

Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

Masteroppgave 2017 30 stp  
Fakultetet for Biovitenskap

## **Effekt av høstetid og valsing på fordøyelighet av surfôr av hvete helgrøde hos melkekyr**

Effect of harvest time and crushing on whole-crop  
wheat silage digestibility in dairy cows

Linda Rønning  
Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap (IHA)  
Studieretning: Husdyrernæring

# **Effekt av høstetid og valsing på fordøyelighet av surfôr av hvete helgrøde hos melkekyr**

## **Forord**

Denne masteroppgaven baserer seg på tallmateriale fra et fordøyelsesforsøk på melkekyr i sen laktasjon med helgrødesurfôr av hvete som eneste grovfôrslag. Åshild Randby har vært hovedveileder og Astrid Johansen biveileder. Åshild Randby var prosjektleder for fordøyelsesforsøket som er en del av prosjektet WholeCropWheat and Barley Silage in Dairy production hvor Astrid Johansen er prosjektleder.

Målet med masteroppgaven var å bestemme melkekyrs tilsynelatende total fordøyelighet av hvete helgrøde surfôr høstet ved to ulike utviklingsstadier og undersøke virkning av utsatt høstetid og effekt av valsing på fôrets fordøyelighet.

Hovedveileder Åshild Randby og biveileder Astrid Johansen takkes for god hjelp og tilbakemeldinger. Takk til dyra og de ansatte på Senter for Husdyrforskning (SHF) som har lagt grunnlaget for resultatene i oppgaven.

Ås, 15. August 2017

Linda Rønning

## **Innholdsfortegnelse**

<b>1.0 Innledning.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1 Helgrøde av korn som fôrslag.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2 Fordøyelsessystemet hos kyr.....</b>	<b>22</b>
<b>2.0 Material og metode.....</b>	<b>34</b>
<b>2.1 Beskrivelse av forsøkgjennomføringen.....</b>	<b>34</b>
<b>2.2 Beregninger.....</b>	<b>42</b>
<b>2.3 Statistikk.....</b>	<b>50</b>
<b>3.0 Resultater.....</b>	<b>51</b>
<b>4.0 Diskusjon.....</b>	<b>65</b>
<b>5.0 Konklusjon.....</b>	<b>81</b>
<b>6.0 Kilder.....</b>	<b>82</b>

## Effekt av høstetid og valsing på fordøyelighet av surfôr av hvete helgrøde hos melkekyr

### Sammendrag

Effekten av høstetid og valsing på tilsynelatende in vivo fordøyelighet av surfôr av hvete helgrøde ble undersøkt ved å ta utgangspunkt i et fordøyelsesforsøk med 8 melkekyr i sen laktasjon i 4 x 4 latinsk kvadrat. Kyrne fikk begrenset fri tilgang til helgrødesurfôr som var eneste grovfôr og tilskudd av 7,5 kg kraftfôr/dag. Helgrøden av hvete (*Krabat*) ble høstet ved tidlig og sen deigmodning (hhv. Zadoks 83 (Z83) og Zadoks 87 (Z87)) og konserverert i rundballer uten bruk av ensileringsmidler. Halvparten av forsøksfôret fra hver høstetid ble valset før fôring (Z83 V og Z87 V). Hver ku fikk hver fôrtype i en periode på tre uker. Fordøyeligheten av surfôret ble beregnet ved differanse utfra kjemiske analyser av surfôr, kraftfôr og gjødsel samt registrering av fôrinntak og utskilt gjødselmengde. Fôrinntak og restemengde ble registrert hver dag i uke 2 og 3 i hver forsøksperiode. Melkeytelsen ble registrert hver dag, og ukentlig ble det tatt kjemiske analyser av melka. En gjødselprøve fra hver ku og rasjon (totalt 32 prøver) ble våtsiktet gjennom 8 sold for å bestemme partikkelfordelingen og mengden hele korn i gjødsla. To fôrprøver fra hver fôrtype ble sortert med Penn State Particle Separator og en fôrprøve fra hver fôrtype ble håndsortert for å finne partikkelfordeling og beregne median partikkellengde i fôret.

Median fôrpartikkellengde var 3,5 og 2,1 cm for hhv. uvalsa og valsa helgrøde høstet ved tidlig deigmodning, og 2,5 og 1,9 cm for hhv. uvalsa og valsa helgrøde høstet ved sen deigmodning.

Fôrinntaket var signifikant høyere for valsa enn for uvalsa helgrøde. Fôrinntaket var hhv. 14,1 kg TS/dag og 14,7 kg TS/dag for valsa helgrøde høstet ved tidlig og sen deigmodning, og hhv. 13,7 kg TS/dag og 14,2 kg TS/dag for uvalsa helgrøde høstet ved tidlig og sen deigmodning.

Fôrinntaket var signifikant høyere for helgrøde høstet ved sen deigmodning enn for helgrøde høstet ved tidlig deigmodning. Totalt syreinnhold var signifikant lavere i helgrødesurfôret høstet ved sen deigmodning.

Resultatene fra våtsiktingen viste at utsatt høsting fra tidlig til sen deigmodning ga en signifikant høyere vektandel av gjødselpartikler over 4 mm, og signifikant færre partikler under 100  $\mu\text{m}$ .

Valsingen ga signifikant lavere vektandel i fraksjonene mellom 2 og 4 mm.

NDF fordøyeligheten ble redusert fra ca 47 % til ca 40 % med utsatt høstetid fra tidlig til sen deigmodning. Fordøyeligheten av stivelse var generelt høy, og signifikant høyere ved sen deigmodning (98,6 %) enn ved tidlig deigmodning (97,6 %). Forskjellen mellom fordøyeligheten av de andre fôrfraksjonene ved utsatt høsting var liten og ikke signifikant. Resultatene fra forsøket viser at valsingen ikke ga signifikant virkning på fordøyeligheten av noen av fôrfraksjonene i helgrøden. Det var ikke samspill mellom høstetid og valsing for fordøyeligheten av noen av fôrfraksjonene.

Stivelseinnholdet i uvalsa helgrøde økte fra 96 g/kg TS ved tidlig deigmodning til 246 g/kg TS ved sen deigmodning. Melkeytelsen økte signifikant, fra 20,2 kg/dag til 21,1 kg/dag fra tidlig til sen deigmodning for uvalsa helgrødesurfôr. Men for valsa helgrødesurfôr var det ikke signifikant forskjell i melkeytelsen mellom de to høstetidene.

Utfra disse forsøksresultatene ser det ikke ut til å være noen fordel å valse helgrødesurfôr av hvete høstet verken ved tidlig eller sen deigmodning når tørrstoffprosenten i surfôret er under 42%.

## Effect of harvest time and crushing on ensiled whole-crop wheat digestibility in dairy cows

### Abstract

The apparent *in vivo* digestibility of whole-crop wheat silage harvested at two stages of maturity, with or without crushing, were examined in a 4 x 4 latin square designed experiment with 8 late lactation dairy cows. All cows received *ad libitum* whole-crop wheat as sole forage and 7,5 kg concentrate/day. The whole-crop wheat (*Krabat*) was harvested at early and late dough stage of maturity (Zadoks 83 (Z83) and Zadoks 87 (Z87)) and ensiled without additives. Half of the ensiled whole-crop was crushed in a grain mill before feeding (Z83V and Z87 V). Each cow received each forage in one three-week period. Digestibility of the whole-crop wheat was calculated by difference from analysis of forage, concentrate and faeces. Feed intake and residues were registered every day in week 2 and 3 of each period, and faeces output four days in week 3 of each period. Milk yield was registered every day and analysed every week. Faeces samples from each cow in each period (32 samples) were wet sieved in eight fractions to find the particle size distribution in faeces and assess the amount of whole grains in faeces. Two forage samples from each forage type were sorted in Penn State Particle Separator and one sample from each forage type were sorted by hand to find the particle distribution and calculate median particle size in the forages.

Median forage particle size were 3,5 and 2,1 cm for uncrushed and crushed whole-crop wheat harvested at early dough, respectively, and 2,5 and 1,9 cm for uncrushed and crushed whole-crop wheat harvested at late dough stage, respectively.

Feed intake was significantly higher for crushed whole-crop wheat (14,1 kg DM/day and 14,7 kg DM/day for early and late dough stage, respectively), than for uncrushed whole-crop wheat (13,7 kg DM/day and 14,2 kg DM/day for early and late dough stage, respectively). Feed intake was significantly higher for whole-crop wheat harvested at late dough than early dough stage of maturity. Total acid content was significantly higher for the whole-crop silage harvested at late dough stage of maturity.

A significantly higher share of weight of the faeces particles from late dough than early dough stage were larger than 4 mm, and a significantly lower share of weight were smaller than 100

µm. A significantly lower share of weight of faeces particles between 2 and 4 mm were found for crushed whole crop wheat.

The digestibility of NDF was significantly higher at early dough (47%) than at late dough stage of maturity (40%). The digestibility of starch was high for all treatments, and significantly higher for uncrushed whole-crop harvested at late dough stage (98,6 %) than at early dough stage of maturity (97,6 %). There was no effect of crushing the whole-crop on digestibility, and no interaction between harvesting time and crushing.

The starch concentration in the uncrushed whole-crop increased from 96 g/kg DM to 246 g/kg DM from early to late dough stage of maturity. Milk yield increased significant from 20,2 kg/day at early dough stage to 21,1 kg/day at late dough stage of maturity when the whole-crop was left uncrushed. No significant difference in milk yield was observed between harvest stage when the forage was crushed.

It was concluded that there seems to be no gain in crushing whole-crop of wheat harvested at dough stage when dry matter content is below 42 %.

## 1.0 Innledning

Flere forsøk viser funn av hele korn i gjødsla og lavere stivelsefordøyelighet ved fôring med hele korn (Toland, 1976, Fulkerson og Michell, 1985). Det ble observert stor flyt av hele hvete korn til duodenum ved fôring med helgrøde av hvete og gras hos Abdalla et al., (1999).

Stivelsefordøyeligheten i helgrøden påvirker helgrødens energiverdi.

Fordøyeligheten til et fôrslag kan bestemmes både in vitro (laboratoriemetoder med simulering av dyrets fordøyelse i reagensrør), in vivo (i levende dyr) og in situ (delvis i dyret, f.eks nylonposeteknikk (InSacco) hvor en oppmalt fôrprøve lagt i nylonpose legges i vomma på en vomfistulert ku for undersøkelse av fôrets nedbrytningsgrad i vom. Ulike teknikker brukes avhengig av om en er ute etter å bestemme fôrets total fordøyelighet eller fôrets fordøyelighet i ulike deler av fordøyelseskanalen. På grunn av ulike forhold i ulike deler i fordøyelseskanalen vil næringsverdien til fôret også påvirkes av fordøyelsesstedet i fordøyelseskanalen. F.eks vil stivelse fermentert i vomma omdannes til flyktige fettsyrer og metan, mens stivelse fordøyd i tynntarmen spaltes og absorberes som glukose. Fôrmidlets fordøyelighet i ulike tarmavsnitt kan undersøkes med mobil nylonposeteknikk hvor en nylonpose med fôr legges inn i tarmen, f.eks i tynntarm gjennom en kanyle og samles opp igjen i gjødsla for analyse av næringsstoff. Ved bestemmelse av fôrets totalfordøyelighet kan kyr uten fistel brukes, da målet er å finne fôrets fordøyelighet uavhengig fordøyelsessted i kua (McDonald, 2011)

Da det er vanskelig å simulere forholdene i fordøyelseskanalen gir ikke invitro metodene alltid pålitelige analysesvar. Ved sammenlikning av to in vitro metoder (VOS-fordøyelighet og EFOS-fordøyelighet) var det ikke samsvar mellom fordøyeligheten av organisk stoff verken for helgrøde av havre eller vårhvete (Nadeau, 2007). Generelt bestemmes fordøyeligheten best i fordøyelighetsforsøk med dyr (in vivo), men dette er arbeidskrevende og kostbart. Resultatene fra slike in vivo fordøyelighetsforsøk brukes til å beregne omsettelig energi i Norfôr og fôrets proteinverdi i det tradisjonelle AAT/PBV-systemet. Fordøyelighetskoeffisientene fra in vivo forsøk brukes også til å kalibrere in vitro metodene. Rasjonssammensetningen påvirker fordøyeligheten av fôret. Fôrets fordøyelighet bør derfor bestemmes i rasjoner som kan brukes i praksis.



Fordøyeligheten av fôrmidler for drøvtyggere bestemmes vanligvis med kastrerte værere på vedlikeholdsfôring. Det har vært omdiskutert om fordøyelseskoeffisientene fra slike forsøk kan brukes til å forutsi fordøyeligheten av fôret hos melkekyr.

Flere forsøk viser at fordøyeligheten av ulike fôrfraksjoner av helgrøde varierer noe mellom sau og ku, noe som påvirker fôrets beregnede energiverdi (Aerts et al, 1984, Südekum et al.,1995). I følge Südekum et al. (1995) bør derfor næringsverdien av helgrødesurfôr bestemmes med det dyreslaget og det fôrnivået fôret er ment for. Kyr har bl.a større vom og fôret har lengre oppholdstid i vom enn hos mindre drøvtyggere som sau og geit (van Soest, 1982) noe som gjør at fôret kan fordøyas i lengre tid hos ku enn sau. Kyrne har større åpning på bladmagekanalen (1-6 cm) enn sau (1-2 cm) (Hvelplund, 2003). Sauer er bedre på å ødelegge pericarp på korna (van Soest, 1994), og dette kan føre til at spesielt fordøyelighet av stivelse funnet i fordøyelsesforsøk med sau kan være misvisende for kyr.

Denne masteroppgaven baserer seg på tallmateriale fra et fordøyelsesforsøk med valsa og uvalsa hvete helgrøde som eneste grovfôrslag til åtte melkekyr i sen laktasjon. Forsøket ble gjennomført som et dobbelt 4 x 4 latinsk kvadrat våren 2016. Kyrne fikk begrenset fri tilgang på hvete helgrøde som eneste grovfôr (maks 0,5-1,5 kg rester), med tilskudd av kraftfôr og urea for å sikre dekning av kyrnes energi, protein og mineral behov. Helgrøden ble høstet ved tidlig deigmodning (Zadoks 83) og sen deigmodning (Zadoks 87). Halvparten av forsøksfôret fra hver høstetid ble valset. Målet med masteroppgaven var å finne ut om valsingen økte kornfordøyeligheten, og om det evt. påvirket fordøyeligheten av de andre fôrfraksjonene. Det ble også undersøkt om valsingen hadde større virkning på fordøyeligheten av fôret når det ble høstet ved sen deigmodning enn når fôret ble høstet ved tidlig deigmodning. Før forsøksstart var hypotesene at fordøyeligheten av stivelse og organisk stoff ville øke når korna i helgrøden ble valset, og at økningen i fordøyelighet ville være større for helgrøde høstet ved sen deigmodning sammenliknet med tidlig deigmodning. Det ble antatt at fôrets energiverdi ville øke som følge av valsingen pga økt fordøyelighet, og at utsatt høstetid ville gi redusert NDF fordøyelighet, men økt energiverdi pga. høyere stivelse innhold i korna.

Masteroppgaven består av en litteratur del, en praktisk del og en beregningsdel. I litteratur delen gis en generell oversikt helgrøde som fôrmiddel, over kyrnes fordøyelsessystem og faktorer som påvirker fôrets fordøyelighet og energiverdi.

I den praktiske delen av masteroppgaven ble partikkelfordelingen og kornmengden i gjødsel bestemt ved hjelp av våtsikting av 32 gjødselprøver gjennom ni sold. Fôret ble håndsortert i 7 fraksjoner for å kunne beregne median kuttelengde på fôrpartiklene. Fôrpartiklene ble også sortert ved hjelp av Penn State Particle Separator for å undersøke fôrets partikkelfordeling. Partikkelfordelingen og median kuttelengde ble bestemt for å beskrive fôrets fysiske form og for å undersøke fôrpartiklenes størrelsesreduksjon som følge av fordøyelsesprosessene. Kornmengden i fôr og gjødsel ble bestemt for å undersøke kornfordøyeligheten i fôret og finne ut om funn av korn i gjødsla er en god indikator for stivelsefordøyelighet i praksis.

I beregningsdelen av masteroppgaven ble næringsinnhold i helgrøde, tilskuddsfôr, fôrrester og gjødsel beregnet utfra kjemiske analyser. Beregning av daglig inntak og utskillelse av de ulike næringsstoffene i fôret ga grunnlag for beregning av fordøyelseskoeffisienter for hvete helgrøde ved differanse. De beregnede fordøyelseskoeffisientene ga grunnlag for beregning av fôrets energiverdi. Median fôrpartikkelstørrelse ga grunnlag for beregning av fôrets tyggetid. I tillegg ble helgrøden og rasjonens PBV, AAT og nitrogenbalanse beregnet. Beregningsmetodene er beskrevet under beregninger i materialer og metoder.

Fordøyelseskoeffisientene i gjeldende forsøk er beregnet som «tilsynelatende» fordøyelighet da det ikke tas hensyn til at en del av næringsstoffene i gjødsla stammer fra dyret (endogent materiale: hår, enzymer, avslitte epitelceller o.l) og fra mikroorganismer i fordøyelseskanalen. Ekte fordøyelighet, eller «sann» fordøyelighet vil derfor være høyere enn tilsynelatende fordøyelighet.

## **1.1 Helgrøde av korn som fôrslag**

Helgrøde av korn kalles helsæd på dansk. Helgrøde av korn (Helsæd) kan defineres som en kornart som høstes 2-5 uker etter skyting, og der hele avlingen høstes og utnyttes samlet, fortrinnsvis som surfôr (Saue, 1982). Hos Skaland (1981) faller helgrøde av korn inn under definisjonen av grønnfôr sammen med andre vekster hvor alle nyttbare plantedeler høstes og fôres samlet, også når korn andelen utgjør en betydelig andel av avlingen. I dag omtales vanligvis fôr høstet på grønnmodningsstadiet og fram til melkemosning (før innmating av stivelse i akset har begynt) som grønnfôr, mens betegnelsen helgrøde brukes etter at innmating

av stivelse har begynt og fram til planten begynner å bli gul (deigmodningstadiet) (Johansen, pers. komm).

Det er ikke registrert hvor utbredt bruken av hvete helgrøde er i dag, verken i Norge eller i resten av verden (SSB, 2017, FAOSTAT, 2017). Kyrne i Norge fôres hovedsakelig med surfôr av gras, som timotei og engsvingel, ofte i kombinasjon med kløver, i tillegg til kraftfôr. Tall fra husdyrkontrollen (Tine Statistikkksamling) viser at bruk av beite, høy og rotvekster har blitt kraftig redusert, mens bruken av surfôr og kraftfôr gradvis har økt i perioden 1950 til 2013. Denne endringen i bruk av fôrmidler skyldes hovedsakelig økt næringsbehov hos kyrne pga økt ytelse, men også utviklingen av gode konserveringsmetoder og økt fokus på mer effektiv drift har bidratt til denne utviklingen.

Helgrøde av hvete er mindre vanlig i Norge enn helgrøde av havre og bygg. Tradisjonelt er helgrøde av havre mest brukt, og dernest bygg (Skaland, 1981). Hvete krever lenger veksttid enn bygg og havre (Mjærum og Skøien, 1991). Korn av havre har høyere fordøyelighet av organisk stoff (72,8 %) enn korn av hvete (58,5 %) ved tørrstoff prosent på hhv. 91,1 % og 90,4 % (Kimberley, 1976). Hos Walsh et al., (2009) var stivelsefordøyeligheten i helgrøde av hvete (95,6%) signifikant høyere enn stivelsefordøyeligheten i helgrøde av bygg (91,5%), og det ble funnet større mengde korn fra helgrøde av bygg enn fra helgrøde av hvete i gjødsla. Walsh et al., (2009) fant ellers ingen signifikant forskjell i tørrstoffinntak og fordøyelighet av NDF, råprotein, organisk stoff og tørrstoff mellom helgrøde av hvete og bygg. Hos Toland ble flest hele korn utskilt fra rasjon med hele bygg korn (48,2 %), dernest hvete (39,8 %). Færrest korn (6,7 %) ble skilt ut i gjødsla ved fôring med hele havre korn. Muligens påvirkes kornets fordøyelighet av kornsorten da frøskallet hos ulike kornslag og kornsorter kan ha ulik motstandsdyktighet mot den mekaniske og kjemiske behandlingen det får i fordøyelsessystemet. Stivelseskornenes størrelse og form varierer mellom ulike kornarter, og ulike sorter kan ha forskjellig forhold mellom amylose og amylopektin (Uhlen, 2014). Dette kan være en årsak til at fordøyeligheten av stivelse kan variere mellom ulike sorter og kornarter.

Fôrverdien til hvete helgrøde ligger i kombinasjonen av høyt fiberinnhold og stivelsesrike korn. Det høye fiberinnholdet kan bidra til å regulere vommiljøet i en rasjon med høyt innhold lettfordøyelige karbohydrater, f.eks ved høy kraftfôrandel, tidlig høsta/beita gras i rasjonen. Samtidig kan de stivelsesrike korna bidra til at kraftfôr tilskuddet i rasjonen kan reduseres. Ved å

styre høstingen til et tidspunkt hvor planten er på ønsket utviklingsstadium kan en høste fôr som kan brukes alene eller i kombinasjon med f.eks tidlig høsta gras, avhengig hvilken produksjon fôret skal brukes i. For å øke proteininnholdet i avlinga kan belgvekster som erter og vikker dyrkes sammen med hveten.

Næringsinnholdet i helgrøden påvirkes av sort, plantens utviklingstrinn, dyrkings- og høsteteknikk, konserveringsmetode og håndtering av fôret etter uttak fra silo. Proteininnholdet i planter påvirkes av planteart, sort, klima, jordsmonn, gjødsling, og plantens utviklingstrinn. Dette gjør at proteininnholdet i korn kan variere mellom 7 og 22 % av kornets tørrstoff (Shewry et al., 2013). Nitrogenet i proteinet i kornet stammer delvis fra nitrogen som remobiliseres fra aldrende vev (50-70%) og fra nitrogen tatt opp etter blomstring (50-30%) (Gooding, 2009). Dette gjør at nitrogengjødslingen kan påvirke proteinkonsentrasjonen i kornet. Delt nitrogengjødsling mellom vår og ettergjødsling ved aksskyting, kan gi økt proteinprosent i kornet (Mjærum og Skøien, 1991).

Hos Crovetto et al., (1998) ble proteininnholdet i helgrøde av hvete redusert fra 12,7 % av TS ved skyting til 7,9 % av helgrødens TS ved deigmodning. Lipidinnholdet i helgrøde av hvete redusert gradvis fra 5,4 % av TS ved skyting, til 2,7 % av TS ved deigmodning. Stivelseinnholdet økte fra 2,3 % av TS ved skyting til 18,8 % av TS ved deigmodning (Crovetto et al., 1998).

Helgrødens energiverdi vil variere avhengig av hvor godt kornåret er. Dersom det er et godt kornår vil stivelsesinnholdet og dermed energiverdien til fôret øke. Fôrverdien og mengde tilskuddsfôr som er nødvendig for å dekke kyrnes næringsbehov vil derfor variere fra år til år. Hvilken høstetid som er optimal avhenger hvilke kyr fôret er ment for, og været. Dersom været er dårlig og få korn dannes og stivelse innmatingen er dårlig, kan det muligens lønne seg å høste helgrøden tidlig når NDF fordøyeligheten er høyere da stivelse innholdet i fôret uansett vil bli lavt slik at en må regne med å øke kraftfôrmengden uansett høstetid.

Veksttiden for korn kan variere med flere uker, avhengig værforholdene. Helgrøde av korn høstes tidligere enn korn som skal males til mel. Helgrøde kan derfor være et godt alternativ for avlinger som ikke rekker å modnes, men helgrøde er ikke et alternativ hvis kornet er muggent. Dyrking av helgrøde har også en verdi som vekstskifte vekst. Et godt vekstskifte kan bidra til å redusere ugressproblem og plantesykdommer da mange plantepatogener er arts/sorts spesifikke.

Vekstskifte kan også bidra til å vedlikeholde jordstrukturen og gi bedre utnyttelse av næringsstoffene i jorda da ulike vekster har ulike næringskrav. Helgrøde av korn kan være et godt alternativ for å få avling også i år med overvintringsskade på gras, eller ved oppløying og nyetablering etter gammel eng. Dersom helgrøde av korn såes sammen med gras vil en kunne ta ut en brukbar avling samme år som en sår, samtidig som graset får økt levedyktighet og økt avlingspotensial året etter (Bysveen og Gjerlaug, 2015)

## **Dyrking av hvete**

Hvete dyrkes primært for kornas skyld som hovedsakelig brukes til å ernære mennesker. Hvete er en av verdens viktigste kornplanter i tillegg til mais og ris (Gooding, 2009). Hvete er ettertraktet på verdensmarkedet pga. de stivelse rike korna (energikilde) og innholdet av gluten proteiner som gir hveten svært gode bakeegenskaper. Hvetens glutenproteiner gjør at deigen kan holde på fermenteringsgassene som dannes av gjærsoppen i gjærbakst slik at deigen heves. Hveten som ikke tilfredsstillt krav til mathvete går til dyrefôr, spesielt ikke-drøvtyggere (Gooding, 2009).

Hvete er en av verdens eldste kulturvekster og har blitt dyrket i flere tusen år. Hvete tilhører grasfamilien. Det finnes mange sorter, både viltvoksende og kultiverte. I sortsutviklingen vektlegges dyrkingsegenskaper som veksttid, klima tilpasning, sykdomsresistens (spesielt mot patogene sopper), stråstyrke (motstand mot legde), avlingsnivå og avlingsstabilitet. Kornkvalitet, proteinmengde, proteinsammensetning og stivelsesinnhold er også fokus områder i sortsforedlingsarbeidet (Mjærum og Skøien, 1991, Gooding, 2009)

Ulike klassifiseringsmåter utfra genetikk, dyrkingsegenskaper og bruksegenskaper gjør at antall arter varierer, avhengig hvilken klassifiseringsmåte som er brukt (SNL, 2009). Ulike sorter har forskjellige krav til daglengde, temperatur og samspill mellom disse. En vanlig agronomisk klassifiseringsmåte for hvete er gruppering i høst- og vårhvete etter sortens temperaturkrav for å blomstre.

Høsthvete må ha en periode med forholdsvis lav temperatur (vanligvis 3-10 °C) i 6-8 uker (vernalisering) for å sette aks. Vårhveten derimot krever 7-18 °C i 5-15 dager for at planten skal kunne blomstre. Dette kan bidra til at planten unngår kuldeskade ved at reproduktiv utvikling

ikke settes i gang før klimaet er gunstig (Gooding, 2009). Høsthvete såes på høsten (august/september) og høstes året etter, mens vårhveten såes tidlig på våren (april/mai). Høsthveten får dermed lenger veksttid enn vårhveten, og har større avlingspotensial (Mjærum og Skøien, 1991). I Norge dyrkes det mest vårhvete pga klimaet, mens dyrking av høsthvete dominerer i Europa (SNL,2015).

Plantens utviklingshastighet påvirkes i sterk grad av temperaturen. Derfor brukes summen av middeltemperaturen for alle enkelt døgn i veksttida for å beskrive hvor stor samlet varme mengde vekstene får. Denne varmesummen blir oppgitt i døgngrader, d°.

Hvete krever generelt flere døgngrader enn bygg og havre for å modnes, og kan ikke dyrkes for kornproduksjon nord i landet og i høyden pga kort vekstsesong og risiko for frostskaade når kornet nærmer seg modning (Mjærum og Skøien, 1991). Helgrøde derimot høstes før kornet er gulmodent, dette gjør at en står friere i forhold til dyrkingssted enn ved dyrking av korn.

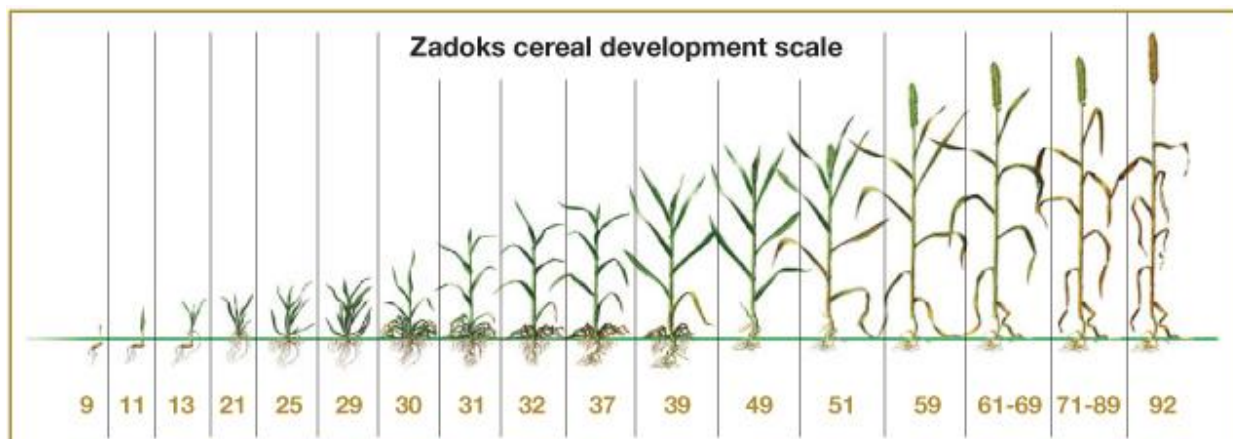
### **Hveteplantens utvikling og endring av kjemisk sammensetning gjennom vekstsesongen**

Plantenes kjemiske sammensetning endrer seg gradvis gjennom vekstsesongen. Tidlig i vekstfasen har plantecellene bare en elastisk primærvegg bygd opp av cellulose og hemicellulose. Mellom plantecellene er en midtlamell som primært består av pektin. Noen planteceller har bare primærvegg, mens andre produserer en sekundær vegg innenfor primærveggen etter at celleveksten er avsluttet (Skaugen, 2009) Dette gjør at mengden celleveggstoff øker i forhold til mengden celleinnhold etterhvert som planten vokser. Mengden celleveggstoff kan variere mellom ulike deler av en plante, og mellom ulike plantearter. Dette påvirker plantens fordøyelighet da celleinnholdet fordøyes nesten fullstendig, mens fordøyeligheten av celleveggene varierer og påvirkes av graden av lignifisering (McDonald et al., 2011). Celleveggene lignifiseres gradvis etterhvert som planten vokser. Lignin er et ufordøyelig polymer av kanelsyre og alkoholer som gjør celleveggene sterkere og stivere slik at de blir mer motstandsdyktige mot avrivning, mekanisk behandling og drøvtygging. Ligninet hindrer mikroorganismenes enzymer i å spalte  $\beta$ -1-4 glukosidbindingene i cellulosen og hemicellulosen. Dermed reduseres fordøyeligheten av plantecellene (Hvelplund og Nørgaard, 2003). Lignifiseringsgraden varierer mellom ulike deler av planten, og mellom ulike plantearter.

I gras er ligninet mer spredt over en større del av celleveggene, mens i belgvekster er ligninet mer konsentrert. Dette gjør at celleveggene fra belgvekstene fordøyes raskere selv ved høyere lignin innholdet enn i gras.

Ligninnholdet i plantemateriale kan derfor bare brukes som et uttrykk for celleveggfordøyeligheten ved sammenlikning av planter innenfor samme art (Hvelplund og Nørgaard, 2003). Hos Crovetto et al., (1998) økte ligninnholdet i surfôr av hvete helgrøde fra 3,8 % av TS ved skyting til 6,2 % av TS ved deigmodning.

For å beskrive plantens vekst er det utviklet flere ulike vekstskalaer hvor plantens vekst er delt opp i ulike utviklingstrinn. Ofte brukes Zadoks vekststadieskala (Zadoks et al.,1974) hvor hvert utviklingstrinn i plantens vekst er gitt en tallidentitet som vist i figur 1. Bruk av vekstskalaer som beskriver plantens utviklingsstrinn numerisk kan være et viktig hjelpemiddel for å gjødsle, bekjempe ugress og høste på rett tidspunkt.



Figur 1. Illustrasjon av Zadoks vekstskala (USDA, 2017)

På vekstrinn 0 begynner frøet å spire. På vekstrinn 11 er første bladet utfoldet. På vekstrinn 20 er et hovedskudd utviklet. På vekstrinn 31 er første leddknote synlig. Ved vekstrinn 40 er begynnende skyting, aksene dukker opp ved vekstrinn 50. Blomstring starter ved vekstrinn 60 og melkestadiet på vekstrinn 70. På melkestadiet begynner mengden fast stoff i endosperm (frøhviten) å øke. Deigutvikling i kornet starter på vekstrinn 80. På deigmodningsstadiet reduseres kornets vanninnhold gradvis. Ved tidlig deigmodning, (Zadoks 83) har kornet fortsatt høyt vanninnhold. Ved Zadoks 85 har kornet lavere vanninnhold, men er fortsatt mykt, mens det ved sen, hard deigmodning (Zadoks 87) har blitt hardere slik at fingerneglavtrykk blir stående igjen i kornet. Maksimal tørrstoffavling oppnås på dette stadiet (Zadoks 80-89). Modning av

kornet starter på vektstrinn 90, kornet blir hardere og kan etterhvert ikke lenger deles med fingerneglene (Zadoks 92). På gulmodningsstadiet (Zadoks 90) er det meste av grønnfargen borte, fotosyntesen er kraftig redusert og stofftransporten inn til kornet stanser. Kornavlingen er da på sitt største. Kornet er voksaktig og vanninnholdet 38-40%. Ca en uke etter gulmodning er kornet fullmodent, all grønnfarge er borte og korn og halm tørker inn. Ved overmodning dør stråene (Zadoks 94) og frøet går inn i hvile ved Zadoks 95. (Zadoks et al., 1974, Mjærum og Skøien, 1991, Jordbruksverket, 2011).

Det er viktig å undersøke flere planter på ulike steder i åkeren når det skal bestemmes hvilket utviklingstrinn plantene er på. Tørkeperioder etterfulgt av nedbør kan gi etter-renninger. Disse blir senere modne enn hovedskuddene, og gir problemer med ujevn modning i åkeren (Mjærum og Skøien, 1991)

I korna lagres fotosynteseproduktene som stivelse, plantenes lagringsform for glukose, for å kunne brukes av kimen som energikilde under spiring. Kornet har en beskyttende skalldel av hemicellulose, cellulose og lignin. Frøhviten i kornet består av celler fylt med stivelseskorn og protein. Kimen er rik på protein, fett (hovedsakelig C 18:2 (linolsyre)) og vitaminer, spesielt vitamin E, thiamin, nikotinsyre og pyridoksin. Riboflavininnholdet er lavt. Innholdet av umettet fett gjør at fettene er utsatt for å harskne. Skalldelen av kornet utgjør ca 15-16 % av hvetekornets tørrstoffinnhold, mens kimen og frøhviten utgjør hhv. 3 % og 81-82 % av tørrstoffinnholdet (Juil, 1999).

Når kornet er grønnmodent deltar alle plantedelene i fotosyntesen. I første fase av kornutviklingen øker kornstørrelsen ved at celleantallet og cellestørrelsen i kornet øker, og vann trekkes inn i korncellene. Ca 15-20 dager etter blomstring er maksimalt celletall og vanninnhold nådd, deretter reduseres vanninnholdet i løpet av 15-30 dager. I starten av grønnmodningsfasen er kjernen i kornet som velling, men den blir mer deigaktig etter hvert (45-55% vanninnhold). Hvor lang perioden med tørrstoff økning i kornet blir, er temperatur bestemt (Gooding 2009). Stivelse kornene i hvete har varierende størrelse, og kan være mellom  $< 1 \mu\text{m}$  og  $40 \mu\text{m}$  (Delcour og Hosney, 2010). I løpet av den første uken etter blomstring begynner de største stivelseskornene å dannes. De minste stivelseskornene dannes i løpet av den andre og tredje uken etter blomstring (Gooding, 2009). Dette gjør at stivelse innholdet i helgrøden av hvete gradvis øker på melkestadiet (Zadoks 70) for så å øke sterkt på deigmodningsstadiet mellom tidlig og sen



deigmodning (Crovetto et al.,1998, Südekum et al., 1995). Korn størrelsen varierer med vekst forholdene, sort og kornets plassering på akset (Gooding, 2009). Proteininnholdet i helgrøden av hvete reduseres etter skyting, med størst nedgang mellom skyting og blomstring, og deretter mer jevn reduksjon fram til deigmodningsstadiet (Crovetto et al.,1998, Filya, 2003). På deigmodningsstadiet sees en økning i proteininnholdet mellom tidlig og sen, hard deigmodning (Südekum et al., 1995) etterhvert som korna fylles med lagringsproteiner.

Stivelsen befinner seg hovedsakelig i korndelen av helgrøden, derfor vil stivelseinnholdet i helgrøden i stor grad påvirkes av kornmengden på aksene, men også av plantens utviklingstrinn og forholdet mellom aks og stengel/blad. Ulike kornsorter gir ulik kornmengde. I tillegg påvirkes kornmengden av temperatur, lysintensitet, daglengde, næringstilgjengelighet, fuktighet i jorda, jordstruktur (Gooding, 2009). Stivelse mengden i korna øker sterkt mellom tidlig og sen deigmodning (Crovetto et al., (1998), Südekum et al., (1995). Hos Wallsten (2009) økte stivelse innholdet fra 0 % av tørrstoffet ved tidlig melkemedning til ca 20 % ved tidlig deigmodning. Hos Südekum (1995) steg stivelse innholdet fra 8,1 % av tørrstoffet ved sen melkemedning til 15,8 % ved tidlig deigmodning og 20,1 % ved sen, hard deigmodning. Hos Wallsten (2009) skilte sorten Bjarne seg ut med høyere stivelse innhold enn de andre.

Korndanning forutsetter at hveteplantene har blomstret og blitt befruktet. Blomstringen på et aks er vanligvis ferdig i løpet av 2-3 dager, og i løpet av 5-10 dager for hele åkeren. Vellykket frøsetting avhenger mange faktorer som påvirkes av klimaet. Produksjon av levedyktige pollenkorner, overføring av pollen til arr, spiring av pollenkorner og vekst av pollenslange ned gjennom griffel, sammenslåing av hannlig kjønns-celle med levedyktig egg-celle og normal zygote utvikling. Alle disse trinnene er følsomme for temperatur. Særlig varme og kulde stress som hemmer fotosyntesen, næringsbrist, oversvømmelse, tørke og ekstrem fukt kan føre til at det ikke dannes frø. Hvor følsom hveten er for disse faktorene og samspillet mellom dem varierer mellom ulike hvetesorter (Gooding, 2009). Dette bidrar til at kornavlingene og mengden korn i helgrøden kan variere svært mye fra år til år. Kornavlingen i Norge var f.eks 4 952 000 tonn i 2015 (godt kornår) og 213 000 tonn i 2013 (dårlig kornår) (SSB, 2017). Dette gjør at energiverdien til helgrøde av korn og behovet for kraftfôrtilskudd i rasjonen vil variere fra år til år.

## **Høsting av helgrøde av korn**

Høstetidspunktet påvirker drysstap av korn. Når kornet er overmodent blir halmen skjør, akset kan brette av og korna drysser lett av (Mjærum og Skøyen, 1991).

Stubbhøyden under høsting påvirker andelsforholdet mellom halm og korn og påvirker dermed stivelseinnholdet i fôret. Lav stubbhøyde øker halmandelen i fôret og dermed øker NDF innholdet mens stivelse innholdet reduseres. Høy stubbhøyde øker stivelse innholdet i fôret og reduserer risikoen for sporer i fôret.

Anbefalt høstetidspunkt for helgrøde av korn er deigmodningsstadiet (Bysveen og Gjerlaug, 2015). Helgrøden kan høstes med vanlig utstyr for grashøsting forutsatt god pressing og pakking (Johansen, 2009). Men det kan være utfordrende å få pressa og pakka helgrøden godt da ståene er nokså stive. Innholdet av vannløselige karbohydrater reduseres med utsatt høstetid fra tidlig til sen deigmodning for helgrøde av hvete (Crovetto et al., (1998). Hos Yang et al., (2006) påvirket innhold av vannløselige karbohydrater fermenteringen av hvete helgrøde. Økt innhold av vannløselige karbohydrater ga høyere eddiksyre, melkesyre og etanol innhold i helgrøden (Yang et al.,2006) Dette betyr at helgrøde høstet ved tidlig deigmodning muligens vil gjæres sterkere enn helgrøde høstet ved sen deigmodning pga høyere innhold av vannløselige karbohydrater.

## **Konserveringsmetodens virkning på helgrødens fordøyelighet**

Urea behandling av helgrøden før ensilering kan øke fordøyeligheten, fôrintaket og råprotein innholdet i fôret (McDonald et al., 2011, Sutton et al., 2002). Ureabehandlingen gjør at pH i surfôret øker ved at urea omdannes til ammoniakk. Ammoniakken gjør at ligninet brytes ned slik at mer av cellulosen i plantematerialet kan fermenteres av mikroorganismene i vom. Men urea og NaOH behandling av helgrøden reduserer stivelse fordøyeligheten (Deschard et al., 1988, Sutton et al., 2002).

## **Sammenlikning av avlingsmengde for helgrøde av korn og gras**

Tørrstoffavlingen er av stor betydning for mengden fôr en får til disposisjon og hvor mange kyr som kan fôres. Avlingsmengden av gras og helgrøde av korn påvirkes av klimaforholdene,

jordsmonn, næringstilføsel, såmengde, sort, høstetidspunkt og høsteteknikk. Dette gjør at tørrstoffavlingene for både gras og helgrøde kan variere mye. Hos Nadeau (2007) lå tørrstoffavlingen for helgrøde av vårhvete (Vinjett) i Skara i Västra Götaland i Sverige, på 740 og 949 kg TS/daa i hhv. 2002 og 2003. Hos Johansen (2009) var tørrstoffavlingen for helgrøde av vårhveten Bjarne høstet ved deigmodning 1014 kg TS/daa i 2008 på Kvithamar i Nord Trøndelag.

Hvorvidt helgrøde av korn eller gras gir størst tørrstoffavling påvirkes av flere faktorer, bl.a værforholdene, høstetidspunkt og nitrogen gjødsling. I 2006 var tørrstoffavlingene på Kvithamar for helgrøde av 6-radsbygg (Edel) og vårrughvete (Duplo) høstet ved deigmodning hhv. 745 og 848 kg TS/daa ved gjødslingsnivå på 8-12 kg N/daa. Samme året på Kvithamar varierte tørrstoffavling for gras i treslåtssystem og gjødsling med 12 kg N/daa mellom 965 og 1077 kg TS/daa avhengig høstetidspunkt for graset. Høyest tørrstoff avling for gras ble oppnådd ved 2 slåtssystem (1343 kg TS/daa, første slått ved skyting). Resultater for tørrstoffavling for helgrøde av hvete på Kvithamar i 2006 mangler. I 2008 var tørrstoffavling for seksradsbygg (Tiril) og helgrøde av vårhvete (Bjarne) nokså like (hhv. 1045 og 1014 kg TS/daa) på Kvithamar, mens tørrstoffavling for toradsbygg (Sunnita) var lavere (853 kg TS/daa) (Johansen, 2009). I 2015 og 2016 var tørrstoffavling for bygg lavere (ca 725 kg TS/daa i 2015 og 2016) enn for helgrøde av hvete (ca 1025 og 900 kg TS/daa i hhv. 2015 og 2016) (Johansen, 2016). Årsaken til ulik tørrstoffavling for ulike kornarter skyldes i stor grad at de har ulike krav til varmesum for å oppnå et visst utviklingstrinn. Dette gjør at de er i ulike vekstfaser til ulik tid i vekstsesongen, og dermed utsettes for ulike værforhold på samme veksttrinn. Temperaturen etter blomstring og plantens næringstilførsel påvirker mengden korn som dannes og stivelses innmatningen i kornet, som igjen påvirker tørrstoffavlingen for helgrøde av korn. Drysstap under høsting vil også påvirke tørrstoffavlingen.

Tørrstoffavlingen for helgrøde av korn øker mellom tidlig melkestadium og tidlig deigmodningsstadium (Johansen, 2016, Wallsten, årstall for publisering ikke oppgitt). Hvor mye tørrstoffavlingen øker påvirkes av mange faktorer, spesielt av klimaforholdene, men også av sorten som dyrkes. Hos Wallsten økte gjennomsnitts tørrstoff avling med mellom 42 og 111 % (i gjennomsnitt 62 %) fra tidlig melke til tidlig deigmodningsstadium i et toårig forsøk med fem ulike vårhvete sorter dyrket ulike plasser i Sverige og på Ås i Norge. Tørrstoffavlingene på Ås

var mye høyere (1001 kg TS/daa) enn i Lännäs på innlandet i Ørebro i Sverige (475 kg TS/daa) og på kysten i nord Sverige (768 kg TS/daa) i 2009. Hos Johansen (2016) økte tørrstoffavlingen fra ca 850 til ca 1050 kg TS/daa mellom Z71 og Z85 for helgrøde av hvete i 2015 og fra ca 600 til ca 900 kg TS/daa mellom Z71 og Z87 i 2016. Med økende utviklingstrinn fra Z75 til Z87 reduseres tørrstoff andelen fra stengel og blad, mens tørrstoff andelen fra aks øker. Hvor mye andelen av tørrstoff fra aks øker, og hvor stor reduksjonen i andel tørrstoff fra stengel og blad er, varierer fra år til år (Johansen, 2016).

Nitrogengjødslingen har stor innvirkning på avlingsstørrelsen, stråstyrke og kornkvalitet og må tilpasses plantens behov. Nitrogengjødsling gir til et visst punkt avlingsøkning, men for sterk nitrogengjødsling øker faren for tidlig legde, spesielt hos sorter med svake strå (Gooding, 2009). Sterk legde gir små korn og vanskeligere høsting. Hvor tett plantebestanden er påvirker avlingsmengden ved å påvirke plantenes lystilgang og konkurransen om næringsstoffene fra jorda.

### **Forekomst av mykotoksiner i helgrøde**

Noen muggsopper som vokser på plantemateriale kan produsere giftstoffer (mykotoksiner). Fuktigere og varmere klima øker risikoen for muggangrep i åkeren. Muggsopp kan infisere plantematerialet før høsting, under høsting, lagring og prosessering, og grupperes i feltsopp og lagersopp. Feltsopp etablerer seg i åkeren under fuktige forhold, mens lagersopp vokser ved tørrere forhold og kan etablere seg i plantematerialet under lagring.

Den viktigste feltmuggsoppen som kan produsere toksiner på korn i Norge er *Fusarium* slekta. Ofte kan en art produsere flere ulike toksiner. Vanlige *Fusarium* toksiner er trichothecenene Deoxynivalenon (DON), T2 og HT-2. Zearalenon (ZEA) og enniatiner er andre vanlige *Fusarium* toksiner (Brodal, 2013). Det er begrenset informasjon tilgjengelig om mykotoksinenes helse effekt på melkekyr (Driehuis et al., 2008). T2 og DON kan brytes ned i vom, men surt miljø i vomma (vomacidose) ser ut til å gi ufullstendig nedbrytning av DON, og kan muligens øke forekomsten av mastitt og forfangenhet (Fink-Gremmels, 2008). Ved invitro inkubering av cellulose og maisstivelse i vomvæske tilsatt 40 mg DON/kg TS resulterte DON tilsetningen i redusert gassproduksjon, spesielt av eddiksyre og propionsyre. Fermentering av cellulose ga

høyere pH i vomvæska (6,69) og raskere nedbrytning av DON enn ved fermentering av maisstivelse (pH 6,31), noe som tyder på at nedbrytning av DON kan påvirkes av forholdet mellom kraftfôr og grovfôr i rasjonen (Jeong et al., 2010). Zearalenon kan omdannes til  $\alpha$ -zearalenon i lever eller av protozoer i vom. Både Zearalenon og  $\alpha$ -zearalenon kan binde seg til østrogen reseptorer og føre til ødem, oppsvulmet jur og svekket eggmodning. Svin ansees å være den mest følsomme dyrearten, men liknende symptomer er også observert hos kalver og unge kviger (Fink-Gremmels, 2008). Forsøk av Albonico et al., (2016) indikerer at mykotoksiner fra *Fusarium* muligens kan påvirke fruktbarheten hos storfe. Fusaric syre som produseres av mange *Fusarium* arter hemmer *Ruminoicoccus albus* og *Methanobrevibacter ruminantium* i vom selv ved lave nivåer (15  $\mu\text{g/mL}$ ) (May et al., 2000). *Ruminoicoccus albus* fermenterer cellulose og cellubiose og er en av de bakteriene det finnes mest av i vom (Dehority, 2003). Det er derfor trolig at de kan endre fermenteringsmønster i vom og næringsutnyttelsen.

Da helgrøde av korn høstes på et senere tidspunkt enn gras kan fôret bli eksponert for sopp smitte i lengre tid enn gras. Driehuis et al. (2008) undersøkte mykotoksin forekomsten i totalt 290 surfôrprøver av mais, gras og hvete mellom 2002 og 2004 i Nederland. DON og ZEA ble påvist i hhv. 72 og 49 % av totalt 140 prøver av mais surfôr. DON ble ikke påvist i surfôr av gras, mens ZEA ble påvist i 6 % av prøvene (totalt 120 prøver). I surfôr av hvete (30 prøver) ble det påvist DON i 3 prøver (10%). Ingen av surfôrprøvene oversteg maksgrensen for DON og ZEA (hhv. 8 og 2 mg/kg fôr med 12 % fuktighet). Graden av *Fusarium* infeksjon og mykotoksin produksjon påvirkes av mange faktorer, bl.a planteart, sort (resistens) og klimaforholdene (Jouany, 2007, Brodal, 2013). *Fusarium* infeksjon i åkeren kan gi redusert avling og endret næringsstoff sammensetning i plantene. *Fusarium* kan produsere enzymer (cellulaser, xylanaser, pectinaser) som bryter ned celleveggene i planten, cytoplasma og celleorganeller (Kang et al., 2005).

Drøvtyggere ansees ofte å være mindre utsatte for mykotoksiner enn enmaga dyr fordi mikrofloraen i vom kan omdanne giftstoffene til mindre giftige forbindelser (Mostrom og Jacobsen, 2011) Men ved fôring av helgrøde av korn kan kyrne i verste fall utsettes for store mengder mykotoksiner dersom fôret er infisert. Det er derfor viktig at helgrøden har god hygienisk kvalitet.

## 1.2 Fordøyelsessystemet hos kyr

Kua har tre formager (vom, nettmage og bladmage) som ligger mellom spiserør og løpemage. Vomma består av tre deler; dorsal, ventral og kranial avdeling hvor dorsal del er nærmest ryggen, ventral del nærmest buk og kranial del nærmest hode. Disse avdelingene i vomma er delvis atskilt med muskelfolder. Nettmagen ligger under spiserørets utmunning og har nettstruktur på overflaten. Fra bunnen av nettmagen og inn til bladmagen går bladmage kanalen som gjør at fôret kan passere fra nettmagen til bladmagen. Diameteren på bladmagekanalen er 1-6 cm hos ku (1-2 cm hos sau) og den åpnes og lukkes i takt med kontraksjoner av nettmage og vom (Hvelplund og Nørgaard, 2003). Det meste av vomveggen har glatte muskelceller arrangert i to lag med ulik retning slik at inntatt fôr kan flyttes og blandes i vomma. Kontraksjonene skjer i en bestemt rekkefølge i forbindelse med drøvtygging, fôrinntak og opprapning av vomgass. Vomkontraksjonene gjør at fôret blandes, transporteres tilbake til munnhulen for drøvtygging, og bidrar til at fermenteringsgasser stiger og kan fjernes fra vom ved oppraping (Sjaastad et al., 2010). Vomveggen er dekt av en slimhinne og papiller som kan være opptil 10-15 cm lange. Papillene er spesielt velutviklet i vommas ventrale og kraniale del. De lengste og mest utviklede papillene finnes hos kyr som hovedsakelig er fôret med grovfôr og når fôr inntaket er høyt (Sjaastad et al., 2010) Vompapillene gjør at tilgjengelig overflate for absorpsjon øker. Basallaget i vomepitelet har intracellulære rom fylt med ekstracellulær væske hvor absorberte forbindelser kan diffundere inn i kapillærene. Økt muskelaktivitet i vom etter fôrinntak bidrar til økt blodtilførsel til kapillærene i vomveggen. Dette øker absorpsjonskapasiteten for fermenteringsprodukter og  $\text{Na}^+$  fra vom.

Fôrpartiklene kan først passere ut av vom etter størrelsesreduksjon som oppnås ved drøvtygging og nedbrytning. For at partiklene skal kunne passere ut av vom må de sedimentere ned gjennom vominnholdet og inn i bladmagen for å komme videre til løpemagen. Denne prosessen avhenger bl.a partiklenes vekt og gjæringsgasser som får fôrpartiklene til å flyte oppover. Langsom flyt av store fôrpartikler ut av vom gjør at fôrinntaket hemmes, selvom energibehovet ikke er dekket (Hvelplund og Nørgaard, 2003).

## Mikroorganismene i vomma

Plateepitelet i formagene produserer ikke fordøyelsesenzymmer (Sjaastad et al., 2010).

Mikroorganismene i vomma produserer enzymer som bryter ned fôret. Mikroorganismene i vomma er livsviktige for drøvtyggerne da de ved fermentering av fôret frigjør næringsstoffer drøvtyggeren kan utnytte. Mikrofloraen i vomma består hovedsakelig av bakterier (ca  $1 \times 10^{10}$  pr mL), protozoer (ca  $4 \times 10^5$  pr mL) og sopp (ca  $1 \times 10^4$  pr mL) (Sjaastad et al., 2010). Protozoene overføres til kalven gjennom spytt fra andre drøvtyggere som har en etablert protozo populasjon, enten gjennom direkte kontakt eller indirekte kontakt f.eks via fôr andre kyr har vært i kontakt med (Dehority, 2003). De fleste av protozoene har cilier, andre har flageller, som gjør at de kan bevege seg rundt (Dehority, 2003). Vombakteriene klassifiseres vanligvis utfra hvilke substrat de fermenterer og hvilke produkter de danner. Amylytiske bakterier bryter ned og fermenterer stivelse og vannløselige karbohydrater, men de kan ikke bryte ned cellulose og hemicellulose da de ikke kan produsere enzymer som bryter  $\beta$ -glukosidbindinger. Cellulolytiske bakterier derimot kan produsere enzymer som kan bryte  $\beta$ -glukosidbindinger slik at de kan bryte ned cellulose og hemicellulose.

Det er et samspill mellom mikroorganismene i vom. De kan fremme hverandres vekst ved produksjon av forbindelser andre mikroorganismer kan utnytte, men de kan også hemme hverandre ved konkurranse om de samme næringssubstratene eller ved produksjon av bakteriosiner eller andre hemmende forbindelser. Mikroorganismene i vomma påvirker pH i vom ved produksjon av syrer. Flere protozoer kan innta bakterier og bruke deres aminosyrer som proteinkilde. Noen protozoer vokser ikke uten at bakterier er tilstede i vomvæska (Dehority, 2003).

Både bakterier, sopp og protozoer spiller en viktig rolle i nedbrytningen av celleveggkarbohydratene. Noen sopp typer kan gjennomtrenge cellevegger som er sterkt lignifiserte, og kan bidra til å gi bakteriene tilgang til plantens indre. Noen bakteriestammer kan nesten bare bruke hemicellulose og cellulose som energikilde, mens andre kan utnytte flere energikilder. Da mikrofloraen i vom bestemmes av hvilke næringssubstrater som er tilgjengelig, påvirkes fordøyeligheten av fôret i stor grad av rasjonens sammensetning. Men mikrofloraen i vom varierer mellom ulike kyr selv om de får likt fôr, noe som bidrar til at fordøyeligheten av fôret varierer noe mellom ulike individ (Hvelplund og Nørgaard, 2003).

Fôrets kjemiske sammensetning endres av mikroorganismene i vom ved at næringsstoffene i fôret fermenteres.

### **Karbohydratfordøyelse**

Mikroorganismene i vom gjør at drøvtyggerne kan utnytte andre karbohydrat kilder enn enmagede dyr. Celleveggene hos planter er hovedsakelig bygd opp av cellulose og hemicellulose samt pektin og en varierende andel lignin. Celleveggfraksjonen er den delen av plantematerialet som påvirker plantens næringsverdi mest ved å påvirke fôrinntak, fordøyelighet og metabolsk effektivitet. Cellulose er bygd opp av glukoseenheter bundet sammen av  $\beta$ -1-4 glukosidbindinger. Også bestanddelene i hemicellulose (hovedsakelig xylose- og arabinose) er koblet sammen av  $\beta$ -1-4 glukosidbindinger (Hvelplund og Nørgaard, 2003). Enmagede dyr, og heller ikke drøvtyggere, produserer enzymer som kan bryte disse glukosidbindingene. Men mikroorganismene i vomma produserer ekstracellulære enzymer som kan spalte slike bindinger og frigjøre næringsstoffer fra fôrpartiklene. Cellulose spaltes av  $\beta$ -1-4-glukosidaser til cellobiose og videre til enten glukose eller glukose-1-fosfat ved hjelp av fosforylaser. Hemicellulose spaltes av  $\beta$ -1-4-glukosidaser til xylose og uronsyre. Uronsyre omdannes videre til xylose. Graden av nedbrytning av cellulose og hemicellulose påvirkes av lignifiseringsgraden av plantematerialet. Men lignininnholdet er ikke den eneste faktoren som påvirker nedbrytningshastigheten av celleveggskarbohydratene i vom. Fôrets fysiske struktur, fôrpartiklenes tilgjengelige overflateareal, mikrofloraen i vom, mikroorganismenes mulighet for å feste seg til fôrpartiklene, næringstilgangen for mikrofloraen, kjemisk sammensetning av celleveggene, og faktorer ved dyret som drøvtygging, spyttsekresjon og vom kontraksjoner er også faktorer som påvirker nedbrytningshastigheten (Hvelplund og Nørgaard, 2003).

Innenfor celleveggene er celleinnholdet som består av vannløselige karbohydrater (fruktaner, glukose, fruktose, sukrose, raffinose m.fl.) fett, stivelse, organiske syrer og mesteparten av plantens proteininnhold. Innholdet i cellene varierer med plassering i planten.

Stivelsen er bygd opp av glukosemolekyler sammenbundet med  $\alpha$ -glukosidbindinger. Stivelse spaltes av amylase til maltose eller isomaltose og videre til glukose eller glukose-1-fosfat. Fruktaner hydrolyseres av enzymer til fruktose. Sukrose kan spaltes til glukose og fruktose og



omdannes videre til fruktose-6-fosfat. Pektiner hydrolyseres til pektinsyre og metanol av pektinesterase. Pektinsyre spaltes videre til galakturisyre som spaltes videre til xylose (McDonald et al., 2011).

Mikroorganismene inntar de enkle sukrene som spaltes fra fôrpartiklene i vomvæska og metaboliserer dem intracellulært til pyrodruesyre slik at energi (ATP) frigjøres (glykolyse). De fleste mikroorganismene i vom er anaerobe (Van Soest, 1994). Oksygeninnholdet i vomma er svært lavt da oksygen som følger med under f.eks fôrinntak forbrukes raskt. Pyrodruesyre omdannes derfor videre ved fermentering. Ved fermentering frigjøres ikke all energien fra pyrodruesyre og mye av energien i det opprinnelige glukose molekylet gjenfinnes i de organiske endeproduktene som blir igjen etter fermenteringen. Mikroorganismene kan fermenter ulike substrater. Hvilke endeprodukter som dannes avhenger hvilken mikroorganisme som fermenterer substratet, hvilket substrat som fermenteres, hvilke enzymer som produseres og i hvilken grad enzymene er aktive (Tortora et al., 2014). Enzymenes aktivitet påvirkes av bl.a pH.

Vanlige organiske endeprodukter som gjenfinnes i vomvæska er bl.a eddiksyre, propionsyre og smørsyre. Prosentandelen av de ulike organiske endeproduktene varierer med hvilke substrat som er tilgjengelig for fermentering. Det meste av de flyktige fettsyrene absorberes direkte fra vom og er drøvtyggenes viktigste energikilde (Sjaastad et al., 2010).

### **Proteinfoerdøyelse**

Proteiner er bygd opp av aminosyrer bundet sammen med peptidbindinger. Aminosyrene har en aminogruppe og en karboksylsyregruppe, og er bygd opp av karbon, hydrogen, oksygen og nitrogen. Noen aminosyrer (metionin og cystein) inneholder også svovel (McDonald et al., 2011). Mikroorganismene i vom produserer ekstracellulære peptidaser og proteaser som spalter proteiner til peptider og aminosyrer. Noen aminosyrer deamineres til forgrenede organiske syrer, ammoniakk og CO<sub>2</sub>. Mikroorganismene kan bruke ammoniakk, peptider og frie aminosyrer i ny syntese av egne proteiner (mikrobeprotein) slik at fôrets innhold av aminosyrer endres. Mikroorganismer som følger med fôrpartiklene ut av vom fordøyes av drøvtyggeren i tynntarm og absorberes som aminosyrer. Normalt er mikrobeprotein drøvtyggenes viktigste proteinkilde, men det finnes også fôrmidler med protein som ikke brytes ned i vom (McDonald et al., 2011).

Summen av aminosyrer som absorberes fra mikrobeprotein og unedbrutt fôrprotein i tynntarm kalles AAT (Aminosyrer absorbert i tarm).

### **Fetfordøyelse**

Mesteparten av lipidene i gras og kløver (ca 60 % av lipidinnholdet) er galaktolipider. Galaktolipidene består av en sukkerdel (galaktose) og glycerol bundet til fettsyrerkjeder. Fettsyrene på galaktolipidene i gras og kløver er for det meste linolsyre (C 18:2) og  $\alpha$ -linolensyre (C 18:3) (McDonald et al., 2011). I kornet er det meste av fett konsentrert i kimen, og fett er hovedsakelig linolsyre.

Mikroorganismene i vom har lipaser, galaktosidaser og fosfolipaser som spalter galaktolipidene til glycerol, galaktose og frie fettsyrer. Glycerol og galaktose fermenteres til flyktige fettsyrer. Mikroorganismene inkorporerer fettsyrene i egne cellemembraner og kan også syntetisere ulike fettsyrer hovedsakelig fra flyktige fettsyrer. Ny syntese av fettsyrer er mindre enn inkorporeringen av fettsyrer fra fôret, og reduseres når konsentrasjonen av frie fettsyrer i vom øker (Doreau og Chilliard, 1997). De frie fettsyrene hydrogeneres slik at de umettede C-18 fettsyrene mettes og omdannes til stearinsyre (C 18:0). Hydrogeneringen av fettsyrene i vom og mikroorganismenes nysyntese av fettsyrer gjør at fettsyrene som absorberes i tynntarm og vom er forskjellig fra fettsyrene som opprinnelig befant seg i fôret. Kortkjedet fett (flyktige fettsyrer) kan absorberes direkte fra vom, mens langkjedet fett absorberes i tynntarm (McDonald, 2011).

### **Rasjonssammensetnings effekt på pH i vom og fordøyeligheten av fôret**

Mikroorganismenes levevilkår og fôrets fordøyelighet påvirkes i stor grad av pH i vom. pH i vom påvirkes bl.a av hvor raskt substratene i vom kan fermenteres, og hvor raskt fermenteringsproduktene absorberes. Noen karbohydrater som f.eks stivelse og sukker kan fermenteres raskt. Ved tilskudd av store mengder lettfordøyelige karbohydrater kan produksjonen av fermenteringsprodukter være så høy at kuas absorpsjonshastighet for flyktige fettsyrer overstiges. Dersom det ikke er nok bufferstoffer i vomma vil dette føre til at pH i vom reduseres. De amylolytiske bakteriene har høy toleranse for lav pH, mens de cellulolytiske

bakteriene og protozoene er mer følsomme for pH endringer. Når pH faller under 6 reduseres artsmangfoldet av protozoer, og antall protozoer i vom blir mindre (Dehority, 2003) De cellulolytiske bakteriene hemmes, noe som gjør at fordøyeligheten av cellulose og hemicellulose gradvis reduseres når pH kommer under 6. Amylolytiske bakterier favoriseres når pH reduseres. Produksjonen av propionsyre i vom øker, mens produksjonen av eddiksyre reduseres. Da eddiksyre er et substrat for fettsyntese i melk kan dette føre til at fettprosenten i melk reduseres. Lav pH i vom reduserer også lipolysen av lipider (Doreau og Chilliard (1997).

pH i vom påvirker styrken og frekvensen på vomkontraksjonene. Høye konsentrasjoner av flyktige fettsyrer (VFA), spesielt udissosiert VFA reduserer frekvensen og styrken på vomkontraksjonene. Smørsyre hemmer vomkontraksjonene mest, mens eddiksyre virker minst hemmende. Når pH i vom nærmer seg 5, går styrken og frekvensen på vomkontraksjonene mot null (vomlammelse). Kua har da klinisk vomacidose (Hvelplund, 2003). Nørgaard (1989) fant at økt andel lang bygghalm fra 4 til 10 og 20 % av rasjonen økte kyrnes ete og drøvtyggingstid. Antall vomkontraksjoner pr minutt økte, pH i vomsaft økte og andelen nedbrutt halm i vom økte når andelen lang bygghalm i rasjonen økte og andelen malt, pelletert fôr ble redusert.

Protein og stivelse-tilskudd kan øke aktiviteten hos vommikrobenes slik at tørrstoffet i helgrøden fordøyes bedre. Hos Castejon og Leaver (1994) førte tilskudd av 2 kg melasse til signifikant økning i fordøyeligheten av NDF og ADF ( $p < 0,01$ ) i ureabehandlet helgrøde av hvete, men fordøyeligheten av organisk stoff i helgrøden ble signifikant redusert ( $p < 0,05$ ). Noen av mikroorganismene i vomma kan fermentere både stivelse og cellulose, og kan foretrekke stivelse framfor cellulose. På den måten kan stivelsen også redusere fiberfordøyeligheten. Den reduserte nedbrytningen som observeres i rasjoner med høyt stivelseinnhold kan derfor bare delvis motvirkes ved tilsetning av buffermidler som natriumbikarbonat (McDonald, 2011) Hill og Leaver (1999) fant at økt mengde proteintilskudd i rasjonen ga økt fordøyelighet av tørrstoff, organisk stoff og stivelse i en rasjon bestående av ureabehandlet hvete helgrøde som eneste grovfôr. Samtidig ble NDF-fordøyeligheten redusert, noe som tyder på at mikrofloraen i vom har blitt endret som følge av økt proteinmengde i rasjonen, eller at mikroorganismene har foretrukket andre næringssubstrat framfor NDF.

Dersom mikroorganismenes tilgang på substrat for proteinsyntese reduseres, hemmes den mikrobielle veksten og fermenteringen av fôrpartiklene reduseres. Et mål på forholdet mellom

mikroorganismenes tilførsel av vomnedbrytbart råprotein og fordøyelige karbohydrater fra rasjonen er PBV (proteinbalanse i vom). Positiv PBV betyr at det er overskudd av vomnedbrytbart råprotein i forhold til fordøyelige karbohydrater i vom, mens negativ PBV betyr at det er overskudd av fordøyelige karbohydrater i rasjonen. Negativ PBV reduserer NDF fordøyeligheten (Hvelplund og Nørgaard, 2003).

Helgrøde av korn har dårlig proteinkvalitet med tanke på essensielle aminosyrer, spesielt lysin. Aminosyresammensetningen er litt forskjellig hos de ulike kornartene og hos ulike kornsorter. Hvete har lavere lysininnhold enn bygg og havre, og lavere methionin, cystin og treonininnhold enn havre (McDonald et al., 2011). Forsøk viser at aminosyre-sammensetningen i fôret også er viktig for drøvtyggere (McDonald et al., 2011). Kyr som fôres med helgrøde av korn bør derfor få protein tilskudd. Helgrøde av hvete har lavt proteininnhold (7,9 % av TS ved deigmodning hos Crovetto et al., (1989)) sammenliknet med tidlig høsta gras (gj.snitt 17,1 % av TS ved stengelstrekking hos Bakken et al., (2009) på Kvithamar, 2004-2006). Ureatilskudd kan øke fordøyelighet og fôrinntak ved å øke mikroorganismenes aktivitet i proteinfattige rasjoner. Mangel på næringsstoff som f.eks nitrogen og svovel kan begrense mikroorganismenes vekst og aktivitet og dermed redusere fiberfordøyeligheten og mengden mikrobeprotein som dannes. Urea har blitt brukt som tilskuddsfôr i mange tiår for å øke nitrogenforsyningen til mikroorganismene. Mikroorganismene hydrolyserer urea til ammoniakk ved hjelp av enzymet urease. Ammoniakken kan utnyttes av vom mikrobenes. Men det kan oppstå mangel på svovelholdige aminosyrer hvis urea utgjør en hoveddel av rasjonens nitrogeninnhold, og store mengder urea kan gi ammoniakkforgiftning og være dødelig. Derfor bør maksimalt 1/3 av rasjonens nitrogeninnhold komme fra urea, og den bør gis fordelt på flere måltider. Urea kan også redusere smakeligheten på fôret da ureakrystallene har en salt og bitter smak (McDonald et al., 2011).

Forsøk viser at tilsetning av gjærsopp i rasjonen har gitt økt tørrstoffinntak og en tendens til høyere melkeytelse (Williams et al., 1991 og Erasmus et al., 1992). Men resultatene viste ingen signifikant effekt på tørrstoff, stivelse og NDF fordøyeligheten av fôret (Høy/ammoniakkbehandla halm og valset bygg hos Williams et al., (1991) og hvetehalm, alfalfahøy, durra og mais hos Erasmus et al. (1992)). Årsaken til høyere tørrstoffinntak kan være raskere nedbrytning av fôret som følge av gjærtillskudd. Williams et al. (1991) og Erasmus et al.

(1992) fant at rasjoner med gjærtilskudd hadde større tørrstoff tap fra nylonposer inkubert i vom de første timene etter inkubering, noe som indikerer raskere nedbrytning av tørrstoffet.

Mineralinnholdet i kornet variere med jordsmonn og klima. Fytinsyre i kornet binder fosfor, kalsium, magnesium og sink, men mikroorganismer i vom har enzymet fytase som kan frigjøre disse mineralene og dermed øke mineralfordøyeligheten. Korn er en god fosforkilde, men en dårlig kalsium kilde (Edwardsen og Ormstad, 2000). Kyr i laktasjon og dyr i vekst bør derfor få tilskudd av kalsium dersom de fôres med helgrøde av korn.

Korn har lavt vitamin A og D innhold (Edwardsen og Ormstad, 2000). Kua kan syntetisere vitamin D<sub>3</sub> ved bestråling av sollys (Hvelplund og Nørgaard, 2003). Men kyr som fôres med helgrøde og ikke får vitamin A og D behovet dekt gjennom kraftfôrtilskudd eller sollys, bør få tilskudd med A og D vitamin.

### **Næringsbehov hos melkekyr**

Energi- og protein behovet til kyrne endres utfra hvilken livssituasjon de er i, og påvirkes av om de er i laktasjon, hvilket laktasjons stadium de er i, om de er i vekst og om de er drektige.

Kuas ytelse, melkas innhold av fett, protein og laktose, utnyttelsesgraden av næringsstoffene i ulike produksjoner, samt kua størrelse og aktivitetsnivå påvirker også energi og proteinbehovet. Det er utviklet flere ulike systemer og likninger for å beregne kyrnes energi- og protein behov til vedlikehold, vekst, drektighet og melkeproduksjon etter hvert som kunnskapen om drøvtygger ernæring har økt (McDonald et al., 2011)

### **Betydningen av fiberinnhold og fôrets partikkelstørrelse i rasjonen til melkekyr**

Fiber er nødvendig i drøvtyggernes rasjon for å unngå akutt vomacidose (dødelig), forfangenhet, ødeleggelse av vom epitel, leverbyll, endret fermentering i vom, melkefett depresjon og redusert fôrinntak (Mertens, 1997). Flere metoder er utviklet for å forutsi en rasjons effekt på vommiljøet. Da melkefett depresjon er lett å måle og har økonomisk betydning, har det i mye av forskningen vært fokus på fibrenes evne til å opprettholde produksjonen av melkefett. Mertens (1997) skiller mellom fysisk effektive fibre (peNDF) som primært er relatert til fôrets partikkelstørrelse, og

effektive fibre (eNDF) som er fiberets totale evne til å erstatte grovfôr uten at fettprosenten i melka reduseres. Basert på våtsikting av partikler fra vom og gjødsel fant Poppi et al., (1985) at partikler over 1,18 mm har større motstand mot passasje ut av vom enn partikler under 1,18 mm, som passerer raskere ut av vom. Økt fôrtikkelstørrelse øker fiberfordøyeligheten ved å øke oppholdstiden i vomma. Basert på slike forsøk er 1,18 mm foreslått som en kritisk partikkelstørrelse for passasje ut av vom, og brukt som porestørrelse på siler for å bestemme fôrets andel av fysisk effektive fibre. Fysisk effektive fibre er fiber som påvirker tyggeaktivitet og vominnhold (Mertens, 1997). Mengden peNDF i fôret kan estimeres ved å multiplisere NDF konsentrasjonen i fôret (% av TS) med andelen partikler som holdes tilbake på en sil med porestørrelse 1,18 mm, og oppgis som en prosentandel av tørrstoffet hos Mertens (1997).

For å opprettholde gjennomsnittets pH i vom på 6,0 fant Mertens (1997) at 22 % av fôrets tørrstoff måtte være fysisk effektiv NDF, og 20 % for å opprettholde fettprosenten i melka.

Fiberfraksjonen i fôret spiller en viktig rolle for fôrets fordøyelighet da fiberinnholdet påvirker tyggetiden og dermed spyttutskillelsen til vom da tyggingen stimulerer til spyttutskillelse. Spyttet til drøvtyggerne er basisk med pH rundt 8,2. Den høye konsentrasjonen av bikarbonat og fosfat i spyttet gir spyttet en buffer evne slik at pH svingningene i vom reduseres. Dersom fôrets partikkelstørrelse reduseres bruker kua kortere tid på å tygge, noe som gir redusert spytt -og bikarbonattilførsel til vom og dermed redusert bufferevne for å motstå pH svingninger i vom. Når pH i vom faller under pH 6 hemmes veksten av cellulolytiske mikroorganismer, mens veksten av propionsyre-produserende bakterier stimuleres slik at det dannes mer propionsyre i forhold til eddiksyre og fettprosenten i melka kan bli redusert (Lammers et al., 1996)

Tyggetid (hvor lang tid kua bruker på å tygge på rasjonen) er en annen markør for rasjonens virkning på vommiljøet. Tyggetiden beregnes som summen av etetid og drøvtyggingstid. Tyggeaktiviteten reflekterer fôrets kjemiske og fysiske egenskaper og måles ved bruk av tyggetidsgrimer, eller anslås med likninger hvor faktorene gjennomsnittets partikkelstørrelse i fôret, tørrstoff, NDF og iNDF innhold i rasjonen inngår (Volden, 2011). Forholdet mellom iNDF og NDF brukes i tyggetidlikningen til Norfôr som et mål på fôrets motstand mot fysisk oppdeling under tygging. Gjennomsnittets tyggetid per kg NDF i fôret har blitt brukt for å beskrive og rangere fôrmidler etter deres strukturverdi i rasjoner til melkekyr (Kornfelt et al., 2013).

Hos Volden, (2011) anbefales det at tyggetiden er over 32 min/kg TS. Dersom tyggetiden blir for lav øker risikoen for sur vom, redusert fiberfordøyelighet, lavt forhold mellom eddiksyre og propionsyreproduksjonen i vom og redusert fettinnhold i melka (Volden, 2011).

### **Fôrinntakets effekt på oppholdstiden i vom og fordøyeligheten**

Fôrinntaket og fôrets tilgjengelige energi- og næringskonsentrasjon avgjør mengden næringsstoffer dyret får til disposisjon, og påvirker derfor ytelse, tilvekst, produktets kjemiske sammensetning og økonomisk avkastning. Da tørrstoffinntaket er begrenset, bl.a pga volumet i fordøyelseskanalen, er det viktig at energi- og næringskonsentrasjonen i rasjonen er tilpasset dyrets fôropptakskapasitet slik at dyrets næringsbehov dekkes.

De fleste produksjons-sykdommer hos melkekyr opptrer tidlig i laktasjonen og settes i forbindelse med lavt fôrinntak rundt kalving. Fôrinntaket påvirkes av egenskaper ved dyret, fôret, driftsmåten og miljøet, og reguleres av signaler fra kroppen utfra næringsstofforbruk (til vekst, fosterproduksjon, melkeproduksjon, vedlikehold), ernæringsstatus og av tilgjengelig plass i fordøyelsessystemet, spesielt i vomma.

Frivillig tørrstoffinntak av fôrmidler med høyt fiberinnhold og lav fordøyelighet begrenses i større grad av tilgjengelig plass i fordøyelseskanalen enn fôr med lavt fiberinnhold og høy fordøyelighet (Allen, 1996). Kyrne kan maksimalt innta en NDF mengde på ca 1,1 % av kroppsvekten (Kornfelt, 2013).

Fôrets nedbrytningshastighet og oppholdstid i vom påvirker vommas fylningsgrad, og vomstørrelsen varierer hos ulike kyr. Fôrets fylningsgrad i vom (fylleverdi) påvirkes av fôrets passasjehastighet som påvirkes av fôrets partikkelstørrelse, innhold av celleveggstoffer, nedbrytningshastighet, hastighet i partikkelstørrelsereduksjon og partiklens vekt (Hvelplund og Nørgaard, 2003).

Fôr nivået påvirker fordøyeligheten av fôret. Südekum et al.,(1995) fant at økt fôr inntak ga redusert fordøyelighet av de ulike fôrfraksjonene ved sammenlikning av fri tilgang og vedlikeholdsfôring med hvete helgrøde.

Fôrinntaket påvirker fôrets passasjehastighet, og dermed hvor lang tid som blir tilgjengelig for fermentering i vom. Det tar forholdsvis lang tid å fordøye celleveggs karbohydrat fraksjonen av fôret. Derfor er oppholdstiden i vom avgjørende for hvor stor del av de potensielt nedbrytbare celleveggene som fordøyes. Dette gjør at fôrets fordøyelighet i stor grad påvirkes av fôrpartiklenes passasjehastighet gjennom vom.

Fôrets passasjehastighet påvirkes av fôrets partikkelstørrelse. Generelt gir økt partikkelstørrelse redusert fôrinntak, lengre oppholdstid i vom og økt fordøyelighet. Men dersom kraftfôrandelen er over 40 % vil ikke redusert partikkelstørrelse gi økt tørrstoff inntak (Krause og Combs, 2003) antakelig fordi pH i vom reduseres til et nivå hvor fiberfordøyeligheten reduseres slik at fôrets passasjehastighet blir langsommere. Ved gjennomsnitts partikkelstørrelse 3,5 og 2,5 mm og kraftfôrandel på 61 % av rasjonen, fant Krause og Combs (2003) at økt partikkelstørrelse ga høyere fôropptak (+1,8 kg TS/dag), lengre tyggetid, høyere eddiksyre/propionsyre forhold i vomvæska og tendens til økt fordøyelighet av organisk stoff. Dette stemmer overens med forsøk av Le Liboux og Peyraud (1998) hvor økt median partikkelstørrelse fra 1,0 til 2,4 mm ga økt tyggetid, økt fordøyelighet av organisk stoff og cellevegger, mer eddiksyre og mindre propionsyre produksjon i vom, økt oppholdstid i vom, økt cellulolytisk aktivitet og endret vommiljø (Le Liboux og Peyraud, 1998).

Flere forsøk viser at innblanding av helgrøde i rasjonen til melkekyr ofte gir økt fôropptak, men ikke alltid økt ytelse. Hos Phipps et al., (1995) ga innblanding av 33 % fermentert helgrøde av hvete i rasjon med førsteslått av flerårig raigras signifikant økt grovfôrinntak fra 9,3 til 10,6 kg TS/dag ( $p < 0,05$ ). Inkludering av helgrøden ga signifikant høyere proteininnhold i melka (økning fra 0,67 til 0,72 kg/dag), men ikke signifikant endring i fettinnhold i melka eller melkeytelse. Også hos Abdalla et al., (1999) ga inkludering av ureabehandlet helgrødesurfôr av vårhvete (Z87) i rasjon med førsteslått flerårig raigras økt fôrinntak ( $p < 0,001$ ). Ved inkludering av 33 % helgrøde (% av TS fra grovfôr) økte grovfôrinntaket fra 10,57 kg/dag til 11,53 kg/dag, og ved inkludering av 50 % helgrøde (% av TS fra grovfôr) økte grovfôrinntaket til 12,41 kg grovfôr/dag. Samtidig ble fordøyeligheten av organisk stoff redusert fra 49,4 % i rasjon med kun grassurfôr til hhv. 37,2 og 32,1 % i rasjonene med 33 og 50 % helgrøde av hvete. Inkludering av helgrøde ga ingen signifikant endring i melkeytelse, men signifikant høyere fett og proteinprosent i melka (hhv  $p < 0,05$  og  $p < 0,01$ ). Fett og proteininnholdet i melka økte fra hhv



40,8 og 28,4 g/kg melk til 43,7 og 29 g/kg melk ved inkludering av 33 % helgrøde i rasjonen, mens inkludering av 50 % helgrøde økte fett og proteininnholdet til hhv 44,1 og 29,5 g/kg melk. Hos Ahvenjärvi et al., (2006) derimot ga inkludering av 20, 40 og 60 % helgrødesurfôr av bygg (% av TS) i rasjon med førsteslått av timotei og engsvingel ikke signifikant økning i tørrstoffinntak. Økt andel helgrødesurfôr i rasjonen ga redusert melkeytelse fra 33,2 til 32,2, 31,4 og 30,9 kg/dag for hhv 0, 20,40 og 60 % helgrøde av bygg i rasjonen, antakeligvis pga redusert rasjonsfordøyelighet og næringsstofftilførsel.

### **Fôrprosesseringens effekt på fordøyeligheten**

Fordøyeligheten påvirkes av kornets malingsgrad, fuktinnhold og korntype. Flere forsøk viser at hele korn av hvete og bygg fordøyes dårligere enn knuste korn (Toland, 1976 og Fulkerson og Michell, 1985). Oppmaling øker tilgjengelige overflater for enzymatisk nedbrytning. Dette vil påvirke næringstilførselen til mikroorganismene. Dersom den økte tilgangen på lett fermenterbare karbohydrater fører til redusert pH i vom kan det gjøre levevilkårene for de cellulolytiske mikroorganismene vanskelig slik at fiberfordøyeligheten og fôrintaket reduseres.

Forsøk viser at finmaling av fôret uten videre endring av fôrets kjemiske komposisjon, gir økt fôr inntak, raskere passasjehastighet av fôrpartikler gjennom vom, redusert ete- og drøvtyggingstid, redusert fettinnhold i melk, lavere pH i vom, og kan gi utvikling av vom parakeratose, økt forekomst av trommesyke (oppblåsthet), endret mikroflora i vom og redusert forhold mellom produsert eddiksyre og propionsyre i vom (Miller og O'Dell, 1969). Redusert fôrpartikkelstørrelse gjør at fôrpartiklene forlater vomma raskere. Økt passasjehastighet gir økt fôrintak, men kortere oppholdstid i vom gjør at mikroorganismene får kortere tid til å fordøye partiklene slik at fordøyeligheten av fôret reduseres, spesielt fiber fordøyeligheten.

Da bygg korn er mer brukt som kraftfôr til drøvtyggere enn hvete, er det gjort flere forsøk med effekt av valsing av bygg enn hvete på korn fordøyeligheten. Tørr valsing er en vanlig prosesseringsmetode som øker fordøyeligheten av korn i vom, men prosessering av bygg korn har gitt varierende effekt på produktiviteten hos storfe. Årsaken til dette kan være varierende grad av prosessering, ulik kjemisk og fysisk korn kvalitet og bruk av ulike kornsorter som kan påvirke hvilken prosesseringsmetode som er best, og graden av prosessering som kreves (Dehghan-banadaky et al., 2007)

## **2.0 Materialer og metoder**

### **2.1 Beskrivelse av forsøksgjennomføringen**

Forsøket ble gjennomført som et 4 x4 latinsk kvadrat med 8 voksne NRF kyr uten vomfistel ved Senter for Husdyrforsøk (SHF) i Ås i 2016. Forsøksperioden ble delt opp i 4 perioder og kyrne gruppert i to grupper à 4 kyr hvor hver ku fikk prøve hver rasjon i en periode på 3 uker. Kyrne ble gruppert etter laktasjonsstadiet. Gruppe 1 var 125-141 dager ut i laktasjonen, og gruppe 2 var 165-185 dager ut i laktasjonen ved forsøksstart. Kyrne sto på bås under forsøket.

Forsøksfôret ble høstet ved to ulike utviklingstrinn, ved Zadoks 83 og 87. Disse stadiene gjenkjennes av hhv myk kjerne (tidlig deigutvikling) ved Zadoks 83 og hardere kjerne og begynnende gulning av aks (sen deigutvikling) ved Zadoks 87. Ved Zadoks 87 kan ikke korn innholdet lenger klemmes ut, og neglavtrykk blir sittende igjen i kornet (Jordbruksverket, 2011, Zadoks et al., 1974) Halvparten av forsøksfôret fra hver høstetid ble valset.

Kyrne fikk en tilvenningsperiode på 16 dager med bástilvenning, og gradvis økt andel helgrøde i rasjonen. I tilvenningsperioden ble fôropptaket målt for å kunne regulere utfôringen i forsøksperioden slik at det ble minst mulig fôrrester (0,5-1,5 kg pr ku pr dag). Begrensning av restemengden er viktig for at beregningen av fordøyeligheten av fôret skal bli mest mulig korrekt. Hver periode varte i tre uker, hvor første uken i hver periode var tilvenningsfase med fôrskifte. Fôropptak og melkeytelse ble gjort hver dag i alle uker, mens oppsamling av gjødsel og urin ble gjort i 4 døgn i uke tre i hver periode.

### **Forsøksfôret**

#### **Dyrking**

Forsøksfôret var Krabat vårhvete, en sort som har middels strå lengde, god stråstyrke og generelt gode sykdomsresistens egenskaper. Sorten har god kornkvalitet med middels store korn. Sammenliknet med andre sorter vårhvete gir den middels avling og har middels veksttid. (Åssveen, 2014?) Forsøksfôret ble sådd 20.04.2015 på totalt 59 daa på Kjerringjordet i Ås. Såmengde var 24 kg frø pr daa. Ved såing ble det gjødslet 11 kg N (50 kg/daa med 22-3-10) og 19. juni ble det overgjødslet med 5 kg N (18,5 kg/daa med 27-0-0). Den 15.juni ble åkeren

sprøytet mot ugras med Starane XL (80 ml/daa). Det ble ikke sprøytet mot sopp, men det ble heller ikke noe særlig soppangrep (Randby, 2016).

### **Høstetid, høsteteknikk og konserveringsmetode**

Helgrøden med tidlig deigmodning, utviklingstrinn ca 83 på Zadoks skala, ble høstet 27.juli 2015. Det hadde da gått 99 vekstdøgn, 646 døgngader (basistemperatur 5 °C) og 339 mm nedbør. Været under høsting var bra, oppholdsvar og sol, men noe dogg i enga. Døgnmiddel temperatur var 14,1 °C, høyeste temperatur 17,0 °C, laveste temperatur 10,3 °C målt på målestasjon i Ås. Det regnet dagen før høsting (15,1 mm) (IMT, 2015).

Helgrøden med sen deigmodning, utviklingstrinn ca 87 på Zadoks skala, ble høstet 14. august 2015. Det hadde da gått 117 vekstdøgn, 819 døgngader (basistemperatur 5 °C) og 414 mm nedbør. Været under høsting var bra, oppholdsvar, døgnmiddel 16,3 °C, høyeste temperatur 23,5 °C, lavest 7,5 °C målt på målestasjon i Ås. Det hadde vært lite nedbør flere dager før høsting (IMT, 2015).

Arealet som ble slått til hver høstetid ble fordelt på skjønn, og noe av arealet ble brukt til testing av høsteteknikken. Totalt ga de 59 daa med Krabat vårhvete 129 rundballer med middelvekt 756 kg for høstetid 1 og 595 kg for høstetid 2 (gjennomsnitts vekt ved åpning av de 8 første ballene fra hver høstetid).

Helgrøden ble høstet med slåmaskin Kverneland Taarup 5087 M Butterfly med 3 m bredt bakmontert slåtteaggregat uten stengelbehandling og lavt turtall for skånsom høsting. Stubbhøyde på slåmaskinen var innstilt på 10 cm. Fôret ble konserverert i rundballer uten tilsetning av ensileringsmidler. Omtrent 2/3 av slåtteaggregatets bredde ble brukt til legging av en ca 2 m bred streng som ble plukket opp av en Orkel hiQ rundballepresse. Rundballepressa ble kjørt med maksimalt pressetrykk for å minimere luftmengden i ballene. For å unngå spill av korn var kutteaggregatet på rundballepressa løftet (satt ut av drift).

Kun et lite areal ble slått om gangen for å få kort tørketid (10-20 min) slik at helgrøden skulle være mer føyelig og pakke seg bedre i rundballene slik at luftmengden i massen ble minimert. Helgrødens kuttelengde før pakking i rundballer var > 5 cm, og den ble pakket i 20 µm tykk og 140 cm bred strekkbar innerplast (TrioBaleCompressor) som ifølge produsenten skal gi mer kompakte baller med mer stabil form enn rundballer med netting (Triowrap.com). Utenpå

plastfilmen ble det lagt 12 lag med hvit 75 cm bred og 25 µm tykk Trioplast ytterplast (Randby, 2016).

Det ble tatt ut boreprøver av rundballefôret etter pressing, men før pakking. Det ble også samlet hele strå med aks fra åkeren. Boreprøve og strå med aks ble analysert for innhold av tørrstoff, aske, nitrogen, NDF og vannløselige karbohydrater (WSC). Stivelseinnholdet ble kun analysert i boreprøve og aks. Disse analysene ble utført på laboratoriet ved Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, NMBU, Ås (IHA-laboratoriet).

Under høsting ble det noe tap av hele nedkjørte hvetepanter i hjulsporet. Det var også noe tap av aks og korn etter høsting, men mengden ble ikke kvantifisert. Det var ingen åpenbar synlig forskjell i mengde tap og avling på jordet mellom første og andre høstetid (Randby, 2016).

### **Oppkutting og valsing**

Før utfôring ble to og to rundballer fra samme høstetid kuttet opp og blandet i fullfôrblenderen SiloKing Kverneland Duo 1840 med to blandeskruer. Oppkuttingen ble gjort for å øke kyrnes fôropptak, for å unngå sortering av fôret og for å gjøre det praktisk mulig å valse helgrøden. Halvparten av forsøksfôret ble valset i kornvalsa Murska 350 S med riflede valser for å knuse kornene i helgrøden slik at fordøyeligheten av helgrøde med hele og valsede korn kunne sammenliknes. Det var begrensede mengder fôr som kunne kjøres gjennom kornvalsa før den tettet seg, og oppkuttingstiden i fullfôrblenderen måtte derfor tilpasses slik at helgrøden ble godt nok oppkuttet til å kunne gå gjennom. Ulike kuttetider i fullfôrblenderen ble testet og utfra håndsortering av helgrøden etter kutting, ble det bestemt at kuttetiden skulle være 40 min for helgrøde fra begge høstetider.

### **Lagring**

Alt forsøksfôret ble lagt i plastdekte trekasser (6 kasser pr rundballe) og fryselagret ved -20 °C etter oppkutting og valsing for å bevare fôrkvaliteten best mulig. Ferske prøver av helgrødesurfôret ble analysert for tørrstoff, ammoniakk N, syrer, etanol og pH av Eurofins. Frysetørkede samleprøver av helgrøde fra periode 1+2 og 3+4 ble analysert for tørrstoff, aske, N, NDF, fett, WSC og stivelse ved IHA.

## **Energi og proteintilskudd (Kraftfôr)**

For å dekke kyrnes energi og protein behov fikk de kraftfôr i tillegg til helgrødesurfôret. Alle kyrne fikk 5,1 kg Formel Elite 70 pr dag og protein tilskudd i form av urea (50 g/dag/ku) og 2,4 kg Formel Protein 32 pr dag. Alle kyrne fikk også 200 g Pluss Vomstabil pr dag. Pluss Vomstabil inneholder bufferstoffer som gjør at pH i vom øker samt gjærsopp som kan bidra til bedre fiber fordøyelighet. Urea ble løst i vann og ble sammen med Pluss Vomstabil fordelt over kyrnes dagsrasjon. Alle kyrne hadde tilgang på grå saltstein. Frysetørkede prøver av kraftfôret ble analysert for innhold av tørrstoff, aske, Kjeldahl-N, NDF, fett, WSC og stivelse ved IHA.

## **Fôrinntak**

Fôrinntaket ble registrert alle dager i forsøksperioden. I beregningene av fôrets fordøyelighet ble gjennomsnitts fôrinntak fra 4 døgn i gjødsel og urinoppsamlingsperioden brukt for å beregne næringsinntaket fra helgrøden.

Kraftfôr og helgrøde ble tildelt tre ganger pr dag, kl 07.00, kl 13.00 og kl 19.00. Mengden helgrøde ble tilpasset slik at kyrne skulle ha fôr tilgjengelig døgnet rundt uten å få for mye fôrrester (maks 0,5-1,5 kg pr dag). Fôrrestene ble veid daglig, og i uke 3 i hver periode ble det i 6 påfølgende døgn tatt ut prøver fra fôrrestene til en samleprøve for hvert fôrslag fra hver ku. Denne samleprøven ble analysert for tørrstoff, aske, Kjeldahl-N, NDF, stivelse og WSC for å kunne korrigere næringsinnholdet i inntatt fôr.

## **Gjødsel og urinoppsamling**

Gjødsel og urin fra kyrne ble samlet i 4 påfølgende døgn i uke 3 i hver periode. Dette ble gjort for å bestemme mengden forøveligheten av fôrrasjonene, og bestemme mengden utskilt nitrogen. All gjødsel fra hver ku ble samlet opp i bøtter og veid to ganger pr døgn i oppsamlingsperioden for å finne kyrnes gjennomsnittlige gjødsels utskillelse pr døgn. 10 % av kuas gjødselmengde pr døgn ble tatt ut fra oppsamlingsbøttene etter omrøring og lagret på kjølerom. Etter avslutning av oppsamlingsperioden ble det tatt ut gjødselprøver fra samle bøtta etter omrøring. Fra hver ku ble det i uke 3 i hver periode tatt ut 2 X 500 g gjødsel til tørrstoffbestemmelse. 2 x 500 g ble frysetørket for analyse av gjødsels innhold av tørrstoff, aske, N, NDF og stivelse ved IHA. En reserveprøve og en gjødselprøve à 500 g ble også tatt ut til våtsikting for å finne antall hele/knuste hvetekorn og partikkelfordelingen i gjødsla.

Urin ble oppsamlet ved hjelp av urintrakt. For å unngå fordamping av ammoniakk fra urinen ble pH i urinen senket til under pH 4 ved tilsetning av H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. 10 % av døgnmengden urin ble samlet i en oppsamlingsbøtte for hver ku og lagret på kjølerom. Etter avslutning av oppsamlingsperioden ble det tatt ut urinprøver (2 sentrifugerør pr ku) fra oppsamlingsbøtta etter omrøring. Urinprøvene ble deretter fryst ned for analyse av nitrogeninnholdet i urin.

## **Melk**

Kyrne ble melket og melkemengden registrert to ganger daglig, kl 07.00 og kl 19.00. Ukentlig ble det laget en samle prøve for melka fra 6 påfølgende mål tilsatt totalt 3 bronopoltabletter. Fra denne samleprøven ble det tatt ut en representativ prøve for analyse av melkas innhold av fett, protein, laktose, urea, frie fettsyrer og celletall.

## **Våtsikting av gjødsel**

Gjødsla ble våtsiktet for å bestemme partikkelfordeling og mengden hele/knuste korn i gjødsla. 250 g opptint gjødsel fra uke 3 i alle perioder ble våtsiktet gjennom 8 siler med porestørrelse 4 mm, 2,5 mm, 2 mm, 1 mm, 500 µm, 250 µm, 200 µm og 100 µm. Innstillingene på maskina (Retsch) var amplitude 2,5 i 10 minutter. Silene som ble brukt til våtsiktingen var produsert av Retsch i Tyskland. Etter separering ble innholdet i hver sil skrapet og skylt over i plastikkskåler og tørket ved 59 °C i ett døgn for å bestemme vektfordelingen mellom de ulike partikkelfraksjonene. Deretter ble innholdet fra de tre øverste silene gjennomløst for hele korn og kornfragment. Antall hele korn ble telt og veid. Da dette arbeidet var svært tidkrevende ble det bare gjort en prøve fra ku i hver periode (totalt 32 prøver).

## **Måling av fôrtiklenes kuttelengde**

En prøve à 80 g våtvekt fra hver fôrrasjon fra uke 3, periode 4 ble håndsortert for å finne median kuttelengde og kornmengden i fôret. Fôret ble opptint i ca et døgn før prøveuttak. De fire fôrprøvene ble sortert i fraksjonene 0-2,5 cm, 2,5-5 cm, 5-7,5 cm, 7,5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm. Skall, hele korn og valsede korn ble skilt ut fra fôrprøven i egne fraksjoner. Deretter ble hver fraksjon tørket og veid. Vekten av fraksjonene ble brukt til å beregne median kuttelengde.

Da håndsorteringen var svært tidkrevende ble Penn State Particle Separator brukt til å undersøke forskjellen mellom partikkelfordelingen og kornmengden i de ulike fôrrasjonene og mellom fôr og fôrrester. Penn State Particle Separator består av fire kasser stablet over hverandre. De tre øverste kassene har hull med diameter på hhv. 19,0, 8,0 og 1,18 mm, mens nederste kasse ikke har hull (bunnplate). Kassene skyves i en bestemt rekkefølge som beskrevet i brukermanualen for Penn State Particle Separator. Dette gjør at lange partikler blir værende i øverste kasse, mens mindre partikler fordeler seg i de andre kassene. De samme fôrrestene som ble analysert for kjemisk innhold ble brukt til å bestemme partikkelfordelingen og kornmengden i fôrrestene. To paralleller à 200 g våtprøve av fôret og en parallell à 200 g våtprøve av fôrrester ble tørrsiktet etter 1 døgn i varmeskap ved 59 °C. Kornfraksjonen ble sortert ut forholdsvis raskt fra boksen med hull diameter 1,18 mm. Kornmengden ble bestemt i én parallell à 200 g (våtvekt) fra fôrrester fra hver av de fire rasjonene og i én parallell à 200 g (våtvekt) fra helgrødesurfôr høsta ved sen deigmodning (Zadoks 87, valsa og uvalsa). Kornmengden i 200 g prøven av Z 83 valsa og uvalsa ble ikke bestemt da det var mer tidkrevende å finne kornene i disse rasjonene. Denne løsningen ble valgt da kornmengden også ble bestemt i 80 g våtprøve fra alle rasjonene under håndsorteringen i forbindelse med bestemmelse av median kuttelengde.

### **Fôr analyse**

Grunnlaget for alle de klassiske fôrvurderingssystemene som er basert på fordøyde næringsstoffer har vært Weende analysen. I Weende analysen deles fôrets bestanddeler inn i råaske, råprotein, råfett, rårevler og nitrogenfrie ekstraktstoffer. Nitrogenfrie ekstraktstoffer (NFE) er organisk stoff minus råaske, råprotein, råfett og rårevler. Tanken med å dele karbohydrat delen av fôret i rårevler og NFE var å skille tungt og lettfordøyelige karbohydrater fra hverandre (Hvelplund og Nørgaard, 2003).

Nyere fôrmiddelvurderingssystemer som Norfor tar utgangspunkt i van Soest (1994) sin inndeling av fôrets karbohydratdel i NDF (celleveggstoffer) og stivelse, sukker og rest karbohydrater ( $\beta$ -glukaner, pektiner). NDF består av cellulose, hemicellulose og lignin. NDF delen av fôret deles videre inn i en potensielt nedbrytbar del (pdNDF) og en totalt ufordøyelig del (iNDF). NDF kan også deles inn i ADF (Acid detergent fiber) som representerer cellulose og lignin, og ADL (Acid detergent lignin) som representerer lignin delen av fôret (Hvelplund og Nørgaard, 2003).

I denne oppgaven er likninger fra Norfor boka (Volden, 2011) brukt for å beregne helgrødens fôrverdi. Tørrstoffet deles inn i organisk stoff og aske. Organisk stoff deles videre inn i råprotein, råfett, NDF, stivelse, sukker, rest karbohydrater og fermenteringsprodukter (Volden, 2011).

## **Analysemetoder**

### **Tørrstoff bestemmelse**

Mengden tørrstoff i en prøve bestemmes ved å fordampe alt vann fra prøven til prøven har fått stabil vekt. Temperatur og tid avhenger prøvetype og om prøven skal analyseres videre. Tørrstoffinnholdet beregnes som

$$\text{Tørrstoffinnhold (g/kg fôr)} = (\text{prøvens vekt etter tørking} / \text{prøvens vekt før tørking}) \times 1000$$

Prøven skal veies varm for å hindre vektøkning pga opptak av vann fra lufta. Dersom prøven inneholder flyktige forbindelser må beregnet tørrstoffinnhold korrigeres for dette. Norfôr har egne korrigeringsfaktorer for dette basert på prøvens pH da tap av VFA og melkesyre øker når pH reduseres. Disse korrigeringsfaktorene har blitt brukt for å korrigere tørrstoff verdiene for helgrødesurfôret.

### **Aske analyse**

Aske er den uorganiske delen av prøven, og består hovedsakelig av mineraler.

Prøvens askeinnhold finnes ved å forbrenne prøven fullstendig ved 550 °C i minst 4 timer til alt karbon er ute av prøven.

Boreprøver av nyhøsta helgrøde, ferske aks og halm fra åkeren, frysetørkede prøver av helgrøde surfôret, frysetørka kraftfôr, fôrrester og gjødsel ble analysert for askeinnhold ved IHA-lab.

### **NDF (Neutral Detergent Fiber) analyse**

NDF er den restfraksjonen som blir igjen når celleinnholdet er skilt ut fra prøven ved hjelp av aceton, nøytral såpeløsning, natriumsulfitt og varmestabil  $\alpha$ -amylase under varmebehandling.

Restfraksjonen kalles NDF og består hovedsakelig av hemicellulose, cellulose og ligning.

NDF analyse ble gjort på boreprøver av nyhøsta helgrøde, ferske aks og halm fra åkeren, frysetørka helgrøde surfôr, frysetørka kraftfôr, fôrrester og gjødsel ved IHA – lab.



### **ADF (Acid Detergent Fiber) analyse**

ADF består av hovedsakelig av cellulose og lignin som har blitt separert fra oppmalt prøvemateriale med en sur såpeløsning. Cellulosen og ligninet ekstraheres med acetonbehandling etterfulgt av behandling med cetylmetylammoniumbromid og svovelsyreløsning i en Ankom<sup>200</sup> Fiber Analyzer. For nærmere beskrivelse av analysemetoden for ADF henvises til IHA-nr.: Msp-1037

### **iNDF (indigestible Neutral Detergent Fiber) analyse**

Mengden iNDF ble bestemt ved langtidsinkubering i vom i 288 t i inkuberingsposer med Sefar Petex 07-11/5 stoff (Sefar AG, Heiden Sveits). Mengden ufordøyd NDF i posen etter 288 timers vominkubering divideres på mengden NDF i posen før vominkubering og multipliseres med 1000 for å bestemme mengden iNDF i prøvematerialet i g/kg NDF.

iNDF innhold ble bestemt utfra en samleprøve for hver surfôrtype i periode 1+2 og i periode 3+4. Før inkubering i vom ble prøvene malt på 1,5 mm sold.

### **Stivelse analyse**

Stivelsen er samlet i kornfraksjonen av helgrøden. Stivelse er bygd opp av mange glukosemolekyler bundet sammen med  $\alpha$ -glukosidbindinger. Mengden stivelse i en prøve kan derfor beregnes ved å bryte ned stivelsen til glukose ved hjelp av varmestabil  $\alpha$ -amylase, og bruke glukosemengden til å anslå stivelsesinnholdet. Denne analysemetoden gjør det derfor nødvendig å ekstrahere ut sukker og fett med etanol før stivelsesanalysen dersom prøven inneholder over 4 % sukker og/eller over 8 % fett. Stivelse innhold ble analysert i boreprøver av fersk avling, ferske aks, frysetørka prøver av helgrødesurfôret, kraftfôr, fôrrester og gjødsel.

### **Vannløselige karbohydrater (WSC)**

Vannløselige karbohydrater er fotosyntese produkter. Analysen av vannløselige karbohydrater påviser summen av monosakkarider, sukrose (disakkarid) og fruktaner (polymer av fruktose – lager karbohydrat i planter, lagret i plastider). Karbohydratene i prøvematerialet ekstraheres ved å hydrolysere karbohydratene til glukose og fruktose vha. bla. eddiksyre og  $H_2SO_4$  under varmebehandling. Deretter kan glukose og fruktose påvises ved hjelp av absorbans målinger i spektrofotometer (340 nm).

## **Råfett analyse**

Analyse av råfett ble gjort med petroleumseter som løsemiddel og varmebehandling, som beskrevet i metodebeskrivelsen for råfett (Accelerated Solvent Extraction, ASE) (IHA-nr: ARB-1045)

## **Protein analyse**

Proteininnholdet i en prøve kan bestemmes ved hjelp av Kjeldahl-metoden. Prinsippet bak Kjeldahl-metoden er å bryte ned proteinene vha. ulike kjemiske forbindelser som H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaOH og høy temperatur slik at nitrogen frigjøres. For fôrvarer multipliseres Kjeldahl-N med faktoren 6,25 da en regner med at proteinet inneholder 16 % nitrogen. Boreprøver av nyhøsta helgrøde, ferske aks og halm fra åkeren, frysetørka helgrøde surfôr, frysetørka kraftfôr, fôrrester, gjødsel og urin ble analysert for nitrogen innhold ved IHA-lab.

## **Gjæringskvalitet**

Gjæringskvaliteten på surfôret ble analysert av Eurofins (Kjemisk analyse). Surfôret ble analysert for innhold av melkesyre, eddiksyre, propionsyre, smørsyre, etanol og ammoniakk-N.

## **2.2 Beregninger**

### **Beregning av næringsinnhold i fôr og gjødsel**

Næringsinnholdet i helgrøden, fôrrestene, Formel Elite 70, Formel Protein 32 og gjødsla ble beregnet utfra analyseresultatene fra IHA-lab og tørrstoffbestemmelse fra SHF.

Næringsinnholdet i Formel Elite 70 og Formel Protein 32 ble analysert av IHA-lab i to samleprøver for hver av kraftfôrtypene fra periode 1+2 og for periode 3+4.

Næringsinnholdet i helgrøden ble analysert av IHA-lab i to samleprøver pr fôrslag, en samleprøve fra periode 1+2 og en samleprøve fra periode 3+4. Fôrprøvene ble analysert for innhold av tørrstoff, aske, NDFom, ADF, Kjeldahl-N, råfett, stivelse og WSC.

Næringsinnholdet i fôrrestene ble analysert av IHA-lab i en samleprøve pr fôrslag. Samleprøven ble tatt fra fôrrestene til den kua som hadde størst mengde fôrrester fra hver rasjon i uke 3. Analyseresultatene fra denne samleprøven ble så brukt til å bestemme næringsinnholdet i

fôrrestene for de ulike rasjonene for alle perioder og alle kyr. Fôrrestene ble analysert for innhold av tørrstoff, aske, NDFom, Kjeldahl-N, WSC og stivelse.

Tørrstoffverdier for helgrøde surfôret og fôrrester ble korrigert for tap av flyktige forbindelser utifra analyseverdier for samleprøve av surfôret fra uke 3 i periode 1+2 og periode 3+4.

Følgende formel for surfôr med pH under 5 ble brukt til tørrstoffkorrigering (Volden, 2011):

$$TS_{\text{korrigert}} = TS_{\text{ukorrigert}} + (M \cdot (0,45 - 0,09 \cdot \text{pH}) + E \cdot (1,5 - 0,223 \cdot \text{pH}) + P \cdot (1,4 - 0,182 \cdot \text{pH}) + S \cdot (1,9 - 0,272 \cdot \text{pH}) + A + AM \cdot 0,6)$$

Hvor TS = tørrstoff

M = melkesyre g/kg ukorrigert TS

E = eddiksyre g/kg ukorrigert TS

P = propionsyre g/kg ukorrigert TS

S = smørsyre g/kg ukorrigert TS

A = lavere alkoholer g/kg ukorrigert TS

AM = ammoniakk nitrogen g/kg ukorrigert TS

Næringstilskudd fra Pluss Vomstabil ble beregnet utfra produktemballasjen. Råproteininnhold i gjærsoppen ble satt til 43% av gjærsoppens tørrstoff (Bruning og Yokohama, 1988).

Næringstilskudd fra urea ble beregnet utfra produktemballasjen og verdier for urea i Norfôr fôrmiddeltabell.

### **Beregning av fordøyelseskoeffisienter**

Fôropptaksregistreringer fra 4 dager i uke 3 i hver periode ble brukt for å beregne gjennomsnittlig fôropptak i innsamlingsperioden for gjødsel og urin. Gjennomsnitts fôropptak pr dag ble beregnet med 1 døgns forskyvning (fra 1 døgn før gjødselopsamling til 1 døgn før slutt på gjødselopsamling) for å ta hensyn til oppholdstid i vom.

Næringsinnholdet i inntatt fôr ble beregnet slik:

Næringsinnholdet i inntatt fôr = næringsinnholdet i tildelt fôr - næringsinnhold i fôrrester

Fordøyd mengde næringsstoff i rasjonen ble beregnet slik:

Fordøyd mengde næringsstoff i rasjonen = (næringsinnhold i Formel Elite 70 + Formel Protein 32 + Pluss Vomstabil + urea + helgrøde) - næringsinnholdet i gjødsla

Fordøyelighet av rasjonen ble beregnet slik:

Fordøyelighet av rasjonen = 
$$\frac{\text{inntatt næringsstoff (g/dag)} - \text{utskilt næringsstoff i gjødsl (g/dag)}}{\text{inntatt næringsstoff (g/dag)}}$$

Fordøyd andel av helgrøden ble beregnet ved differanse:

Fordøyd næringsstoff i helgrøde = fordøyd næringsstoff i rasjonen – (fordøyd næringsstoff i Formel Elite 70 + Formel Protein 32 + Pluss Vomstabil + urea

Fordøyelseskoeffisienter for kraftfôr ble oppgitt av kraftfôrleverandøren (Felleskjøpets fôrutvikling). Fordøyeligheten av Pluss vomstabil ble delvis oppgitt av kraftfôrleverandør og delvis anslått utfra næringsinnholdet på produktemballasje. Råprotein fra Pluss vomstabil ble beregnet utfra nitrogeninnhold i gjærsopp (Bruning og Yokoyama, 1988). Råprotein fra urea ble bestemt utfra opplysninger på produktemballasje og McDonald et al., 2011. Fordøyeligheten av urea ble hentet fra Norfôrformiddeltabell

Fordøyelighet av helgrøden ble beregnet slik:

Fordøyelighet av helgrøde = 
$$\frac{\text{fordøyd næringsstoff i helgrøde (g/dag)}}{\text{inntatt næringsstoff fra helgrøde(g/dag)}}$$

Fordøyelseskoeffisientene funnet ved hjelp av disse beregningene ble brukt til å beregne helgrødens energiverdi.

## Beregning av fôrets energiverdi

I beregningene av fôrets energiverdi er likninger fra Norforboka (Volden og Nielsen, 2011) brukt. Bruttoenergi (BE) beskriver energimengden (MJ/kg TS) som frigjøres fra fôret ved fullstendig forbrenning. Bruttoenergiinntak fra helgrøden (MJ/dag) ble beregnet som beskrevet av Volden og Nielsen (2011), likning 8.1.

$$BE_i = (24,1 * TS_i * P_{korrr}) + (36,6 * TS_i * F) + 18,5 * (TS_i * (OS - P_{korrr} - F - (P/6,25) * (NH_3-N/1000))) / 1000$$

Hvor  $BE_i$  = bruttoenergiinntak (MJ/dag)

$TS_i$  = tørrstoffinntak (kg/dag)

$P_{korrr}$  = råprotein korrigert for lav molekylær nitrogen andel, g/kg korrigert TS

F = fett g/kg korrigert TS

OS = organisk stoff (TS minus aske) g/kg korrigert TS

$NH_3-N$  = ammoniakk innhold g/kg N

Tallverdiene (24,1, 36,6 og 18,5) i likningen representerer energiinnholdet (KJ/g) i hhv. protein, fett og karbohydrater. 6,25 er omregningsfaktor for nitrogen innhold i fôrprotein.

Omsettelig energi (OE) beskriver energimengden i fôret (MJ/kg TS) som er tilgjengelig for dyret etter at energitap i gjødsel, urin og metan er trukket fra bruttoenergien. Inntak av omsettelig energi fra helgrøde ble beregnet som beskrevet av Volden og Nielsen (2011), likning 8.2, med fordøyelseskoeffisienter beregnet i gjeldende forsøk.

$$OE_i = (18 * TS_i * P * fkP) + (37,7 * TS_i * F * fkF) + (14,5 * TS_i * NDF * fkfNDF) + 14,5 * TS_i * S * fkS + (14,5 * TS_i * RK * fkRK) - (14,5 * TS_i * WSC * fkWSC) + 13,9 * (TS_i * WSC * fkWSC) / 1000$$

Hvor  $OE_i$  = inntak av omsettelig energi (MJ/dag)

$TS_i$  = tørrstoffinntak (kg/dag)

$P$  = fôrets innhold av råprotein (g/kg korrigert TS)

$fkP$  = fordøyelseskoeffisient for råprotein

$F$  = fôrets innhold av råfett (g/kg korrigert TS)

$fkF$  = fordøyelseskoeffisient for fett

$NDF$  = fôrets innhold av NDF (g/kg korrigert TS)

$fkNDF$  = fordøyelseskoeffisient for NDF

$S$  = fôrets innhold av stivelse (g/kg korrigert TS)

$fkS$  = fordøyelseskoeffisient for stivelse

$WSC$  = fôrets innhold av vannløselige karbohydrater (g/kg korrigert TS)

$fkWSC$  = fordøyelseskoeffisient for vannløselige karbohydrater

$fkRK$  = fordøyelseskoeffisient for rest karbohydrater

$RK$  = fôrets innhold av restkarbohydrater (g/kg korrigert TS)

Tallverdiene (18, 37,7,14,5, 14,5 og 13,9) i likningen representerer energiinnholdet (KJ/g) i hhv. protein, fett, stivelse, rest karbohydrater og vannløselige karbohydrater justert for tap av energi i urin og metan.

Nettoenergi beskriver fôrets energiverdi etter at energitap i gjødsel, urin, metan og termisk varme er trukket fra bruttoenergien. Netto energien er den energien som står til disposisjon for bruk til vedlikehold og produksjon. Nettoenergi laktasjon ( $NE_L$ ) beskriver fôrets energiverdi for melkeproduksjon (KJ/kg TS eller MJ/dag).  $NE_L$  for helgrøden ble beregnet som beskrevet av Volden og Nielsen (2011), likning 8.3.

$$NE_L = 0,6 * (1 + 0.004 * ((OE/BE) * 100) - 57) * OE$$

Hvor  $NE_L$  = nettoenergi laktasjon (MJ/dag)

0,6 = utnyttelsesgraden av fôrets omsettelige energi når fôrets energikonsentrasjon (OE/BE) er 57 %

0,04 = hhv. økt eller redusert utnyttelse av fôrets energiinnhold ved høyere eller lavere OE/BE forhold enn 57 %

OE er korrigert for fôrinntak under beregning av OE, faktoren 0,9752 er derfor utelatt slik som hos Volden og Nielsen (2011).

Melkefôrenheten ( $FE_m$ ) beskriver nettoenergimengden i fôret som kan brukes til vedlikehold, vekst/vektendring og melkeproduksjon pr kg TS fôr, forutsatt vanlig utnyttelse av omsettelig energi til nettoenergi.  $FE_m$  ble beregnet som beskrevet hos Ekern (1991).

$$FE_m = NE_L / 6900$$

Hvor  $FE_m$  = melkefôrenhet

$NE_L$  = nettoenergi laktasjon (KJ/kg TS)

6900 = netto energiinnholdet i 1 kg bygg med 87 % TS

### **Beregning av proteinbalanse i vom (PBV)**

PBV og AAT ble beregnet som beskrevet hos Spørndly, 2003.

## Beregning av nitrogenbalanse

Tilbakeholdt nitrogen = Inntatt nitrogen (g/dag) – (nitrogentap i gjødsel, urin, melk (g/dag))

Nitrogen utskilt i melk ble beregnet som beskrevet av Åkerlind og Volden (2011), likning 12.8.

$$N_i = P_m * 0,15674$$

Hvor  $N_i$  = nitrogen utskilt i melk (g/dag)

$P_m$  = proteinmengde i melka beregnet som (melkeytelse (kg/dag)

\*proteininnhold i melk (g/kg))

0,15674 = nitrogeninnhold i melkeprotein

Nitrogenutnyttelse = Nitrogeninnhold i melk (g/dag) / Nitrogen inntak fra fôret (g/dag)

## Beregning av tyggetid

Tyggetid ble beregnet som beskrevet av Nørgaard et al., (2011) likning 11.1-11.7.

$$CI = EI + RI$$

Hvor  $CI$  = tyggetid (min/kg TS)

$EI$  = etetid (min/kg TS)

$RI$  = drøvtyggingstid (min/kg TS)

$$EI = 50 * (NDF/1000) * Size_E$$

Hvor  $EI$  = etetid (min/kg TS)

50 = standard etetid (min/kg NDF)

NDF = NDF innholdet i fôret (g/kg TS)

Size\_E = korrigeringsfaktor bestemt av fôrets partikkelstørrelse



$$\text{Size}_E = 1 - 0,52 * e^{-0,078*PL}$$

Hvor  $\text{Size}_E$  = korrigeringsfaktor for fôrets partikkelstørrelse  
PL = oftest forekommende partikkellengde i fôret (mm)

$$RI = 100 * (\text{NDF}/1000) * \text{Size}_R * \text{Hardhetsfaktor}$$

Hvor RI = drøvtyggingstid (min/kg TS)  
100 = standard drøvtyggingstid (min/kg NDF)  
NDF = NDF innholdet i fôret (g/kg TS)  
 $\text{Size}_R$  = korrigeringsfaktor bestemt av fôrets partikkellengde  
Hardhetsfaktor = faktor for fôrets motstand mot fysisk nedbrytning

$$\text{Size}_R = 1 - e^{(-0,173*((PL/0,7)-1))}$$

Hvor  $\text{Size}_R$  = korrigeringsfaktor bestemt av fôrets partikkellengde  
PL = oftest forekommende partikkellengde i fôret (mm)

$$\text{Hardhetsfaktor} = 0,75 + (i\text{NDF}/1000)$$

Hvor Hardhetsfaktor = faktor for fôrets motstand mot fysisk nedbrytning  
iNDF = iNDF innhold i fôret (g/kg NDF)

## Statistisk analyse

For å vurdere datamaterialet fra forsøket ble dataene analysert ved hjelp av SAS 9.4 (Unicode support), Proc GLM. Modellen som ble brukt er vist nedenfor.

$$Y_{ijklm} = \mu + K_j + P_k + H_l + V_m + (H \times V)_{lm} + e_{ijklm}$$

Hvor

$Y_{ijklm}$  = undersøkt variabel

$\mu$  = generelt gjennomsnitt

$K_j$  = effekt av ku ( $i = 1$  til 8)

$P_k$  = effekt av periode ( $k = 1$  til 4)

$H_l$  = effekt av høstetid ( $l = 1$  til 2)

$V_m$  = effekt av valsing ( $m = 1$  til 2)

$(H \times V)_{lm}$  = effekt for samspill mellom høstetid ( $H_l$ ) og valsing ( $V_m$ )

$e_{ijklm}$  = tilfeldig rest, antatt å være normalfordelt

### 3.0 Resultater

I tabellen nedenfor vises helgrøde surfôrets kjemiske komposisjon, gjæringskvalitet og kyrnes fôrinntak.

Tabell 1. Kjemisk komposisjon og gjæringskvalitet av helgrødesurfôret, samt kyrnes fôrinntak

korr TS g/kg	Zadoks 83		Zadoks 87		SEM	Periode	Høstetid	Valsing	Samspill høstetid og valsing
	Uvalsa	Valsa	Uvalsa	Valsa					
Tørrstoff	335	332	422	423	7,27		***		
<i>g/kg korr TS</i>									
Aske	51	55	43	43	3,25		*		
Organisk stoff	949	945	957	957	3,25		*		
NDF <sub>om</sub>	480	484	454	458	7,99		*		
iNDF	181	180	193	200	2,56		***		
ADF	297	299	268	276	6,15		*		
Råprotein	104	103	100	105	4,66				
Råfett	26	30	26	24	2,49				
WSC	97	95	49	48	1,65	*	***		
Stivelse	96	95	246	223	6,29		**		
<i>Gjæringskvalitet g/kg korr TS --</i>									
Melkesyre	50,8	51,1	29,7	28,4	3,9		**		
Eddiksyre	14,6	14,9	5,9	7,6	2,6		*		
Propionsyre	7,9	9,2	7,8	9,3	2,1				
Smørsyre	0,0	0,0	0,0	0,0					
Etanol	17,5	20,3	14,5	15,1	2,3				
Ammoniakk -N	2,6	2,5	1,9	1,9	0,1		**		
Sum syrer	73,4	75,2	43,4	45,3	4,6		**		
<i>Fôrinntak korr TS kg/dag uke 2 og 3</i>									
Helgrøde	13,7 <sup>a</sup>	14,1 <sup>b</sup>	14,2 <sup>b</sup>	14,7 <sup>c</sup>	0,11	***	***	***	

\*p < 0,05 \*\* p < 0,01 \*\*\* p < 0,001

-- To analyser bak hvert middeltall.

Analyseresultatene i tabell 1 ovenfor viser at helgrøden høstet ved tidlig deigmodning hadde signifikant lavere innhold av stivelse, iNDF og organisk stoff enn helgrøden høstet ved sen deigmodning. NDF, ADF, WSC og aske innholdet ble signifikant redusert med utsatt høstetid fra tidlig til sen deigmodning, men at mengden råprotein og råfett ikke ble signifikant endret.

Resultatene viser at det ikke var signifikant forskjell mellom samleprøvene av helgrødesurfôret fra periode 1+2 og periode 3+4, bortsett fra for WSC innholdet som var høyere i periode 3+4 enn i periode 1+2 for begge høstetider.

Tabellen viser at helgrødesurfôrets kjemiske komposisjon varierte noe mellom uvalsa og valsa fôr, men forskjellene var ikke signifikante.

Analysene av surfôrets gjæringskvalitet viser at helgrødesurfôret høstet ved sen deigmodning hadde signifikant høyere tørrstoffinnhold ( $p < 0,001$ ) enn helgrødesurfôret høstet ved tidlig deigmodning. Innholdet av melkesyre, eddiksyre, ammoniakk-N og summen av totale syrer var signifikant høyere i helgrødesurfôret høstet ved tidlig deigmodning enn i helgrødesurfôret høstet ved sen deigmodning.

Fôrintaket var signifikant høyere for valsa enn for uvalsa helgrøde, og signifikant høyere for helgrøde høstet ved sen deigmodning enn for helgrøde høstet ved tidlig deigmodning

I tabell 2 nedenfor vises kraftfôrets kjemiske komposisjon.

Tabell 2. Kraftfôrets kjemiske komposisjon (gjennomsnitt av to paralleller) og anslåtte verdier for ureas bidrag til organisk stoff og råprotein i rasjonen.

	Elite 70	Formel Protein	Urea
<i>g/kg fôr</i>		32	
Tørrstoff	875	881	980*
<i>g/kg TS</i>			
Aske	64	131	0*
Organisk stoff	936	869	990*
NDFom	181	128	
ADF	92	84	
Råprotein	199	336	2900**
Råfett	56	37	
WSC	76	78	
Stivelse	339	165	

\*verdier fra Nôrforformiddeltabell

\*\*verdi fra McDonald (2011)

I tabell 3 nedenfor vises næringsstoffinnholdet i fôrrestene samlet opp over 6 dager i uke 3.

Tabell 3. Næringsstoffinnhold i fôrrestene\*

<i>korr TS</i> <i>g/kg</i>	Zadoks 83		Zadoks 87	
	Uvalsa	Valsa	Uvalsa	Valsa
Tørrstoff	331	334	433	415
<i>g/kg korr TS</i>				
Aske	77	92	58	78
Organisk stoff	923	908	942	922
NDFom	474	463	514	429
Råprotein	119	115	106	114
WSC	83	82	35	47
Stivelse	96	92	164	195

\*basert på analyse av restprøver kun fra de 4 kyrne med størst restemengde fra hver rasjon.

Sammenlikning av tabell 3 ovenfor med tabell 1 viser at fôrrestene har høyere askeinnhold, lavere innhold av organisk stoff, lavere stivelseinnhold og noe høyere råproteininnhold enn fôret.

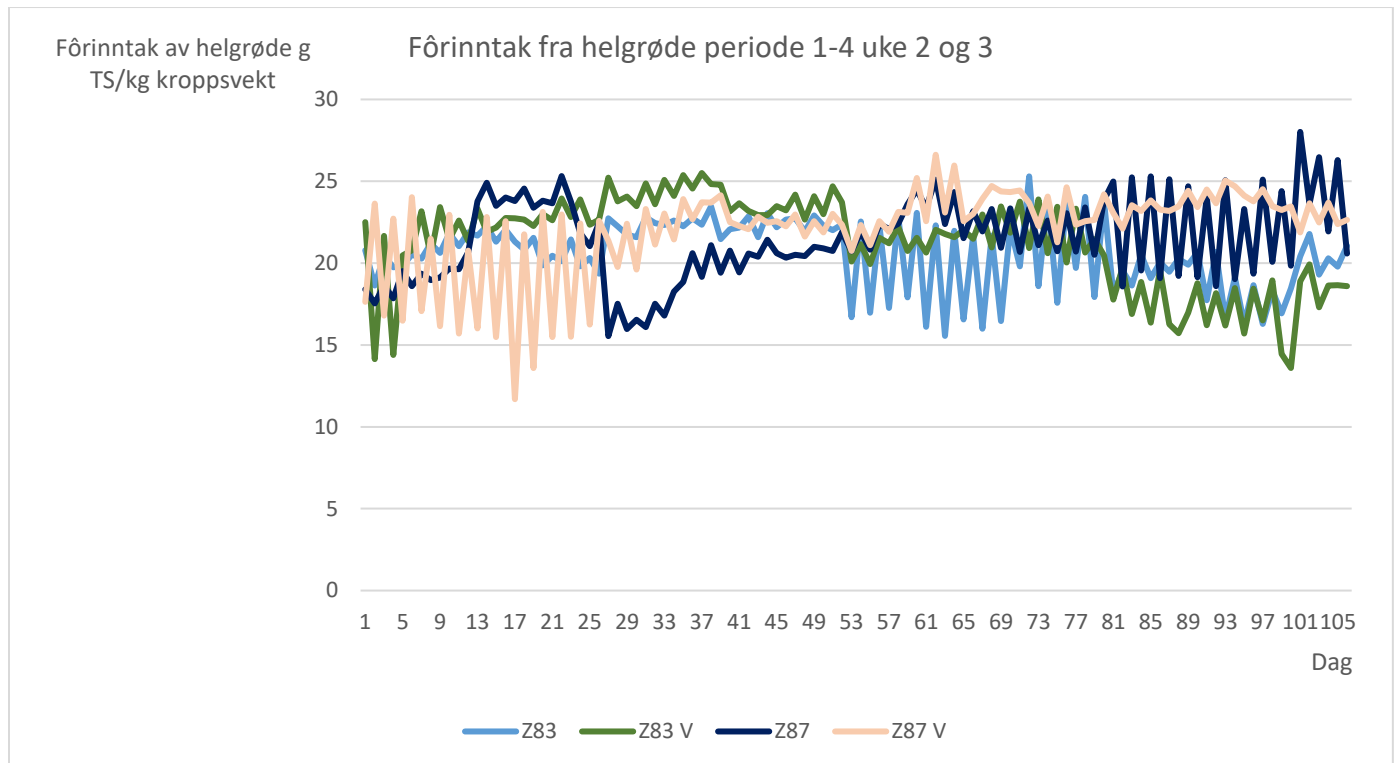
Nedenfor i tabell 4 vises kyrnes vektendring gjennom forsøksperioden.

Tabell 4. Kyrnes vektendring gjennom forsøksperioden.

Ku	Vekt (kg)				Gjennomsnittsvikt (kg)			
	Januar		April		Januar	April	Hele forsøksperioden	Vektendring
	Dag 1	Dag 2	Dag 1	Dag 2				
1	691	689	726	748	690	737	714	47
2	630	631	665	697	631	681	656	51
3	709	726	760	779	718	770	744	52
4	608	606	600	667	607	633,5	620	27
5	640	655	717	752	648	734,5	691	87
6	605	613	652	667	609	659,5	634	51
7	633	640	655	692	637	673,5	655	37
8	622	608	606	676	615	641	628	26

Tabell 4 viser at det er større variasjon mellom kyrnes vekt mellom dag 1 og 2 i april enn i januar. Tabellen viser at alle kyrnes kroppsvekt har økt med mellom 26 og 87 kg i løpet av forsøksperioden.

I figur 2 nedenfor vises fôrintaket (g TS/kg kroppsvekt) av helgrødesurfôr for uke 2 og 3 gjennom alle forsøksperiodene (1-4). Gjennomsnitts kroppsvekt for hele forsøkstiden er brukt i beregning av g næringsstoff/kg kroppsvekt.



Figur 2. Fôrintak (g TS/kg kroppsvekt) av helgrødesurfôr gjennom hele forsøksperioden. Registreringer fra uke 2 og 3 periode 1-4.

Figur 2 viser at fôrintaket av helgrødesurfôret varierer mellom ca 15 og 25 g/ kg kroppsvekt for begge høstetider og valsa/uvalsa fôr gjennom hele forsøksperioden (uke 2 og 3 i hver periode).

I tabell 5 nedenfor vises kyrnes næringsinntak fra helgrødesurfôret i oppsamlingsperioden.

Tabell 5. Næringsinntak (g pr kg kroppsvekt) fra helgrødesurfôret i oppsamlingsperioden

	Zadoks 83		Zadoks 87		SEM	Høstetid	Valsing	Samspill høstetid og valsing
	Uvalsa	Valsa	Uvalsa	Valsa				
<i>Inntak g/kg kroppsvekt uke 2 og 3</i>								
Tørrstoff	20,5 <sup>a</sup>	21,2 <sup>b</sup>	21,4 <sup>b</sup>	22,0 <sup>c</sup>	0,16	***	***	
<i>Inntak g/kg kroppsvekt i oppsamlingsperioden for gjødsel</i>								
Tørrstoff	20,7 <sup>c</sup>	21,4	22,3 <sup>f</sup>	21,9	0,64			
Organisk stoff	19,6	20,2	21,4	21,0	0,62			
NDF <sub>om</sub>	9,9	10,4	10,1	10,0	0,27			
Råprotein	2,1	2,2	2,2	2,3	0,09			
Råfett	0,5 <sup>a</sup>	0,6 <sup>b</sup>	0,6	0,5 <sup>a,c</sup>	0,03			**
WSC	2,0	2,0	1,1	1,0	0,05	***		
Stivelse	2,0	2,0	5,6	4,9	0,15	***		*
<i>Inntatt NDF % pr kg kroppsvekt</i>								
NDF %	1,00	1,04	1,01	1,00	0,28			

\*p < 0,05 \*\* p < 0,01 \*\*\* p < 0,001

e, f ulik bokstav indikerer signifikant forskjell (p<0,09)

a, b, c, d ulik bokstav indikerer signifikant forskjell (p<0,05)

I tabell 6 nedenfor vises kyrnes næringsinntak fra rasjonen i oppsamlingsperioden for gjødsel.

Tabell 6. Næringsstoffinntak (g/kg kroppsvekt) fra rasjonen i gjødselsopsamlingsperioden

	Zadoks 83		Zadoks 87		SEM	Høstetid	Valsing	Samspill høstetid og valsing
	Uvalsa	Valsa	Uvalsa	Valsa				
<i>Inntak g/kg kroppsvekt i oppsamlingsperioden for gjødsel</i>								
Tørrstoff	30,9	31,6	32,6	32,2	0,64			
Organisk stoff	28,8	29,4	30,5	30,1	0,62			
NDF <sub>om</sub>	11,6	12,0	11,7	11,7	0,28			
Råfett	1,0 <sup>a</sup>	1,1 <sup>b</sup>	1,0	1,0 <sup>a,c</sup>	0,03			**
WSC	2,8	2,8	1,9	1,8	0,05	***		
Stivelse	4,8	4,8	8,4	7,7	0,15	***		*
<i>Inntatt NDF % pr kg kroppsvekt</i>								
NDF %	1,16	1,20	1,18	1,17	0,03			

I tabell 7 nedenfor vises mengden hele korn funnet i helgrødesurfôret, i fôrrestene og gjødsla. Til sammenlikning er tilsvarende verdier for stivelse vist i tabellen, og korn- og stivelsefordøyeligheten er beregnet.

Tabell 7. Korn- og stivelsemengde i helgrødesurfôr, fôrrester og gjødsl samt beregnet tilsynelatende fordøyelighet av korn og stivelse.

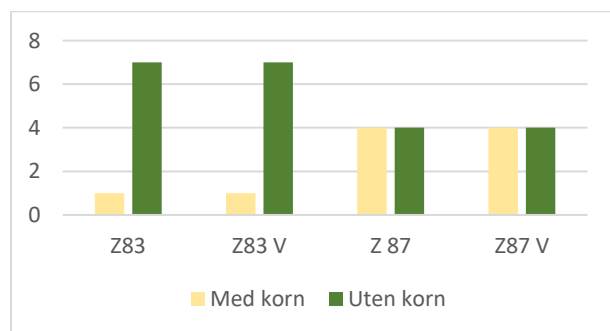
	Zadoks 83		Zadoks 87		SEM		Zadoks 83		Zadoks 87	
	Uvalsa	Valsa	Uvalsa	Valsa			Uvalsa	Valsa	Uvalsa	Valsa
<i>g/kg TS</i>										
Korn i helgrøde	18,1 <sup>a</sup>	24,9 <sup>a</sup>	74,7	68,6		Stivelse i helgrøde	96,1	95,3	245,5	222,7
Korn i fôrrester	22,0	7,2	69,4	76,2		Stivelse i fôrrester *	95,9	91,7	164,1	195,3
Korn i gjødsl	0,11 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>	1,5 <sup>b</sup>	0,6	0,31	Stivelse i gjødsla*	9,8 <sup>a</sup>	8,9 <sup>a</sup>	11,5 <sup>b</sup>	12,1 <sup>b</sup>
Korn fordøyelighet %	99,7	99,8 <sup>a</sup>	99,0 <sup>b</sup>	99,5	0,28	Stivelse fordøyelighet helgrøde	97,6	98,0	98,6	98,3

a, b, c, d ulik bokstav indikerer forskjell mellom fôr ( $p < 0,05$ )

\*Kan være stivelse fra kraftfôret i fôrrester og gjødsl

Resultatene viser at kormengden i helgrøden samsvarer nokså godt med stivelseinnholdet i helgrøden, spesielt for fôret høsta ved sen deigmodning. Resultatene viser at beregnet kornfordøyelighet er noe høyere enn beregnet stivelse fordøyelighet, men at de ligger nokså nært.

Nedenfor i figur 3 vises antall prøver med og uten korn i gjødsla.

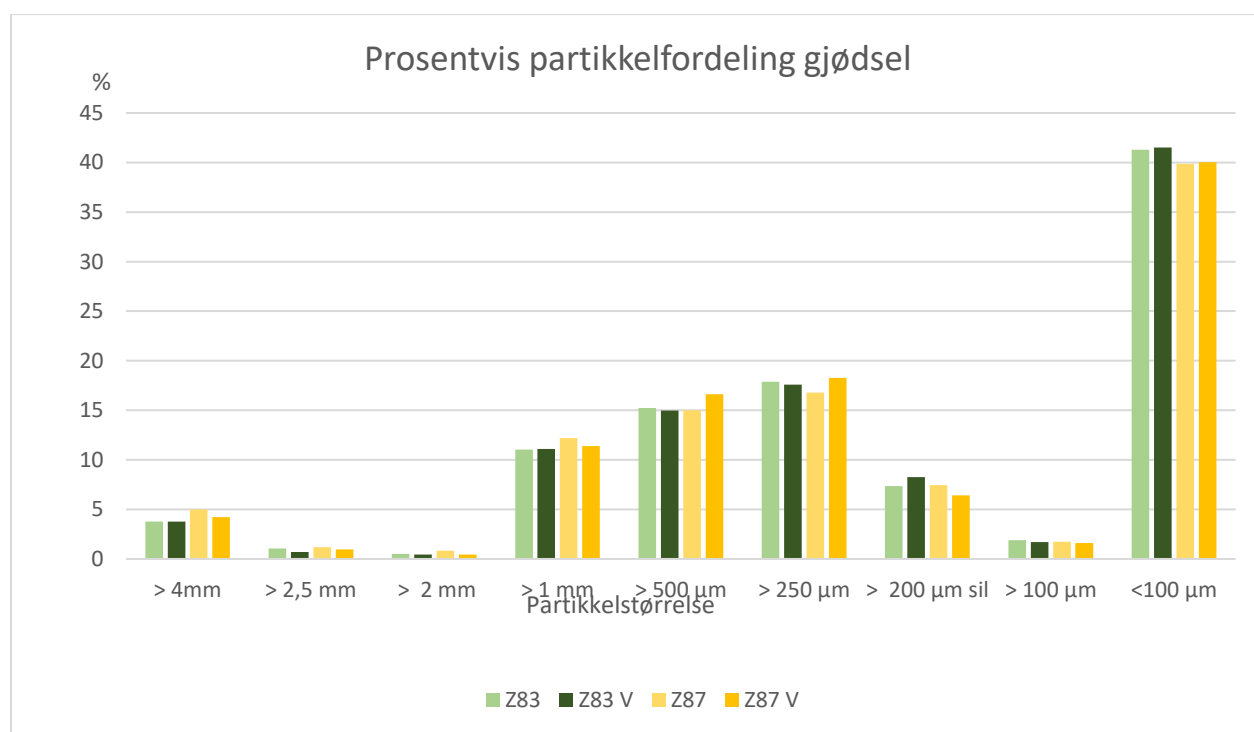


Figur 3. Kornfunn i gjødsla. Totalt 8 gjødsl prøver à 250 g våt vekt fra hver rasjon ble gjennomført for korn



Resultatene viser at halvparten av gjødselprøvene fra Z87 og Z87 V inneholder korn, mens korn bare ble funnet i 1 av 8 gjødselprøver fra Z83 og Z83 V. Figuren ovenfor viser at det ble funnet færre korn i gjødsel fra Zadoks 83 enn i Zadoks 87. Det ble funnet mellom 0 og 9 korn pr 250 g våt gjødsel i Z 87, og mellom 0 og 3 korn i Z 87 V. Det ble funnet flest korn i gjødsel fra Z 87 (uvalsa, sen deigmodning). I Z 83 og Z 83 V ble det funnet mellom 0 og 1 korn pr 250 g våt gjødsel.

Nedenfor i figur 4 vises prosentvis fordeling av gjødselpartikler funnet ved våtsikting gjennom siler med porestørrelse 4 mm, 2,5 mm, 2 mm, 1 mm, 500 µm, 250 µm, 200 µm og 100 µm.



Figur 4. Prosentvis fordeling av gjødsel partikler funnet ved våtsikting

Resultatene fra våtsikting av gjødsel som fremstilt i figur 8 ovenfor, viser at utsatt høsting fra Z83 til Z87 har gitt signifikant flere partikler over 4 mm ( $p < 0,001$ ) og signifikant færre partikler under 100 µm. Valsingen har gitt signifikant færre partikler i fraksjonene mellom 4 mm og 2 mm ( $p < 0,05$ ). Figuren viser at vektfordelingen av gjødselpartiklene generelt følger den samme kurven, med flest partikler under 100 µm og færre partikler over 1 mm.

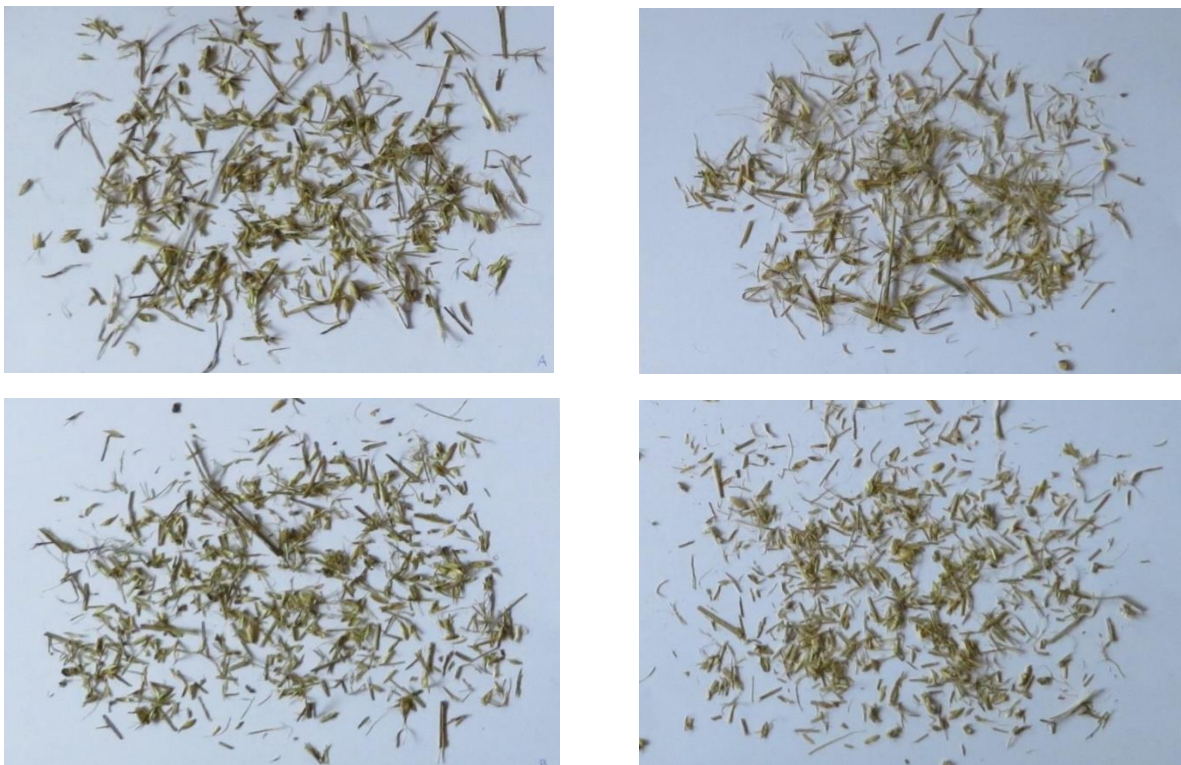
## Fôrets fysiske komposisjon

Nedenfor i figur 5 og 6 vises resultatene av fôrprosesseringen.



Figur 5. Korn funnet i helgrødesurfôr av hvete. Fra venstre: korn fra tidlig deigmodning, uvalsa og valsa. Korn fra sen deigmodning, uvalsa og valsa.

Figur 5 ovenfor viser at valsingen av fôret var vellykket. Figuren viser også at korn fra Zadoks 83 tydelig har høyere vanninnhold enn korn fra Zadoks 87 da de har skrumpet mer sammen under tørking.



Figur 6. Venstre side øverst og nederst: Z 83 og Z 83 V. Høyre side øverst og nederst: Z 87 og Z 87 V

Figur 6 viser at partikkelstørrelsen i de ulike rasjonene ser nokså lik ut.

Vektandelsfordelingen i fôr og fôrrester funnet ved hjelp av Penn State partikkel separator er vist i tabell 3 nedenfor.

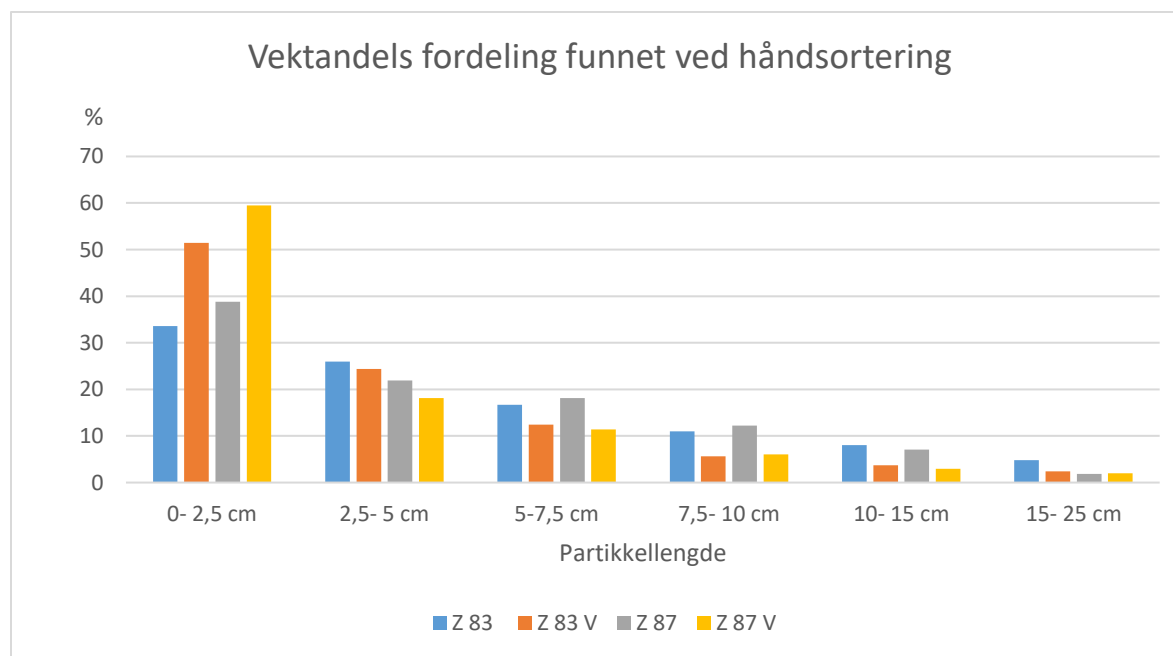
Tabell 8. Vektandelsfordelingen (% av TS) i tilbudt fôr og fôrrester

% av TS									
Zadoks 83					Zadoks 87				
Uvalsa		Valsa			Uvalsa		Valsa		
Strållengde	Tilbudt fôr	Fôr-rester	Tilbudt fôr	Fôr-rester	Tilbudt fôr	Fôr-rester	Tilbudt fôr	Fôr-rester	
>19 mm	41,3	49,5	29,2	33,8	33,4	51,9	16,4	19,5	
19-8 mm	24,4	16,1	30,5	22,4	18,7	8,1	32,1	21,7	
8-1,18 mm	28,9	29,6	33,2	35,3	38,8	30,8	41,9	46,2	
< 1,18 mm	5,5	4,8	7,1	8,5	9,1	9,3	9,6	12,5	

Resultatene i tabell 8 viser en tendens til at vektandelen av små partikler er større i valsa fôr enn i uvalsa fôr.

Ved sammenlikning av partikkelfordelingen i fôr og fôrrester sees en tendens til at kyrne har valgt bort de lengste stråene. Det er generelt liten forskjell mellom vektandelen av fôrpartiklene i fôr og fôrrester for strållengde under 8 mm.

I figur 7 vises resultatene fra håndsorteringen av helgrøden i fraksjonene 0-2,5 cm, 2,5-5 cm, 5-7,5 cm, 7,5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm. Skall, hele korn og valsede korn ble skilt ut fra fôr prøven, og er ikke med i vektandelsfordelingen som vises nedenfor.



Figur 7. Vektandels fordeling (uten korn og skall fraksjon) funnet ved håndsortering

Vektandelsfordelingen i figur 7 ovenfor viser at hovedtyngden av partiklenes vekt ligger i fraksjonen 0-2,5 cm for alle de sorterte helgrødeprøvene. Figuren viser også at valsa fôr skiller seg ut med høyere vektandel enn uvalsa fôr i denne fraksjonen.

Tabell 9. Median kuttelengde i helgrøden (cm) og beregnet tyggetid for helgrøde og rasjonen

	Zadoks 83		Zadoks 87	
	Uvalsa	Valsa	Uvalsa	Valsa
<i>Median partikkellengde (cm)</i>				
Helgrøde	3,5	2,1	2,5	1,9
<i>Tyggetid min/kg</i>				
Helgrøde*	77,2	75,5	74,4	74,0
Rasjon*	54,0	52,1	51,6	51,8

\*skall og kornfraksjon er inkludert i beregningene

Resultatene i tabell 4 viser at beregnet median kuttelengde i valsa helgrøde er kortere enn for uvalsa helgrøde, men at dette har gitt lite utslag på beregnet tyggetid.

## Rasjonsfordøyelighet

Nedenfor i tabell 10 vises rasjonsfordøyeligheten for surfôr av hvete helgrøde inkludert tilskuddsfôr.

Tabell 10. Rasjonsfordøyelighet

	Zadoks 83		Zadoks 87		SEM	Høstetid	Valsing	Samspill høstetid og valsing
	Uvalsa	Valsa	Uvalsa	Valsa				
<i>Fordøyelighet (%)</i>								
Tørrstoff	68,3	67,8	67,3	66,2	0,55	*		
Aske	47,4	44,9	49,3	46,6	1,67			
Organisk stoff	69,2	68,9	67,9	66,9	0,55	**		
NDF	48,1	49,0	42,6	42,3	1,23	**		
Råprotein	72,5	71,5	72,2	71,9	0,64			
Råfett	79,2	78,9	79,7	76,8	1,27			
Stivelse	97,9	97,0	98,3	98,3	0,13	*		
WSC	99,3	99,4	98,6	98,7	0,11	***		
Rest karbo- hydrater	67,5	64,9	48,6	50,3	1,58	***		
<i>Proteinverdi g/kg TS</i>								
PBV	25,6 <sup>a</sup>	21,9	19,3 <sup>b</sup>	22,4 <sup>a</sup>	1,77			**
AAT	84,9	83,6 <sup>a</sup>	85,0	85,5 <sup>b</sup>	0,53			

\*p < 0,05 \*\* p < 0,01 \*\*\* p < 0,001

a, b, c, d ulik bokstav indikerer signifikant forskjell (p<0,05)

Resultatene i tabell 10 viser at helgrødesurfôret høstet ved tidlig deigmodning hadde signifikant høyere fordøyelighet av tørrstoff (p < 0,05), organisk stoff (p < 0,01), NDF (p < 0,001) og rest karbohydrater (p < 0,001), men lavere stivelse fordøyelighet (p < 0,05) enn helgrødesurfôret høstet ved sen deigmodning.

Valsingen ga ikke signifikant forskjell i fordøyelighet av noen av fôrfraksjonene.

## Fordøyelseskoeffisienter og energiverdi for hvete helgrøde

Tabell 11. In vivo fordøyelighet (%) av hvete helgrøde surfôret beregnet ved differanse og fôrets energi og proteinverdi

	Zadoks 83		Zadoks 87		SEM	Høstetid	Valsing	Samspill høstetid og valsing
	Uvalsa	Valsa	Uvalsa	Valsa				
<i>Fordøyelighet (%)</i>								
Tørrstoff	60,3	59,8	59,5	57,3	1,10			
Aske	57,2	51,1 <sup>a</sup>	61,7 <sup>b</sup>	56,7	3,36			
Organisk stoff	61,8 <sup>a</sup>	61,5	60,5	58,5 <sup>b</sup>	1,07			
NDF	46,7	47,8	40,3	39,8	1,52	**		
Råprotein	58,9	56,9	58,8	57,3	1,98			
Råfett	75,4	75,5	73,7	69,6	2,97			
Stivelse	97,6 <sup>a</sup>	98,0 <sup>a,c</sup>	98,6 <sup>b</sup>	98,3 <sup>b,c</sup>	0,20	**		
WSC	99,1	99,1	98,0	97,8	0,13	***		
Rest karbo- hydrater	68,4 <sup>a</sup>	65,0 <sup>a</sup>	39,7 <sup>b</sup>	43,3 <sup>b</sup>	2,70	***		
<i>Energiverdi</i>								
BE MJ/kg TS	18,5	18,5	18,6	18,6				
<i>Inntak MJ/dag fra helgrøde</i>								
OE MJ/dag	107,7 <sup>a</sup>	111,2	125,2 <sup>b</sup>	120,2	5,38	*		
NE <sub>L</sub> MJ/dag	49,90 <sup>a</sup>	51,51	58,00 <sup>b</sup>	55,68	2,49	*		
<i>MJ/kg TS helgrøde</i>								
OE MJ/kg TS	7,83 <sup>a</sup>	7,85 <sup>a</sup>	8,43 <sup>b</sup>	8,14	0,16	**		
NE <sub>L</sub> MJ/kg TS	3,63 <sup>a</sup>	3,64 <sup>a</sup>	3,90 <sup>b</sup>	3,77	0,08	**		
FE <sub>m</sub>	0,53 <sup>a</sup>	0,53 <sup>a</sup>	0,57 <sup>b</sup>	0,55	0,01	**		
<i>Proteinverdi g/kg TS</i>								
PBV	-3,8	-4,1	-6,0	-3,8	1,78			
AAT	60,7 <sup>a</sup>	60,8 <sup>a</sup>	62,6 <sup>b</sup>	61,7	0,52	*		

\*p < 0,05 \*\* p < 0,01 \*\*\* p < 0,001

a, b, c, d ulik bokstav indikerer signifikant forskjell (p<0,05)

Resultatene i tabell 11 viser at helgrøden høstet ved tidlig deigmodning hadde signifikant høyere fordøyelighet av NDF og rest karbohydrater (p<0,001), men lavere stivelse fordøyelighet (p<0,01) enn helgrøden høstet ved sen deigmodning. Resultatene viser en tendens (p< 0,07) til redusert fordøyelighet av organisk stoff ved utsatt høsting fra tidlig til sen deigmodning.

Valsingen ga ikke signifikant forskjell i fordøyeligheten av noen av fôrfraksjonene.

Resultatene viser at uvalset helgrøde høstet ved sen deigmodning har høyest energiverdi, høyere enn valset helgrøde fra samme høstetid. For helgrøde høstet ved tidlig deigmodning er det motsatt, den valsede varianten viser tendens til høyere energiverdi enn den uvalsedede.

I tabell 12 nedenfor vises melkas kjemiske innhold og kyrnes ytelse.

Tabell 12. Melkas kjemiske innhold og kyrnes ytelse.

	Zadoks 83		Zadoks 87		SEM	Høstetid	Valsing	Samspill høstetid og valsing
	Uvalsa	Valsa	Uvalsa	Valsa				
%								
Protein	3,81	3,80	3,87	3,89	0,02	***		
Fett	4,81	4,75	4,87	4,89	0,06			
Laktose	4,63 <sup>a</sup>	4,68 <sup>b</sup>	4,66	4,64 <sup>a</sup>	0,01			**
<i>mmol/L</i>								
Urea	5,01	5,07	4,91	5,10	0,12			
<i>Kg/dag</i>								
Ytelse	20,21 <sup>a</sup>	20,76 <sup>b,c</sup>	21,06 <sup>b</sup>	20,47 <sup>a,c</sup>	0,19			**

\*p < 0,05 \*\* p < 0,01 \*\*\* p < 0,001

Ulik bokstav a, b indikerer signifikant forskjell p < 0,04

Resultatene viser at det er signifikant høyere proteinprosent i melka hos kyr fôret med helgrøden høstet ved sen deigmodning, men at valsingen ikke har endret proteinprosenten signifikant.

Ytelsen var signifikant høyere for valsa helgrøde ved tidlig deigmodning, mens ved sen deigmodning var ytelsen signifikant høyere for uvalsa helgrøde. Det var ikke signifikant forskjell i ytelsen mellom de to høstetidene. Det var samspill mellom høstetid og valsing for ytelse og laktose innhold i melka.

## Nitrogenbalanse

Nedenfor i tabell 13 vises nitrogenbalansen for de ulike rasjonene.

Tabell 13 Nitrogenbalanse for rasjonen

	Zadoks 83		Zadoks 87		SEM	Ku	Høstetid	Valsing	Samspill høstetid og valsing
	Uvalsa	Valsa	Uvalsa	Valsa					
<i>Nitrogenbalanse g/dag</i>									
N-inntak	507,1	510,5	515,8	524,2	9,58				
<i>Utskilt N</i>									
N i gjødsel	139,8	145,9	143,4	146,2	2,75	**			
N i urin	139,4	140,0	134,2	136,0	3,54				
N i melk	118,3 <sup>a</sup>	123,3 <sup>b</sup>	126,9 <sup>b</sup>	123,0	1,69	***	*		**
<i>Nitrogenutnyttelse</i>									
N i melk/ N-inntak	0,23	0,24	0,25	0,24	0,01	***			
<i>Tilbakeholdt N</i>									
g/dag	109,6	101,2	111,3	118,9	8,46				
g/kg stoffskiftevekt	0,83	0,78	0,86	0,90	0,06				

\*p < 0,05 \*\* p < 0,01 \*\*\* p < 0,001

Ulik bokstav a, b indikerer signifikant forskjell p < 0,05

Nitrogenbalansen i tabell 7 viser at kyrne har skilt ut mer nitrogen enn de har tatt opp, og at verdiene for nitrogenutnyttelse er normale. Det er ikke er signifikant forskjell i tilbakeholdelse av nitrogen mellom høstetidene og valsing. Men nitrogentap til melk er signifikant høyere for helgrødesurfôret høstet ved Zadoks 87.



## 4.0 Diskusjon

Det er gjort flere fordøyelses forsøk med hvete helgrøde, men få av forsøkene er gjort på melkekyr, og i de fleste tilfellene er virkning av ulike høstetider undersøkt, men ikke virkning av valsing. Som nevnt i innledningen er det flere faktorer som påvirker fordøyeligheten av fôret. Dette gjør det vanskelig å sammenlikne resultatene fra dette forsøket direkte med andre forsøk. I noen forsøk er fordøyelsesforsøkene med helgrøde av hvete gjennomført på sau, i andre på kviger eller okser, og med andre raser. I flere forsøk er det manglende informasjon om eller ulikt utviklingsstadiet på helgrøden, ulikt stivelseinnhold i korna, bruk av ulike sorter hvete, ulik stubb høyde, ulik konserveringsmetode (f.eks urea behandling), ulik rasjonssammensetning, ulik kuttelengde på fôret før utfôring og bruk av ulike metoder for å anslå fôrets kuttelengde. Til tross for at flere forsøksfaktorer i mange av fordøyelsesforsøkene med hvete helgrøde er forskjellig fra gjeldende forsøk, er det i noen tilfeller felles faktorer mellom fordøyelsesforsøkene som gjør at forsøkene allikevel kan sammenliknes, men i mange tilfeller lar det seg ikke gjøre.

### **Valsingens virkning på fordøyeligheten av helgrødesurfôr**

Ved forsøksstart var hypotesene at valsing av fôret ville øke fordøyeligheten av korn og organisk stoff, og at økningen i fordøyelighet ville være større for helgrøde høstet ved sen deigmodning sammenliknet med helgrøden høstet ved tidlig deigmodning.

Resultatene viser derimot at valsingen ikke har gitt signifikant effekt på fordøyeligheten av noen av fôrfraksjonene i helgrøden. I motsetning til hypotesen om økt fordøyelighet av organisk stoff ved valsing, viser heller resultatene en tendens til redusert fordøyelighet av tørrstoff, aske, organisk stoff og råprotein i valset fôr sammenliknet med uvalset fôr for begge høstetider. Dette kan skyldes at fôrinntaket har vært signifikant høyere for valsa helgrøde ( $p < 0,001$ ) for begge høstetider. Dette kan ha ført til noe raskere passasjehastighet for valset fôr. Flere forsøk viser at økt fôrinntak gir økt passasjehastighet gjennom fordøyelsessystemet og redusert fordøyelighet (Hvelplund og Nørgaard, 2003).

Årsaken til høyere fôrinntak av valsa fôr kan skyldes at dette fôret var mer splintret. Resultatene fra fôrpartikkelsorteringen i Penn State og håndsorteringen viser en tendens til at valsa fôr har flere små partikler enn uvalsa fôr. Flere av fôrpartiklene i valsa fôr var splintret som følge av valsingen, noe som kan ha bidratt til å redusere deres fylleverdi i vomma slik at fôrinntaket har økt. Valsingen kan også ha bidratt til økt fôropptak ved å øke smakeligheten på fôret ved at deler av kornets innhold har blitt spredt på fôret. Men kyrnes preferanse for valsa og uvalsa helgrøde, eller preferanse for helgrøde av hvete generelt, er ikke undersøkt i dette forsøket.

Resultatene viser at beregnet tyggetid for valsa fôr er noe lavere enn for uvalsa fôr (hhv. 75, 5 min/kg TS og 77,2 min for Z83). Tyggetiden for helgrøden generelt er nokså lik og høy (mellom 74 og 77 min/kg TS) noe som er langt over minimumskravet på 32 min/kg TS tilross for kort partikkellengde på fôret. Dette skyldes høyt innhold av NDF og iNDF i helgrøden. Det er nok derfor mer sannsynlig at tendensen til redusert fordøyelighet skyldes økt fôrinntak og sannsynligvis høyere passasjehastighet for valsa fôr enn at vomma har blitt sur. Tilskudd av gjær kan bidra til raskere nedbrytning av fôret og høyere tørrstoffinntak (Williams et al., 1991 og Erasmus et al., 1992). Muligens kan økt overflate på valsa helgrøde ha gitt gjærsoppen flere angrepspunkter for nedbrytning enn uvalsa fôr, noe som også kan ha bidratt til raskere nedbrytning, men samtidig raskere passasjehastighet som følge av at partiklene allerede er små, og dermed allikevel mindre nedbrytning (mindre fordøyd materiale).

Resultatene fra våtsikting av gjødsel viser at valsa helgrøde har gitt signifikant lavere vektandel av store partikler (fraksjonene mellom 4 og 2 mm) men ellers er det ingen signifikant forskjell mellom vekten av partiklene i de ulike silene for valset og uvalset helgrøde. Det er vanskelig å tolke utfra partikkelstørrelsen i gjødsla om tendensen til lavere fordøyelighet av valsa fôr gjenspeiles i fôrpartiklene i gjødsla. Resultatene fra fôrsorteringen i Penn State Particle Separator viser at en større andel av fôrpartiklene i valsa helgrøde var mindre enn i uvalsa helgrøde. Dette kan være årsaken til lavere vektandel store partikler i gjødsla fra valsa fôr.

I likhet med resultatene fra dette forsøket ga valsing heller ikke signifikant effekt på fordøyeligheten av helgrøde av bygg hos Eun et al. (2004), bortsett fra tendens til økt stivelse fordøyelighet ved valsing hos Eun et al. (2004). Utfra sammenlikning av resultatene fra Penn State partikkel separator, ser det ut til at det er færre lange partikler hos Eun et al., (2004) og flere partikler i fraksjonen mellom 8-19 mm, men færre partikler i fraksjonen 1,8-8 mm. Hovedvekten av stråene i gjeldende forsøk er i fraksjonen 1,18-8 mm i Penn State partikkelseparator. Dette kan tolkes som at fôret hos Eun et al., (2004) har noe lengre kuttelengde på de fleste stråene, og at de fleste partiklene er mellom 8 og 19 mm. Allikevel viser dette at fôret hos Eun et al. (2004) også hadde kort kuttelengde. Muligens ville valsingen hatt større effekt både hos Eun et al. (2004) og i gjeldende forsøk, og økt fordøyeligheten av fôret dersom fôrtiklene hadde vært lengre, slik at splintringen av stråene under valsing i større grad ville økt partikkel overflaten.

Hos Eun et al.,(2004) var stivelsefordøyeligheten høyere i valsa fôr enn i uvalsa, hhv. 94,3 % og 93,5 %. I gjeldende forsøk var det ingen signifikant forskjell mellom stivelsefordøyeligheten i valsa og uvalsa fôr (hhv. 97,8 % og 97,6 % for Z83 V og Z83, og hhv 98,3% og 98,6 % for Z87 V og Z87. Hos Toland (1976) økte derimot fordøyeligheten av stivelse betraktelig, fra 62 % til 99 % når hele hvetekorn ble valset. Hos Fulkerson og Michell (1985) økte stivelsefordøyeligheten fra 31,8 % for hele hvete korn til 100 % ved fôring med malte hvetekorn. Abdalla et al., (1999) undersøkte ikke effekt av valsing av helgrøde, men observerte stor flyt av hele hvete korn fra vom til duodenum, og lav tilsynelatende total fordøyelighet av stivelse (59-62%) i et fordøyelsesforsøk med urea behandlet hvete helgrøde kombinert med grassurfôr til melkekyr.

Ulike resultat for valsingens effekt på stivelsefordøyeligheten, og forskjell i stivelsefordøyelighet i ulike forsøk kan muligens skyldes ulik tørrstoffprosent i korna. Tørrstoffprosenten i korna hos Fulkerson og Michell (1985) var 89,2 % i hele korn og 87,8 % i malte korn.

Stivelsefordøyeligheten var på hhv. 31,8 % og 100 %. Hos Toland (1976) er ikke kornas tørrstoffinnhold nevnt, men det antas at de var nokså tørre da korn bare er lagringsdyktig i tørr tilstand. Hos Abdalla et al., (1999) var tørrstoffinnholdet i helgrøden 76,1 % og 71,9 % og

stivelsefordøyeligheten hhv. 50,2 % og 42,6 %. Hos Walsh et al.,(2009) var tørrstoffinnholdet i helgrøden 51,2 % og stivelsefordøyeligheten 99 %. I gjeldende forsøk var tørrstoffinnholdet ca 33 % og ca 42 % for hhv. Z83 og Z87 og stivelsefordøyeligheten ca 98 %. Sammenlikningen av tørrstoffinnhold og stivelsefordøyeligheten i fôret hos Fulkerson og Michell (1985), Abdalla et al., (1999) og Walsh et al.,(2009) med tørrstoffinnhold og stivelsefordøyelighet i gjeldende forsøk tyder på at fuktinnholdet kan ha større virkning på fordøyeligheten enn valsingen. Krause et al., (2002 a) fant at stivelsefordøyeligheten økte fra 91,6 til 97,1 % når tørre knuste maiskorn ble erstattet med knuste maiskorn med høyt fuktinnhold. Økt fuktinnhold i maiskorna reduserte pH i vom signifikant (Krause et al., 2002 b), økte totalfordøyeligheten av tørrstoff, organisk stoff og stivelse, men fiber fordøyeligheten ble ikke påvirket (Krause et al., 2002 a). Når stivelseskorn utsettes for vann sveller de. Fuktighet kan sette i gang spireprosessen i kornet, slik at store mengder  $\alpha$ -amylase syntetiseres i kornet.  $\alpha$ -amylase bryter ned stivelsen til oligosakkarider (Uhlen, 2014). I tørre korn er derimot enzymaktiviteten lav. Enzymaktiviteten øker generelt i fuktige korn (Juul, 1999). Årsaken til at fuktige korn fordøyes bedre kan derfor være at stivelsen allerede er nedbrutt til mindre enheter, slik at stivelseskornene er lettere tilgjengelig og at de fordøyes raskere. Hvor raskt spireprosessen settes i gang påvirkes av kornart og kornsort, og beskrives som spiretreghet. Muligens har kornets fuktighet størst innvirkning på kornets fordøyelighet hos sorter med høy grad av spiretreghet da disse må utsettes for faktorene som setter i gang spireprosessen i lengre tid enn sorter med lav grad av spiretreghet for at spireprosessen settes i gang og  $\alpha$ -amylase syntetiseres i kornet. Dette kan muligens gjøre at kornas fuktinnhold kan ha større innvirkning på kornfordøyeligheten enn knusing av kornene.

Resultatene viser at valsingen ikke har påvirket protein og fettinnholdet i melka. Melkeytelsen var signifikant høyere for Z83V enn for Z83. Dette kan ha sammenheng med signifikant høyere fôrinntak av Z83V enn Z83. Men dette stemmer ikke med at fôrinntaket av Z87V var høyere enn Z87 og at melkeytelsen var lavere for Z87V enn Z87.

## Høstetidens virkning på fordøyeligheten av NDF

NDF fordøyeligheten var signifikant høyere ( $p < 0,001$ ) for den tidligste høstetiden (Z83). Dette var forventet da lignifiseringsgraden av hemicellulosen og cellulosen i celleveggene øker med økende utviklingstrinn på plantematerialet. Resultatene fra iNDF analysen viser at det var signifikant høyere iNDF innhold i Z87 enn i Z83 etter 288 timers vom inkubering. Dette gir en indikasjon på at lignifiseringsgraden av plantematerialet var høyere ved Z87 enn ved Z83.

Redusert NDF fordøyelighet med økende utviklingstrinn hos hvete helgrøde samsvarer med resultatene fra andre fordøyelsesforsøk med fri tilgang på hvete helgrøde (Südekum et al., 1995 (okser og sau) og Crovetto et al., 1998 (sau)). Men ved vedlikeholdsføring fant Südekum et al., (1995) motsatt effekt, med høyere fordøyelighet av alle fôrfraksjoner for helgrøden høstet ved sen hard deigmodning enn for fôret høstet ved tidlig deigmodning og på sent melkestadie. Årsaken til at fôrinntaket påvirker fordøyeligheten av fôret kan skyldes at økt fôrinntak reduserer fordøyeligheten av fôret pga økt passasjehastighet. Økt passasjehastighet går i størst grad utover fôrfraksjoner som krever lang oppholdstid i vom for å bli fordøyd.

Partikkelfordelingen i gjødsla viser at utsatt høstetid har gitt signifikant færre partikler under 100  $\mu\text{m}$  og signifikant flere partikler over 4 mm. Dette kan tyde på at fôrpartiklene fra Z87 er noe dårligere fordøyd enn fôrpartiklene fra Z83. Dette stemmer overens med fordøyeligheten av NDF, som er signifikant høyere for Z83 enn for Z87 (46,7% for uvalsa Z83 og 40,3 % for uvalsa Z87). Dette kan tyde på at partikkelstørrelsen i gjødsla kan være en god indikator for NDF fordøyeligheten. Også hos Oshita et al., (2004) var NDF fordøyeligheten størst i rasjonen som ga minst partikkelstørrelse i gjødsla. Hos Maulfair et al., (2011) var det tendens til høyere NDF og iNDF innhold i gjødsla med størst gjennomsnitts partikkelstørrelse, men resultatene viste ingen klar sammenheng med fordøyeligheten av NDF og partikkelstørrelsen i gjødsla.

### **Høstetidens virkning på fordøyeligheten av stivelse**

I gjeldende forsøk var stivelsefordøyeligheten signifikant høyere ( $p < 0,004$ ) for Z87 (98,6 %) enn for Z83 (97,6 %). Südekum et al., (1995) fant derimot at stivelsen var mer fordøyelig ved tidlig deigmodning (99,7%) enn ved sen, hard deigmodning (98,8%) i fordøyelsesforsøk med okser.

Årsaken til variasjon i stivelse fordøyeligheten kan være at ulike hvetesorter er brukt, eller at det har vært ulikt fukt innhold i korna. Både hos Südekum et al., (1995) og i gjeldende forsøk var tørrstoffinnholdet i helgrøden høyere ved sen deigmodning enn ved tidlig deigmodning, hhv. 50,1 % hos Südekum et al., (1995) og 42,2 % i gjeldende forsøk (uvalsa) ved sen deigmodning og 41,8 % hos Südekum et al., (1995) og 33,5 % i gjeldende forsøk (uvalsa) ved tidlig deigmodning. Ved Z 87 er tørrstoff innholdet i gjeldende forsøk (42,2 %) nokså likt som hos Südekum et al., (1995) ved tidlig deigmodning (41,8 %), med stivelse fordøyelighet på hhv. 98,6 og 99,7 %. Muligens kan dette tolkes som at ca 40 % tørrstoff i fôret er mer optimalt for stivelse fordøyelighet i helgrøde av hvete enn 50 % og 30 % tørrstoffinnhold i fôret, og at fuktinnholdet i kornet har større betydning for stivelse fordøyeligheten enn høstetiden og valsing av korna.

Hos Walsh et al.,(2009) hadde også mengden korn i helgrøden signifikant virkning på stivelsefordøyeligheten. Stivelsefordøyeligheten ble noe redusert (fra 99 % til 98,6 %) for helgrøde av hvete når kornmengden økte fra 30 til 60 %. Redusert stivelsefordøyelighet gjaldt både for helgrøde av bygg og hvete. Dette tyder på at ulik kornmengde i ulike forsøksfôr kan bidra noe til variasjon i fordøyelseskoeffisienter for stivelse.

### **Høstetidens virkning på fordøyeligheten av restkarbohydrater**

Fordøyeligheten av rest karbohydrater er beregnet fordi dette er en faktor som inngår i beregningen av fôrets energiverdi. Utsatt høstetid fra Z83 til Z87 har gitt signifikant lavere restkarbohydrat fordøyelighet ( $p < 0,0001$ ). For uvalsa helgrøde ble fordøyeligheten av restkarbohydrater redusert fra 68,4 % til 39,7 % ved økende utviklingstrinn fra Z83 til Z87.

Årsaken til den reduserte fordøyeligheten kan skyldes endret kjemisk sammensetning av rest fraksjonen. Ved Z83 utgjør lettfordøyelige vannløselige karbohydrater ca 40 % av restkarbohydrat fraksjonen, mens de ved Z87 kun utgjør ca 3 % av fraksjonen. Høyere andel lettfordøyelig materiale i fraksjonen vil bidra til å øke fordøyeligheten av fraksjonen. Årsaken til at andelen vannløselige karbohydrater er høyere ved Z83 kan skyldes høyere fotosyntese aktivitet i planten på dette veksttrinnet.

### **Høstetidens virkning på fordøyeligheten organisk stoff**

Det var forventet at fordøyeligheten av organisk stoff i Z83 skulle være høyere enn for Z87. Resultatene viser at det er en tendens ( $p < 0,07$ ) til redusert fordøyelighet av organisk stoff fra 61,8 til 60,5 % ved utsatt høsting fra Z83 til Z87. Også for oksene hos Südekum et al., (1995) var det tendens til redusert fordøyelighet av organisk stoff fra 72,1 til 70,7% mellom tidlig og sen deigmodning ved fri tilgang på hvete helgrøde. Hos Crovetto et al., (1998) var det signifikant reduksjon i fordøyelighet av organisk stoff med økende utviklingstrinn fra skyting (75,6 %) til midtblomst (68,9 %) og melkestadiet (61,4 %). Fra melke til deigmodningsstadiet økte derimot fordøyeligheten av organisk stoff noe, men ikke signifikant, fra 61,4 % på melkestadie til 62 % på deigmodningsstadiet. Resultatene for fordøyelighet av organisk stoff (61,8 og 60,5 %) i gjeldende forsøk ligger nokså nær resultatene til Crovetto et al., (1998) for sau med fri tilgang på hvete helgrøde (62 %).

Organisk stoff er tørrstoff minus aske. Hvor mye totalfordøyeligheten av organisk stoff endres med utsatt høstetid, avhenger derfor av hvor mye helgrødens kjemiske komposisjon endres og i hvilken grad fordøyeligheten av NDF, råprotein, råfett, stivelse og rest karbohydrater endres. Som resultatene fra helgrødens kjemiske komposisjon viser, er det spesielt stivelse andelen i helgrøden som øker (fra 9,6 til 24,6 %), mens NDF andelen reduseres fra 48 til 45,4 % mellom Z83 og Z87. Den reduserte NDF fordøyeligheten bidrar til å redusere fordøyeligheten av organisk stoff, mens den økte stivelse mengden i fôret bidrar til å øke fordøyeligheten av organisk stoff. Hos Südekum et al., (1995), hvor fordøyeligheten av organisk stoff var høyere,

var både NDF og stivelse innholdet i hveteplantene lavere. For helgrøden høstet ved tidlig og sen, hard deigmodning var NDF innholdet hhv 38,8 % og 38,5 % av TS og stivelse innholdet hhv 15,8% og 20,1 % av TS hos Südekum et al., (1995). Lavere NDF innhold i forsøksfôret ved begge høstetider hos Südekum et al., (1995) og høyere NDF fordøyelighet bidrar til at fordøyeligheten av organisk stoff i deres forsøk er høyere (70,7 % hos Südekum et al., (1995), 60,5 % for uvalsa Z87).

Hos Crovetto et al., (1998) derimot var den kjemiske sammensetningen og fordøyeligheten av forsøksfôret mer lik Z83 og Z87, med NDF og stivelse konsentrasjon på hhv 48,7 % og 18,8 % på deigmodningsstadiet og OS fordøyelighet på 62 %.

Årsaken til variasjon i helgrødens kjemiske komposisjon og fordøyeligheten av OS skyldes nok i stor grad ulike dyrkings/klima forhold, og at det er brukt forskjellige hvete sorter i forsøkene.

### **Høstetidens virkning på fôrinntaket**

Resultatene viser at det var signifikant høyere fôrinntak av Z87 enn av Z83 ( $p < 0,001$ ).

Dette stemmer overens med flere andre forsøksresultater hvor inntak av organisk stoff økte gradvis fra sent melke til tidlig deigmodning og hard, sen deigmodning (Südekum et al., (1995), Crovetto et al., (1998), Sutton et al., (2002)). Høsting ved skyting ga noe lavere fôrinntak enn høsting ved deigmodning (Crovetto et al., (1998)).

Flere faktorer kan ha bidratt til ulikt fôrinntak av rasjonene. Høyere tørrstoffinnhold og lavere innhold av vannløselige karbohydrater i Z87 vil bidra til redusert fermentering og dermed lavere totalinnhold av syrer i fôret. Det er kjent at totalt syreinnhold og NDF innholdet i fôret påvirker fôropptaket (Volden, 2011). Totalt syreinnhold for Z83 var signifikant høyere enn for Z87. Dette har antakelig bidratt til høyere fôrinntak av Z87 enn av Z83.



Større kornmengde i fôret høstet ved Z87 kombinert med kort kuttelengde på fôret kan også ha bidratt til økt fôropptak da den korte kuttelengde på fôret forhindrer i en viss grad utsortering av korn. Høyere tørrstoffinnhold i Z 87 enn i Z 83 kan ha ført til økt splintring av stråene i fôret, som observert under sorteringen. Dette kan også ha bidratt til økt fôrintak av Z 87 i forhold til Z 83.

Fôr nivået påvirker fordøyeligheten av fôret. Südekum et al., (1995) fant at fordøyeligheten av alle fôrfraksjonene var signifikant høyere ved vedlikeholdsføring med hvete helgrøde surfôr enn ved fri tilgang på fôr (bortsett fra stivelse fordøyeligheten som var nokså lik ved begge fôrnivåene). Høyere fôrinntak av Z 87 kan derfor ha bidratt til å redusere fordøyelighet av Z 87. Dette stemmer overens med resultatene som viser høyere fôr inntak og tendens til redusert fordøyelighet av valsa forsøksfôr. Hos Südekum et al., (1995) gjaldt nedgangen i fôrdøyelighet ved økt fôrnivå for alle høstestadier av helgrøden (sent melkestadie, tidlig deigmodning og sen, hard deigmodning). Reduksjonen i fordøyelighet ved økt fôrnivå fulgte helgrødens utviklingsstadie, med minst nedgang i fordøyelighet for helgrøden høstet ved sent melkestadie, nest minst reduksjon i fordøyelighet ved tidlig deigmodning, og størst nedgang i fordøyelighet for helgrøden som ble høstet ved sen, hard deigmodning. Südekum et al., (1995) registrerte også at ved lavt fôrinntak (vedlikeholdsføring) var det organiske stoffet i hvete helgrødesurfôret høstet ved tidlig deigmodning mer fordøyelig enn ved sen deigmodning. Men ved høyt fôrinntak (fri tilgang) var det liten forskjell i fordøyeligheten av det organiske stoffet i fôret mellom tidlig og sen deigmodning.

Ulikt fôrinntak kan ha bidratt til at forskjellen mellom fordøyeligheten av helgrøden ved de to høstetidene og mellom valsa og uvalsa fôr har blitt mindre. Til tross for muligheten for at ulikt fôr inntak av forsøksfôrene har påvirket fordøyeligheten, vil det nok i en driftssituasjon allikevel være mer interessant å kjenne til fôrets fordøyelighet og fôrverdi ved fri tilgang på fôr da kyrne normalt fôres med relativt fri tilgang på gården.

## **Høstetidens virkning på melkeytelse og melkas kjemiske sammensetning**

Resultatene viser at høstetiden ikke hadde signifikant virkning på ytelsen når både valsa og uvalsa helgrøde tas i betraktning. Men hvis bare uvalsa helgrøde tas i betraktning var ytelsen signifikant høyere for Z87. Dette kan skyldes høyere stivelse innhold i helgrødesurfôret ved Z87, og høyere fôrinntak. Det er en sterk positiv korrelasjon mellom fôrinntak og melkeytelse (Arieli og Adin, 1994). Hos Arieli og Adin, 1994 var ytelsen høyere hos kyr fôret med grønnfôr av hvete høsta ved blomstring enn ved fôring med helgrøde av hvete høsta ved melkestadiet.

## **Bruk av utskilte korn i gjødsel som indikator for stivelsefordøyelighet**

Sammenlikning av korn og stivelse mengdene i helgrøden tyder på at kornmengden kan brukes til å anslå stivelseinnholdet i fôret forutsatt representativt prøveuttak og tørking av korn og fôr til stabil vekt. Beregnet fordøyelighet av stivelse og korn var nokså like på hhv. ca 98 % og 99 %, noe som tyder på at sammenlikning av mengden korn i fôr og gjødsel kan brukes som indikator for stivelse fordøyelighet i fôret. Dette stemmer overens med resultatene til Fulkerson og Michell (1985) hvor fordøyeligheten av korn og stivelse var hhv. 14,7 og 16,6 %. Kimberley (1976) fant at det var liten forskjell i kjemisk komposisjon mellom korn funnet i gjødsla og korn i fôret. Også andre forskere har funnet samsvar mellom utskilt stivelse og kornmengde. Hos Toland (1976) var utskilt korn mengde i gjødsel 39,8 % og utskilt stivelse mengde i gjødsel 38 %.

Å vurdere mengden utskilte korn kan være nyttig for raskt og grovt å anslå stivelse fordøyeligheten ved praktisk fôring av helgrøde av korn. Men funn av mange korn i gjødsla betyr ikke nødvendigvis lav stivelsefordøyelighet dersom korn mengden i fôret er høy.

Stivelsefordøyeligheten i gjeldende forsøk var høy (ca 99 %) selv om det ble funnet korn i gjødsla. I noen tilfeller ble det observert korn i gjødsla som så hele ut, men som var tomme innvendig. Det er derfor viktig å sammenlikne korn mengden i fôr og gjødsel for å kunne anslå stivelsefordøyeligheten. For å finne kornmengden i fôr og gjødsel kan Penn State Particle Separator eller annet utstyr med passende hullstørrelse brukes slik at korna separeres ut. Ved spyling av f.eks 1 kg tørr gjødsel gjennom en sil som fanger opp korna og ved risting av 1 kg tørt fôr slik at korna faller ut, kan kornmengden i gjødsel og fôr bestemmes. Til bruk i

forsøkssammenheng vil det være bedre å bruke analysesvar for stivelse innhold i gjødsel og fôr for å bestemme korn fordøyeligheten enn å våtsikte gjødsla da det er mindre arbeidskrevende. Dersom kornmengden anslås på aks i stående åker registreres ikke evt kornspill under høsting/fôrhåndtering, slik at en risikerer å overvurdere korn og dermed stivelse innholdet i fôret. Helgrødens utviklingsstadium påvirker hvor lett det er å finne korna i fôr og gjødsel. Ved Z83 var det vanskelig å finne korn da høyt vanninnhold i korna gjør at de klemmes flate og skrumper inn under tørking.

### **Bestemmelse av fôrpartikkelstørrelsen i helgrødesurfôret**

Gjennomsnitts kuttelengde brukes i beregning av fôrets tyggetid. Det brukes ulike partikkelfordelingskurver for å beregne gjennomsnitts partikkellengde (normalfordeling, logaritmisk normalfordeling, gammafordeling og weibull fordeling) basert på partiklenes form (Hvelplund og Nørgaard, 2003). Hvilken median og gjennomsnitts partikkelstørrelse det er mest fornuftig å bestemme i forbindelse med fôrets fordøyelighet kommer an på hva som påvirker mikroorganismenes mulighet for å nedbryte fôrpartiklene. Nedbrytningsgraden for fôrpartikler i vom påvirkes av størrelsen på partiklenes overflate areal (tilgjengelig areal for enzymatisk nedbrytning), tilgjengelig tid for nedbrytning (oppholdstid i vom, kriteriene for hvilke partikler som slippes ut av vom), samt partikkelstørrelsen (partikkellengde og diameter) som påvirker kuas tyggetid og dermed spytt utskillelsen. I forbindelse med fordøyelsesforsøk vil det nok derfor være partiklenes lengde og areal som i størst grad påvirker deres fordøyelighet.

I gjeldende forsøk ble fôrpartiklene håndsortert i 7 fraksjoner som ble veid for å finne median fôrpartikkelstørrelse i helgrødesurfôret. Håndsorteringen er tidkrevende og gir derfor få muligheter for gjentak. Håndsortering er uegnet som metode for veldig små partikler. Det er utarbeidet mange ulike metoder for partikkelsortering. Bruk av ulike metoder for partikkelsortering i ulike forsøk gjør det vanskelig å sammenlikne forsøksresultatene. En mye brukt metode for partikkelseparering er bruk av siler med ulik hullstørrelse. I flere forsøk er metoden ASAE standard S424 (American National Standards Institute, 1988) brukt (Krause et al., 2002, Krause og Combs, 2003). ASABE Particle separator er brukt hos Maulfair og

Heinrichs, 2013. Andre forskere har brukt Penn State Particle Separator (Ramirez et al., 2016, Eun et al., 2004, Yang, 2001). Ulempen med disse metodene hvor partiklene separeres med siler med ulik hullstørrelse er at partiklene både separeres etter lengde og diameter. Lange partikler med diameter under 1 mm vil også komme gjennom en sil med hullstørrelse. 1 mm hvis de havner vinkelrett på åpningen (som kan skje når prøven legges i silene, eller faller gjennom fra silen ovenfor). Lange partikler kan også komme gjennom ved at de sklir sidelengs på skrå gjennom åpningene i sila når silene skakes for å separere partiklene. Det er forsøkt å forhindre dette ved å ha en viss tykkelse på de perforerte platene som brukes til partikkelseparering i Penn State Particle Separator (Lammers et al.1997), men fortsatt påvirker partikkeldiameteren og ikke bare partikkellengden hvilke partikler som slippes igjennom. Dette gjør at heller ikke Penn State Particle Separator og andre silemetoder er godt egnet for å finne median partikkellengde. Igathinathane et al., (2009) og Savoie et al., (2013) mener billedanalyse er en mer presis metode enn partikkelsortering ved hjelp av siler for å måle fôrpartiklenes riktige dimensjoner. Ved billedanalyse beregnes ikke median partikkellengde utfra vekt, men fôrpartiklenes antall, høyde, bredde, areal og omriss bestemmes ved scanning av partiklene etter at de er spredt på en flate. ASABE standard metode (S424,1) underestimerte partikkellengden målt ved billedanalyse med 31 % i gjennomsnitt (Savoie et al., (2013). Billedanalysen krever tilgang på kamera eller scanner og et data analyse program. Det må være klar kontrast mellom partikler og bakgrunn, og partiklene må ikke dekke hverandre (ellers kan de oppfattes som større enn de er). En må også kalibrere utstyret slik at piksel enhet konverteres til fysisk enhet (mm). Partikkelstørrelsen kan også bestemmes ved hjelp av lysspredning og laser (Igathinathane et al., 2009). Disse metodene ble ikke brukt i forsøket av kostnadmessige årsaker.

I gjeldende forsøk ble partikkelfordelingen i helgrøden også bestemt med bruk av Penn State Particle Separator. Fordelen med Penn State er at metoden er rask, gir en grei oversikt over partikkelfordelingen i fôret, skiller ut korn fraksjonen i boks C (8-1,18 mm), og at den kan brukes i fjøset slik at gårdbrukerne også har mulighet til å sammenlikne eget fôr med forsøksfôret.

## Gyldigheten av fordøyelseskoeffisientene

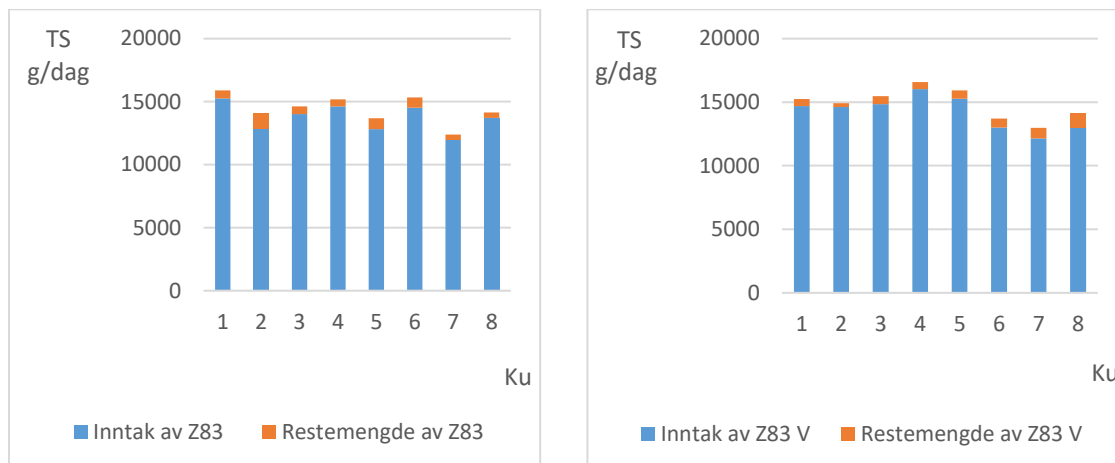
Fire ulike tilskuddsfôr og fôrrester har komplisert beregningene av fordøyelseskoeffisientene.

Beregning av fordøyeligheten ved differanse kan føre til introduksjon av feilkilder da det forutsettes at analyseverdiene for fôrrestene, fôrslagene og fordøyelseskoeffisientene for tilskuddsfôr og kraftfôr stemmer. Samtidig er beregning ved differanse nødvendig for å få kunnskap om et fôrmiddels fordøyelighet i ulike rasjoner, og for å få bedre grunnlag for å sammenlikne forsøksresultatene med andre forsøksresultater hvor andre rasjonssammensetninger er brukt. Fordøyeligheten av noen fôrslag må beregnes ved differanse for å unngå fordøyelsesproblemer eller næringsmangler.

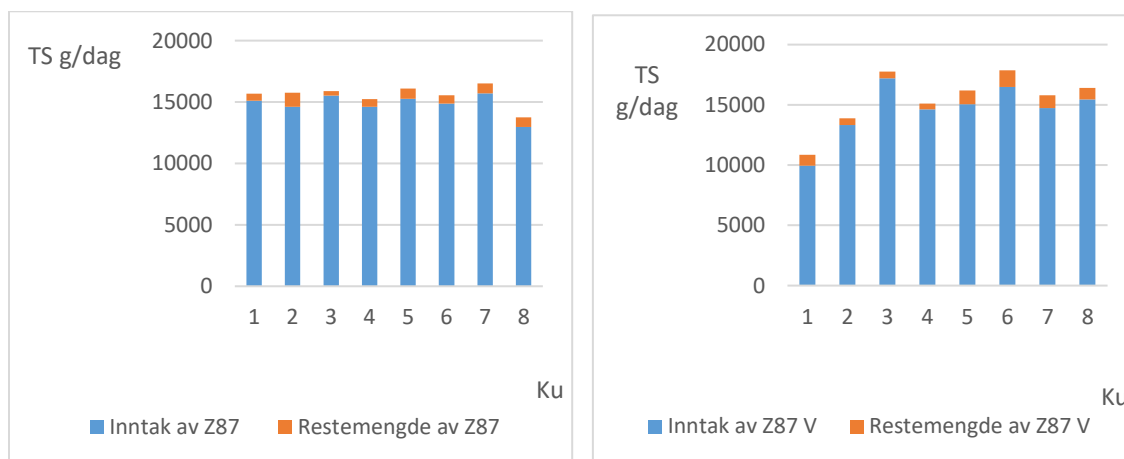
I gjeldende forsøk hadde kyrne fôrrester. Analyseverdiene for næringsinnholdet i fôrrestene ble basert på restepøver fra de fire kyrne som hadde størst restemengde. Det er derfor usikkert om restepøvene er representative for alle fôrrester fra alle kyrne. Ulike kyr kan ha ulik evne til å sortere ut ønskede fôrtikler. Utsortering av fôrtikler var vanskelig gjort ved kort fôrtikkellengde. Dette har antakeligvis bidratt til at forskjellen i kjemisk komposisjon og partikkelfordelingen mellom fôr og fôr rester har blitt redusert.

Rester av kraftfôr eller mineraler i restepøvene kan ha påvirket analyseverdiene for fôrrestene. Restepøve fra helgrøden høstet ved Z83 V har f.eks mye høyere aske innhold enn de andre fôrrestene og helgrødesurfôret, noe som kan tyde på at det f.eks har vært mineralrester i restepøven. Men da restemengdene var små reduseres virkningen av eventuelle feil i analyseverdiene. Et alternativ for å unngå overestimering av næringsstoffer pga rester av tilskuddsfôr i restene kunne være å bruke analyseverdiene fra helgrødesurfôre på fôrrestene. Men da oppfanges ikke den endringen i kjemisk komposisjon som skyldes utsortering av ønskede fôrtikler, og naturlig separering av fôret som skjer under fôring (korn samles i bunnen av fôrtrauet).

I figur 8 og 9 nedenfor vises sammenlikning av mengden fôrrester og inntatt fôr i oppsamlingsperioden for gjødsel.



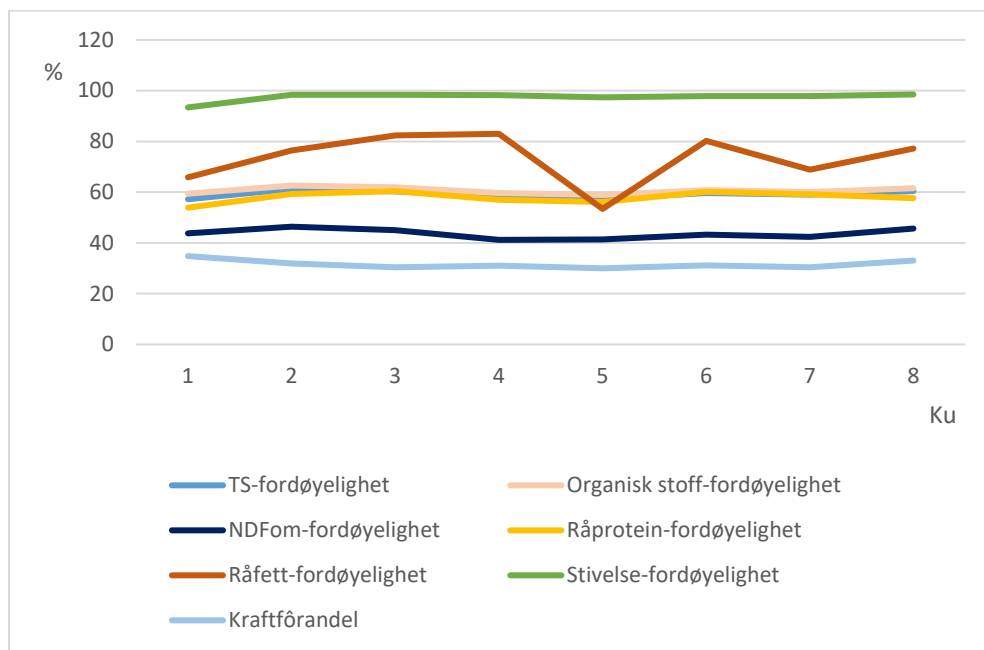
Figur 8. Sammenlikning av fôrinntak og restemengde i gjødselopsamlingsperioden. Fra venstre: Fôrinntak og restemengde for uvalsa og valsa helgrøde høstet ved tidlig deigmodning. Total søylehøyde tilsvarer totalmengde TS (g) tildelt pr dag.



Figur 9. Sammenlikning av fôrinntak og restemengde i gjødselopsamlingsperioden. Fra venstre: Fôrinntak og restemengde for uvalsa og valsa helgrøde høstet ved sen deigmodning. Total søylehøyde tilsvarer totalmengde TS (g) tildelt pr dag.

Ved sammenlikning av mengden fôrrester og inntatt fôr (figur 8 og 9) sees at restemengdene er små i forhold til mengden inntatt helgrøde. Median restemengde for alle perioder og alle kyr var 1,32 kg fôr. Dette gjør at effekten av eventuelt usikre analyseverdier for fôrrestene reduseres.

Begrenset fri tilgang på fôr har ført til ulikt fôrinntak mellom kyrne og ulik kraftfôrandel i rasjonen. Dette kan ha påvirket fordøyelseskoeffisientene. I tillegg har ulike kyr noe ulik fordøyelsesevne selv ved samme fôring, alder, kjønn og art (Mc Donald et al., 2011, Hvelplund og Nørgaard, 2003). Men med forsøksdesignet 4 x 4 latinsk kvadrat tester alle kyr alle rasjoner slik at effekten av noe ulik kraftfôrandel i rasjonen som følge av ulikt fôrinntak og ulikheter i fordøyelsesevne reduseres. I figur 10 nedenfor vises variasjonen i fordøyelighet og kraftfôrandelen i rasjonen mellom ulike kyr.



Figur 10. Variasjon mellom kyr i fordøyelighet av næringsstoffene i helgrødesurfôret uavhengig høstetid og valsing. Kraftfôrandel i rasjonen er markert med lys blå strek.

Figur 10 viser at variasjonen i fordøyelighet av de ulike næringsstoffene i helgrøden er nokså lik, men at ku 5 skiller seg ut med lavere fettfordøyelighet enn de andre. Figuren viser også at kraftfôrandelen i rasjonen for kyrne er nokså lik.

Selvom fôrrester og ulikt fôrinntak kan ha påvirket fordøyelseskoeffesientene noe, er det viktig å gjennomføre fordøyelsesforsøk med de fôrnivåene som brukes i praksis (avhengig hva en er ute etter å finne ut med forsøkene). Forsøk av bl.a Südeküm et al., (1995) viser at fôrnivået påvirker

fôrets fordøyelighet. For å redusere svingninger i fôrinntak er det viktig å ha stabil og jevn surfôr kvalitet og kyr med relativt likt fôrinntak.

I ulike forsøksrapporter varierer det om fordøyeligheten er oppgitt som rasjonsfordøyelighet eller om fordøyelighet av helgrøde er beregnet ved differanse. Bruk av kraftfôr og tilskuddsfôr gjør at fordøyeligheten av næringsstoffene i rasjonen ikke er den samme som fordøyeligheten av næringsstoffene i forsøksfôret. For eksempel viser sammenlikning av rasjonsfordøyelighet og helgrødefordøyelighet i gjeldende forsøk, at høstetiden ga signifikant effekt på fordøyeligheten av tørrstoff og organisk stoff i rasjonen, mens dette ikke var tilfelle i helgrødesurfôret. Årsaken til dette kan være at kyrne hadde signifikant ulikt tørrstoffopptak for Z83 og Z87, noe som har ført til høyere kraftfôrandel i rasjonene med Z83 enn for Z87. En høyere andel kraftfôr i rasjonen vil øke fordøyelig andel tørrstoff i rasjonen da fordøyeligheten av tørrstoff og organisk stoff i kraftfôret er høy. Dette bidrar til å forskyve fordøyelseskoeffisientene oppover slik at fordøyelseskoeffisientene for tørrstoff og organisk stoff i Z83 blir signifikant høyere enn de tilsvarende fordøyelseskoeffisientene i Z87 slik at det vil se ut som om høstetiden har hatt signifikant effekt på fordøyeligheten av organisk stoff og tørrstoff, selv om dette egentlig er en effekt av kraftfôr i rasjonen.

Det er usikkert i hvilken grad kraftfôr og tilskuddsfôr har påvirket fordøyelseskoeffisientene for helgrøden da alle kyrne fikk lik mengde tildelt. Målet med forsøket var heller ikke å undersøke effekten av tilskuddsfôrene, men å undersøke evt. forskjeller i fordøyelighet mellom ulike høstetider og valsing/ ikke valsing av fôret.

Det har vært et begrenset antall andre forsøk å sammenlikne fordøyelseskoeffisientene fra dette forsøket med. Som nevnt i innledningen kan konserveringsmetoden påvirke fordøyeligheten av helgrøden. Det er derfor naturlig at fordøyeligheten av tørrstoff, organisk stoff og NDF er høyere hos Hill og Leaver (1999, ureabehandlet hvete helgrøde) (hhv. 78, 79 og 53,8 %) enn i dette forsøket (hhv. 59,5, 60,5 og 40,3 % for uvalsa Z87), og at stivelse fordøyeligheten er lavere hos Hill og Leaver (1999) (93,6 %) enn i dette forsøket (98,6%). Da fordøyelseskoeffisientene



samsvarer nokså bra med fordøyelseskoeffisienter fra andre forsøk (Crovetto et al.,1998) med hvete helgrøde med fri tilgang på helgrøde og liknende kjemisk komposisjon ansees fordøyelseskoeffisientene fra forsøket for å være representative for helgrødesurfôret.

## **5.0 Konklusjon**

Forsøksresultatene viser at det er signifikant forskjell mellom fordøyeligheten av stivelse mellom tidlig og sen deigmodning, men forskjellen er nok ikke stor nok til at det kan være av praktisk betydning. Endringen i fordøyelighet av de fleste fôrfraksjonene mellom tidlig og sen deigmodning er liten, bortsett fra redusert NDF fordøyelighet ved sen deigmodning. Samtidig øker stivelse innholdet i kornet kraftig. Det vil derfor være ønsket energiinnhold i fôret som avgjør hvilken høstetid som er best. Helgrøden høstet ved sen deigmodning har høyere stivelse innhold og dermed høyere energiverdi enn helgrøden høstet ved tidlig deigmodning.

Basert på forsøksresultatene ser det ikke ut til å være noen fordel å valse helgrødesurfôr av hvete høstet ved deigmodning når tørrstoffprosenten i surfôret er under 42%. Det ser heller ut til at valsingen øker risikoen for reduksjon av fôrets energiverdi da risikoen for korn tap øker ved økt behandling av fôret.

## **Kilder:**

- Allen, M.S (1996) Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *J.Anim.* 74:3063-3075
- Abdalla, A.L, Sutton, J.D, Phipps, R.H og Humphries, D.J (1999) Digestion in the rumen of lactating dairy cows given mixtures of urea-treated whole crop wheat and grass silage. *Anim. Sci.* 69:203-212.
- Aerts, J.V, De Boever, J.L, Cottyn, B.G, De Brabander, D.L og Buysse, F.X (1984) Comparative digestibility of feedstuffs by sheep and cows. *Anim. Feed Sci.Technol.* 12:47-56.
- Ahvenjärvi, S, Joki-Tokola, E, Vanhatalo, A, Jaakkola, S, Huhtanen, P. (2006) Effects of replacing grass Silage in dairy cow diets. *J. Dairy Sci.* 89:1678-1687
- Albonico, M, Schütz, L.F, Caloni, F, Cortinovis, C (2016) Toxicological effects of fumonisin B<sub>1</sub> alone and in combination with other fusariotoxins on bovine granulosa cells. *Toxicon* 118: 47-53
- Brodal, G (2013) Fusarioser i korn. *Plantevernleksikonet, NIBIO*
- Brodal, G og Skow Hofgaard, I (2013) Hva påvirker forekomsten av mykotoksiner i korn og halm? *Husdyrforsøksmøtet 2013.*
- Bruning, CL og Yokoyama, MT (1988) Characteristics of Live and Killed Brewer's Yeast Slurries and Intoxication by Intraruminal Administration to Cattle. *J.Anim Sci.* 66:585-91
- Bysveen, Kari og Gjerlaug, Anders (2015) Fine fordeler med helgrøde.pdf 1, 2015
- Castejon, M, Leaver, J.D (1994) Intake and digestibility of urea-treated whole crop wheat and liveweight gain by dairy heifers. *Animal Feed Science and Technology*, 46: 119-130, Elsevier.
- Crovetto, G.M, Galassi, G, Rapetti, L, Sandrucci, A, Tamburini, A (1998) Effect of the stage of maturity on the nutritive value of whole crop wheat silage. *Livestock Production Science* 55 (1998) 21-32
- Dehghan-banadaky, M, Corbett, R, Oba, M (2007) Review Effects of barley grain processing on productivity of cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 137 (2007) 1-24, Elsevier.
- Dehority, B, A (2003) *Rumen Microbiology*, Nottingham University Press, UK. ISBN 1-897676-99-9
- Delcour, Jan A. og Hosenev, Carl R. (2010) *Principles of cereal Science and Technology*. Third Edition. AACC International
- Deschard, G, Mason, V.C og Tetlow, R.M (1988) Treatment of whole crop cereals with alkali.3. Voluntary intake and growth in steers given wheat ensiled with sodium hydroxide, urea or ammonia. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 19:55-66
- Doreau, M. og Chilliard, Y. Fat digestion and metabolism in farm animals. *British Journal of Nutrition* (1997), 78, Suppl. 1, 515-535

Driehuis, F., Spanjer, M.C, Scholten, J.M, og Te Giffel, M.C (2008) Occurrence of mycotoxins in maize, grass and wheat silage for dairy cattle in the Netherlands. Food Additives and Contaminants: Part B, Vol.1 No 1: 41-50

Edvardesn, D.H, Ormstad, I (2000) Karbohydratfôrmidler. Kapittel 3 s 31 i Skrede, A (2000) Kraftfôr. NLH, Landbruksbokhandelen, Ås

Ekern, Asmund (1991) A new system of energy evaluation for ruminants. Norsk landbruksforskning, 1991; 5:273-277.

Eun, J.S, Beauchemin, K. A, Hong, H.S, Yang, W.Z (2004) Effects of Mechanical Processing on the Nutritive Value of Barley Silage for Lactating Dairy Cows. J.Dairy Sci. 87:4170-4177

Erasmus, L.J, Botha, P.M, Kistner, A (1992) Effect of yeast culture supplement on production, rumen fermentation, and duodenal nitrogen flow in dairy cows. J. Dairy Sci 75:3056-3065

Filya, I (2003) Nutritive value of whole crop wheat silage harvested at three stages of maturity. Animal Feed Science and Technology, 103 (2003) 85-95

Fink-Gremmels, J (2008) The role of mycotoxins in health and performance of dairy cows. The veterinary Journal 176 (2008) 84-92

Fulkerson, W.J og Michell, P.J (1985) Production response to feeding wheat grain to milking cows. Aust. J. Exp. Agric., 25, 253-6

Gooding, M J. The Wheat Crop Kapittel 2 i Wheat: Chemistry and Technology Fourth Edition av Khan, Khalil og Shewry, Peter R. (2009) American Association of Cereal Chemists.

Hvelplund, T og Nørgaard, P (2003) Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1- Næringsstofsomsætning og fodervurdering. DJF rapport, husdyrbrug nr.53, 2003.

Huhtanen, P, Rinne, M og Nousiainen, J (2009) A meta-analysis of feed digestion in dairy cows. 2. The effects of feeding level and diet composition on digestibility. J. Dairy Sci. Vol. 92, No 10: 5031-5042

IHA – metode beskrivelse for NDF, iNDF, Stivelse, Kjeldahl-N, WSC, Råfett, ADF.

IMT, 2015 Meteorologiske data for Ås, 2015. Institutt for matematiske realfag og teknologi, Nmbu, Ås.

Johansen, A. (2009) Ensilert heilgrøde – dyrkingspotensial, fôr kvalitet og bruksområde. Husdyrforsøksmøtet, 2009, s. 115-118

Johansen, A (2016) Produksjon og utnytting av heilgrøde som fôr. Del 1: Produksjon. NIBIO Kvithamar, Stjørdal. Lastet ned 24.7.2017 fra <http://docplayer.me/25822505-Produksjon-og-utnytting-av-heilgrode-som-for-del-1-produksjon-astrid-johansen-nibio-kvithamar-stjordal.html>

Jordbruksverket (2011) Utvecklingsstadier för stråsäd

- Jeong, J.S, Lee, J.H, Simizu, Y, Tazaki, H, Itabashi, H, Kimura, N (2010) Effects of the *Fusarium* mycotoxin deoxynivalenol on in vitro rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, 162:144-148
- Jouany, J. P (2007) Methods for preventing, decontaminating and minimizing the toxicity of mycotoxins in feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 137 (2007) 342-362
- Juul, Nils V (1999) Korn til mat. Høyskolen i Sør Trøndelag, Institutt for næringsmiddelfag.
- Kang, Z, Zingen-Sell, I, Buchenauer, H. (2005) Infection of wheat spikes by *Fusarium avenaceum* and alterations of cell wall components in the infected tissue. *European Journal of Plant Pathology* 111:19-28
- Kimberley, C. J (1976) Effect of age of cattle on digestion of whole wheat or oats fed with clover hay. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. Vol. 16, Dec 1976.
- Kornfelt, L.F, Weisbjerg, M.R, Nørgaard, P. (2013) Effect of harvest time and physical form of alfalfa silage on chewing time and particle size distribution in boli, rumen content and faeces. *Animal*. 7:2:232-244
- Krause K.M og Combs, D.K (2003) Effects of Forage Particle Size, Forage Source, and Grain Fermentability on Performance and Ruminal pH in Midlactation Cows. *J.Dairy Sci.* 86: 1382-1397
- Krause, K.M, Combs, D.K, Beauchemin K.A (2002a) Effects of Forage Particle Size and Grain Fermentability in Midlactation Cows. I. Milk Production and Diet Digestibility. *J.Dairy Sci.* 85:1936-1946
- Krause, K.M, Combs, D.K, Beauchemin K.A (2002b) Effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation cows. II. Ruminal pH and chewing activity. *J.Dairy Sci.* 85:1947-1957.
- Lammers, B.P, Buckmaster, D.R, Heinrichs, A.J (1996) A simple Method for the Analysis of Particle Sizes of Forage and Total Mixed Rations. *J. Dairy Sci.* 79: 922-928
- Le Liboux, S og Peyraud, J.L (1998) Effect of forage particle size and intake level on fermentation patterns and sites and extent of digestion in dairy cows fed mixed diets. *Animal Feed Science and Technology* 73 131-150
- Maulfair, D.D og Heinrichs, A.J (2013) Effects of varying forage particle size and fermentable carbohydrates on feed sorting, ruminal fermentation, and milk and component yields of dairy cows. *J.Dairy Sci.* 96: 3085-3097
- Maulfair, D.D, Fustini, M og Heinrichs, A.J (2011) Effect of varying total mixed ration particle size on rumen digesta and fecal particle size and digestibility in lactating dairy cows. *J.Dairy Sci.* 94: 3527- 3536

May, H, Wu, Q, Blake, C.K (2000) effects of the *Fusarium* spp. Mycotoxins fusaric acid and deoxynivalenol on the growth of *Ruminococcus albus* and *Methanobrevibacter ruminantium*. Can. J. Microbiol: 46:692-699

McDonald, P, Edwards, R. A, Greenhalgh, J.F.D, Morgan, C.A, Sinclair, L.A og Wilkinson, R.G (2011) Animal Nutrition, 7<sup>th</sup> edition. Pearson Education Limited

Mertens, D.R. (1997) Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. J.Dairy Sci. 80:1463-1481

Miller, J.W, O'Dell, G.D (1969) Nutritional problems of using maximum forage or maximum concentrates in dairy rations. J.Dairy Sci. 52, No. 7: 1144- 1154

Mostrom, M. S, Jacobsen, B. J (2011) Ruminant mycotoxicosis. Vet Clin Food Anim 27 315-344

Nadeau, E (2007) Effects of plant species, stage of maturity and additive on the feeding value of whole-crop cereal silage. J. Sci. Food Agric 87; 789-801

Nørgaard, P, Nadeau, E, Randby, Å, Volden, H (2011) Chewing index system for predicting physical structure of the diet. Kapittel 11 s. 127-132 i Volden, H (Ed) NorFor – The Nordic feed evaluation system. EAAP publication No.130, Wageningen Academic Publishers, Nederland

Nørgaard, P. (1989) The influence of physical form of ration on chewing activity and rumen motility in lactating cows. Acta Agric. Scand. 39: 187-202.

Norfor formiddeltabell

Oshita, T, Nonaka, K, Kume, S, Naku, T. (2004) Effects of forage type on particle size distribution of ruminal digesta and faeces of non-lactating cows fed high quality forage. Livestock Production Science 91 (2004) 107-115

Phipps, R.H, Sutton, J.D og Jones (1995) Forage mixtures for dairy cows: the effect on dry-matter intake and milk production of incorporating either fermented or urea-treated wholecrop wheat, brewers grains, fodder beet or maize silage into diets based on grass silage. Animal Science 1995, 61:491-496

Poppi, D.P, Minson, D.J, Hendricksen, R.E (1985) The relative resistance to escape of leaf and stem particles from the rumen of cattle and sheep. J. Agric. Sci. 105-109

Ramirez Ramirez, H.A, Harvatine, K.J og Kononoff (2016) Short communication: Forage particle size and fat intake affect rumen passage, the fatty acid profile of milk, and milk fat production in dairy cows consuming dried distillers grain with solubles. J.Dairy Sci. 99:392-398

Randby, Å (2016) Forsøksplan 2016.02.12

Randby, Å (2015) Forsøksnotater

Randby, Å (2010) Prosjektbeskrivelse. Whole crop wheat and barley silage in dairy production (WholeCropMilk)

- Saue, O (1982) Fôrmidler og fôrkonservering: Forelesninger ved Norges landbrukshøgskole, Ås
- Savoie, P, Audy-Dubé, M, Pilon, G, Morissette, R (2013) Chopped forage particle size analysis in one, two and three dimensions ASABE, 2013 <http://dx.doi.org/10.13031/aim.20131620148>
- Shewry, P.R, Hawkesford, M.J, Piironen, V, Lampi, A, Gebruers, K, Boros, D, Andersson, A.A.M, Åman, P, Rakszegi, M, Bedo, Z, Ward, J.L (2013) Natural Variation in Grain Composition of Wheat and Related Cereals. *J. Agric. Food Chem.* 2013, 61, 8295-8303
- Sjaastad, Ø, Sand, O og Hove, K (2010) *Physiology of Domestic Animals*. Scandinavian Veterinary Press
- Skaland, N (1981) Forelesninger om grønfôrvekster. Kurs PK 4 – Rot- og grønfôrvekster. Institutt for plantekultur, NLH, Ås.
- Skaugen, R (2009) *Planteanatomi og plantefysiologi. Kompendium*. Høgskolen i Nord-Trøndelag
- SNL (Store norske leksikon) (2009) Hvete
- SNL (Store norske leksikon) (2015) Hvete <https://snl.no/hvete>
- SSB (Statistisk sentralbyrå) (2017) Korn og oljevekster. Tabell 3. Totalavling og avling i kilo per dekar av ulike kornslag
- STIL, 1992 (Statens tilsynsinstitusjoner i Landbruket) Fôrtabell for kraftfôr og grovfôr til drøvtyggere
- Sutton, J.D, Phipps, R.H, Deaville, E.R, Jones, A.K, Humphries, D.J (2002) Whole-crop wheat for dairy cows: Effects of crop maturity, a silage inoculant and an enzyme added before feeding on food intake and digestibility and milk production. *Animal Science* 74;307-318
- Südekum, K-H, Röh, H, Brandt, M. Rave, G, Stangassinger, M (1995) Comparative Digestion in Cattle and Sheep Fed Wheat Silage Diets at Low and High Intakes. *J. Dairy Sci.* 78:1498-1511
- Spôrndly, R (2003) *Fodertabeller fôr idisslare 2003*, SLU, Rapport 257, Uppsala, Sverige
- Toland, P.C (1976). The digestibility of wheat, barley and oat grain fed either whole or rolled at restricted levels with hay to steers. *Aust. J. Exp. Anim. Husb.*, 18: 25-28
- Tortora, G.J, Funke, B. R, Case, C.L (2014) *Microbiology An Introduction*. 11th edition. Pearson, UK. ISBN 10: 1-292-02630-8
- Uhlen, A. K. (2014) *Cerealer: Viktige kvalitetsegenskaper knyttet til råvaren*. Kompendium MVI275 Matplanter. IPM, UMB, Ås, 2014.
- USDA U.S Department of Agriculture, Illustrasjon av Zadoks vekstskala. Hentet 14.03.17 fra [https://wheat.pw.usda.gov/WheatExp/graph\\_and\\_table.php?seq\\_id=Traes\\_6AS\\_9E38A95CB.1](https://wheat.pw.usda.gov/WheatExp/graph_and_table.php?seq_id=Traes_6AS_9E38A95CB.1)
- Van Soest, P.J. (1994) *Nutritional ecology of the ruminant*, 2nd ed. Cornell University Press.

- Volden, H (Ed) (2011) NorFor – The Nordic feed evaluation system. EAAP publication No.130, Wageningen Academic Publishers, Nederland
- Volden, H og Nielsen, N, I (2011) Energy and metabolizable protein supply. Kapittel 8 s. 81-82 i Volden, H (Ed) NorFor – The Nordic feed evaluation system. EAAP publication No.130, Wageningen Academic Publishers, Nederland
- Wallsten, J. (årstall for publisering ikke oppgitt) Vårvete som lämplig gröda för helsäd i Norrland. Lastet ned våren 2017 fra <https://www.slu.se/.../ew/org/andra-enh/vh/rjn/slutrapport-varvete.pdf>
- Wallsten, J (2009) Vårvete i odling till helsäd. Nytt från institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap. Växtodling. Nr 3, SLU, Sverige.
- Walsh, K., O'Kiely, P., Moloney, A.P, Boland, M.T (2009) Intake, digestibility, rumen fermentation and performance of beef cattle fed diets based on whole-crop wheat or barley harvested at two cutting heights relative to maize silage or ad libitum concentrates. *Animal Feed Science and Technology* 144: 257-278
- Williams, P.E.V, Tait, C.A.G, Innes, M, Newbold, C.J (1991) Effects of the inclusion of yeast culture (*Saccharomyces cerevesiae* plus growth medium) in the diet of dairy cows on milk yield and forage degradation and fermentation patterns in the rumen of steers. *J. Anim. Sci.* 1991 69: 3016-3026
- Yang, W.Z, Beauchemin, K.A, Rode, L.M (2001) Effects of Grain Processing, Forage to Concentrate Ratio, and Forage Particle Size on Rumen pH and Digestion by Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 84:2203-2216
- Yang, H.Y, Wang, X, F, Liu, B. J, Gao, L, J, Ishii, M, Igarashi, Y, Cui, J (2006) *J. Biotech. Bioeng.* Vol. 101, No 3, 232-237
- Zadoks, J.C, Chang, T.T, Konzak, C.F (1974) A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 1974, Volume 14, 415-421
- Åkerlind, M. og Volden, H (2011) Prediction of milk yield, weight gain and utilisation of N, P and K. Kapittel 12.3 s. 134 i Volden, H (Ed) NorFor – The Nordic feed evaluation system. EAAP publication No.130, Wageningen Academic Publishers, Nederland
- Åssveen, M, Bjerke, O, Weiseth, L (2014) Vårhvetesorter på Østlandet



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

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway