vinger, og dette samsvarer med et relativt lavt innhold av stivelse. Ved avkjøling skjer en retrogradering av stivelsen, som fører til en økning i viskositet. Dette er en rekrystallisering av stivelsesmolekylene, som skjer ved at kjeder av glukose går sammen og danner et gelnettverk.  $\beta$ -glukaner bidrar også her. Setback er forskjellen mellom hold-viskositet og endelig viskositet, og betegner altså utviklingen av viskositet under avkjøling (Crosbie & Ross, 2007). Ved setback er viskositeten tilsvarende den viskositeten et produkt har når det konsumeres etter koking (Choi et al., 2012). Dette er viktig for smaksopplevelsen, da det påvirker konsistens og munnfølelse. Dovre hadde lavere setback enn Avetron og Vinger, og dette samsvarer med et relativt lavt innhold av stivelse. Ved avkjøling skjer en retrogradering av stivelsen, som fører til viskositetsøkning.  $\beta$ -glukaner bidrar også her (Crosbie & Ross, 2007). Høy grad av nedbrytning og setback indikerer store endringer i viskositet under prosessering, noe som kan gjøre prosesseringen utfordrende.

Setback var signifikant med hensyn på flaktykkelse, der tynnere havregryn hadde høyere setback. Basert på at retrograderingen av stivelsesmolekylene er avhengig av innhold- og tilgjengelighet av  $\beta$ -glukan og stivelse, er resultatene som forventet.

Høy grad av nedbrytning og setback indikerer store endringer i viskositet under prosessering, noe som kan gjøre prosesseringen utfordrende. Til tross for at Dovre hadde mindre grad av setback enn breakdown, sammenlignet med Avetron og Vinger, var variasjonen i viskositet stor. Likevel var det ingen signifikante forskjeller mellom sortene i endelig viskositet. Dette kan tyde på at lavere peak viskositet ikke nødvendigvis er kritisk for endelig viskositet, og at forskjeller mellom sortene i større grad påvirker prosesseringsparametere, snarere enn endelig produkt. Proteininnholdet i prøvene hadde imidlertid en klar effekt på endelig viskositet, der høyere proteininnhold ga lavere sluttviskositet. Dette kan skyldes et høyere innhold av stivelse. Samtidig vil det da tenkes at Avetron ville ha fått en lavere viskositet enn Dovre og Vinger, da innhold av både fett og proteiner er høyt i Avetron. Dette gir grunn til å tro at andre interaksjoner mellom disse komponentene kan være viktig for viskositetsutviklingen i havre. Forskjellen i viskositet mellom ulike flaktykkelse var også signifikant for flere parametere. Resultatene indikerte at tynnere flak gir høyere viskositet, både under oppvarming, avkjøling og i endelig produkt.

## 6. Konklusjon

Vekstsesongen i 2018 ga større korn med høyere fyllingsgrad enn vekstsesongen i 2019. Kornene fra 2018 hadde høyere TKV og HLV, mindre skall, og høyere proteininnhold. Dette kan forklares av direkte – eller indirekte effekter av de ulike værforholdene disse to årene, og samspillet mellom værforhold og dyrkingspraksis. Korn i størrelsesfraksjonen >450 µm utgjorde hovedandelen av kornprøvene, med 65 – 70 %, både i 2018 og i 2019. Dovre hadde mindre korn enn Avetron og Vinger, men til gjengjeld størst fyllingsgrad i kornet. Andelen korn i størrelsesfraksjonen <350 µm, utgjorde rundt 6 % for alle sorter begge år. Dette tyder på at variasjonen i kornstørrelse hovedsakelig omfatter korn i størrelsesordenen over 350 µm. Forskjellene i dyrkningsegenskaper var størst mellom Dovre og Vinger, der Vinger hadde høyere skallprosent og lavere proteininnhold. Sortenes dyrkningsegenskaper var overensstemmende med det som tidligere har blitt rapportert fra verdiprøvingforsøk.

Lav skallprosent og høy fyllingsgrad er positive egenskaper for industrien, da det assosieres med økt produktutbytte. Økt intensitet i avskalleren ga høyere grad av avskalling, men det resulterte også i en høyere andel knuste korn. Gunstige avskallingsegenskaper i kornet er derfor sentrale for å øke produktutbyttet, og det ble observert at Vinger ga lavere andel avskallede korn – og flere knuste korn ved samme avskallingsregime som Avetron og Dovre. Dette ga ny interessant informasjon, som må undersøkes nærmere for å forstå de underliggende årsakene.

For at et produkt skal være attraktivt, må forbrukerpreferanser imøtekommes. Mørke havregryn assosieres med dårlig kvalitet, og forbrukerne ønsker derfor lyse havregryn. Farge i havregryn kan være knyttet til sort, og havregryn av Vinger hadde signifikant lysere havregryn enn Dovre. Det kan være flere årsaker til dette, blant annet kan det knyttes til avskallingsprosessen, hvor Vinger og Avetron ble avskallet ved høyere intensitet enn Dovre. Grad av lyshet var også betydelig høyere i tynne havregryn enn i tykke.

For industrien er det viktig at råstoffet har jevn kvalitet, både med hensyn på prosessering og produktutbytte. En høy andel ødelagte flak kan gi stort tap av utbytte, og ved videreføring er jevn kvalitet på råstoff et viktig kriterium. Flakstyrken var bedre jo tykkere flakene var, og dette kom til uttrykk ved en lavere andel ødelagte flak. Det var ingen forskjeller mellom sortene, men høyere proteinnivå så ut til å ha en positiv effekt på flakstyrke. Dette er interessant, da det er naturlig å tenke at stivelse, som er negativt korrelert med innhold av protein, har en viktig rolle i å binde havregrynet sammen. I industrisammenheng er også vannbindingsevne og viskositetsegenskaper viktige, da det påvirker konsistensen i blandinger, og dermed prosessparametere og endelig form på produktet. God vannbindingsevne er assosiert med økt viskositet, og det ble observert høyere vannbindingsevne i

Avetron. Dette var forventet da Avetron har et høyt innhold av fett og proteiner som normalt tilsvarer et lavt innhold av stivelse. Ved oppvarming var det Dovre som oppnådde høyest viskositet, men som også hadde størst nedgang i viskositet ved 95 °C. Nedgangen samsvarer med høyt innhold av protein, som i havre har god vannbindingsevne ved lave temperaturer, men som ikke bidrar til økt viskositet slik som stivelse og  $\beta$ -glukan. Til tross for høyere viskositet i Dovre ved oppvarming, var det ingen signifikante forskjeller mellom sortene i endelig viskositet. Dette kan tyde på at forskjeller mellom sortene i større grad påvirker prosesseringsparametere, snarere enn endelig produkt.

Tynne havregryn absorberte mer vann under oppvarming, og følgelig var viskositeten høyere i tynne flak. Effekten skyldes trolig at stivelse og  $\beta$ -glukan var mer tilgjengelig i tynne flak. Tynne flak hadde også en høyere andel ødelagte flak, som kan ha styrket denne effekten i RVA. Mer tilgjengelig amylose og  $\beta$ -glukan i blandingene, kan forklare høyere viskositet i tynne flak ved alle parameterne for viskositet. Også proteininnholdet i prøvene hadde en klar effekt på endelig viskositet, der høyere proteininnhold ga lavere sluttviskositet.

## Referanseliste

- Aarnes, H. (2011). *Systematikk*. Tilgjengelig fra: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/system/monocot.html> (lest 13.03.2020).
- Ahmad, A., Anjum, F. M., Zahoor, T., Nawaz, H. & Ahmed, Z. (2010). Extraction and characterization of beta-D-glucan from oat for industrial utilization. *Int J Biol Macromol*, 46 (3): 304-9. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2010.01.002.
- Ames, N. & Rhymer, C. (2003). Development of a Laboratory-Scale Flaking Machine for Oat End Product Testing 1. *Cereal Chemistry - CEREAL CHEM*, 80: 699-702. doi: 10.1094/CCHEM.2003.80.6.699.
- Amundsen, Å. L., Haugum, B. & Andersson, H. (2003). Changes in serum cholesterol and sterol metabolites after intake of products enriched with an oat bran concentrate within a controlled diet. *Scandinavian Journal of Nutrition*, 47 (2): 68-74. doi: 10.1080/11026480310009573.
- Bardalen, A. (2018). *Klimarisiko og norsk matproduksjon*. NIBIO Rapport Vol.: 4, NR.: 115: NIBIO. Tilgjengelig fra: <http://www.kore.no/wp-content/uploads/2019/08/Klimarisiko-og-norsk-matproduksjon.pdf> (lest 11.02.2020).
- Bason, M. L. & Blakeney, A. B. (2007). Grain and grain products. I: Crosbie, G. B. & Ross, A. S. (red.) *The RVA Handbook*, s. 43-44. St. Paul, Minnesota, USA: AACC International Press.
- Callisen, F., Arnt-Jensen, C., Vold, M. & Molteberg, E. L. (2005). *Norges komparative fortrinn som havreprodusent*. Forprosjekt Havre: Østfoldforskning. Tilgjengelig fra: <https://www.ostfoldforskning.no/media/1249/0705.pdf> (lest 11.02.2020).
- Choi, I., Han, O. K., Chun, J., Kang, C. S., Kim, K. H., Kim, Y. K., Cheong, Y. K., Park, T. I., Choi, J. S. & Kim, K. J. (2012). Hydration and Pasting Properties of Oat (*Avena sativa*) Flour. *Prev Nutr Food Sci*, 17 (1): 87-91. doi: 10.3746/pnf.2012.17.1.087.
- Crosbie, B. & Ross, A. S. (2007). *The RVA Handbook*. 1. utg. St. Paul, Minnesota: AACC International.
- Decker, E. A., Rose, D. J. & Stewart, D. (2014). Processing of oats and the impact of processing operations on nutrition and health benefits. *Br J Nutr*, 112 Suppl 2: S58-64. doi: 10.1017/S000711451400227X.
- Dobraszczyk, B. & Gates, F. K. (2003). Mechanical properties of oats and oat products. *Agricultural and Food Science*, 13 (1-2). doi: 10.2137/1239099041837978.
- Doehlert, D. C., McMullen, M. S. & Hammond, J. J. (2001). Genotypic and Environmental Effects on Grain Yield and Quality of Oat Grown in North Dakota. *Crop Science Society of America*, 41 (4): 1066-1072. doi: 10.2135/cropsci2001.4141066x.
- Doutch, J., Bason, M., Franceschini, F., James, K., Clowes, D. & Gilbert, E. P. (2012). Structural changes during starch pasting using simultaneous Rapid Visco Analysis and small-angle neutron scattering. *Carbohydrate Polymers*, 88 (3): 1061-1071. doi: 10.1016/j.carbpol.2012.01.066.
- Dybdal, S. E. (2019). *Unmalt store fritflueåttåk på korn i august*. Tilgjengelig fra: <https://www.nibio.no/nyheter/unormalt-store-fritflugeatak-pa-korn-i-august> (lest 13.03.20).
- Eid Hohle, E. (2016). *Landbruk og klimaendringer*. Rapport fra arbeidsgruppe. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/416c222bde624f938710ff36751ef4d6/rapport-landbruk-og-klimaendringer---rapport-fra-arbeidsgruppe-190216.pdf> (lest 31.01.2020).
- Eldby, H. & Thuen, A. E. (2016). *Korn og konjunktur 2016*. Rapport 5: AgriAnalyse. Tilgjengelig fra: [https://www.agrianalyse.no/getfile.php/13650-1513245591/Dokumenter/Dokumenter%202016/Rapport%205%20-%202016%20Korn%20og%20konjunktur\\_webutgave.pdf](https://www.agrianalyse.no/getfile.php/13650-1513245591/Dokumenter/Dokumenter%202016/Rapport%205%20-%202016%20Korn%20og%20konjunktur_webutgave.pdf) (lest 17.03.2020).

- FAO. (2018). *The state of agricultural commodity markets*. Agricultural trade, climate change and food security. Tilgjengelig fra: <http://www.fao.org/3/I9542EN/i9542en.pdf> (lest 02.03.2020).
- Fardet, A. (2010). New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre? *Nutritional Research Reviews*, 23 (1): 65-134. doi: 10.1017/S0954422410000041.
- Fiska. (2018). *Fra åker til frokostbord*. Tilgjengelig fra: <https://www.fiska.no/kunnskap/2018/desember/fra-aaker-til-frokostbord/> (lest 03.04.2020).
- Fiska. (2019). *Veileder i kornhandel 2018/2019*. Tilgjengelig fra: <https://fiska.no/media/1866/veileder-i-kornhandel-fiska-moelle-110718.pdf> (lest 10.04.2020).
- Forbord, J. O. (2015). *Ustabil avlingsnivå i korn - planlegg for vanskelegare klima og nye utfordringa*: Norsk Landbruksrådgiving 2015.
- Ganssmann, W. & Vorweck, K. (1995). Oat milling, processing and storage. I: Welch, R. W. (red.) *The Oat Crop*. London: Chapman and Hall.
- Gates, F. (2007). *Role of heat treatment in the processing and quality of oat flakes*. Masteroppgave. Helsinki: University of Helsinki (lest 11.02.2020).
- Gonera, A. & Milford, A. B. (2018). *The plant protein trend in Norway*. Tilgjengelig fra: <http://www.kore.no/wp-content/uploads/2018/10/T-he-plant-protein-trend-in-Norway.pdf> (lest 17.03.2020).
- Gorash, A., Armonienė, R., Mitchell Fetch, J., Liatukas, Ž. & Danytė, V. (2017). Aspects in oat breeding: nutrition quality, nakedness and disease resistance, challenges and perspectives. *Annals of Applied Biology*, 171 (3): 281-302. doi: 10.1111/aab.12375.
- Günther, M. (2019). *Kan Norge produsere mer planteprotein til mat?* Tilgjengelig fra: <https://www.nibio.no/nyheter/kan-norge-produsere-mer-planteprotein-til-mat> (lest 03.04.2020).
- Hanke, T. & Franz, J. (2015). Incoming inspection of cereal flakes with sieve analysis. *New Food*, 18 (5).
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E. J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J. E. Ø., Sandven, S., Sandø, A. B., Sorteberg, A., et al. (2016). *Klima i Norge 2100*. I: 2/2015, R. f. M. (red.). Tilgjengelig fra: <https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/klima-i-norge-2100/attachment/10990?ts=159d5ffcfd> (lest 31.01.2020).
- Harstad, O. M. & Vangen, O. (2015). *Råprotein*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/r%C3%A5protein> (lest 16.03.2020).
- Haugen, I., Hanssen-Bauer, I., Skaland, R. G., Engh, M. & Svardal, S. (2019). *Kornproduksjon i møte med klimaendringer - et mer klimarobust landbruk i Vestfold og Telemark*. TF-rapport nr. 291.
- Helsedirektoratet. (2016). *Kostrådene*. Tilgjengelig fra: <https://www.helsedirektoratet.no/faglige-rad/kostradene-og-naeringsstoffer/kostrad-for-befolkningen> (lest 02.03.2020).
- Hermansen, A. & Aamlid, D. (2019). *Kunnskapsnotat Plantehelse*. NIBIO Rapport 5/147. Ås. Tilgjengelig fra: [https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmli/bitstream/handle/11250/2631772/NIBIO\\_RAPPORT\\_2019\\_5\\_147.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmli/bitstream/handle/11250/2631772/NIBIO_RAPPORT_2019_5_147.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (lest 04.04.2020).
- Hjelkrem, A.-G. R., Torp, T., Brodal, G., Aamot, H. U., Strand, E., Nordskog, B., Dill-Macky, R., Edwards, S. G. & Hofgaard, I. S. (2017). DON content in oat grains in Norway related to weather conditions at different growth stages. *European Journal of Plant Pathology*, 148 (3): 577-594. doi: 10.1007/s10658-016-1113-5.
- Hofsvang, T. (2012). *Fritflue*. Tilgjengelig fra: <https://www.plantevernleksikonet.no/l/oppslag/1021/> (lest 03.03.2020).
- Holtet, E. K., Uhlen, A. K. & Holtekjølen, A. K. (2020). *Havre*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/havre> (lest 02.03.2020).

- IPCC. (2015). *Klimanedringer 2015*. Synteserapport - sammendrag for beslutningstakere. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/20152/desember-2015/fns-klimapanel-synteserapport-pa-norsk/> (lest 17.03.2020).
- Kimen Sävarelaboratoriet AS. (2018). *Forklaring til analysebeviset for korn*. Tilgjengelig fra: <https://www.kimen.no/analysetilbud/forklaring-til-analysebeviset-for-korn/> (lest 17.03.2020).
- Kris-Etherton, P., Khoo, C. S. & Chu, Y. F. (2014). Introduction: Oat Nutrition, Health, and the Potential Threat of a Declining Production on Consumption. I: Chu, Y. F. (red.) *Oats Nutrition and Technology*, s. 3-5. Barrington, IL, USA.: John Wiley & Sons, Ltd.
- Landbruksdirektoratet. (2018). *Markedsrapport 2017. Vurdering av markedene for norske landbruksvarer*. Rapport 4/2018. Tilgjengelig fra: <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/produksjon-og-marked/frukt-og-gront/marked-og-pris/publikasjoner/markedsrapport-2017> (lest 16.03.2020).
- Lapveteläinen, A., Alho-Lehto, P., Sinn, L., Laukkanen, T., Lindman, T., Kallio, H., Kaitaranta, J. & Katajisto, J. (2001). Relationships of Selected Physical, Chemical, and Sensory Parameters in Oat Grain, Rolled Oats, and Cooked Oatmeal—A Three-Year Study with Eight Cultivars. *Cereal Chemistry Journal*, 78 (3): 322-329. doi: 10.1094/cchem.2001.78.3.322.
- Machado, M. d. F., Oliviera, F. A. R., Gekas, V. & Singh, R. P. (1998). Kinetics of moisture uptake and soluble-solids loss by puffed breakfast cereals immersed in water. *International Journal of Food Science and Technology*, 33: 225-237.
- McCleary, B. V. (2001). Measurement of Dietary Fibre Components: the Importance of Enzyme Purity, Activity and Specificity. I: McCleary, B. V. & Prosky, L. (red.) *Advanced Dietary Fibre Technology*, s. 90. Oxford, England: Blackwell Science Ltd.
- Mäkinen, O. E., Sozer, N., Ercili-Cura, D. & Poutanen, K. (2017). Protein From Oat: Structure, Process, Functionality, and Nutrition. I: Nadathur, S. R., Wanasundara, J. P. D. & Scanlin, L. (red.) *Sustainable Protein Sources*, s. 105-119. Espoo, Finland.: Academic Press.
- Pathare, P. B., Opara, U. L. & Al-Said, F. A.-J. (2013). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 6 (1): 36-60. doi: 10.1007/s11947-012-0867-9.
- Quevedo, R. A., Aguilera, J. M. & Pedreschi, F. (2010). Color of Salmon Fillets By Computer Vision and Sensory Panel. *Food and Bioprocess Technology*, 3 (5): 637-643. doi: 10.1007/s11947-008-0106-6.
- Rajala, A., Kontturi, M. & Peltonen-Sainio, P. (2008). Impact dehulling oat grain to improve quality of on-farm produced feed : Hullability and associated changes in nutritive value and energy content. *Agricultural and Food Science*, 13 (1-2). doi: 10.2137/1239099041838021.
- Rasane, P., Jha, A., Sabikhi, L., Kumar, A. & Unnikrishnan, V. S. (2015). Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods - a review. *J Food Sci Technol*, 52 (2): 662-75. doi: 10.1007/s13197-013-1072-1.
- Rhymer, C., Ames, N., Malcolmson, L., Brown, D. & Duguid, S. (2005). Effects of Genotype and Environment on the Starch Properties and End-Product Quality of Oats. *Cereal Chemistry*, 82 (2): 197-203. doi: 10.1094/cc-82-0197.
- Russenes, A. L., Åssveen, M., Tangsveen, J. & Weiseth, L. (2019). Sorter og sortsprøving 2018. I: Strand, E. (red.) b. 5 *Jord - og Plantekultur 2019: Forsøk i korn, olje- og proteinvekster, engfrøavl og potet 2018* Ås: NIBIO.
- Saastamoinen, M., Hietaniemi, V. & Pihlava, J. M. (2004).  $\beta$ -Glucan contents of groats of different oat cultivars in official variety, in organic cultivation, and in nitrogen fertilization trials in Finland. *Agricultural and Food Science*, 13 (1-2). doi: 10.2137/1239099041838076.
- Sahlstøm, S. & Knutsen, S. H. (2010). Oats and Rye: Production and usage in Nordic and Baltic Countries. *Cereal Foods World*, 55 (1): 12-14. doi: 10.1094/CFW-55-1-0012.
- Sahlstøm, S. (2020). *Mailkorrespondanse med veileder Stefan Sahlstrøm ved Nofima*. Ås (26.05.2020).



- Sandbu, A. (2020, 03.02). Oppfordrer havredyrkere til å be om såkornkontrakt. *Bondebladet*. Tilgjengelig fra: <https://www.bondebladet.no/aktuelt/oppfordrer-havredyrkere-til-a-be-om-sakornkontrakt/> (lest 17.03.2020).
- Schneeman, B. O. (2001). Dietary Fibre and Gastrointestinal Function. I: McCleary, B. V. & Prosky, L. (red.) *Advanced Dietary Fibre Technology*, s. 168-172. Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Seehusen, T., Waalen, W. M. & Strand, E. (2017). Dyrking av korn i endret klima. *NIBIO POP*, 3 (36).
- Sivertsvik, R. M., Eidem, B., Brigham, A. M. & Brobakk, J. (2018). *Er matsikkerheten truet? Klimaendringer og matproduksjon i Norge og Malawi*. Tilgjengelig fra: [https://www.utviklingsfondet.no/files/uf/documents/Er\\_matsikkerheten\\_truet\\_TT.pdf](https://www.utviklingsfondet.no/files/uf/documents/Er_matsikkerheten_truet_TT.pdf) (lest 09.03.2020).
- Statistisk sentralbyrå. (2020). *Korn og oljevekster, areal og avlinger*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/korn> (lest 03.04.2020).
- Uhlen, A. K. (2014). *Cerealer: Viktige kvalitetsegenskaper knyttet til råvaren. Kompendium i MVI275: Matplanter*. Ås: Institutt for plante- og miljøvitenskap, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.
- Uhlen, A. K., Børresen, T., Kværnø, S., Krogstad, T., Waalen, W. M., Strand, E., Bleken, M. A., Seehusen, T., Deelstra, J., Sundgren, T., et al. (2017). *Økt norsk kornproduksjon gjennom forbedret agronomisk praksis - en vurdering av agronomiske tiltak som kan bidra til avlingsøkninger i kornproduksjon*. NIBIO Rapport.
- Webster, F. & Wood, P. J. (2011). *Oats: chemistry and technology*. 2. utg. St. Paul, Minnesota, USA: AACC International, Inc.
- Åssveen, M. (2005). Aminosyresammensetning i korn. I: *Grønn kunnskap* 9(2), s. 230-238. Planteforsk Apelsvoll forskningscenter.
- Åssveen, M., Tangsveen, J. & Weiseth, L. (2016). *Kornarter og sorter. Sorter og sortsprøving 2015*. NIBIO Bok 2(1). Tilgjengelig fra: <https://docplayer.me/51887183-Jord-og-plantekultur-2016-nibio-bok-2-1-kornarter-og-sorter-korn-foto-annbjorg-o-kristoffersen.html> (lest 02.03.2020).

## **Appendiks**

### **Oversikt over vedlegg**

Vedlegg 1. Plantemateriale og prøvekarakterisering

Vedlegg 2. Faktorielt design

Vedlegg 3. Data fra flakundersøkelser

Vedlegg 4. Testforsøk avskalling

Vedlegg 5. Bestemmelse av tørrstoff (TS %)

Vedlegg 6. Måling av flaktykkelse ved hjelp av skyvelære

Vedlegg 7. Bilder og fargemålinger fra DigiEye™

Vedlegg 8. Bestemmelse av vannbindingsevne

Vedlegg 9. Statistiske data del 1

Vedlegg 10. Statistiske data del 2

Vedlegg 11. RVA-grafer med data

## Vedlegg 1. Plantemateriale og prøvekarakterisering

### Feltplaner 2018 og 2019

Kant	Kant	Kant	Kant	Kant	Kant
N2 V	N2 A	N2 D	N2 D	N2 A	N2 V
N2 V	N2 A	N2 D	N2 D	N2 A	N2 V
N2 V	N2 A	N2 D	N2 D	N2 A	N2 V
N2 V	N2 A	N2 D	N2 D	N2 A	N2 V
N2 V	N2 A	N2 D	N2 D	N2 A	N2 V
N1 A	N1 D	N1 V	N1 V	N1 D	N1 A
N1 A	N1 D	N1 V	N1 V	N1 D	N1 A
N1 A	N1 D	N1 V	N1 V	N1 D	N1 A
N1 A	N1 D	N1 V	N1 V	N1 D	N1 A
N1 A	N1 D	N1 V	N1 V	N1 D	N1 A
Kant	Kant	Kant	Kant	Kant	Kant

**Figur 1.** Oversikt over feltplan i 2018 (N1=gjødslingsnivå 1, N2=gjødslingsnivå 2, A=Avetron, D=Dovre, V=Vinger).

Kant	Kant	Kant
N1 D	N2 A	N1 D
N2 A	N1 V	N2 A
N1 A	N2 D	N1 V
N2 D	N2 V	N2 D
N2 V	N1 A	N2 V
N1 V	N1 D	N1 A
Kant	Kant	Kant

**Figur 2.** Oversikt over feltplan i 2019 (N1=gjødslingsnivå 1, N2=gjødslingsnivå 2, A=Avetron, D=Dovre, V=Vinger).

### Værdata fra vekstperiode

**Tabell 1.** Værdata (middeltemperaturer og gjennomsnittlig nedbørmengde) fra 2018 og 2019, samt 1961-1990.

Måned	2018		2019		Normal 1961-90	
	Middeltemp. (°C)	Nedbør (mm)	Middeltemp. (°C)	Nedbør (mm)	Middeltemp. (°C)	Nedbør (mm)
April	5,2	30	7,9	15	4,1	39
Mai	15,1	34	9,7	101	10,3	60
Juni	17,0	86	14,8	116	14,8	68
Juli	20,5	29	17,2	52	16,1	81
August	15,1	55	16,2	110	14,9	83
September	12,2	129	11,0	191	10,6	90
Mai-september	15,9	333	13,8	571	13,3	382

## Vekt av ulike kornstørrelsesfraksjoner

**Tabell 2.** Oversikt over vekt (g) av korn innenfor ulike fraksjoner, samt gjennomsnitt og standardavvik for alle prøver (2019).

2019	Vekt i gram			
Prøve sort, N-nivå	Over 450 g	Totalt under 450 g	Under 350 g	Total vekt g
Dovre, 1	1330,6	626,6	113,9	1957,2
Avetron, 2	1334,7	1013,9	167,0	2348,6
Avetron, 1	1668,4	875,5	150,5	2543,9
Dovre, 2	1878,0	876,0	150,3	2754,0
Vinger, 2	1474,6	1102,6	182,0	2577,2
Vinger, 1	1868,0	804,3	168,2	2672,3
Avetron, 2	1731,2	751,7	133,3	2482,9
Vinger, 1	1434,5	628,3	118,0	2062,8
Dovre, 2	1439,5	921,6	135,9	2361,1
Vinger, 2	1536,2	722,2	123,0	2258,4
Avetron, 1	1704,8	796,4	135,6	2501,2
Dovre, 1	1368,6	1075,0	164,8	2443,6
Dovre, 1	1670,8	1012,2	142,7	2683,0
Avetron, 2	2172,0	876,4	154,7	3048,4
Vinger, 1	1948,1	845,6	165,6	2793,7
Dovre, 2	1567,7	1215,2	166,0	2782,9
Vinger, 2	1877,0	776,2	146,7	2653,2
Avetron, 1	2041,1	954,6	169,9	2995,7
<b>Gjennomsnitt</b>	1669,2	881,9	149,3	2551,1
<b>Std.avvik</b>	253,3	160,2	19,7	288,5

**Tabell 3.** Oversikt over vekt (g) av korn innenfor ulike fraksjoner, samt gjennomsnitt og standardavvik for alle prøver (2018).

2018	Vekt i gram				
Prøve sort, N-nivå	Over 500 g	Totalt over 450 g	Totalt under 450 g	Under 350 g	Total vekt g
Vinger, 2	2347,8	3432,5	1430,2	343,1	4862,7
Avetron, 1	2294,1	3369,4	1521,1	333,6	4890,5
Avetron, 2	2318,4	3454,3	1437,9	312,6	4892,2
Dovre, 1	1885,6	3095,8	1793,4	342,2	4889,2
Dovre, 2	1982,7	3190,3	1696,1	302,4	4886,4
Vinger, 1	2563,8	3537,2	1362,7	316,5	4899,9
Dovre, 2	2078,1	3330,9	1573,8	301,2	4904,7
Vinger, 1	2522,0	3518,0	1388,2	327,6	4906,2
Avetron, 2	2551,0	3602,0	1305,9	287,7	4907,9
Dovre, 1	2124,7	3330,4	1567,2	286,1	4897,6
Vinger, 2	2761,9	3666,9	1237,1	304,9	4904,0
Avetron, 1	2565,6	3562,4	1336,8	279,6	4899,2
<b>Gjennomsnitt</b>	2333,0	3424,2	1470,9	311,5	4895,0
<b>Std.avvik</b>	271,0	169,3	164,7	21,7	12,4

## Proteininnhold

**Tabell 4.** Innhold av TN og TC i kornprøver fra 2019, samt beregnet proteininnhold.

2019		%		
Sort	N-nivå	N	Protein (N*6,25)	C
Dovre	1	1,71	10,69	42,18
Avetron	1	1,66	10,38	42,66
Vinger	1	1,41	8,81	43,20
Vinger	1	2,04	12,75	43,10
Avetron	1	1,89	11,81	42,36
Dovre	1	2,13	13,31	42,49
Dovre	1	2,19	13,69	42,91
Vinger	1	1,42	8,88	42,00
Avetron	1	2,64	16,50	42,41
Avetron	2	1,77	11,06	42,29
Dovre	2	1,75	10,94	43,10
Vinger	2	1,64	10,25	42,20
Avetron	2	2,60	16,25	42,46
Dovre	2	2,45	15,31	43,67
Vinger	2	1,76	11,00	42,32
Avetron	2	2,38	14,88	42,25
Dovre	2	2,00	12,50	42,41
Vinger	2	1,57	9,81	42,98

**Tabell 5.** Innhold av TN og C i kornprøver fra 2018, samt beregnet proteininnhold.

2018		%		
Sort	N-nivå	N	Protein (N*6,25)	C
Vinger	2	3,03	18,94	43,80
Avetron	1	2,64	16,50	44,01
Avetron	2	2,84	17,75	43,97
Dovre	1	2,94	18,38	43,52
Dovre	2	3,20	20,00	43,26
Vinger	1	2,32	14,50	43,23
Dovre	2	3,17	19,81	43,42
Vinger	1	2,49	15,56	43,51
Avetron	2	2,77	17,31	43,59
Dovre	1	3,12	19,50	43,34
Vinger	2	2,39	14,94	42,90
Avetron	1	2,52	15,75	43,64

## Hektolitervekt

**Tabell 6.** Hektolitervekt av prøver sortert etter proteininnhold. Prøvene er presentert med forsøksfaktorer (sort: Avetron, Dovre, Vinger; proteinfraksjon: HP, MP, LP); år: 2018, 2019). HLV er regulert for et vanninnhold på 12 % (-2 kg).

Sort	Proteinfraksjon	År	Gjentak 1 (kg/hl)	Gjentak 2 (kg/hl)	Gjennomsnitt (kg/hl)
Avetron	HP	2018	53,9	54,0	54,0
Avetron	MP	2019	50,4	51,1	51,3
Avetron	LP	2019	51,0	51,6	51,3
Dovre	HP	2018	56,0	56,0	56,0
Dovre	MP	2019	52,0	52,3	52,2
Dovre	LP	2019	47,7	47,0	47,4
Vinger	HP	2018	54,0	52,9	53,5
Vinger	MP	2019	45,1	44,1	44,6
Vinger	LP	2019	46,8	45,8	46,3

## Vedlegg 2. Faktorielt design

Prøve 1-9 (\*3 tykkelser)

A LP 1	A LP 2	A LP 3	D LP 1	D LP 2	D LP 3	V LP 1	V LP 2	V LP 3
A MP 1	A MP 2	A MP 3	D MP 1	D MP 2	D MP 3	V MP 1	V MP 2	V MP 3
A HP 1	A HP 2	A HP 3	D HP 1	D HP 2	D HP 3	V HP 1	V HP 2	V HP 3

Prøve 10-18 (\*3 tykkelser)

A LP 1	A LP 2	A LP 3	D LP 1	D LP 2	D LP 3	V LP 1	V LP 2	V LP 3
A MP 1	A MP 2	A MP 3	D MP 1	D MP 2	D MP 3	V MP 1	V MP 2	V MP 3
A HP 1	A HP 2	A HP 3	D HP 1	D HP 2	D HP 3	V HP 1	V HP 2	V HP 3

**Figur 3.** Faktorielt design for prosessering og flakundersøkelser (A=Avetron, D=Dovre, V=Vinger; LP=lavt proteininnhold, MP=middels proteininnhold, HP=høyt proteininnhold; 1=tykkelse 1, 2=tykkelse 2, 3=tykkelse 3). Rød markering: prøvene er ikke inkludert i forsøket da prøvematerialet ble brukt opp før flakemaskinen var i orden (maskinen avga metallspån på flak). Gjentak (prøve 1-9 og 10-18) er ikke prosessert på samme dag.

### Vedlegg 3. Data fra flakundersøkelser

Tabell 7a. Rådata fra RVA-målinger (LP = lavt proteinnivå, MP = middels proteinnivå, HP = høyt proteinnivå).

Prøve			RVA						
Sort	Proteinfraksjon	Flaktykkelse	Peak 1	Hold/Troug	Breakdown	Final Viscosity	Setback	Peak Time	Pasting Temp
Vinger	LP	1	3476	2617	859	5194	2577	5,12	50,1
Vinger	LP	2	2939	2298	731	4384	2176	5,05	50,15
Vinger	LP	3	2476	2021	455	4086	2065	5,12	51,95
Vinger	MP	1	3109	2221	888	4426	2205	4,98	50,35
Vinger	MP	2	3455	2473	982	4836	2363	5,05	51
Dovre	MP	1	3953	2512	1441	4701	2189	5,25	50,95
Dovre	MP	2	3975	2448	1527	4578	2130	5,25	51,95
Dovre	MP	3	3295	2337	958	4242	1905	5,18	50,15
Avetron	LP	1	3628	2763	865	5348	2585	5,32	50,45
Avetron	LP	2	3153	2402	751	4821	2419	5,32	51,05
Avetron	LP	3	2241	1799	442	4001	2202	5,18	51,05
Avetron	MP	1	3431	2500	931	4894	2394	5,18	50,15
Avetron	MP	2	3034	2139	895	4415	2276	5,38	51,80
Avetron	MP	3	2656	1880	776	4048	2168	5,18	50,45
Vinger	HP	1	3155	2304	851	4767	2463	5,12	54,50
Vinger	HP	2	2923	2259	664	4760	2501	5,18	50,10
Vinger	HP	3	2148	1790	358	4003	2213	5,12	50,10
Dovre	HP	1	3716	2185	1531	4332	2147	5,32	50,50
Dovre	HP	2	3351	2054	1297	4328	2274	5,25	50,10
Dovre	HP	3	2426	1707	719	3336	1629	5,12	52,75
Avetron	HP	1	3208	2241	967	4606	2365	5,32	52,75
Avetron	HP	2	2867	2001	866	4108	2107	5,12	51,90
Avetron	HP	3	2371	1741	630	3609	1868	5,25	50,15
Vinger	LP	1	3758	2708	1050	5051	2343	5,12	50,35
Vinger	LP	2	3338	2534	804	4786	2252	5,05	50,15
Vinger	LP	3	2607	2026	581	4465	2439	4,85	50,10
Vinger	MP	1	3172	2415	757	4602	2187	5,12	50,05
Vinger	MP	2	2963	2249	714	4363	2114	4,98	50,15
Vinger	MP	3	2207	1880	327	3914	2034	4,98	51,05
Dovre	MP	1	3931	2575	1356	4682	2107	5,18	50,10
Dovre	MP	2	3757	2462	1295	4655	2193	5,18	51,05
Dovre	MP	3	2906	2030	876	3960	1930	5,18	50,45
Avetron	LP	1	4015	2883	1132	5411	2528	5,45	50,10
Avetron	LP	2	3291	2458	833	4780	2322	5,32	50,15
Avetron	LP	3	2025	1581	444	3560	1979	5,12	50,40
Avetron	MP	1	3587	2663	924	5090	2427	5,45	51,75
Avetron	MP	2	2897	2169	728	4323	2154	5,25	51,05
Avetron	MP	3	2004	1592	412	3493	1901	5,18	50,15
Vinger	HP	1	3384	2445	939	4948	2503	5,18	52,75
Vinger	HP	2	2877	2201	676	4643	2442	4,98	50,10
Vinger	HP	3	2126	1768	393	3772	2004	5,25	50,10
Dovre	HP	1	3734	2162	1572	4332	2170	5,12	53,65
Dovre	HP	2	3292	1882	1410	3880	1998	5,25	50,50
Dovre	HP	3	2343	1661	682	3312	1651	5,32	50,95
Avetron	HP	1	3403	2240	1163	4612	2372	5,25	53,55
Avetron	HP	2	3115	2094	1021	4310	2216	5,32	50,40
Avetron	HP	3	2160	1682	478	3585	1903	5,38	50,15
Ref. Moss	Ref. Moss	1	3791	2714	1077	5159	2445	5,25	50,10
Ref. Moss	Ref. Moss	2	3470	2556	914	5115	2559	5,25	50,10
Ref. Moss	Ref. Moss	3	2818	2199	619	4365	2166	5,05	50,15
Ref. Lettkokte AXA	Ref. L.K.HP		3224	2508	716	5103	2595	5,18	50,4
Ref. Store AXA	Ref. S.T.HP		2058	966	1092	2121	1155	1,12	50,15

**Tabell 7b.** Sammendrag av data fra flakundersøkelser (flakkvalitet, vannbindingsevne og viskositetsmåling). Verdier er gjennomsnitt av to prøvegentak.

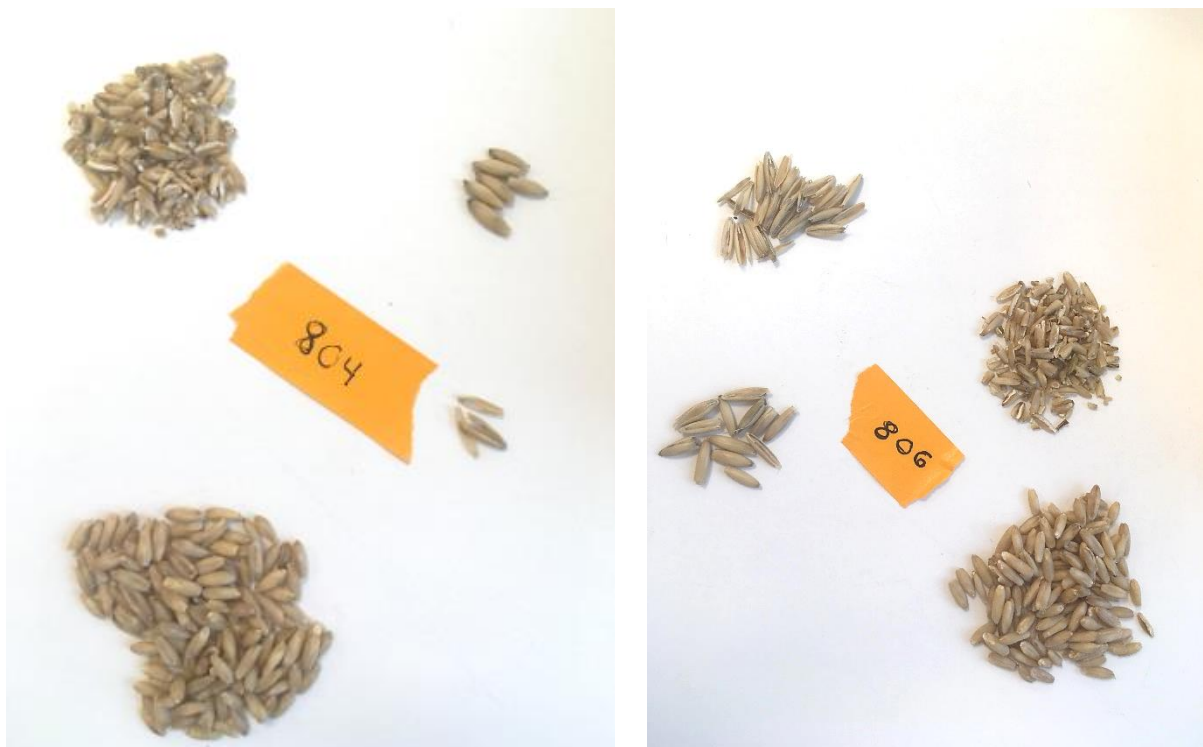
Prøve			Flakkvalitet	Fargemåling		Vannbindings- evne	Viskositetsmåling (RVA)						
Sort	Protein- fraksjon	Flak- tykkelse	Ødelagte flak (%)	h	C*	Vannbinding (%)	Peak (cP)	Hold (cP)	Breakdown (cP)	Final Visc. (cP)	Setback (cP)	Peak Time (min)	Forklitr. Temp (°C)
Avetron	LP	1	16,17	76,27	22,38	108,89	3821,5	2823,0	998,5	5379,5	2556,5	5,39	50,28
Avetron	LP	2	11,60	75,54	23,66	106,68	3222,0	2430,0	792,0	4800,5	2370,5	5,32	50,60
Avetron	LP	3	10,94	75,39	24,54	116,10	2133,0	1690,0	443,0	3780,5	2090,5	5,15	50,73
Avetron	HP	1	15,89	75,33	21,45	110,50	3509,0	2581,5	927,5	4992,0	2410,5	5,32	50,95
Avetron	MP	2	13,47	75,36	21,90	107,97	2965,5	2154,0	811,5	4369,0	2215,0	5,32	51,43
Avetron	MP	3	11,25	74,98	22,70	104,69	2330,0	1736,0	594,0	3770,5	2034,5	5,18	50,30
Avetron	HP	1	12,32	73,55	21,69	117,53	3305,5	2240,5	1065,0	4609,0	2368,5	5,29	53,15
Avetron	HP	2	10,17	73,28	22,01	111,75	2991,0	2047,5	943,5	4209,0	2161,5	5,22	51,15
Avetron	HP	3	6,83	72,98	22,04	107,77	2265,5	1711,5	554,0	3597,0	1885,5	5,32	50,15
Dovre	MP	1	16,25	75,45	21,27	114,66	3942,0	2543,5	1398,5	4691,5	2148,0	5,22	50,53
Dovre	MP	2	14,39	75,13	21,48	113,52	3866,0	2455,0	1411,0	4616,5	2161,5	5,22	51,50
Dovre	MP	3	11,74	74,46	22,53	115,85	3100,5	2183,5	917,0	4101,0	1917,5	5,18	50,30
Dovre	HP	1	8,81	74,77	21,96	122,63	3725,0	2173,5	1551,5	4332,0	2158,5	5,22	52,08
Dovre	HP	2	6,63	74,02	22,61	116,54	3321,5	1968,0	1353,5	4104,0	2136,0	5,25	50,30
Dovre	HP	3	5,61	73,71	22,92	119,83	2384,5	1684,0	700,5	3324,0	1640,0	5,22	51,85
Vinger	LP	1	14,73	75,52	22,13	113,67	3617,0	2662,5	954,5	5122,5	2460,0	5,12	50,23
Vinger	LP	2	12,79	75,41	22,00	116,20	3138,5	2416,0	767,5	4585,0	2214,0	5,05	50,15
Vinger	LP	3	10,05	75,07	22,53	115,21	2541,5	2023,5	518,0	4275,5	2252,0	4,99	51,03
Vinger	MP	1	13,85	75,73	22,35	116,67	3140,5	2318,0	822,5	4514,0	2196,0	5,05	50,20
Vinger	MP	2	10,85	75,68	22,62	120,89	3209,0	2361,0	848,0	4599,5	2238,5	5,02	50,58
Vinger	MP	3	7,16	75,16	24,03	132,62	2207,0	1880,0	327,0	3914,0	2034,0	4,98	51,05
Vinger	HP	1	12,58	75,34	21,12	116,35	3269,5	2374,5	895,0	4857,5	2483,0	5,15	53,63
Vinger	HP	2	12,76	74,77	21,86	113,73	2900,0	2230,0	670,0	4701,5	2471,5	5,08	50,10
Vinger	HP	3	9,01	73,87	22,36	114,44	2137,0	1779,0	375,5	3887,5	2108,5	5,19	50,10



## Vedlegg 4. Testforsøk avskalling

**Tabell 8.** Testforsøk for avskallingsregime ved beregning av andel korn uten skall; korn med skall; knuste korn, og tomme skall (telt for hånd). Det er valgt testprøver fra 2019 på grunn av tilgjengelig prøvemateriale. Disse prøvene representerer alle sorter og alle proteinnivåer.

	Prøve	Styrkeserie	Korn uten skall		Korn med skall		Rusk/knuste korn		Tomme skall	
			g	%	g	%	g	%	g	%
Runde 1	Sort, år, proteinfraksjon	Styrke 1-10								
	Avetron, 2019, HP	10-3-10-3-2-2	3,67	63,17	0,45	7,75	1,48	25,47	0,21	3,61
	Dovre, 2019, MP	10-3-10-3-2-2	4,12	71,03	0,21	3,62	1,46	25,17	0,01	0,17
	Vinger, 2019, LP	10-3-10-3-2-2	3,38	60,79	0,36	6,47	1,67	30,04	0,15	2,70
Runde 2	Avetron, 2019, HP	10-3-10-3-10-2-2	2,76	61,54	0,15	3,34	1,57	35,01	0,01	0,11
	Dovre, 2019, MP	10-3-10-3-6-2-2	3,97	74,34	0,10	1,87	1,27	23,78	0,00	0,00
	Vinger, 2019, LP	10-2-10-3-10-2-2	3,12	58,71	0,12	2,26	2,06	38,77	0,01	0,26



**Figur 4.** Bilder fra testforsøk av avskalling.

## Vedlegg 5. Bestemmelse av tørrstoff (TS %)

**Tabell 9.** Målinger for bestemmelse av TS (%) før damping (105 °C, 20 timer), samt beregning av vanninnhold etter damping.

Sort	Målt etter varmeskap ved 105 grader over natt								Målt ved beregning			
	Protein-fraksjon	Tom kopp	Prøve	Kopp + tørket prøve	Tørket prøve	Vanninnhold	Gj. snitt vanninnhold	±	Korn før damping	Korn + brett etter damping	Korn etter damping	Vanninnh. etter damping
A, D, V	LP, MP, HP	g	g	g	g	%	%	%	g	g	g	%
Avetron	HP	41,15	3,14	43,94	2,79	11,18						
Avetron	HP	41,96	2,63	44,28	2,33	11,43	11,31	0,12	685,00	2227,50	748,00	19,85
Avetron	HP	32,04	2,91	34,64	2,59	10,86						
Avetron	HP	32,52	3,02	35,22	2,70	10,75	10,81	0,05	762,00	2322,00	843,00	20,36
Avetron	LP	37,64	3,24	40,55	2,91	10,04						
Avetron	LP	42,40	2,87	44,97	2,58	10,18	10,11	0,07	678,50	2236,50	757,50	20,61
Avetron	LP	32,52	3,14	35,32	2,79	11,04						
Avetron	LP	33,05	3,24	35,93	2,88	11,14	11,09	0,05	655,00	2205,00	726,00	20,91
Avetron	MP	21,70	2,86	24,24	2,54	11,15						
Avetron	MP	19,01	3,04	21,71	2,70	11,00	11,08	0,07	763,00	2322,00	841,50	20,33
Avetron	MP	33,07	2,98	35,71	2,64	11,26						
Avetron	MP	32,01	3,63	35,24	3,23	11,20	11,23	0,03	569,50	2103,00	623,50	19,86
Dovre	HP	39,66	3,24	42,56	2,90	10,62						
Dovre	HP	41,85	3,04	44,56	2,72	10,65	10,64	0,02	1054,00	2643,00	1164,00	20,10
Dovre	HP	41,95	2,93	44,56	2,61	11,15						
Dovre	HP	41,15	2,81	43,66	2,50	10,83	10,99	0,16	1106,50	2699,00	1228,50	20,76
Dovre	HP	32,69	2,31	34,74	2,06	10,88						
Dovre	HP	31,72	3,12	34,50	2,78	10,87	10,88	0,01	540,50	2080,00	600,50	20,86
Dovre	LP	32,52	2,97	35,19	2,66	10,39						
Dovre	LP	41,96	3,06	44,70	2,75	10,41	10,40	0,01	698,50	2257,00	777,00	20,51
Dovre	LP	32,69	3,03	35,41	2,72	10,14						
Dovre	LP	32,04	3,02	34,75	2,70	10,34	10,24	0,10	726,00	2282,00	811,50	20,88
Dovre	MP	24,20	2,81	26,68	2,48	11,57						
Dovre	MP	21,48	2,90	24,04	2,56	11,72	11,65	0,07	644,50	2188,50	709,50	20,88
Dovre	MP	32,04	2,86	34,58	2,53	11,41						
Dovre	MP	33,18	3,26	36,06	2,88	11,45	11,43	0,02	734,50	2286,00	806,50	20,38
Vinger	HP	42,40	3,06	45,12	2,72	11,15						
Vinger	HP	32,05	3,07	34,78	2,73	11,00	11,08	0,07	1068,00	2655,00	1186,00	20,95
Vinger	HP	42,40	3,39	45,40	3,00	11,34						
Vinger	HP	41,96	2,91	44,53	2,57	11,46	11,40	0,06	818,00	2373,00	893,50	19,91
Vinger	HP	33,17	3,06	35,89	2,71	11,34						
Vinger	HP	33,05	2,68	35,43	2,38	11,24	11,29	0,05	677,00	2218,00	739,00	19,63
Vinger	LP	32,69	3,25	35,57	2,87	11,52						
Vinger	LP	39,67	2,25	41,66	1,99	11,68	11,60	0,08	604,50	2143,00	664,00	20,64
Vinger	LP	41,96	4,05	45,54	3,58	11,51						
Vinger	LP	37,64	2,98	40,28	2,64	11,49	11,50	0,01	688,00	2227,00	748,00	19,51
Vinger	MP	32,04	2,85	34,57	2,53	11,46						
Vinger	MP	21,66	2,99	24,30	2,65	11,60	11,53	0,07	499,50	2031,00	552,00	21,11
Vinger	MP	33,22	3,02	35,89	2,67	11,67						
Vinger	MP	33,42	2,96	36,04	2,62	11,51	11,59	0,08	511,50	2048,00	568,50	21,54
Moss (ref.)	-	41,85	3,07	44,54	2,69	12,42						
Moss (ref.)	-	41,15	2,92	43,71	2,56	12,50	12,46	0,04	931,00	2499,00	1020,00	21,22

**Tabell 10.** Målinger for bestemmelse av TS (%) etter tørking av havregryn (105 °C, 20 timer),

Prøve			Målt etter varmeskap ved 105 grader over natt					
Sort	Proteinfraksjon	Tykkelse	Kopp	Prøve	Kopp med tørket prøve	Tørket prøve (g)	Vanninnhold (%)	Tørrestoff (%)
A, D, V	LP, MP, HP	1, 2, 3	g	g	g	g	%	%
Vinger	LP	1	32,043	3,045	34,787	2,744	9,885	90,115
Vinger	LP	2	33,424	3,060	36,216	2,792	8,758	91,242
Vinger	LP	3	42,396	3,159	45,278	2,882	8,769	91,231
Vinger	MP	1	41,856	3,203	44,802	2,946	8,024	91,976
Vinger	MP	2	33,171	3,009	35,966	2,795	7,112	92,888
Dovre	MP	1	43,349	3,158	46,256	2,907	7,948	92,052
Dovre	MP	2	44,047	3,068	46,890	2,843	7,334	92,666
Dovre	MP	3	41,153	3,153	44,033	2,880	8,658	91,342
Avetron	LP	1	31,714	3,062	34,556	2,842	7,185	92,815
Avetron	LP	2	39,319	3,390	42,476	3,157	6,873	93,127
Avetron	LP	3	19,863	3,207	22,847	2,984	6,954	93,046
Avetron	MP	1	19,004	2,957	21,745	2,741	7,305	92,695
Avetron	MP	2	45,239	2,998	48,038	2,799	6,638	93,362
Avetron	MP	3	20,558	3,002	23,370	2,812	6,329	93,671
Vinger	HP	1	32,519	3,107	35,413	2,894	6,855	93,145
Vinger	HP	2	39,973	2,939	42,706	2,733	7,009	92,991
Vinger	HP	3	50,979	3,103	53,844	2,865	7,670	92,330
Dovre	HP	1	45,893	3,248	48,888	2,995	7,789	92,211
Dovre	HP	2	53,221	3,157	56,137	2,916	7,650	92,350
Dovre	HP	3	24,196	2,845	26,831	2,635	7,381	92,619
Avetron	HP	1	21,654	3,045	24,491	2,837	6,831	93,169
Avetron	HP	2	21,704	3,073	24,539	2,835	7,745	92,255
Avetron	HP	3	45,747	3,130	48,620	2,873	8,211	91,789
Vinger	LP	1	21,482	3,058	24,301	2,819	7,816	92,184
Vinger	LP	2	39,664	3,215	42,648	2,984	7,185	92,815
Vinger	LP	3	39,974	3,105	42,811	2,837	8,631	91,369
Vinger	MP	1	20,675	2,964	23,412	2,737	7,659	92,341
Vinger	MP	2	20,266	3,364	23,390	3,124	7,134	92,866
Vinger	MP	3	37,638	3,109	40,496	2,858	8,073	91,927
Dovre	MP	1	33,052	2,986	35,830	2,778	6,966	93,034
Dovre	MP	2	41,954	3,097	44,815	2,861	7,620	92,380
Dovre	MP	3	46,948	2,981	49,687	2,739	8,118	91,882
Avetron	LP	1	44,010	3,042	46,791	2,781	8,580	91,420
Avetron	LP	2	33,043	3,162	35,991	2,948	6,768	93,232
Avetron	LP	3	47,345	2,860	49,971	2,626	8,182	91,818
Avetron	MP	1	32,519	3,004	35,269	2,750	8,455	91,545
Avetron	MP	2	41,849	3,331	44,959	3,110	6,635	93,365
Avetron	MP	3	32,004	3,073	34,860	2,856	7,062	92,938
Vinger	HP	1	41,857	3,136	44,740	2,883	8,068	91,932
Vinger	HP	2	39,664	2,953	42,412	2,748	6,942	93,058
Vinger	HP	3	33,172	3,140	36,093	2,921	6,975	93,025
Dovre	HP	1	20,283	3,776	23,768	3,485	7,707	92,293
Dovre	HP	2	45,760	2,840	48,384	2,624	7,606	92,394
Dovre	HP	3	33,057	3,334	36,136	3,079	7,648	92,352
Avetron	HP	1	42,397	3,289	45,425	3,028	7,936	92,064
Avetron	HP	2	37,638	3,353	40,768	3,130	6,651	93,349
Avetron	HP	3	33,218	3,013	35,989	2,771	8,032	91,968
Ref.	IK	1	39,318	3,063	42,141	2,823	7,835	92,165
Ref.	IK	2	41,954	3,179	44,903	2,949	7,235	92,765
Ref.	IK	3	33,418	2,964	36,136	2,718	8,300	91,700

## Vedlegg 6. Målinger av flaktykkelse ved hjelp av skyvelære

**Tabell 11.** Målinger av flaktykkelse på 7 stikkprøver ved hjelp av skyvelære. Det ble gjort fire gjentak.

Prøve	Tykkelse	Gjentak 1	Gjentak 2	Gjentak 3	Gjentak 4	Gjennomsnitt
Dovre, HP	3	0,92	0,98	0,86	0,94	0,93
Dovre, HP	2	0,81	0,80	0,81	0,72	0,79
Dovre, HP	1	0,56	0,76	0,72	0,76	0,70
Vinger, LP	3	1,00	0,98	0,91	0,98	0,97
Vinger, LP	2	0,74	0,84	0,78	0,84	0,80
Vinger, LP	1	0,76	0,64	0,74	0,74	0,72
Vinger, LP	3	0,82	0,94	1,00	0,82	0,90
Vinger, LP	2	0,72	0,88	0,8	0,82	0,81
Vinger, LP	1	0,70	0,70	0,78	0,72	0,73
Dovre, MP	3	0,92	0,90	0,90	0,90	0,91
Dovre, MP	2	0,84	0,78	0,80	0,84	0,82
Dovre, MP	1	0,68	0,68	0,74	0,76	0,72
Avetron, LP	3	0,92	0,98	0,90	0,86	0,92
Avetron, LP	2	0,80	0,80	0,74	0,84	0,80
Avetron, LP	1	0,70	0,84	0,70	0,68	0,73
Dovre, MP	3	0,98	0,92	0,90	0,96	0,94
Dovre, MP	2	0,78	0,78	0,78	0,80	0,79
Dovre, MP	1	0,72	0,78	0,68	0,68	0,72
Ref. Moss	3	0,90	0,94	0,92	0,96	0,93
Ref. Moss	2	0,82	0,88	0,80	0,80	0,83
Ref. Moss	1	0,70	0,72	0,70	0,78	0,73

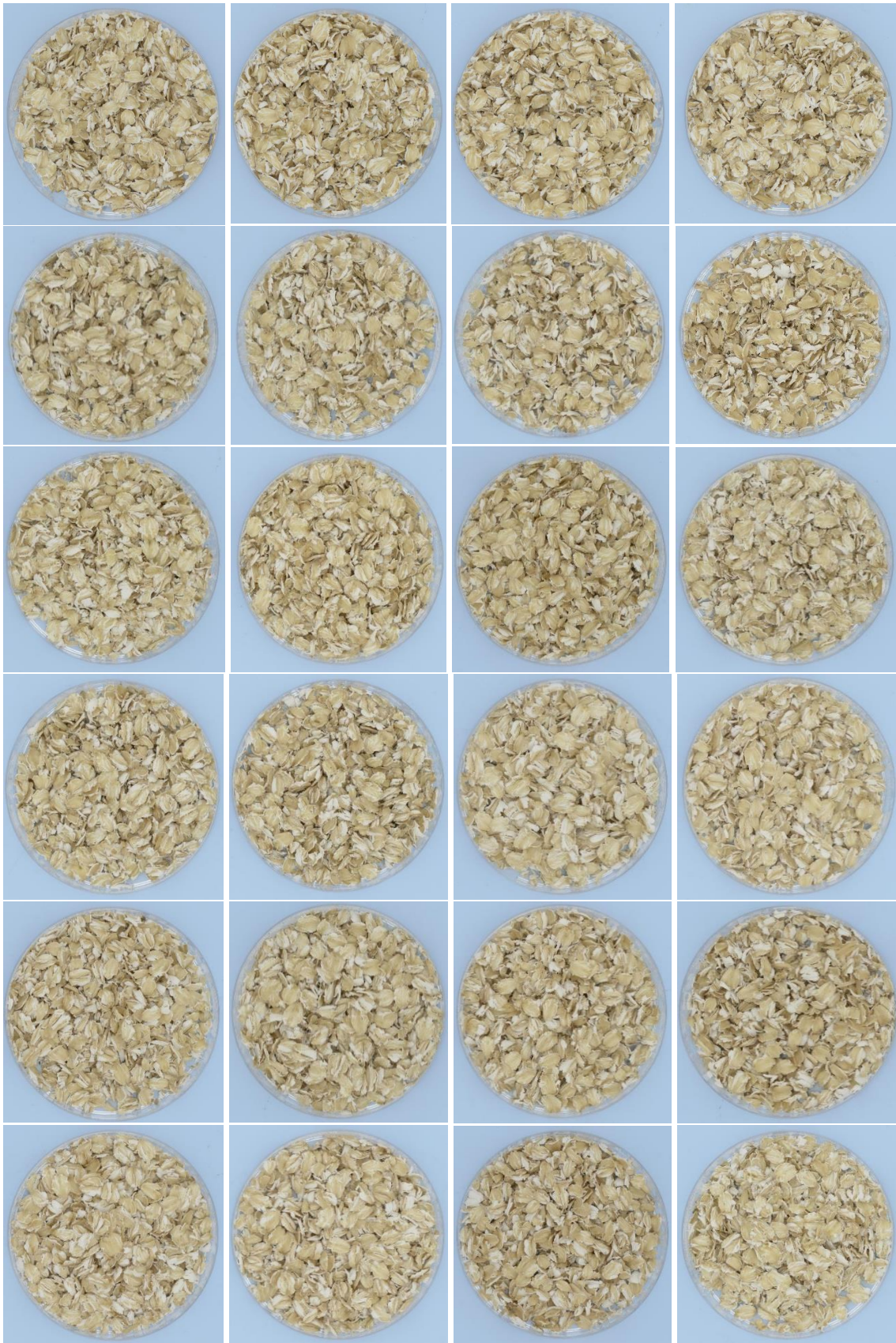
**Tabell 12.** Gjennomsnitt og standardavvik av målinger av flaktykkelse.

Gjennomsnitt/Std.avvik	Tykkelse 1	Tykkelse 2	Tykkelse 3
Dovre, HP	0,70	0,79	0,93
Vinger, LP	0,72	0,80	0,97
Vinger, LP	0,73	0,81	0,90
Dovre, MP	0,72	0,82	0,91
Avetron, LP	0,73	0,80	0,92
Dovre, MP	0,72	0,79	0,94
Moss (referanseprøve)	0,73	0,83	0,93
<b>Totalgjennomsnitt</b>	0,72	0,80	0,93
<b>Standardavvik (gj. snitt)</b>	0,01	0,01	0,02
<b>Totalt standardavvik</b>	0,05	0,04	0,04

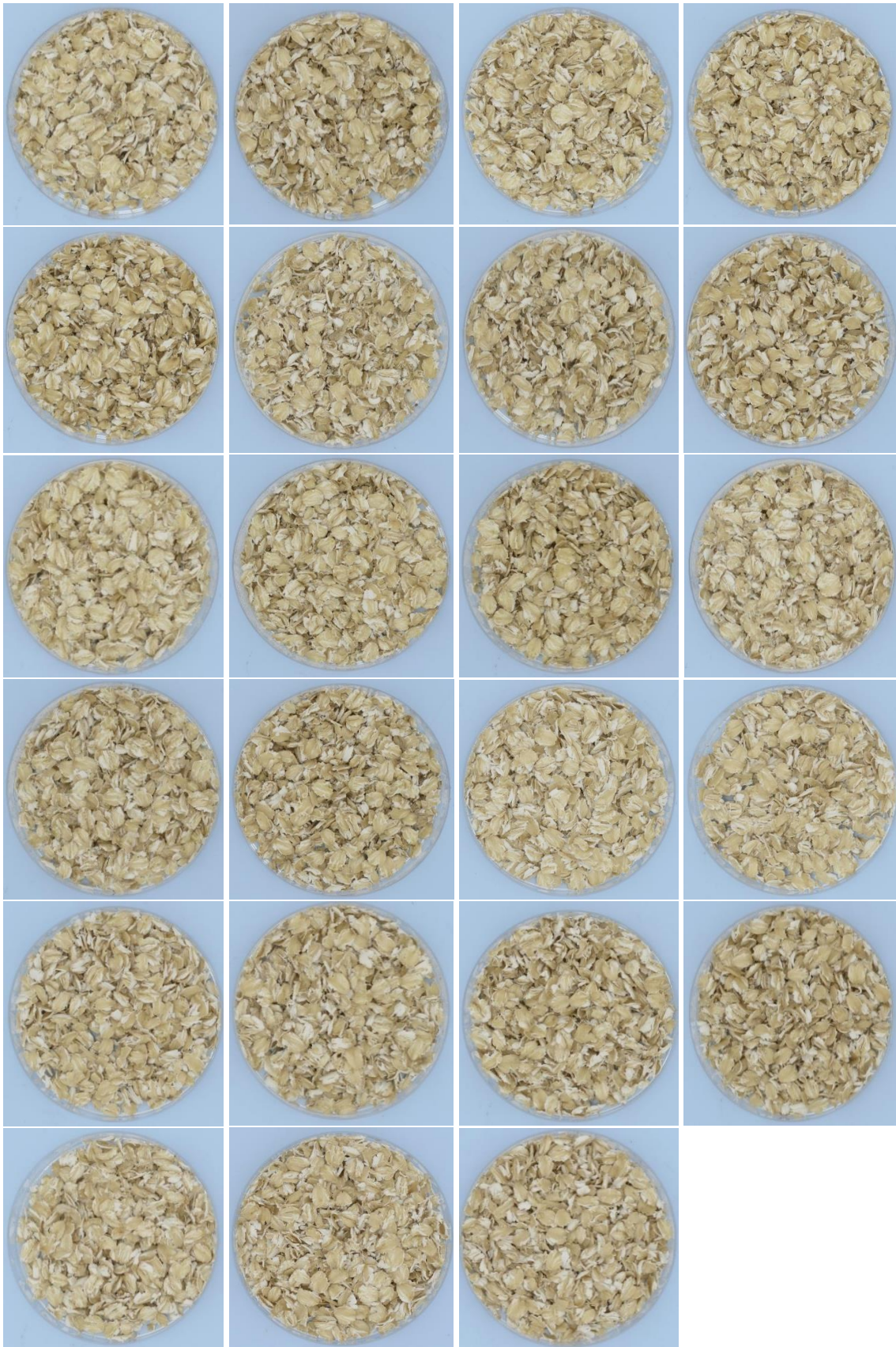
## Vedlegg 7. Bilder og fargemålinger fra DigiEye™

**Tabell 13.** L\*-, a\*-, b\*-, C\*- og h-verdier fra fargemålinger ved hjelp av DigiEye™. Det ble utført 2 gjentak av målinger for 2 prøver av alle

Sort	Prøve		Fargemålinger CIELAB					h
	Proteinfraksj	Tykkelse	L*	a*	b*	C*		
Avetron	LP	3	67,92	6,18	23,06	23,87	75,01	
Avetron	LP	3	68,79	6,20	23,71	24,50	75,34	
Avetron	LP	2	74,18	6,10	23,38	24,16	75,37	
Avetron	LP	2	72,93	6,47	23,32	24,20	74,50	
Avetron	LP	1	72,72	5,54	21,71	22,41	75,68	
Avetron	LP	1	73,41	5,15	21,41	22,02	76,48	
Avetron	MP	3	71,72	5,94	21,67	22,47	74,67	
Avetron	MP	3	71,76	5,72	21,43	22,18	75,05	
Avetron	MP	2	73,30	5,63	21,43	22,15	75,27	
Avetron	MP	2	72,99	5,42	20,66	21,36	75,30	
Avetron	MP	1	71,58	5,37	20,48	21,17	75,30	
Avetron	MP	1	72,64	5,30	20,59	21,26	75,58	
Avetron	HP	3	68,03	6,44	20,80	21,77	72,79	
Avetron	HP	3	68,81	6,49	21,18	22,16	72,95	
Avetron	HP	2	74,26	6,48	21,00	21,98	72,86	
Avetron	HP	2	75,29	6,31	21,02	21,95	73,30	
Avetron	HP	1	73,67	5,94	20,59	21,43	73,92	
Avetron	HP	1	73,34	6,26	20,79	21,72	73,24	
Avetron	LP	3	67,44	6,05	23,91	24,66	75,81	
Avetron	LP	3	66,77	6,35	24,33	25,14	75,38	
Avetron	LP	2	70,62	5,52	22,67	23,33	76,32	
Avetron	LP	2	70,24	5,57	22,28	22,96	75,95	
Avetron	LP	1	74,21	5,28	21,94	22,57	76,48	
Avetron	LP	1	73,96	5,28	21,89	22,52	76,43	
Avetron	MP	3	67,62	6,06	22,15	22,97	74,70	
Avetron	MP	3	67,81	5,80	22,43	23,17	75,49	
Avetron	MP	2	69,51	5,70	21,63	22,37	75,24	
Avetron	MP	2	70,89	5,39	21,02	21,70	75,62	
Avetron	MP	1	73,57	5,38	20,63	21,32	75,38	
Avetron	MP	1	72,40	5,68	21,28	22,03	75,04	
Avetron	HP	3	68,34	6,50	21,37	22,34	73,09	
Avetron	HP	3	69,83	6,36	20,93	21,87	73,10	
Avetron	HP	2	68,61	6,23	21,11	22,01	73,56	
Avetron	HP	2	70,06	6,30	21,16	22,08	73,41	
Avetron	HP	1	73,61	6,23	20,87	21,78	73,39	
Avetron	HP	1	73,44	6,15	20,95	21,83	73,63	
Dovre	MP	3	70,70	6,38	22,02	22,93	73,83	
Dovre	MP	3	71,01	6,26	22,05	22,92	74,15	
Dovre	MP	2	71,18	5,57	20,70	21,43	74,94	
Dovre	MP	2	70,78	5,66	20,82	21,57	74,80	
Dovre	MP	1	72,45	5,29	20,51	21,19	75,53	
Dovre	MP	1	71,24	5,39	20,59	21,28	75,33	
Dovre	HP	3	68,66	6,29	22,02	22,90	74,06	
Dovre	HP	3	69,29	6,45	21,78	22,71	73,50	
Dovre	HP	2	71,81	5,90	21,34	22,14	74,54	
Dovre	HP	2	71,27	6,29	22,12	23,00	74,14	
Dovre	HP	1	71,52	5,51	21,02	21,73	75,30	
Dovre	HP	1	70,90	5,83	21,32	22,10	74,70	
Dovre	MP	3	67,57	5,70	21,07	21,83	74,87	
Dovre	MP	3	68,41	5,82	21,66	22,43	74,97	
Dovre	MP	2	69,24	5,32	20,73	21,40	75,60	
Dovre	MP	2	68,00	5,51	20,80	21,52	75,17	
Dovre	MP	1	70,63	5,22	20,40	21,06	75,66	
Dovre	MP	1	70,16	5,48	20,84	21,55	75,27	
Dovre	HP	3	67,25	6,53	22,54	23,47	73,84	
Dovre	HP	3	67,52	6,44	21,67	22,61	73,45	
Dovre	HP	2	69,27	6,33	22,08	22,97	73,99	
Dovre	HP	2	69,99	6,38	21,38	22,31	73,39	
Dovre	HP	1	71,96	5,81	21,17	21,95	74,66	
Dovre	HP	1	71,22	5,93	21,26	22,07	74,40	
Vinger	LP	3	71,41	5,85	21,82	22,58	75,00	
Vinger	LP	3	71,49	5,96	22,22	23,00	74,97	
Vinger	LP	2	72,12	5,41	20,79	21,49	75,41	
Vinger	LP	2	70,61	5,62	21,61	22,33	75,42	
Vinger	LP	1	70,54	5,39	21,11	21,78	75,69	
Vinger	LP	1	70,26	5,71	21,16	21,92	74,90	
Vinger	MP	2	69,66	5,55	21,55	22,25	75,57	
Vinger	MP	2	70,49	5,41	21,35	22,02	75,78	
Vinger	MP	1	71,87	5,69	21,58	22,31	75,22	
Vinger	MP	1	73,49	5,49	21,31	22,00	75,56	
Vinger	HP	3	71,27	6,12	21,32	22,18	73,99	
Vinger	HP	3	72,12	6,08	21,33	22,18	74,08	
Vinger	HP	2	74,87	5,96	20,73	21,57	73,96	
Vinger	HP	2	75,49	5,96	21,30	22,12	74,36	
Vinger	HP	1	74,89	5,36	20,00	20,70	74,99	
Vinger	HP	1	74,62	5,43	20,32	21,03	75,05	
Vinger	LP	3	67,86	5,68	21,30	22,04	75,06	
Vinger	LP	3	68,03	5,73	21,77	22,51	75,26	
Vinger	LP	2	73,62	5,41	21,42	22,09	75,83	
Vinger	LP	2	72,02	5,72	21,32	22,07	74,98	
Vinger	LP	1	75,85	5,37	21,65	22,31	76,07	
Vinger	LP	1	74,67	5,66	21,78	22,50	75,43	
Vinger	MP	3	68,93	6,12	23,29	24,08	75,27	
Vinger	MP	3	68,55	6,19	23,16	23,97	75,04	
Vinger	MP	2	71,49	5,69	22,58	23,28	75,86	
Vinger	MP	2	70,85	5,73	22,18	22,91	75,51	
Vinger	MP	1	72,56	5,38	21,91	22,56	76,21	
Vinger	MP	1	72,06	5,48	21,87	22,54	75,94	
Vinger	HP	3	71,08	6,31	21,26	22,18	73,48	
Vinger	HP	3	70,41	6,34	22,00	22,89	73,93	
Vinger	HP	2	72,66	5,90	22,06	22,83	75,03	
Vinger	HP	2	75,18	5,16	20,26	20,90	75,72	
Vinger	HP	1	74,79	5,38	20,81	21,50	75,51	
Vinger	HP	1	75,17	5,21	20,60	21,25	75,82	
Referanse M		3	71,59	7,08	22,57	23,65	72,59	
Referanse M		3	72,25	7,05	22,58	23,36	72,45	
Referanse M		2	74,01	6,35	20,90	21,84	73,10	
Referanse M		2	74,12	6,54	21,91	22,86	73,37	
Referanse M		1	75,52	6,32	21,17	22,10	73,37	
Referanse M		1	77,35	5,68	20,49	21,27	74,51	



**Figur 5.** Bilde 1-24: Vinger LP tykkelse 1-3, Vinger MP 1-2, Dovre MP 1-3, Avetron LP 1-3, Avetron MP 1-3, Vinger HP 1-3, Dovre HP 1-3, Avetron HP 1-3, Vinger LP 1.



**Figur 6.** Bilde 25-47: Vinger LP 1-3, Vinger MP 1-3, Dovre MP 1-3, Avetron LP 1-3, Avetron MP 1-3, Vinger HP 1-3, Dovre HP 1-3, Avetron HP 1-3.

## Vedlegg 8. Bestemmelse av vannbindingsevne

Tabell 14. Målinger for bestemmelse av vannbindingsevne i alle prøver (AACC Method 56-20.01).

Sort	Proteinfraksjon	Tykkelse	Rør uten lokk (g)	Havreflak (g)	Vanninnhold [%]	Tørrvekt [g]	Rør + flak [g]	Rør etter tilsatt væske [g]	Vanninnhold [g]	Vannbinding (g/g)	Vannbinding (%)
Vinger	LP	3	9,76	4,80	8,77	4,38	14,56	19,49	4,93	1,13	112,58
Vinger	LP	2	9,79	5,16	8,76	4,71	14,95	20,31	5,36	1,14	113,80
Vinger	LP	1	9,80	5,08	9,89	4,58	14,88	20,06	5,18	1,13	113,20
Vinger	MP	2	9,78	5,10	7,11	4,73	14,88	20,66	5,78	1,22	122,11
Vinger	MP	1	9,76	5,27	8,02	4,85	15,03	20,47	5,44	1,12	112,27
Dovre	MP	3	9,79	5,17	8,66	4,72	14,95	20,59	5,63	1,19	119,35
Dovre	MP	2	9,82	4,74	7,33	4,39	14,56	19,57	5,01	1,14	114,02
Dovre	MP	1	9,74	5,48	7,95	5,05	15,22	21,02	5,79	1,15	114,76
Avetron	LP	3	9,83	4,86	6,95	4,52	14,69	19,82	5,13	1,13	113,38
Avetron	LP	2	9,79	4,82	6,87	4,49	14,61	19,46	4,85	1,08	108,07
Avetron	LP	1	9,83	4,94	7,18	4,58	14,76	19,79	5,03	1,10	109,73
Avetron	MP	3	9,75	5,37	6,33	5,03	15,11	20,56	5,45	1,09	108,51
Avetron	MP	2	9,76	5,47	6,64	5,10	15,22	20,84	5,61	1,10	109,95
Avetron	MP	1	9,79	4,87	7,30	4,52	14,66	19,61	4,95	1,09	109,47
Vinger	HP	3	9,77	5,17	7,67	4,77	14,94	20,26	5,33	1,12	111,64
Vinger	HP	2	9,75	5,00	7,01	4,65	14,75	20,09	5,33	1,15	114,61
Vinger	HP	1	9,76	5,17	6,86	4,81	14,92	20,45	5,53	1,15	114,84
Dovre	HP	3	9,79	5,28	7,38	4,89	15,07	20,77	5,70	1,16	116,46
Dovre	HP	2	9,74	5,27	7,65	4,86	15,00	20,67	5,66	1,16	116,42
Dovre	HP	1	9,74	5,12	7,79	4,72	14,86	20,74	5,88	1,25	124,63
Avetron	HP	3	9,75	4,98	8,21	4,57	14,73	19,69	4,96	1,08	108,40
Avetron	HP	2	9,80	5,05	7,74	4,65	14,84	20,00	5,16	1,11	110,93
Avetron	HP	1	9,76	4,97	6,83	4,63	14,73	20,22	5,49	1,19	118,54
Vinger	LP	3	9,83	5,18	8,63	4,73	15,01	20,59	5,57	1,18	117,84
Vinger	LP	2	9,80	5,09	7,19	4,73	14,89	20,50	5,60	1,19	118,60
Vinger	LP	1	9,79	5,08	7,82	4,69	14,87	20,22	5,35	1,14	114,13
Vinger	MP	3	9,83	5,08	8,07	4,67	14,91	21,10	6,19	1,33	132,62
Vinger	MP	2	9,75	4,73	7,13	4,39	14,47	19,73	5,25	1,20	119,66
Vinger	MP	1	9,77	5,13	7,66	4,74	14,90	20,64	5,74	1,21	121,06
Dovre	MP	3	9,76	5,28	8,12	4,85	15,04	20,49	5,45	1,12	112,34
Dovre	MP	2	9,76	4,93	7,62	4,55	14,69	19,83	5,15	1,13	113,01
Dovre	MP	1	9,77	4,81	6,97	4,47	14,57	19,70	5,12	1,15	114,55
Avetron	LP	3	9,75	4,91	8,18	4,51	14,66	20,01	5,36	1,19	118,83
Avetron	LP	2	9,77	4,97	6,77	4,63	14,73	19,61	4,88	1,05	105,29
Avetron	LP	1	9,73	4,54	8,58	4,15	14,28	18,76	4,49	1,08	108,06
Avetron	MP	3	9,73	4,95	7,06	4,60	14,68	19,32	4,64	1,01	100,88
Avetron	MP	2	9,75	5,32	6,63	4,97	15,07	20,33	5,26	1,06	106,00
Avetron	MP	1	9,77	4,85	8,46	4,44	14,62	19,57	4,95	1,12	111,53
Vinger	HP	3	9,83	4,62	6,97	4,30	14,45	19,49	5,04	1,17	117,24
Vinger	HP	2	9,83	4,87	6,94	4,53	14,70	19,81	5,11	1,13	112,85
Vinger	HP	1	9,75	5,22	8,07	4,80	14,97	20,63	5,66	1,18	117,85
Dovre	HP	3	9,80	5,19	7,65	4,79	14,98	20,49	5,51	1,15	115,03
Dovre	HP	2	9,74	5,00	7,61	4,62	14,75	20,14	5,39	1,17	116,65
Dovre	HP	1	9,78	5,06	7,71	4,67	14,84	20,47	5,63	1,21	120,63
Avetron	HP	3	9,83	5,05	8,03	4,65	14,88	19,86	4,98	1,07	107,14
Avetron	HP	2	9,75	5,08	6,65	4,74	14,83	20,16	5,33	1,13	112,57
Avetron	HP	1	9,80	4,80	7,94	4,42	14,60	19,75	5,15	1,17	116,52
Ref. Moss		3	9,75	4,95	8,30	4,54	14,70	20,17	5,47	1,20	120,49
Ref. Moss		2	9,78	5,18	7,23	4,81	14,96	20,03	5,07	1,06	105,53
Ref. Moss		1	9,76	4,90	7,84	4,52	14,66	19,52	4,86	1,08	107,51



## Vedlegg 9. Statistiske data

### Del 1. Variansanalyse (ANOVA) av målinger fra karakterisering av prøvematerialet

#### Tusenkorntvekt (TKV)

**Tabell 15 a.** En-faktor variansanalyse (One-way ANOVA) av tusenkorntvekt (TKV) med hensyn på sort, år og N-nivå.

Variansanalyse: en-faktor		TKV med hensyn på sort (2018) før sortering				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
Avetron	4	145,1586667	36,28966667	2,12544644		
Dovre	4	136,261	34,06525	1,72685469		
Vinger	4	151,4803333	37,87008333	5,96748788		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	29,23000406	2	14,61500203	4,46496417	0,04497672	4,25649473
Innenfor grupper	29,45936706	9	3,273263006			
Totalt	58,68937111	11				

Variansanalyse: en-faktor		TKV med hensyn på sort (2018) etter sortering				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
Avetron	4	162	40,5	10,2592593		
Dovre	4	157	39,25	4,10185185		
Vinger	4	171,3333333	42,83333333	1,51851852		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	26,46296296	2	13,23148148	2,49970845	0,13696088	4,25649473
Innenfor grupper	47,63888889	9	5,293209877			
Totalt	74,10185185	11				

Variansanalyse: en-faktor		TKV med hensyn på sort (2019) før sortering				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
Avetron	6	194,7756667	32,46261111	2,77917789		
Dovre	6	194,295	32,3825	3,94537181		
Vinger	6	189,4696667	31,57827778	0,952039		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	2,870473235	2	1,435236617	0,56088844	0,5822207	3,68232034
Innenfor grupper	38,38294346	15	2,558862898			
Totalt	41,2534167	17				

Variansanalyse: en-faktor		TKV med hensyn på sort (2019) etter sortering				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
Avetron	6	230	38,33333333	2,35555556		
Dovre	6	234,3333333	39,05555556	4,9962963		
Vinger	6	225,6666667	37,61111111	1,97407407		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	6,259259259	2	3,12962963	1,00675139	0,38880462	3,68232034
Innenfor grupper	46,62962963	15	3,108641975			
Totalt	52,88888889	17				

Variansanalyse: en-faktor		TKV med hensyn på år før sortering				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
2018	12	432,9	36,075	5,33539737		
2019	18	578,540333	32,1411296	2,42667157		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	111,42242	1	111,42242	31,216137	5,5896E-06	4,19597182
Innenfor grupper	99,9427878	28	3,56938528			
Totalt	211,365208	29				

Variansanalyse: en-faktor		TKV med hensyn på år etter sortering				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
2018	12	490,333333	40,8611111	6,73653199		
2019	18	690	38,3333333	3,11111111		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	46,0055556	1	46,0055556	10,1436967	0,0035375	4,19597182
Innenfor grupper	126,990741	28	4,5353836			
Totalt	172,996296	29				

Variansanalyse: en-faktor		TKV med hensyn på N-nivå (2019) før sortering				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians		
N1	9	284,635	31,6261111	2,58732522		
N2	9	293,905333	32,6561481	1,9725527		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	4,77439334	1	4,77439334	2,09408823	0,16717837	4,49399848
Innenfor grupper	36,4790234	16	2,27993896			
Totalt	41,2534167	17				

Variansanalyse: en-faktor		TKV med hensyn på N-nivå (2018) før sortering				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians		
N1	6	216,837333	36,1395556	8,91813732		
N2	6	216,062667	36,0104444	2,8097351		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	0,05000904	1	0,05000904	0,00852824	0,92824506	4,96460274
Innenfor grupper	58,6393621	10	5,86393621			
Totalt	58,6893711	11				

Variansanalyse: en-faktor		TKV med hensyn på N-nivå (2019) etter sortering				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians		
N1	9	341,666667	37,962963	2,4845679		
N2	9	348,333333	38,7037037	3,81790123		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	2,4691358	1	2,4691358	0,78354554	0,38916844	4,49399848
Innenfor grupper	50,4197531	16	3,15123457			
Totalt	52,8888889	17				

Variansanalyse: en-faktor		TKV med hensyn på N-nivå (2018) etter sortering				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians		
N1	6	244	40,6666667	9,86666667		
N2	6	246,333333	41,0555556	4,86296296		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	0,4537037	1	0,4537037	0,06160422	0,80900065	4,96460274
Innenfor grupper	73,6481481	10	7,36481481			
Totalt	74,1018519	11				

## Hektolitervekt (HLV)

Tabell 15 b. En-faktor variansanalyse (One-way ANOVA) av hektolitervekt (HLV) med hensyn på sort.

Variansanalyse: en-faktor		HLV med hensyn på sorter (2019)				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians		
Dovre	4	199	49,75	7,77666667		
Avetron	4	205,1	51,275	0,07583333		
Vinger	4	180,8	45,45	1,29666667		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	72,995	2	36,4975	11,9674834	0,00291497	4,25649473
Innenfor grupper	27,4475	9	3,04972222			

## Kornstørrelse

Tabell 16. En-faktor variansanalyser (One-way ANOVA) av kornstørrelsesfraksjoner med hensyn på sort, år og N-nivå.

Variansanalyse: en-faktor		Andel (%) korn <350 med hensyn på sort (2019)				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians		
Avetron	6	34,5631077	5,76051795	0,51872772		
Dovre	6	35,06081657	5,84346943	0,25172312		
Vinger	6	35,97964011	5,99660668	0,36516557		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	0,172139716	2	0,08606986	0,22737394	0,799318766	3,682320344
Innenfor grupper	5,678082037	15	0,3785388			
Totalt	5,850221752	17				

Variansanalyse: en-faktor		Andel (%) korn mellom 350-450 med hensyn på sort (2019)				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians		
Avetron	6	165,7539328	27,6256555	19,6813867		
Dovre	6	193,1816325	32,1969388	25,4430584		
Vinger	6	158,8612276	26,4768713	21,5513812		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	109,8710162	2	54,9355081	2,47175826	0,11807866	3,682320344
Innenfor grupper	333,3791317	15	22,2252754			
Totalt	443,2501479	17				

Variansanalyse: en-faktor		Andel (%) korn >450 med hensyn på sort (2019)				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians		
Avetron	6	399,6829595	66,6138266	26,5337674		
Dovre	6	371,7575509	61,9595918	28,6597464		
Vinger	6	405,1591323	67,526522	26,2907034		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	106,9712529	2	53,4856265	1,9691774	0,174027378	3,682320344
Innenfor grupper	407,4210863	15	27,1614058			
Totalt	514,3923392	17				

Variansanalyse: en-faktor		Andel (%) korn <350 med hensyn på sort (2018)				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians		
Avetron	4	24,78018354	6,19504589	0,25976339		
Dovre	4	25,17039027	6,29259757	0,24543101		
Vinger	4	26,40970549	6,60242637	0,12661681		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	0,361958773	2	0,18097939	0,85933607	0,455466931	4,256494729
Innenfor grupper	1,895433624	9	0,21060374			
Totalt	2,257392397	11				

Variansanalyse: en-faktor		Andel (%) korn mellom 350-450 med hensyn på sort (2018)				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians		
Avetron	4	89,60886949	22,4022174	2,43752569		
Dovre	4	110,3080188	27,5770047	3,33193541		
Vinger	4	84,33386638	21,0834666	2,09321784		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	94,24475279	2	47,1223764	17,9795119	0,000718481	4,256494729
Innenfor grupper	23,5880368	9	2,62089298			
Totalt	117,8327896	11				

Variansanalyse: en-faktor		Andel (%) korn >450 med hensyn på sort (2018)				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians		
Avetron	4	285,610947	71,4027367	4,1954954		
Dovre	4	264,5215909	66,1303977	5,09461533		
Vinger	4	289,2564281	72,314107	3,13798774		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	89,15522014	2	44,5776101	10,7605223	0,004105764	4,256494729
Innenfor grupper	37,28429542	9	4,14269949			
Totalt	126,4395156	11				

Variansanalyse: en-faktor		Andel (%) korn <350 med hensyn på N-nivå (2019)				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians		
N1	9	52,39244692	5,82138299	0,46513317		
N2	9	53,21111745	5,91234638	0,26149024		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	0,037234524	1	0,03723452	0,10248644	0,753008635	4,493998478
Innenfor grupper	5,812987229	16	0,3633117			
Totalt	5,850221752	17				

Variansanalyse: en-faktor		Andel (%) korn mellom 350-450 med hensyn på N-nivå (2019)				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians		
N1	9	256,6047481	28,5116387	28,229678		
N2	9	261,1920448	29,0213383	27,0304566		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	1,16907169	1	1,16907169	0,04231158	0,839621379	4,493998478
Innenfor grupper	442,0810762	16	27,6300673			
Totalt	443,2501479	17				

Variansanalyse: en-faktor		Andel (%) korn >450 med hensyn på N-nivå (2019)				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians		
N1	9	591,0028049	65,6669783	34,1908965		
N2	9	585,5968378	65,0663153	29,9051981		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	1,623582273	1	1,62358227	0,05066088	0,824766779	4,493998478
Innenfor grupper	512,768757	16	32,0480473			
Totalt	514,3923392	17				

Variansanalyse: en-faktor		Andel (%) korn <350 med hensyn på N-nivå (2018)				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians		
N1	6	38,50576039	6,41762673	0,28139255		
N2	6	37,85451891	6,30908648	0,16301734		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	0,035342956	1	0,03534296	0,15905567	0,698410691	4,964602744
Innenfor grupper	2,222049441	10	0,22220494			
Totalt	2,257392397	11				

Variansanalyse: en-faktor		Andel (%) korn mellom 350-450 med hensyn på N-nivå (2018)				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
N1	6	144,6692628	24,1115438	11,098933		
N2	6	139,5814919	23,263582	12,0362014		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	2,157117777	1	2,15711778	0,18647981	0,675025158	4,964602744
Innenfor grupper	115,6756718	10	11,5675672			
Totalt	117,8327896	11				

Variansanalyse: en-faktor		Andel (%) korn >450 med hensyn på N-nivå (2018)				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
N1	6	416,8249768	69,4708295	12,646731		
N2	6	422,5639892	70,4273315	12,0922343		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	2,744688653	1	2,74468865	0,22189195	0,647709853	4,964602744
Innenfor grupper	123,6948269	10	12,3694827			
Totalt	126,4395156	11				

Variansanalyse: en-faktor		Andel (%) korn <350 med hensyn på år				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
2018	12	76,3602793	6,36335661	0,20521749		
2019	18	105,6035644	5,86686469	0,34413069		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	1,774830439	1	1,77483044	6,12945453	0,019609511	4,195971819
Innenfor grupper	8,107614149	28	0,28955765			
Totalt	9,882444589	29				

Variansanalyse: en-faktor		Andel (%) korn mellom 350-450 med hensyn på år				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
2018	12	284,2507547	23,6875629	10,7120718		
2019	18	517,7967929	28,7664885	26,0735381		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	185,7274943	1	185,727494	9,26845123	0,005031388	4,195971819
Innenfor grupper	561,0829375	28	20,0386763			
Totalt	746,8104318	29				

Variansanalyse: en-faktor		Andel (%) korn >450 med hensyn på år				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
2018	12	839,388966	69,9490805	11,4945014		
2019	18	1176,599643	65,3666468	30,2583729		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	151,1906291	1	151,190629	6,60600372	0,015773471	4,195971819
Innenfor grupper	640,8318548	28	22,886852			
Totalt	792,0224839	29				

## Skallprosent

Tabell 17. En-faktor variansanalyser (One-way ANOVA) av skallprosent med hensyn på sort og år.

Variansanalyse: en-faktor		Skallprosent med hensyn på sort (2019)				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
Avetron	6	157,530612	26,25510204	0,978217409		
Dovre	6	154,429293	25,73821549	3,73711271		
Vinger	6	173,183673	28,86394558	6,266333472		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	33,68684981	2	16,84342491	4,601331511	0,027650997	3,68232034
Innenfor grupper	54,90831796	15	3,66055453			
Totalt	88,59516777	17				

Variansanalyse: en-faktor		Skallprosent med hensyn på sort (2018)				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
Avetron	4	92	23	1,333333333		
Dovre	4	90	22,5	0,333333333		
Vinger	4	95	23,75	2,916666667		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	3,166666667	2	1,583333333	1,036363636	0,393500763	4,25649473
Innenfor grupper	13,75	9	1,527777778			
Totalt	16,91666667	11				

Variasjonsanalyse: en-faktor		Skallprosent med hensyn på år				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians		
2019	18	485,143579	26,95242104	5,211480457		
2018	12	277	23,08333333	1,537878788		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	107,7828455	1	107,7828455	28,60266518	1,07144E-05	4,19597182
Innenfor grupper	105,5118344	28	3,768279801			
Totalt	213,2946799	29				

## Proteininnhold

Tabell 18. En-faktor variasjonsanalyser (One-way ANOVA) av proteininnhold med hensyn på sort, år og N-nivå.

Variasjonsanalyse: en-faktor		Forskjell i proteininnhold mellom sorter fra 2019				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians		
Avetron	6	80,875	13,4791667	7,401041667		
Vinger	6	61,5	10,25	2,1921875		
Dovre	6	76,4375	12,7395833	3,072526042		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	34,3450521	2	17,172526	4,067469904	0,0387857	3,68232034
Innenfor grupper	63,328776	15	4,2219184			
Totalt	97,6738281	17				

Variasjonsanalyse: en-faktor		Forskjell i proteininnhold mellom sorter fra 2018				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians		
Avetron	4	67,3125	16,828125	0,78483073		
Dovre	4	77,6875	19,421875	0,5296224		
Vinger	4	63,9375	15,984375	4,06608073		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	25,67447917	2	12,8372396	7,15760179	0,013794782	4,25649473
Innenfor grupper	16,14160156	9	1,79351128			
Totalt	41,81608073	11				

Variasjonsanalyse: en-faktor		Forskjell i proteininnhold med hensyn på N-nivå (2019)				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians		
Nivå 1	9	106,8125	11,8680556	6,193793403		
Nivå 2	9	112	12,4444444	5,828559028		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	1,49500868	1	1,49500868	0,24870485	0,62477477	4,49399848
Innenfor grupper	96,1788194	16	6,01117622			
Totalt	97,6738281	17				

Variasjonsanalyse: en-faktor		Forskjell i proteininnhold med hensyn på N-nivå (2018)				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians		
Nivå 1	6	100,1875	16,6979167	3,54440104		
Nivå 2	6	108,75	18,125	3,596875		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	6,109700521	1	6,10970052	1,7110949	0,220112274	4,96460274
Innenfor grupper	35,70638021	10	3,57063802			
Totalt	41,81608073	11				

Variasjonsanalyse: en-faktor		Forskjell i proteininnhold med hensyn på år				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians		
2019	18	218,8125	12,15625	5,7455193		
2018	12	208,9375	17,4114583	3,80146188		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	198,8439453	1	198,843945	39,9142168	7,81643E-07	4,19597182
Innenfor grupper	139,4899089	28	4,98178246			
Totalt	338,3338542	29				

**Tabell 19.** To-faktor variansanalyser (Two-ways ANOVA) av proteininnhold med hensyn på sort\*N-nivå.

**Variansanalyse: To-faktor med tilbakelegging (proteininnhold med hensyn på sort\*N-nivå (2018))**

SAMMENDRAG	Avetron	Dovre	Vinger	Totalt		
<i>N1</i>						
Antall	2	2	2	6		
Sum	32,25	37,875	30,0625	100,1875		
Gjennomsnitt	16,125	18,9375	15,03125	16,6979167		
Varians	0,28125	0,6328125	0,564453125	3,54440104		
<i>N2</i>						
Antall	2	2	2	6		
Sum	35,0625	39,8125	33,875	108,75		
Gjennomsnitt	17,53125	19,90625	16,9375	18,125		
Varians	0,09570313	0,01757813	8	3,596875		
<i>Totalt</i>						
Antall	4	4	4	12		
Sum	67,3125	77,6875	63,9375	208,9375		
Gjennomsnitt	16,828125	19,421875	15,984375	17,41145833		
Varians	0,78483073	0,5296224	4,066080729	11,45982181		
<i>Variasjonskilde</i>	<i>SK</i>	<i>fg</i>	<i>GK</i>	<i>F</i>	<i>P-verdi</i>	<i>F-krit</i>
Utvalg	6,10970052	1	6,109700521	3,82182855	0,09838154	5,987377607
Kolonner	25,6744792	2	12,83723958	8,03013643	0,02011968	5,14325285
Interaksjon	0,44010417	2	0,220052083	0,13765017	0,87407802	5,14325285
Innenfor	9,59179688	6	1,598632813			
Totalt	41,8160807	11				

## Vedlegg 10. Statistiske data

### Del 2. Variansanalyser og regresjonsanalyse av målinger fra flakundersøkelser

#### Andel ødelagte flak, %

Tabell 20. Regresjonsanalyse, samt en-faktor variansanalyse av andel ødelagte flak mht. på forsøksfaktorer.

Regresjonsanalyse, y=andel ødelagte flak, x=proteininnhold								
Regresjonsstatistikk								
Multipel R	0,40466084							
R-kvadrat	0,1637504							
Justert R-kvadrat	0,14516707							
Standardfeil	2,96900014							
Observasjoner	47							
Variansanalyse								
	fg	SK	GK	F	Signifikans-F			
Regresjon	1	77,6746648	77,6746648	8,81168478	0,00478307			
Residualer	45	396,673282	8,81496181					
Totalt	46	474,347946						
	Koeffisienter	Standardfeil	t-Stat	P-verdi	Nederste 95%	Øverste 95%	Nedre 95,0%	Øverste 95,0%
Skjæringspunkt	17,5622453	2,05865936	8,53091369	5,8935E-11	13,4158925	21,7085981	13,42	21,709
Proteininnhold	0,42547945	0,14333397	-2,96844821	0,00478307	-0,71416888	-0,13679	-0,71	-0,1368

Variansanalyse: en-faktor: Andel ødelagte flak med hensyn på proteininnhold tykkelse 1							
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians			
LP	4	61,79	15,4475	6,26229167			
HP	6	91,96	15,3266667	2,16206667			
H	6	67,4	11,2333333	3,90394667			
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit	
Mellom grupper	64,3603021	2	32,180151	8,51726409	0,0043261	3,80556525	
Innenfor grupper	49,1169417	13	3,77822628				
Totalt	113,477244	15					

Variansanalyse: en-faktor: Andel ødelagte flak med hensyn på proteininnhold, tykkelse 2							
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians			
LP	4	48,76	12,19	2,15566667			
HP	6	77,41	12,9016667	3,16141667			
H	6	59,12	9,8533333	7,67222667			
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit	
Mellom grupper	29,85747708	2	14,9287385	3,20067465	0,074083964	3,805565253	
Innenfor grupper	60,63521667	13	4,66424744				
Totalt	90,49269375	15					

Variansanalyse: en-faktor: Andel ødelagte flak med hensyn på proteininnhold, tykkelse 3							
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians			
LP	4	41,97	10,4925	5,98249167			
HP	5	53,14	10,628	7,08857			
H	6	42,88	7,14666667	3,30578667			
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit	
Mellom grupper	42,175205	2	21,0876025	4,02751007	0,045893255	3,885293835	
Innenfor grupper	62,83068833	12	5,23589069				
Totalt	105,0058933	14					

Variansanalyse: en-faktor: Andel ødelagte flak (%) med hensyn på sort, tykkelse 1							
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians			
Dovre	4	50,1	12,525	18,4713667			
Vinger	6	82,31	13,7183333	1,99309667			
Avetron	6	88,74	14,79	7,13644			
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit	
Mellom grupper	12,41546042	2	6,20773021	0,79852631	0,470877742	3,805565253	
Innenfor grupper	101,0617833	13	7,77398333				
Totalt	113,4772438	15					

Variansanalyse: en-faktor: Andel ødelagte flak med hensyn på sort, tykkelse 2							
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varians			
Avetron	6	70,46	11,7433333	2,98214667			
Dovre	4	42,04	10,51	20,0918667			
Vinger	6	72,79	12,1316667	1,74813667			
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit	
Mellom grupper	6,565677083	2	3,28283854	0,50850016	0,612877603	3,805565253	
Innenfor grupper	83,92701667	13	6,45592436				
Totalt	90,49269375	15					

Variansanalyse: en-faktor		Andel ødelagte flak med hensyn på sort, tykkelse 3				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
Avetron	6	58,03	9,67166667	7,81841667		
Dovre	4	34,69	8,6725	13,3341583		
Vinger	5	45,27	9,054	5,83923		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	2,554415	2	1,2772075	0,14959755	0,862635512	3,885293835
Innenfor grupper	102,4514783	12	8,53762319			
Totalt	105,0058933	14				

## Fargeanalyse

**Tabell 21.** En-faktor variansanalyser (One-way ANOVA) av L\*, C\* og h\*-verdier med hensyn på sort, proteinfraksjon og flaktykkelse.

Variansanalyse: en-faktor:		L* med hensyn på sort				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
Avetron	18	1283,135	71,2852778	6,06387198		
Dovre	12	841,015	70,0845833	2,31815208		
Vinger	17	1225,49	72,0876471	4,89975349		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	28,2319944	2	14,1159972	3,00076925	0,06002398	3,20927802
Innenfor grupper	206,981552	44	4,70412619			
Totalt	235,213547	46				

Variansanalyse: en-faktor:		L* med hensyn på proteinfraksjon				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
LP	12	855,835	71,3195833	6,6422339		
MP	17	1203,555	70,7973529	2,96316599		
HP	18	1290,25	71,6805556	6,34571438		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	6,86117357	2	3,43058678	0,66102146	0,52137521	3,20927802
Innenfor grupper	228,352373	44	5,18982666			
Totalt	235,213547	46				

Variansanalyse: en-faktor:		L* med hensyn på flaktykkelse				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
Tykkelse 1	16	1164,7	72,79375	2,305505		
Tykkelse 2	16	1146,74	71,67125	4,004655		
Tykkelse 3	15	1038,2	69,2133333	2,67057024		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	103,173163	2	51,5865817	17,1902682	3,0435E-06	3,20927802
Innenfor grupper	132,040383	44	3,0009178			
Totalt	235,213547	46				

Variansanalyse: en-faktor:		Hue med hensyn på sort				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
Avetron	18	1345,315	74,7397222	1,33280139		
Dovre	12	895,045	74,5870833	0,47670663		
Vinger	17	1277,95	75,1735294	0,41583676		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	2,82505779	2	1,4125289	1,79862997	0,17748266	3,20927802
Innenfor grupper	34,5547848	44	0,78533602			
Totalt	37,3798426	46				

Variansanalyse: en-faktor:		Hue med hensyn på proteinfraksjon				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
LP	12	906,385	75,5320833	0,23407027		
MP	17	1279,36	75,2564706	0,20397426		
HP	18	1332,565	74,0313889	0,65237884		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	20,4510411	2	10,2255206	26,5773632	2,7024E-08	3,20927802
Innenfor grupper	16,9288014	44	0,38474549			
Totalt	37,3798426	46				

Variansanalyse: en-faktor:		Hue med hensyn på flaktykkelse				
Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
Tykkelse 1	16	1203,895	75,2434375	0,6554224		
Tykkelse 2	16	1198,35	74,896875	0,78627958		
Tykkelse 3	15	1116,065	74,4043333	0,73328167		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	5,48836953	2	2,74418477	3,78609447	0,030396	3,20927802
Innenfor grupper	31,891473	44	0,72480621			
Totalt	37,3798426	46				



Variansanalyse: en-faktor:

**Chroma med hensyn på sort**

Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
Avetron	18	404,705	22,4836111	1,03816708		
Dovre	12	265,535	22,1279167	0,43249754		
Vinger	17	377,935	22,2314706	0,47962739		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	1,04190389	2	0,52095194	0,76202187	0,47278162	3,20927802
Innenfor grupper	30,0803514	44	0,68364435			
Totalt	31,1222553	46				

Variansanalyse: en-faktor:

**Chroma med hensyn på proteinfraksjon**

Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
LP	12	274,48	22,8733333	1,03082879		
MP	17	376,59	22,1523529	0,61036287		
HP	18	397,105	22,0613889	0,27514649		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	5,33984249	2	2,66992125	4,55646008	0,01590578	3,20927802
Innenfor grupper	25,7824128	44	0,58596393			
Totalt	31,1222553	46				

Variansanalyse: en-faktor:

**Chroma med hensyn på flaktykkelse**

Grupper	Antall	Sum	Gjennomsnitt	Varsians		
Tykkelse 1	16	348,695	21,7934375	0,2579024		
Tykkelse 2	16	356,225	22,2640625	0,5041574		
Tykkelse 3	15	343,255	22,8836667	0,74679452		
Variasjonskilde	SK	fg	GK	F	P-verdi	F-krit
Mellom grupper	9,23623511	2	4,61811756	9,28433633	0,00043262	3,20927802
Innenfor grupper	21,8860202	44	0,49740955			
Totalt	31,1222553	46				

## Faktoriell (General Linear Model) ANOVA – Fargemåling (C\*, L\* og h\*)

**Tabell 22.** Faktoriell (general linear model) ANOVA og Tukey's Test av C\*, h\* og L\*-verdier fra DigiEye™, med hensyn på forsøksfaktorene (sort, proteinfraksjon, flaktykkelse).

### Chroma\*

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sort	2	0,4643	0,2322	0,57	0,56901
Proteinfraksjon	2	4,6727	2,3363	5,75	0,00636
Tykkelse	2	8,9218	4,4609	10,99	0,00016
Error	40	16,2391	0,4060		
Lack-of-Fit	17	13,5444	0,7967	6,80	0,00002
Pure Error	23	2,6946	0,1172		
Total	46	31,1223			

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	22,3723	0,0974	229,67	0,000	
Sort					
Avetron	0,111	0,130	0,85	0,399	1,47
Dovre	0,008	0,151	0,05	0,957	1,61
Proteinfraksjon					
HP	-0,311	0,130	-2,38	0,022	1,47
LP	0,505	0,151	3,34	0,002	1,61
Tykkelse					
1	-0,515	0,131	-3,93	0,000	1,31
2	-0,044	0,131	-0,34	0,738	1,31

Sort	N	Mean	Grouping
Avetron	18	22,4836	A
Dovre	12	22,3804	A
Vinger	17	22,2529	A

Proteinfraksjon	N	Mean	Grouping
LP	12	22,8774	A
MP	17	22,1782	B
HP	18	22,0614	B

Tykkelse	N	Mean	Grouping
3	15	22,9312	A
2	16	22,3282	B
1	16	21,8576	B

### L\*

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sort	2	25,765	12,882	5,29	0,00913
Proteinfraksjon	2	9,577	4,788	1,97	0,15311
Tykkelse	2	101,226	50,613	20,80	0,00000
Error	40	97,351	2,434		
Lack-of-Fit	17	31,280	1,840	0,64	0,82522
Pure Error	23	66,072	2,873		
Total	46	235,214			

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	71,057	0,239	297,93	0,000	
Sort					
Avetron	0,228	0,319	0,71	0,479	1,47
Dovre	-1,122	0,371	-3,03	0,004	1,61
Proteinfraksjon					
HP	0,623	0,319	1,95	0,058	1,47
LP	-0,299	0,371	-0,81	0,425	1,61
Tykkelse					
1	1,559	0,320	4,87	0,000	1,31
2	0,436	0,320	1,36	0,181	1,31

Sort	N	Mean	Grouping
Vinger	17	71,9512	A
Avetron	18	71,2853	A
Dovre	12	69,9353	B

Proteinfraksjon	N	Mean	Grouping
HP	18	71,6806	A
LP	12	70,7586	A
MP	17	70,7326	A

Tykkelse	N	Mean	Grouping
1	16	72,6162	A
2	16	71,4937	A
3	15	69,0619	B

### Hue\*

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sort	2	1,633	0,8167	3,22	0,05054
Proteinfraksjon	2	19,188	9,5941	37,82	0,00000
Tykkelse	2	4,925	2,4627	9,71	0,00037
Error	40	10,147	0,2537		
Lack-of-Fit	17	6,844	0,4026	2,80	0,01125
Pure Error	23	3,303	0,1436		
Total	46	37,380			

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	74,9279	0,0770	973,08	0,000	
Sort					
Avetron	-0,188	0,103	-1,83	0,075	1,47
Dovre	-0,052	0,120	-0,43	0,668	1,61
Proteinfraksjon					
HP	-0,897	0,103	-8,70	0,000	1,47
LP	0,578	0,120	4,83	0,000	1,61
Tykkelse					
1	0,381	0,103	3,69	0,001	1,31
2	0,035	0,103	0,34	0,738	1,31

Sort	N	Mean	Grouping
Vinger	17	75,1678	A
Dovre	12	74,8763	A
Avetron	18	74,7397	B

Proteinfraksjon	N	Mean	Grouping
LP	12	75,5063	A
MP	17	75,2461	A
HP	18	74,0314	B

Tykkelse	N	Mean	Grouping
1	16	75,3093	A
2	16	74,9627	A
3	15	74,5118	B

## Faktoriell (General Linear Model) ANOVA – Vannbindingsevne

**Tabell 23.** Faktoriell (general linear model) ANOVA og Tukey's Test av vannbindingsevne med hensyn på forsøksfaktorene (sort, proteinfraksjon, flaktykkelse).

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sort	2	446,01	223,006	10,12	0,00028
Proteinfraksjon	2	15,60	7,798	0,35	0,70424
Tykkelse	2	23,23	11,614	0,53	0,59450
Error	40	881,78	22,044		
Lack-of-Fit	17	695,12	40,889	5,04	0,00022
Pure Error	23	186,66	8,115		
Total	46	1391,61			

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	114,401	0,718	159,38	0,000	
Sort					
Avetron	-4,189	0,961	-4,36	0,000	1,47
Dovre	1,71	1,12	1,53	0,133	1,61
Proteinfraksjon					
H	0,764	0,961	0,79	0,432	1,22
HP	-0,011	0,981	-0,01	0,991	1,24
Tykkelse					
1	0,831	0,964	0,86	0,394	1,31
2	-0,871	0,964	-0,90	0,371	1,31

Sort	N	Mean	Grouping
Vinger	17	116,879	A
Dovre	12	116,111	A
Avetron	18	110,211	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Proteinfraksjon	N	Mean	Grouping
H	18	115,164	A
HP	17	114,390	A
LP	12	113,648	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tykkelse	N	Mean	Grouping
1	16	115,232	A
3	15	114,441	A
2	16	113,529	A

Means that do not share a letter are significantly different.

## Faktoriell (General Linear Model) ANOVA – RVA

**Tabell 24.** Faktoriell (general linear model) ANOVA av RVA<sup>TM</sup>-verdier, med hensyn på forsøksfaktorene (sort, proteinfraksjon, flaktykkelse).

### Peak viscosity

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Sort	2	2248574	1124287	23,99	0,00000	
Proteinfraksjon	2	846358	423179	9,03	0,00058	
Flaktykkelse	2	10663274	5331637	113,76	0,00000	
Error	40	1874644	46866			
<b>S</b>		<b>R-sq</b>	<b>R-sq(adj)</b>	<b>R-sq(pred)</b>		
216,486		87,67%	85,82%	82,92%		
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF	
Constant	3108,3	33,1	93,92	0,000		
Sort						
Avetron	-159,1	44,3	-3,59	0,001	1,47	
Dovre	355,8	51,4	6,92	0,000	1,61	
Proteinfraksjon						
H	-186,2	44,3	-4,20	0,000	1,22	
HP	37,7	45,2	0,83	0,410	1,24	
Flaktykkelse						
1	495,9	44,5	11,16	0,000	1,31	
2	156,4	44,5	3,52	0,001	1,31	

### Holding strength

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Sort	2	65341	32670	1,30	0,28407	
Proteinfraksjon	2	845538	422769	16,81	0,00001	
Flaktykkelse	2	3122913	1561456	62,08	0,00000	
Error	40	1006034	25151			
<b>S</b>		<b>R-sq</b>	<b>R-sq(adj)</b>	<b>R-sq(pred)</b>		
158,590		80,24%	77,27%	72,56%		
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF	
Constant	2209,4	24,2	91,13	0,000		
Sort						
Avetron	-52,3	32,5	-1,61	0,115	1,47	
Dovre	32,3	37,7	0,86	0,396	1,61	
Proteinfraksjon						
H	-186,2	32,5	-5,74	0,000	1,22	
HP	38,6	33,1	1,17	0,251	1,24	
Flaktykkelse						
1	277,7	32,6	8,53	0,000	1,31	
2	70,8	32,6	2,17	0,036	1,31	

### Breakdown

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Sort	2	1915689	957845	63,07	0,00000	
Proteinfraksjon	2	462	231	0,02	0,98492	
Flaktykkelse	2	2245405	1122703	73,92	0,00000	
Error	40	607499	15187			
<b>S</b>		<b>R-sq</b>	<b>R-sq(adj)</b>	<b>R-sq(pred)</b>		
123,238		87,60%	85,74%	82,87%		
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF	
Constant	902,0	18,8	47,88	0,000		
Sort						
Avetron	-109,9	25,2	-4,36	0,000	1,47	
Dovre	322,4	29,3	11,01	0,000	1,61	
Proteinfraksjon						
H	-1,1	25,2	-0,04	0,967	1,22	
HP	-3,7	25,8	-0,15	0,885	1,24	
Flaktykkelse						
1	215,5	25,3	8,52	0,000	1,31	
2	88,5	25,3	3,50	0,001	1,31	

### Final viscosity

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Sort	2	253834	126917	1,98	0,152	
Proteinfraksjon	2	1251640	625820	9,74	0,000	
Flaktykkelse	2	7656799	3828400	59,58	0,000	
Error	40	2570381	64260			
<b>S</b>		<b>R-sq</b>	<b>R-sq(adj)</b>	<b>R-sq(pred)</b>		
253,495		79,07%	75,94%	71,02%		
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF	
Constant	4396,2	38,8	113,44	0,000		
Sort						
Avetron	-6,6	51,9	-0,13	0,900	1,47	
Dovre	-94,5	60,2	-1,57	0,124	1,61	
Proteinfraksjon						
H	-216,1	51,9	-4,16	0,000	1,22	
HP	2,3	53,0	0,04	0,965	1,24	
Flaktykkelse						
1	430,9	52,1	8,28	0,000	1,31	
2	116,8	52,1	2,24	0,030	1,31	

### Setback

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Sort	2	296685	148342	8,12	0,001	
Proteinfraksjon	2	89788	44894	2,46	0,099	
Flaktykkelse	2	1007902	503951	27,57	0,000	
Error	40	731032	18276			
<b>S</b>		<b>R-sq</b>	<b>R-sq(adj)</b>	<b>R-sq(pred)</b>		
135,188		68,52%	63,79%	56,45%		
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF	
Constant	2189,3	20,7	105,93	0,000		
Sort						
Avetron	43,2	27,7	1,56	0,126	1,47	
Dovre	-126,9	32,1	-3,95	0,000	1,61	
Proteinfraksjon						
H	-32,3	27,7	-1,17	0,249	1,22	
HP	-38,8	28,3	-1,37	0,178	1,24	
Flaktykkelse						
1	151,3	27,8	5,45	0,000	1,31	
2	49,7	27,8	1,79	0,081	1,31	

### Peak time

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Sort	2	0,37956	0,189781	23,08	0,000	
Proteinfraksjon	2	0,02161	0,010804	1,31	0,280	
Flaktykkelse	2	0,03359	0,016794	2,04	0,143	
Error	40	0,32893	0,008223			
<b>S</b>		<b>R-sq</b>	<b>R-sq(adj)</b>	<b>R-sq(pred)</b>		
0,0906825		56,44%	49,90%	40,01%		
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF	
Constant	5,1869	0,0139	374,14	0,000		
Sort						
Avetron	0,0892	0,0186	4,81	0,000	1,47	
Dovre	0,0273	0,0215	1,27	0,212	1,61	
Proteinfraksjon						
H	0,0270	0,0186	1,45	0,153	1,22	
HP	-0,0221	0,0190	-1,17	0,250	1,24	
Flaktykkelse						
1	0,0334	0,0186	1,79	0,080	1,31	
2	-0,0010	0,0186	-0,05	0,959	1,31	

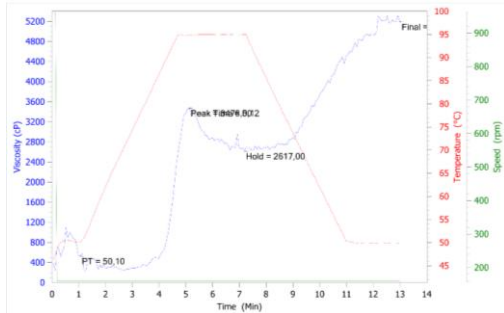
### Pasting temperature/forklstringstemperatur

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Sort	2	0,4717	0,2359	0,21	0,808	
Proteinfraksjon	2	6,3114	3,1557	2,86	0,069	
Flaktykkelse	2	5,1250	2,5625	2,33	0,111	
Error	40	44,0797	1,1020			
<b>S</b>		<b>R-sq</b>	<b>R-sq(adj)</b>	<b>R-sq(pred)</b>		
1,04976		21,59%	9,83%	0,00%		
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF	
Constant	50,875	0,160	317,01	0,000		
Sort						
Avetron	0,094	0,215	0,44	0,663	1,47	
Dovre	0,039	0,249	0,15	0,878	1,61	
Proteinfraksjon						
H	0,514	0,215	2,39	0,022	1,22	
HP	-0,158	0,219	-0,72	0,476	1,24	
Flaktykkelse						
1	0,463	0,216	2,15	0,038	1,31	
2	-0,190	0,216	-0,88	0,384	1,31	

## Vedlegg 11. RVA-grafer med data

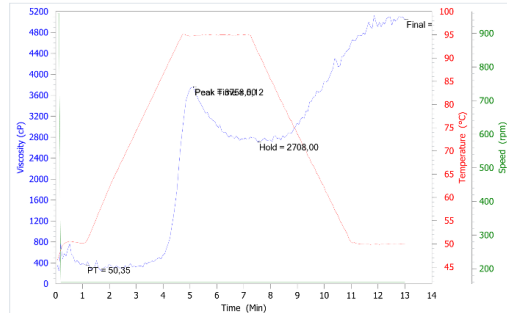
Sample (g):3,82 Water (g):25,18 Moisture Content (%):9,89 Moisture Basis (%):14

Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..120200309	3476,00	2617,00	859,00	5194,00	2577,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..120200309	5,12	50,10			



Sample (g):3,73 Water (g):25,27 Moisture Content (%):7,82 Moisture Basis (%):14

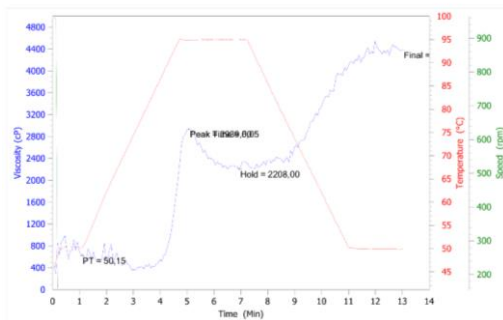
Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..120200310	3758,00	2708,00	1050,00	5051,00	2343,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..120200310	5,12	50,35			



Figur 7. Vinger LP, tykkelse 1 + pseudogjentak

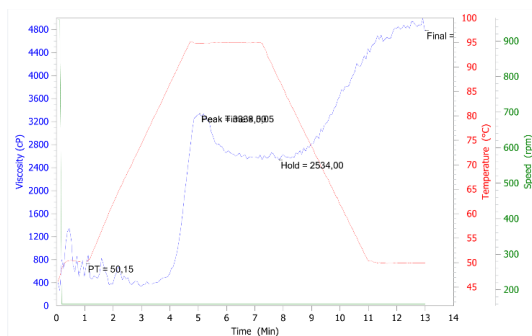
Sample (g):3,77 Water (g):25,23 Moisture Content (%):8,76 Moisture Basis (%):14

Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..220200309	2939,00	2208,00	731,00	4384,00	2176,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..220200309	5,05	50,15			



Sample (g):3,71 Water (g):25,29 Moisture Content (%):7,19 Moisture Basis (%):14

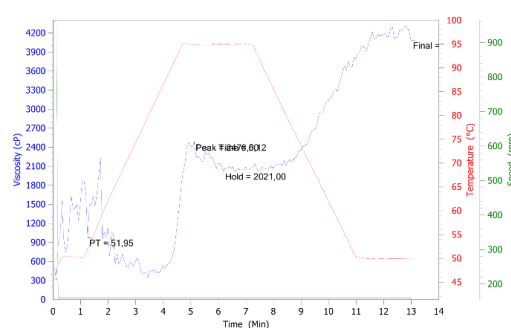
Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..220200310	3338,00	2534,00	804,00	4786,00	2252,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..220200310	5,05	50,15			



Figur 8. Vinger LP, tykkelse 2 + pseudogjentak

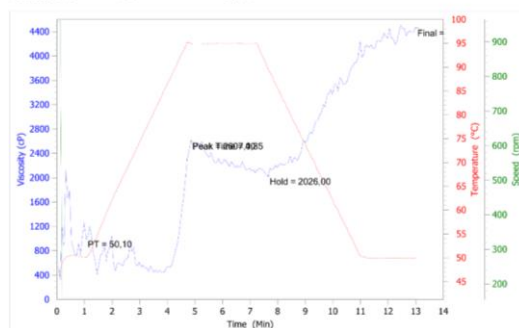
Sample (g):3,77 Water (g):25,23 Moisture Content (%):8,77 Moisture Basis (%):14

Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..320200309	2476,00	2021,00	455,00	4086,00	2065,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..320200309	5,12	51,95			

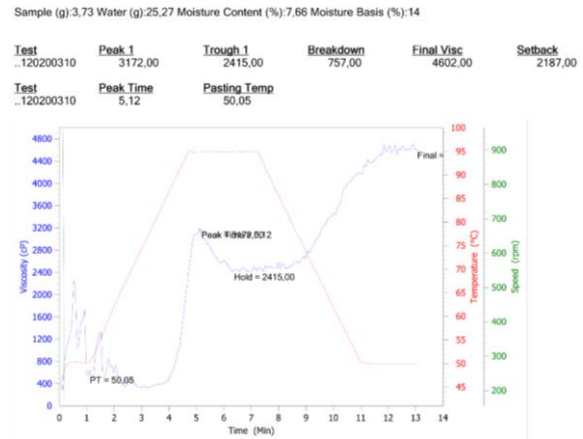
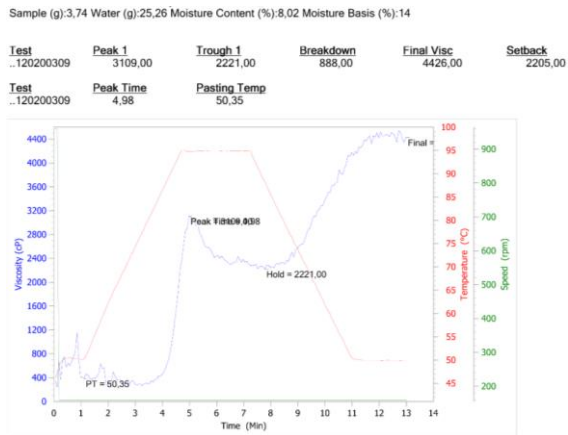


Sample (g):3,76 Water (g):25,24 Moisture Content (%):8,63 Moisture Basis (%):14

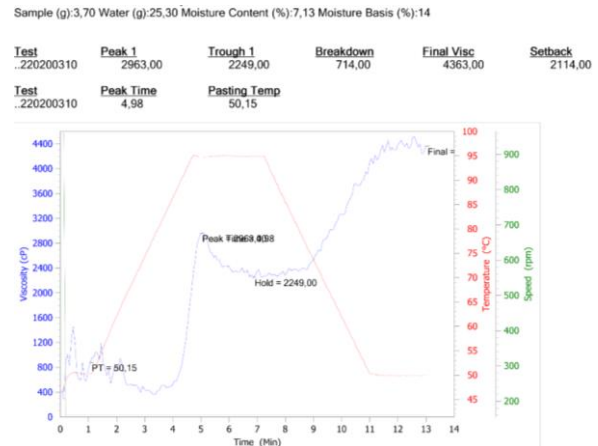
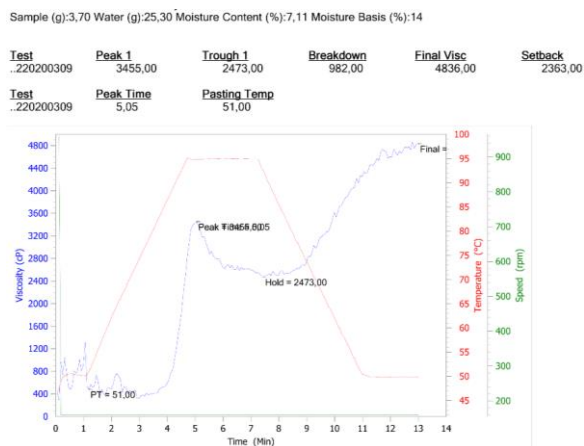
Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..320200310	2607,00	2026,00	581,00	4465,00	2439,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..320200310	4,85	50,10			



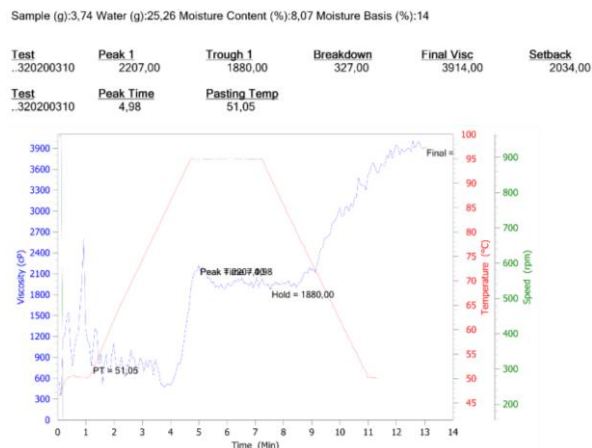
Figur 9. Vinger, LP, tykkelse 3 + pseudogjentak



Figur 10. Vinger, MP, tykkelse 1 + pseudogjentak



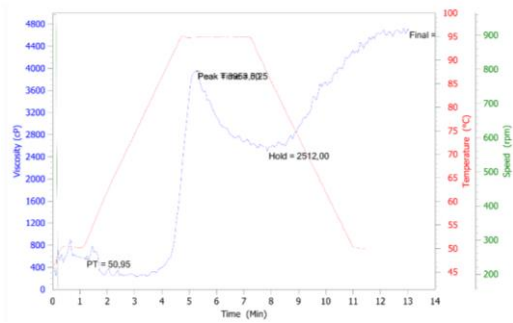
Figur 11. Vinger, MP, tykkelse 2 + pseudogjentak



Figur 12. Vinger, MP, tykkelse 3.

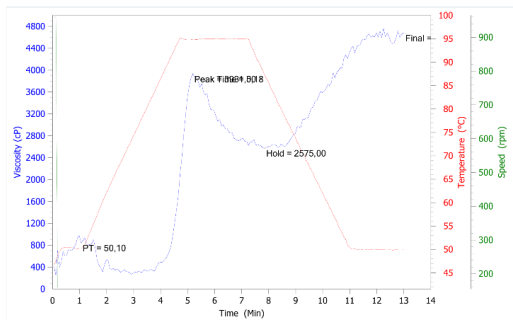
Sample (g):3,74 Water (g):25,26 Moisture Content (%):7,95 Moisture Basis (%):14

Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..120200309	3953,00	2512,00	1441,00	4701,00	2189,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..120200309	5,25	50,95			



Sample (g):3,70 Water (g):25,30 Moisture Content (%):6,97 Moisture Basis (%):14

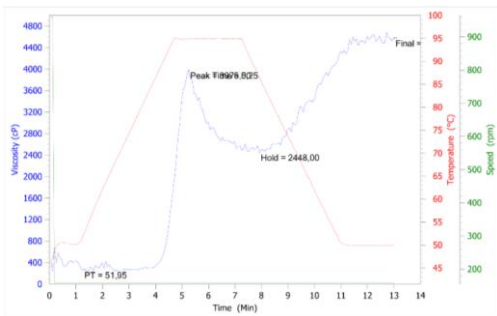
Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..120200310	3931,00	2575,00	1356,00	4682,00	2107,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..120200310	5,18	50,10			



Figur 13. Dovre, MP, tykkelse 1 + pseudogjentak

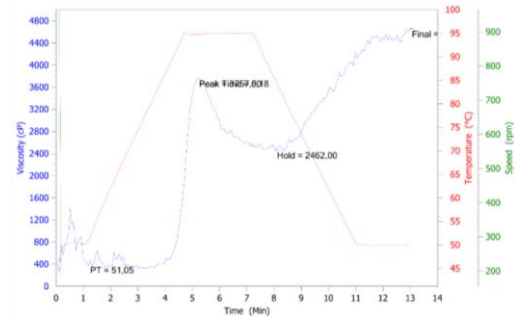
Sample (g):3,71 Water (g):25,29 Moisture Content (%):7,33 Moisture Basis (%):14

Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..220200309	3975,00	2448,00	1527,00	4578,00	2130,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..220200309	5,25	51,95			



Sample (g):3,72 Water (g):25,28 Moisture Content (%):7,62 Moisture Basis (%):14

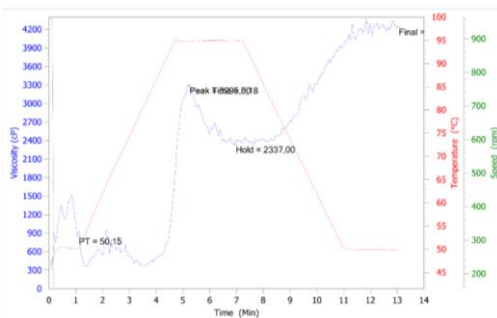
Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..220200311	3757,00	2462,00	1295,00	4655,00	2193,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..220200311	5,18	51,05			



Figur 14. Dovre, MP, tykkelse 2 + pseudogjentak

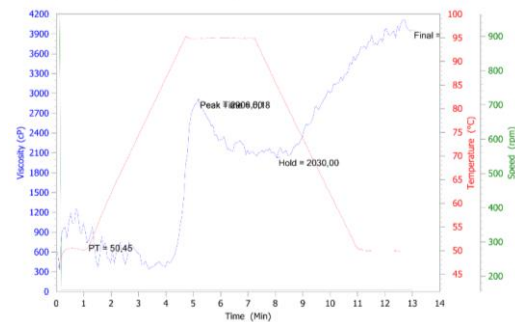
Sample (g):3,77 Water (g):25,23 Moisture Content (%):8,66 Moisture Basis (%):14

Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..320200309	3295,00	2337,00	958,00	4242,00	1905,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..320200309	5,18	50,15			



Sample (g):3,74 Water (g):25,26 Moisture Content (%):8,12 Moisture Basis (%):14

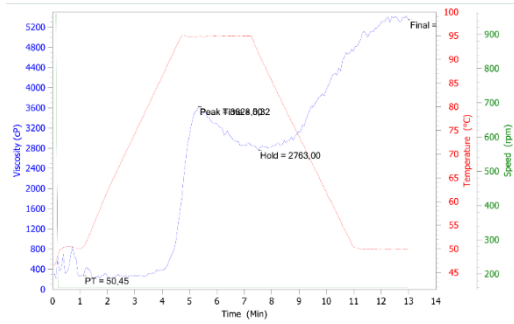
Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..320200311	2906,00	2030,00	876,00	3960,00	1930,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..320200311	5,18	50,45			



Figur 15. Dovre, MP, tykkelse 3 + pseudogjentak

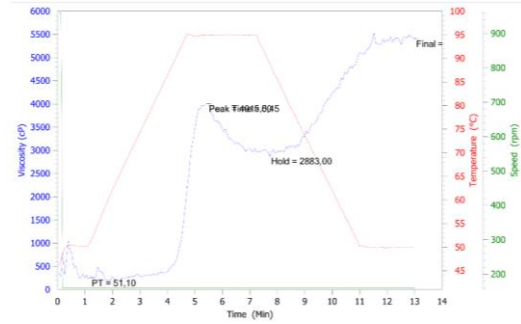
Sample (g):3,71 Water (g):25,29 Moisture Content (%):7,18 Moisture Basis (%):14

Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..120200309	3628,00	2763,00	865,00	5348,00	2585,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..120200309	5,32	50,45			



Sample (g):3,76 Water (g):25,24 Moisture Content (%):8,58 Moisture Basis (%):14

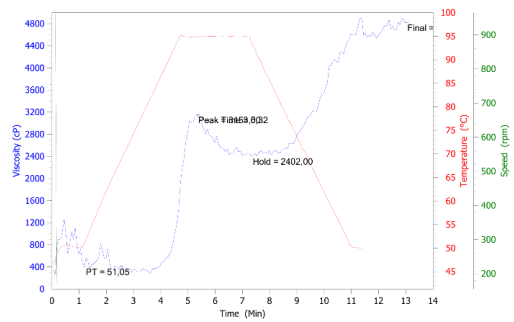
Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..120200311	4015,00	2883,00	1132,00	5411,00	2528,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..120200311	5,45	51,10			



Figur 16. Avetron, LP, tykkelse 1 + pseudogjentak

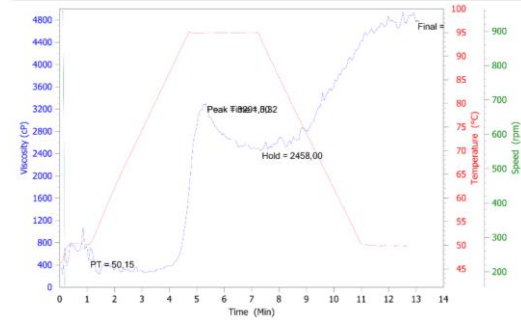
Sample (g):3,69 Water (g):25,31 Moisture Content (%):6,87 Moisture Basis (%):14

Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..220200309	3153,00	2402,00	751,00	4821,00	2419,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..220200309	5,32	51,05			



Sample (g):3,69 Water (g):25,31 Moisture Content (%):6,77 Moisture Basis (%):14

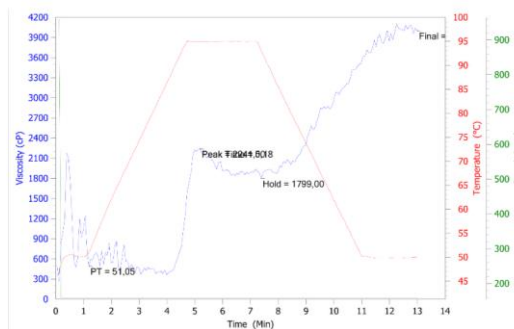
Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..220200311	3291,00	2458,00	833,00	4780,00	2322,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..220200311	5,32	50,15			



Figur 17. Avetron, LP, tykkelse 2 + pseudogjentak

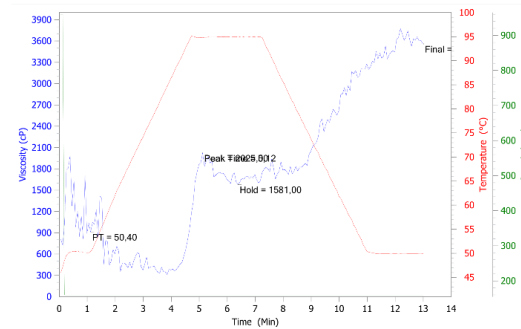
Sample (g):3,70 Water (g):25,30 Moisture Content (%):6,95 Moisture Basis (%):14

Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..320200309	2241,00	1799,00	442,00	4001,00	2202,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..320200309	5,18	51,05			



Sample (g):3,75 Water (g):25,25 Moisture Content (%):8,18 Moisture Basis (%):14

Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..k20200311	2025,00	1581,00	444,00	3560,00	1979,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..k20200311	5,12	50,40			

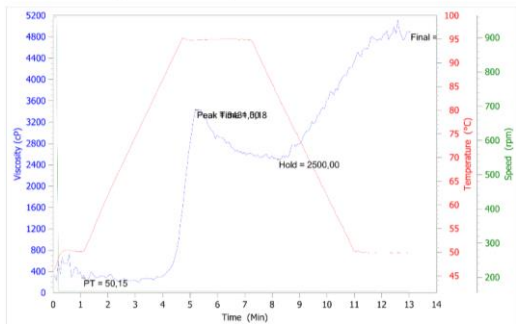


Figur 18. Avetron, LP, tykkelse 3 + pseudogjentak



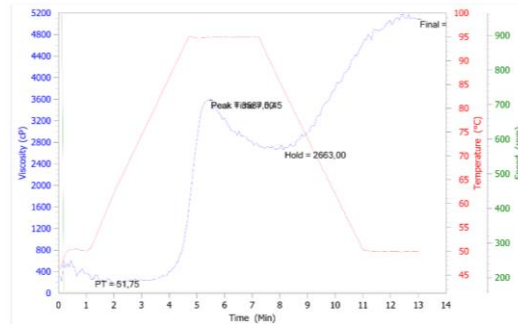
Sample (g):3,71 Water (g):25,29 Moisture Content (%):7,3 Moisture Basis (%):14

Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..120200309	3431,00	2500,00	931,00	4894,00	2394,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..120200309	5,18	50,15			



Sample (g):3,76 Water (g):25,24 Moisture Content (%):8,46 Moisture Basis (%):14

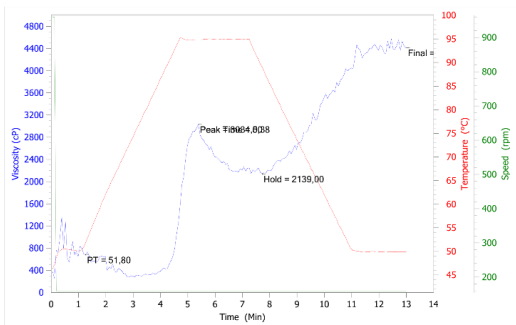
Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..120200311	3587,00	2663,00	924,00	5090,00	2427,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..120200311	5,45	51,75			



Figur 19. Avetron, MP, tykkelse 1 + pseudogjentak

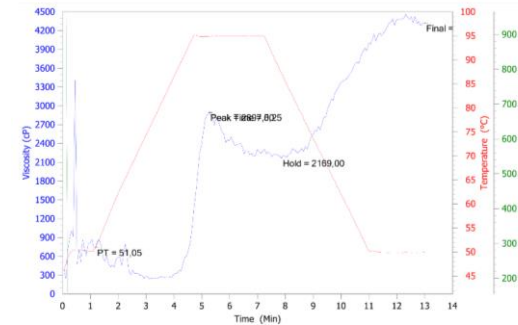
Sample (g):3,68 Water (g):25,32 Moisture Content (%):6,64 Moisture Basis (%):14

Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..220200309	3034,00	2139,00	895,00	4415,00	2276,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..220200309	5,38	51,90			



Sample (g):3,68 Water (g):25,32 Moisture Content (%):6,63 Moisture Basis (%):14

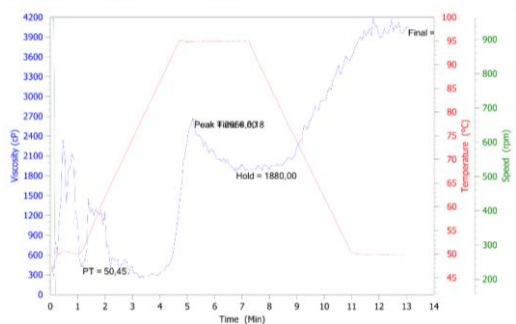
Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..k20200311	2897,00	2169,00	728,00	4323,00	2154,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..k20200311	5,25	51,05			



Figur 20. Avetron, MP, tykkelse 2 + pseudogjentak

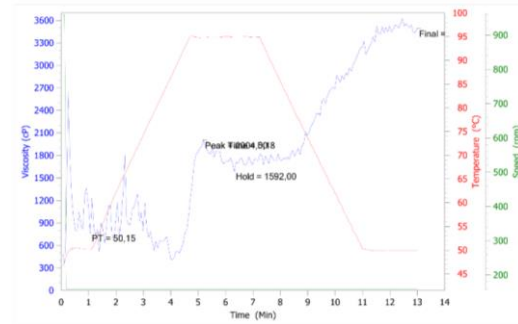
Sample (g):3,67 Water (g):25,33 Moisture Content (%):6,33 Moisture Basis (%):14

Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..320200309	2656,00	1880,00	776,00	4048,00	2168,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..320200309	5,18	50,45			



Sample (g):3,70 Water (g):25,30 Moisture Content (%):7,06 Moisture Basis (%):14

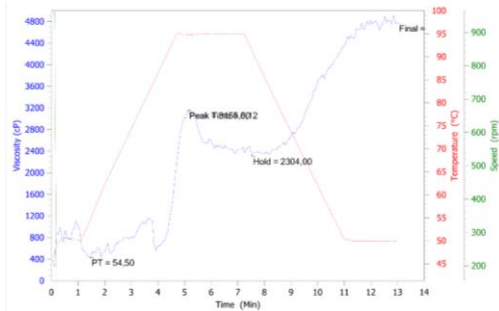
Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..320200311	2004,00	1592,00	412,00	3493,00	1901,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..320200311	5,18	50,15			



Figur 21. Avetron, MP, tykkelse 3 + pseudogjentak

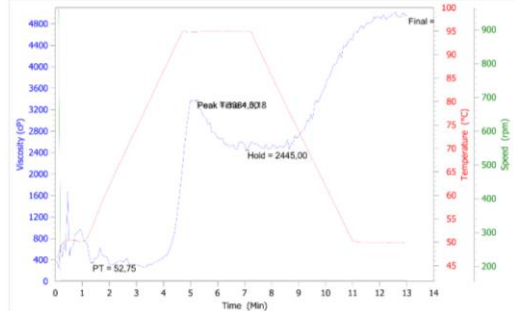
Sample (g):3,69 Water (g):25,31 Moisture Content (%):6,86 Moisture Basis (%):14

Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..120200310	3155,00	2304,00	851,00	4767,00	2463,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..120200310	5,12	54,50			



Sample (g):3,74 Water (g):25,26 Moisture Content (%):8,07 Moisture Basis (%):14

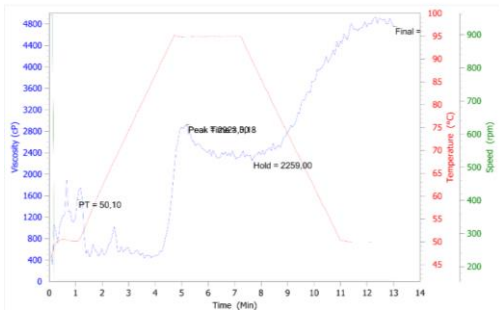
Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..120200311	3384,00	2445,00	939,00	4948,00	2503,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..120200311	5,18	52,75			



Figur 22. Vinger, HP, tykkelse 1 + pseudogjentak

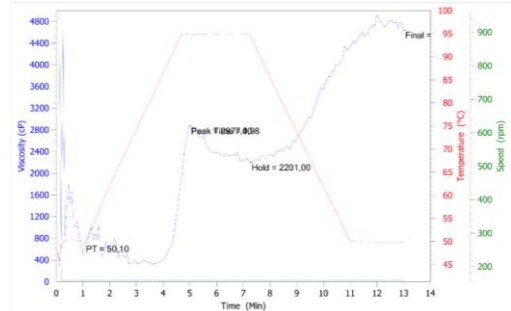
Sample (g):3,70 Water (g):25,30 Moisture Content (%):7,01 Moisture Basis (%):14

Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..220200310	2923,00	2259,00	564,00	4760,00	2501,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..220200310	5,18	50,10			



Sample (g):3,70 Water (g):25,30 Moisture Content (%):6,94 Moisture Basis (%):14

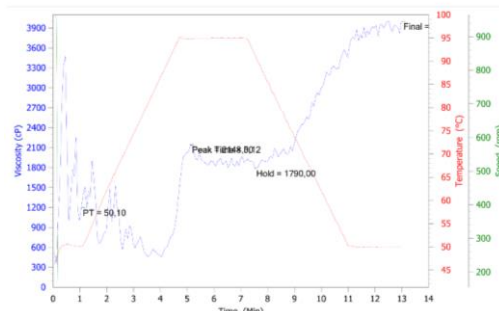
Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..220200311	2877,00	2201,00	676,00	4643,00	2442,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..220200311	4,98	50,10			



Figur 23. Vinger, HP, tykkelse 2 + pseudogjentak

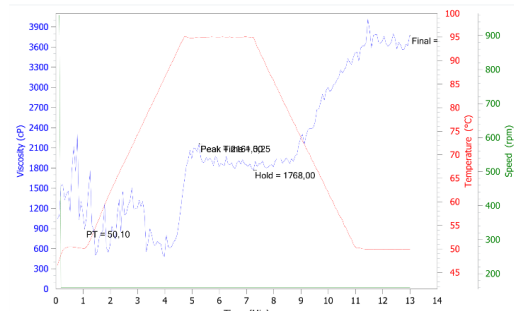
Sample (g):3,73 Water (g):25,27 Moisture Content (%):7,67 Moisture Basis (%):14

Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..320200310	2148,00	1790,00	358,00	4003,00	2213,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..320200310	5,12	50,10			

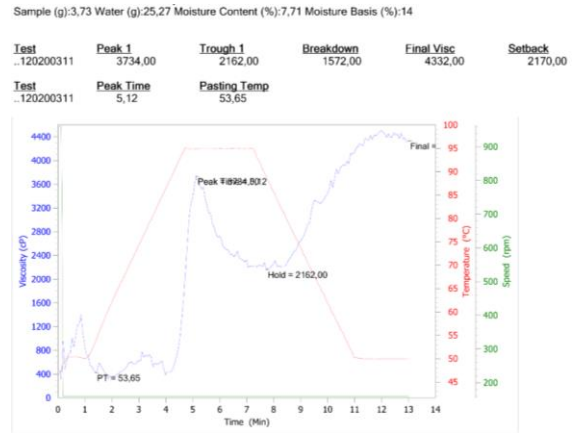
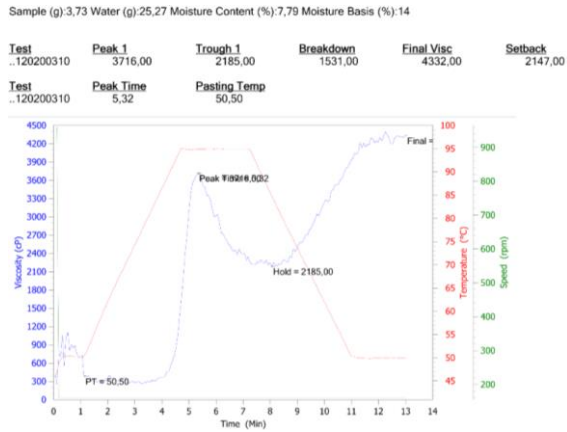


Sample (g):3,70 Water (g):25,30 Moisture Content (%):5,97 Moisture Basis (%):14

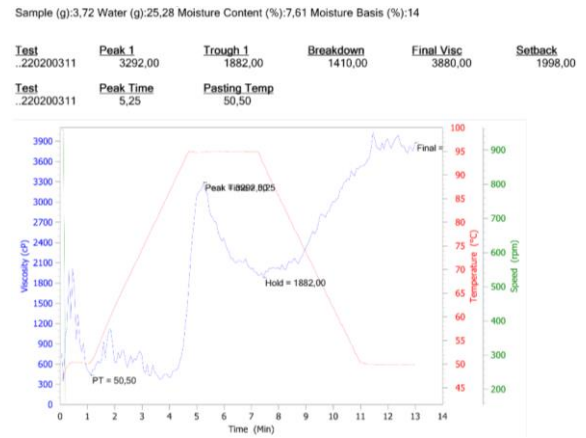
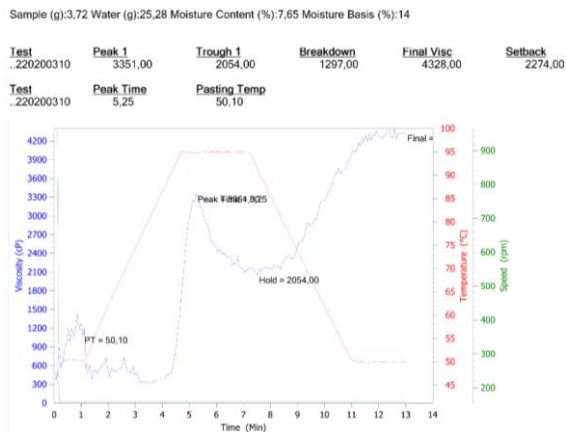
Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..20200311	2161,00	1768,00	393,00	3772,00	2004,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..20200311	5,25	50,10			



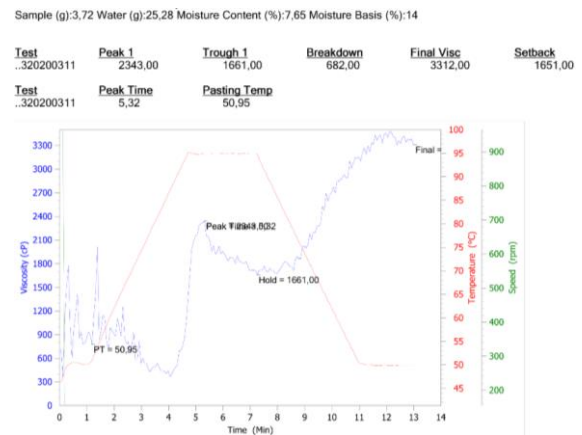
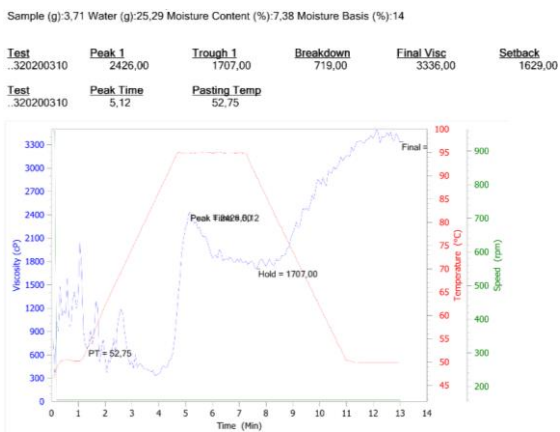
Figur 24. Vinger, HP, tykkelse 3 + pseudogjentak



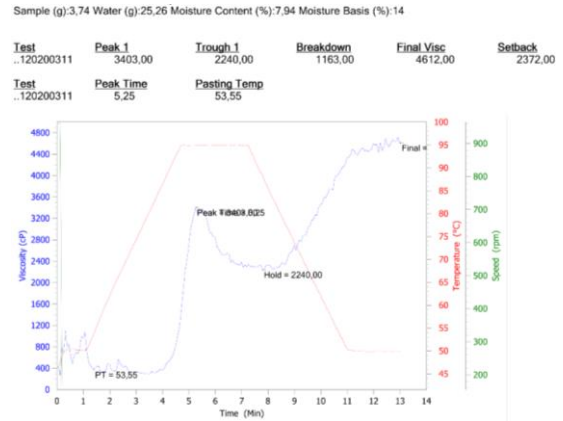
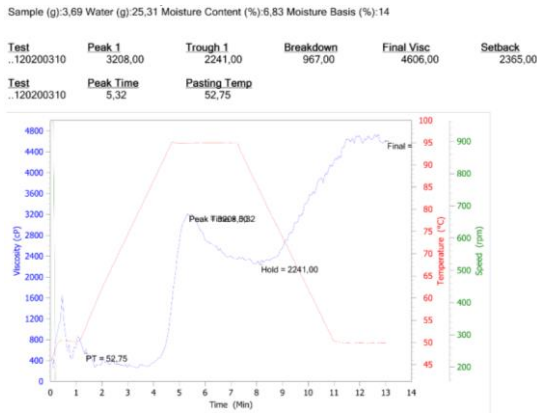
Figur 25. Dovre, HP, tykkelse 1 + pseudogjentak



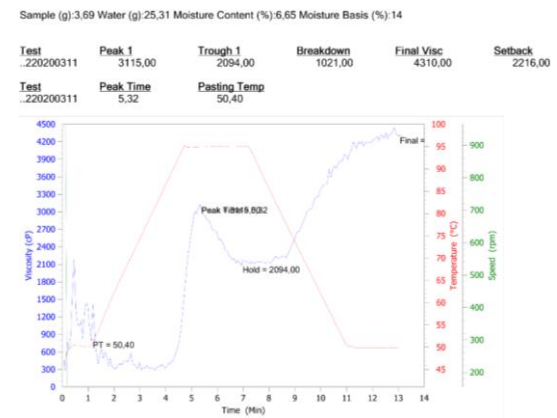
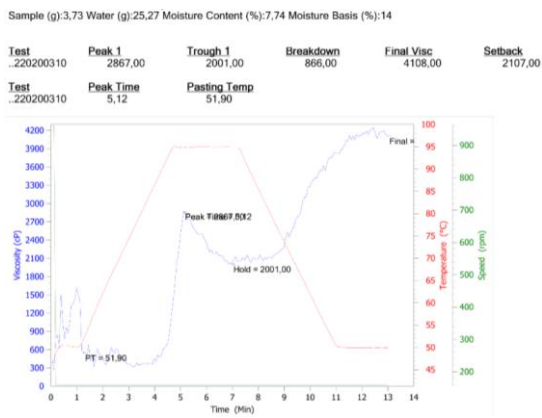
Figur 26. Dovre, HP, tykkelse 2 + pseudogjentak



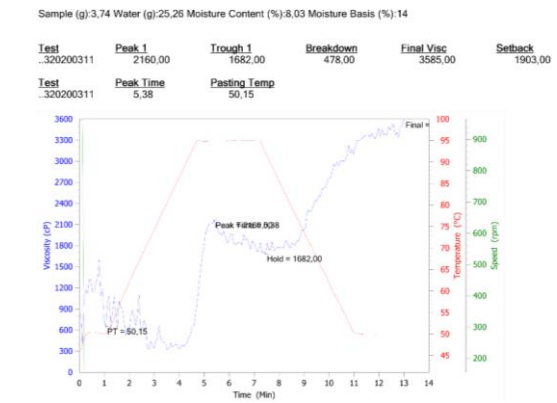
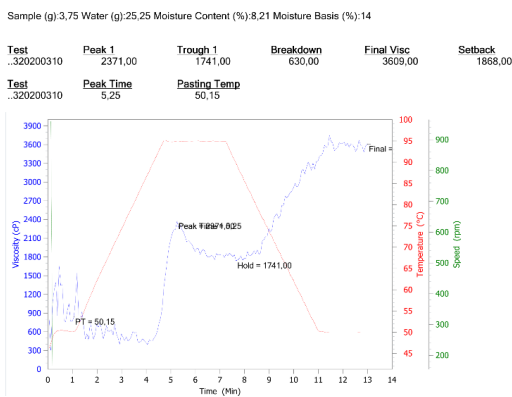
Figur 27. Dovre, HP, tykkelse 3 + pseudogjentak



Figur 28. Avetron, HP, tykkelse 1 + pseudogjentak



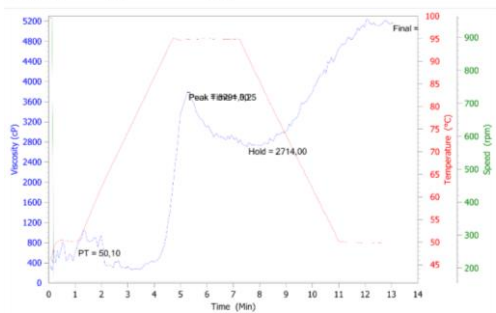
Figur 29. Avetron, HP, tykkelse 2 + pseudogjentak



Figur 30. Avetron, HP, tykkelse 3 + pseudogjentak

Sample (g):3,73 Water (g):25,27 Moisture Content (%):7,84 Moisture Basis (%):14

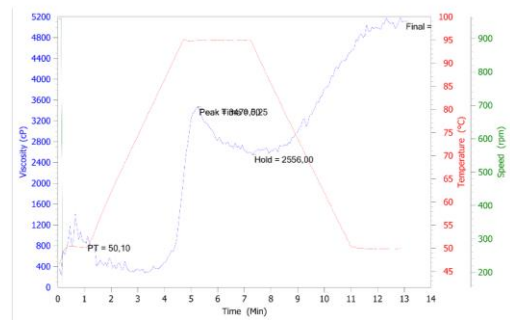
Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..120200311	3791,00	2714,00	1077,00	5159,00	2445,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..120200311	5,25	50,10			



Figur 31. Referanseprøve Moss, tykkelse 1.

Sample (g):3,71 Water (g):25,29 Moisture Content (%):7,23 Moisture Basis (%):14

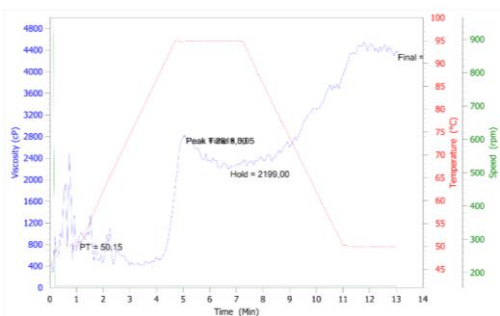
Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..220200311	3470,00	2556,00	914,00	5115,00	2559,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..220200311	5,25	50,10			



Figur 32. Referanseprøve Moss, tykkelse 2.

Sample (g):3,75 Water (g):25,25 Moisture Content (%):8,3 Moisture Basis (%):14

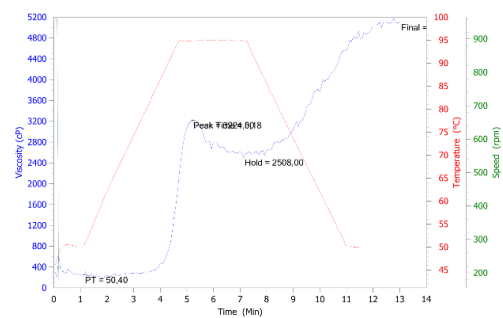
Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..320200311	2818,00	2199,00	619,00	4365,00	2166,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..320200311	5,05	50,15			



Figur 33. Referanseprøve Moss, tykkelse 3.

Sample (g):3,90 Water (g):25,10 Moisture Content (%):11,9 Moisture Basis (%):14

Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback
..320200309	3224,00	2508,00	716,00	5103,00	2595,00
Test	Peak Time	Pasting Temp			
..320200309	5,18	50,40			



Figur 34. Referanseprøve Bjørns AXA LK.



**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway