



Noregs miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgåve 2019 30 stp
Fakultet for Biovitenskap

Betring av NorFor- grovfôropptaksmodellen hos mjølkekyr ved bruk av tyggetidsregistrering.

Improving the NorFor forage intake model on dairy
cattle by registration of chewing activity.

Knut-Olav Øvreeide
Husdyrvitenskap

Forord

Denne oppgåva blei skriven våren 2019 ved Institutt for Husdyr- og Akvakulturvitskap ved Noreg Miljø og Biovitskaplege Universitet (NMBU). Denne oppgåva markerar slutten på mitt husdyrstudium på Ås og min tittel som sivilagronom.

Mjølkekyr er mitt store interesseområde og samtidig er eg over snittet engasjert i nye teknologiske løysingar. Difor vil eg rette ein stor takk til Egil Prestløyken (NMBU), Harald Volden (NMBU, Tine) og Tilmann Hettach (Tine) som kontakta meg og utforma eit prosjekt med nettopp mjølkekyr og sensorteknologi. Dei blei rettleiarane mine under prosjektet og har vore til stor hjelp under oppgåveskrivinga.

Prosjektet blei utført ved Senter for husdyrforsøk (SHF) mellom september 2018 og januar 2019. Takk til alle som hjelpte meg under forsøket ved SHF og stoffskifteavdelinga på Ås og som gjorde forsøket mogleg, og til Tine Rådgiving og Medlem som finansierte prosjektet.

Vidare ein takk til Gunnar Klemetsdal (NMBU) for utforming av den statistiske modellen, Kim Viggo Weiby (Tine) og John Kristian Sommerseth (Tine) for hjelp med fôrprøver og analyser, og Clementina Alvarez (Tine) for hjelp med NorFor Developmenttool.

Takk til lunsj-gjengen på lesesalen som bidrog med humoristiske og filosofiske avbrekk frå skrivinga.

Ikkje minst ein takk til mamma, pappa og kjærasten for korrekturlesing.

Institutt for Husdyr- og Akvakulturvitenskap, NMBU.

Ås, Mai 2019

Knut-Olav Øvreide

Samandrag

Denne oppgåva inneheld ein teoridel og eigne undersøkingar. Teoridelen tek for seg tema omkring fôropptak, tyggeaktivitet og prediksjonsmodellar for fôropptak som er relevante for eige forsøk. Fôr er den største variable kostnaden i mjølkeproduksjonen. Best mogleg kunnskap om individuelt fôropptak hos mjølkekyr kan bidra til betre ressursutnytting og økonomi. Informasjon om dyret si yting, tyggeaktivitet og rasjonssamansetting er i dag tilgjengeleg igjennom forskjellige sensor og datasystem.

Målet med denne studien var å undersøke om denne informasjonen kan nyttast til forbetre NorFor si berekning av individuelt grovfôropptak hos mjølkekyr. Hovudvekta er lagt på registrering av ete- og drøvtyggingstid.

Forsøket blei utført på 43 kyr av rasen Norsk Raudt Fe (NRF) frå kalving til 60 dagar etter kalving. Dyra blei delt inn i tre grupper med forskjellig fôrregimer, med mål om å få ulikt grovfôropptak. Tyggeaktivitet (min/dag), her under etetid og drøvtyggingstid, blei registrert av to system. Nedap CowControl (Nedap livestock management, Groento, Nederland) blei brukt igjennom heile forsøket, medan RumiWatch tyggegrimer (Itin + Hotch GmbH, Liestal, Sveits) blei brukt dag 24 til 31 og dag 53 til 60 etter kalving. I tillegg vart informasjon om yting, kjemisk innhald i mjølk og fôr, samt kraftfôr- og grovfôropptak registrert.

Resultatet viser at enkeltobservasjonar ikkje er tilstrekkeleg for å berekne individuelt grovfôropptak til kyr i starten av laktasjonen. Tyggeaktivitet syner å forbetre NorFor sin fôropptakspredikasjon for grovfôr. Eteaktivitet synte sjeldan signifikante verdiar. Også informasjon om protein (g AAT/MJ NEL) forbetrar modellen og kan vere hensiktsmessig å implementere. Holdpoeng kan tyde på å ha ein verdi, på grunn av tekniske problem kan ein ikkje konkludere med verdien av hold i denne oppgåva.

Bruk av sensorar knytt til aktivitet og produksjon, i kombinasjon med NorFor, er tydeleg attraktivt for predikasjon av individuelt grovfôropptak.

Abstract

The thesis consists of both background and own trials. Background review subjects surrounding feed intake, chewing time and prediction models for feed intake that are relevant for own trials. Feed is the biggest variable cost in Norwegian dairy production. Good knowledge of individual feed intake on dairy cattle is key to efficient use of resources and better economy. Information on productivity, chewing time and feed ration composition is available from different sensorical and management systems.

The goal of this study was to investigate the use of sensorical data to improve prediction of individual feed intake by the NorFor feed intake model. With eating and rumination time as a main focus.

The trial consisted of 43 Norwegian red dairy cows from calving to 60 days post calving. The herd were divided into three different feed rations to increase differences in feed intake. Eating and rumination time were register by two different systems. Nedap CowControl (Nedap livestock management, Groento, Nederland) was used during the whole trial. RumiWatch (Itin + Hotch GmbH, Liestal, Sveits) where used for two periods from day 24 to 31 and day 53 to 60 post calving. Data on milk yield, chemical composition of milk and feed, as well as forage and concentrate intake were collected.

No single observation parameter is valid to predict individual feed intake for cows in early lactation. Chewing activity seems to improve NorFor feed intake model for predicting forage intake. Although eating time showed less influence. Information about feed protein content by energy level (g AAT/MJ NEL) improves the model and could be implemented. Body condition score seems to have a value, although technical difficulties made it difficult to conclude in favour of implementing body condition score.

Implementing sensorical data about production and activity in the NorFor model is attractive for improving prediction of individual forage intake.

Innhald

Forord.....	I
Samandrag.....	II
Abstract.....	III
1 Innleiing.....	1
2 Teori.....	3
2.1 Drøvtyggjaren.....	3
2.2 Fôropptak.....	4
2.2.1 Eigenskapar ved fôret.....	5
2.2.2 Eigenskapar ved dyret.....	7
2.2.3 Oppstalling og besetning.....	8
2.3 Tyggeaktivitet.....	9
2.3.1 Vommiljø.....	9
2.3.2 Struktur og fiber i rasjonen.....	9
2.3.3 Kroppsvekt og rase.....	10
2.4 System for måling av fôropptak.....	10
2.5 System for å berekne fôropptak.....	11
2.5.1 Beskriving av ulike system for berekning av fôropptak.....	12
2.5.2 Samanlikning av ulike system for berekning av fôropptak.....	13
2.6 Registrering av tyggetid.....	14
2.6.1 Tyggetid i NorFor.....	15
3 Eigne undersøkingar.....	16
3.1 Material og metode.....	16
3.1.1 Forsøksdyr.....	16
3.1.2 Forsøksblandingar og fôr.....	16
3.1.3 Forsøksledd.....	17
3.1.4 Målingar og registreringar.....	17
3.1.5 Analyser av fôr og mjølk.....	20
3.1.6 Berekningar.....	21
3.1.7 Statistisk analyse.....	23
4 Resultat.....	24
4.1 Analyser av fôrmiddel.....	24
4.2 Produksjon, fôropptak, hold og tyggetid.....	25
4.3 Grafisk framstilling.....	29
4.3.1 Grovfôropptak.....	29
4.3.2 Tyggetid.....	30
4.3.3 Mjølkeyting.....	31
4.3.4 Kroppsvekt.....	32

4.4	Samanlikning av sensorar for tyggeaktivitet	33
4.4.1	Eteaktivitet.....	33
4.4.2	Drøvtyggingsaktivitet.....	34
4.5	Predikasjon av grovfôropptak	35
5	Diskusjon.....	39
5.1	Metode og datagrunnlag	39
5.2	Predikasjon av grovfôropptak	42
6	Konklusjon	45
7	Referanseliste	46

1 Innleiing

Fôr står for om lag 70% av dei totale variable kostnadane i norsk mjølkeproduksjon (Tine Rådgiving, 2012). Kunnskap om individuelt fôropptak hos mjølkekyr kan bidra til ei meir effektiv fôring, både på gruppebasis med fullfôr og til kvart enkelt dyr ved individuell kraftfôrtildeling (Maltz et al., 2013). Det er i dag nødvendig med ei vurdering av det individuelle grovfôropptaket, for å planlegge kraftfôrtildelinga i for eksempel ein kraftfôrstasjon eller mjølkerobot (Halachmi, Edan, Moallem & Maltz, 2004; Livshin, Maltz & Edan, 1995; Madsen, Weisbjerg & Hvelplund, 2010). I dag er det berre ved forskning det er mogleg med presise fôropptaksmålingar på grunn av kostnadane med slikt utstyr (DeVries, Von Keyserlingk, Weary & Beauchemin, 2003; Krawczel, Klaiber, Thibeau & Dann, 2012; Pahl, Hartung, Grothmann, Mahlkow-Nerge & Haeussermann, 2016). Difor har fleire fôrvurderingssystem valt å estimere fôropptaket ved fleire forskjellige framgangsmåtar. Felles for alle er at dei slit med å ta høgde for all variasjon i fôropptak. Dette har vore eit stort fokus igjennom mange år utan at ein til no har funne ein tilfredsstillande modell (Jensen, Nielsen, Nadeau, Markussen & Nørgaard, 2015; Shelley, 2013; Vandehaar, 1998). I Noreg blir fôropptaksmodellen til NorFor (the Nordic feed evaluation system) brukt til å optimalisere fôrrasjonar for grupper med storfe. NorFor er eit resultat av eit nordisk samarbeid mellom Sverige, Danmark, Island og Noreg (Volden, 2011), og er tilgjengeleg i Noreg i Tine Optifôr.

Ny teknologi kan potensielt bidra med meir informasjon i fôropptaksmodellane (Clément et al., 2014; Halachmi, Ben Meir, Miron & Maltz, 2016). I dag finns det i underkant av 2 000 mjølkerobotar i Noreg, og nesten halvparten av den norskproduserte mjølka kjem frå slike høgteknologiske besetningar (Tine Rådgiving, 2017). Besetningar med aukande grad av teknologiske løysingar, genererer store mengder informasjon frå produksjonen. Ny og større mengd informasjon kan bidra i forbetring av eksisterande system eller utvikling av nye system også omtalt som presisjonslandbruk (Cox, 2002; Halachmi & Guarino, 2016).

I dag finns det fleire aktørar som tilbyr sensorar som er festa til dyret, og som gir mykje informasjon om eit individ. Mange av desse sensorane blir i dag tilbydd som eit integrert system med mjølkesystemet i besetninga, men det finnst også frittstående system. Desse løysingane tilbyr aktivitetsmålingar med fokus på brunstdeteksjon og sjukdom, men også tyggeaktivitet, lokalisering og trinnteljing (Caja, Castro-Costa & Knight, 2016).

I denne oppgåva er det sett fokus på følgjande hypotesar:

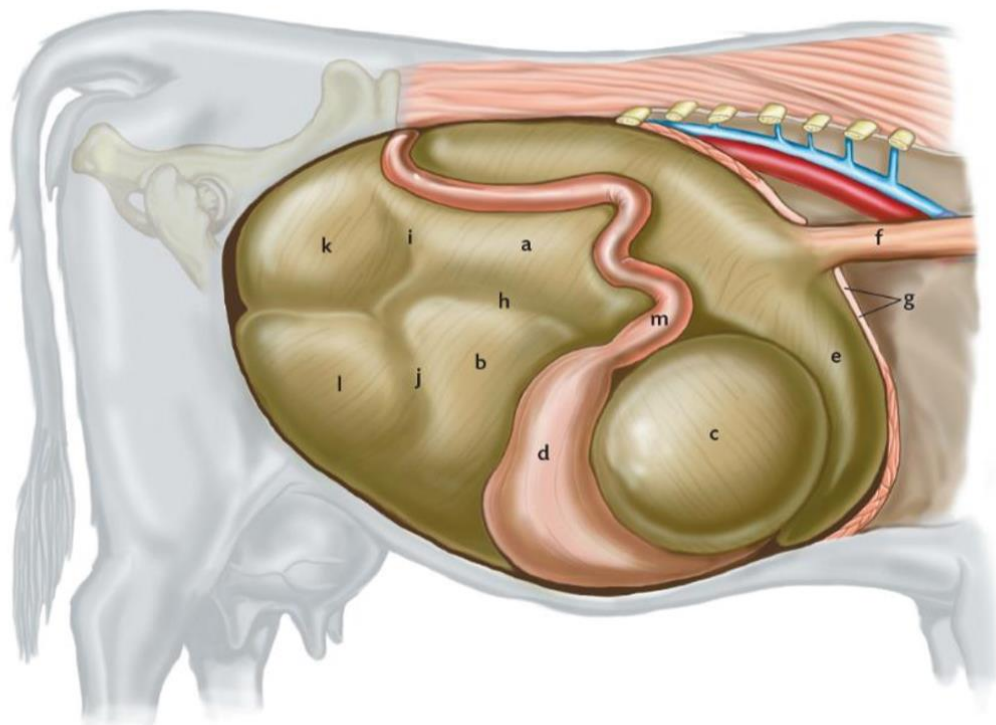
1. NorFor kan med god sikkerheit predikere individuelt grovfôropptak hos mjølkekua.
2. Berekinga av individuelt grovfôropptak i NorFor kan betrast ved å kombinere med data om tyggetid.
3. Berekinga av individuelt grovfôropptak i NorFor kan betrast ved å ta inn data om hold, proteinopptak og tyggetid.

Målet med denne studien var å undersøke om bruk av sensordata, med fokus på ete- og drøvtyggingsmålingar i kombinasjon med NorFor-fôropptaksmodell, kan nyttast til å berekne individuelt grovfôropptak hos mjølkekyr.

2 Teori

2.1 Drøvtyggjaren

Drøvtyggjarar er kjenneteikna ved at dei i motsetning til einmaga dyr, kan fordøye fiberrikt plantemateriale. Årsaka til at dei kan fordøye fiber er ved mikrobiell fermentering i formagane. Formagane, som fysiologisk sett er utposingar av eterøyret, består av vomma, nettmagen og bladmagen (Figur 1). Det er i hovudsak i vomma det føregår mikrobiell fermentering. Vomma består typisk av 85-95% vatn (McDonald et al., 2011) og utgjer eit gunstig anaerobt miljø. I fermenteringa bryt mikrobane ned fiberbindingane cellulose og hemicellulose til mono- og disakkarid som vert fermentert til flyktige feittsyrer (VFA) med eddiksyre, propionsyre og smørsyre som dei kvantitativt viktigaste (McDonald et al., 2011).



© scanvetpress.com

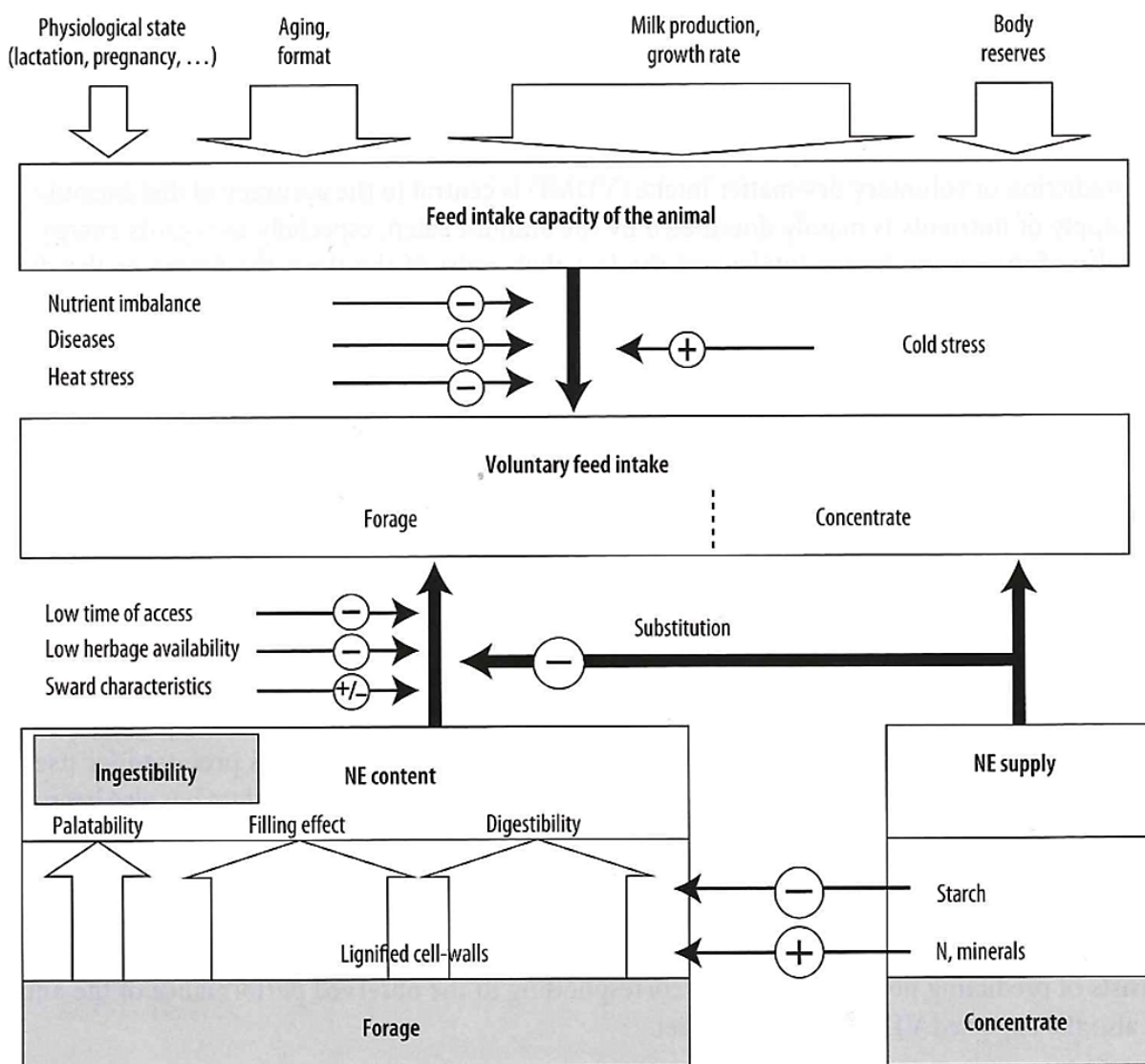
Figur 1: Illustrasjon av høgre side av ei ku, som viser f) eterøyr, e) nettmage, c) bladmage, d) løypemage, m) tolvfingertarm, samt ulike deler av vomma (Sjaastad, Sand & Hove, 2010).

VFA vert absorbert over vomveggen og utgjer den kvantitativt viktigaste energikjelda til ein drøvtyggjar. Samtidig som mikrobane dannar VFA, byggjer dei også eigen kroppsmasse som består av om lag 50% protein. Dette mikrobeproteinet blir i neste omgang ein god ressurs for vertsdyret når det vert fordøya og absorbert som aminosyrer i tynntarmen saman med andre næringsstoff som har passert ut av vomma (McDonald et al., 2011).

2.2 Fôropptak

Formagane utgjer om lag 75% av volumet i fordøyingskanalen, og kan stå for om lag 10-15% av levandevakta til dyret (Nørgaard & Hvelplund, 2003). Drøvtyggjaren har stor kapasitet til fôropptak. Dagleg fôropptak hos lakterande kyr ligg ofte rundt 20 kg tørrstoff. Fôropptaket til ein drøvtyggjar er regulert av fleire faktorar. Desse blir ofte delt inn i fysisk, metabolsk og psykologisk regulering der sentralnervesystemet spelar ei viktig rolle (Allen, 2014; McDonald et al., 2011). Fysisk regulering koplaster til den fysiske størrelsen av vomma der strekkreseptorar signaliserer fyllingsgrada i vomma. Fôreigenskapar som fordøyelegheit, fiberinnhald, partikkelstørrelse, nedbrytingshastigheit og passasjehastigheit, har stor innverknad på den fysiske reguleringa. Den metabolske reguleringa er påverka av kjemiske signal i blodbana. Denne kan få dyret til å slutte og ete sjølv om vomma ikkje er full. Signala kjem frå metabolittar i vomma eller lever, der nivå av VFA og NH₃ og pH, hormonstoff og frie feittsyrer i blod har innverknad på signala (Nørgaard & Mølbak, 2001). Psykologisk regulering er relatert til korleis fôret er presentert, her under lukt, smak, ferskheit med meir. Appetitten er også påverka av fysiologiske endringar som hold og mjølkeavdrått som vil endre appetitten gjennom laktasjonen (Ingvarsen & Kristensen, 2003).

Faverdin, Baumont, Boval, Agabriel og Delagarde (2018) oppsummerer faktorane som påverkar fôropptaket i fem kategoriar. Desse er (1) fysiologiske faktorar som bestemmer den potensielle fôropptakskapasiteten til dyret. (2) Faktorar ved miljøet som kan påverke fôropptakskapasiteten til dyret. (3) Eigenskapar ved fôret som bestemmer næringsverdi og fordøyelegheit. (4) Effekt av mengde og eigenskapar ved kraftfôret på grovfôropptaket, såkalla substitusjon. Og (5) effekt som følgje av management. Samhandlingane mellom faktorane er vist i Figur 2, og kan samfattast i eigenskapar ved fôret, dyret og miljøet. Dette er nærare omtalt i dei vidare avsnitta.



Figur 2: Diagram over hovudfaktorane som spelar inn på fôropptaket hos ein drøvtyggjar med fri tilgang på grovfôr, og minimumsbehovet for kraftfôr, fôra innandørs. Beskrive av Faverdin et al. (2018)

2.2.1 Eigenskapar ved fôret

Fordøyelegheit, tørrstoffinnhald, gjæringsprodukt og gjæringskvalitet er av dei største faktorane som påverkar fôropptak (Huhtanen, Rinne & Nousiainen, 2007; Prestløkken, Randby, Eknæs & Garmo, 2007; Randby, Weisbjerg, Nørgaard & Heringstad, 2012).

Fordøyelegheita av grovfôr er sterkt knytt til utviklingstrinn av graset ved hausting, og vil vere høgast ved begynnande skyting og avtek etter kvart som graset vert eldre (Mo, 2005).

Den avtakande fordøyelegheita kjem av aukande del lignin i planten, som omsluttar cellulose og helicellulose (Jung & Allen, 1995; Mo, 2005). Fordøyelegheita av organisk stoff vil då bli redusert på grunn av redusert nedbrytingshastigheit og passasjehastigheit frå vom, som igjen har direkte innverknad på fôropptak og energiverdi (Prestløkken et al., 2007).

Partikkelstørrelse og kuttelengde er andre faktorar som har innverknad på fôropptaket. Dette kan vere styrt av haustemetode, lagringsmetode eller ved forskjellige utfôringsteknikkar (Heinrichs, Buckmaster & Lammers, 1999). Det har blitt observert auka grovfôropptak ved kuttelengder ned mot 1 cm. Større partiklar har lenger opphaldstid i vom, og vil oppta ein større del av den fysiske kapasiteten til dyret (Allen, 2000).

Fermenteringsprodukt og gjæringskvalitet av grassurfôr påverkar også fôropptaket (Huhtanen et al., 2002). Det er fleire faktorar som spelar inn på ensileringsprosessen og gir ulik fermentering og konsentrasjon av fermenteringsprodukt i surfôret. Dei viktigaste faktorane er vær, botanisk samansetting, tørrstoffinnhald og ensileringsteknikk (Mo, 2005).

Tørrstoffinnhaldet i surfôret vil påverke fôropptaket på to måtar. For det første vil høgt vassinnhald ha ei fyllande effekt der vått fôr har større volum i forhold til næringsinnhald. For det andre vil auka tørrstoffinnhald redusere sjansen for feilfermentering og redusere generell fermentering, dvs. gjæringsintensitet. Auka gjæringsintensitet i surfôr er knytt til redusert fôropptak. Redusert smaklegheit har vore diskutert som ei mogleg årsak (Huhtanen et al., 2002). Vidare undersøkingar har derimot vist at den negative effekten av gjæringsintensitet er avtakande ved auka fôropptak og mjølkeyting, og kan relaterast til eit høgare energibehov hos dyret (Huhtanen et al., 2007).

Kraftfôr er ein viktig komponent i dagens høgtytande mjølkeproduksjon for å avgrense negativ energibalanse (Dong, Ferris, McDowell & Yan, 2015). Ved fôring av kraftfôr og grovfôr saman er det observert at kraftfôret kan redusere grovfôropptaket, også kjend som substitusjonseffekten (Forbes, 1995). Til dømes vil ei substitusjon på 0,3 tyde at ved tildeling av 1 kg TS kraftfôr vil grovfôropptaket reduserast med 0,3 kg TS. Substitusjonseffekten er ikkje konstant, og er påverka av faktorar som rasjonssamansetting og totalt fôropptak. NorFor forklarar variasjon i substitusjonseffekten igjennom endra vomfordøyelegheit av NDF som ei effekt av mengde lettfordøyelege karbohydrat i rasjonen (Volden et al., 2011).

2.2.2 Eigenskapar ved dyret

Dyrets reguleringsmekanismer av fôropptaket vil vere avhengig av fôrets eigenskapar. Ved fôring av grovfôr med lav fordøyelegheit, er det kroppsvekta som best reflektera fôropptakskapasiteten til dyret. Ved høg fordøyelegheit er behovet til produksjon og metabolsk størrelse regulerer fôropptaket (Conrad, Pratt & Hibbs, 1964). Dyrets størrelse ved vekt og hold har stor innverknad på fôropptaket. Holdet er eit uttrykk for dyrets energilager. I Noreg er holdet gradert ved ein poengskala frå 1 til 5 der 1 er svært tynn og 5 svært feit (Gillund, Karlberg, Reksen & Lutnæs, 2000). Norske anbefalingane for hold ved kalving er 3,25 til 3,75 (Geno, 2018).

Fleire forsøk syner at hold ved kalving og holdendringar er knytt til sjukdomsfrekvens, fruktbarheit, produksjon og fôropptak (Gillund, Reksen, Gröhn & Karlberg, 2001; Roche et al., 2009; Roche, Kay, Friggens, Loor & Berry, 2013). I starten av laktasjonen med aukande produksjon, vil ein ofte oppleve ei underdekning av energi. Då vil dyret tære på energilageret sitt for å møte energietterspørselen og gå ned i hold. Friske kyr vil ta igjen holdet seinare i laktasjonen (Akers, 2002). Kyr med hold lågare enn 3,0 i tidleglaktasjon er assosiert med lågare produksjon og fruktbarheit. Holdpoeng over 3,5 er også knytt til produksjonsproblem, men då som følgje av redusert fôropptak. Dette kjem ofte av avleiring av feitt i bukholder som reduserar vomvolumet. Feite dyr har også høgare frekvens av stoffskiftesjukdommar som mjølkefeber og ketose (McDonald et al., 2011). Feite dyr kan også få lågare pH i vomma på grunn av ein dårlegare absorpsjon av VFA, dette kjem av eit høgare nivå av feittsyrer i blodet (Bines & Morant, 1983).

Alder vil også ha innverknad på fôropptaket. Kyr som kalvar for første gong, er ikkje ferdig å vekse og treng også energi til veksten (V. F. Kristensen, Weisbjerg, Børsting, Aaes & Nørgaard, 2003; Nielsen & Volden, 2011). Dyrets fôropptakskapasitet er difor korrelert med laktasjonsnummer og vekt, der eldre og tyngre dyr har eit høgare fôropptak (Ingvarsen & Kristensen, 2003; Krizsan, Höjer, Huuskonen, Hetta & Huhtanen, 2014).

Fôropptaket til ei mjølkeku avtek 2-3 veker før kalving, og vil vere på det lågaste ved kalving. Fôropptaket og mjølkeytelsen aukar i starten av laktasjonen, men dyret vil ofte vere i energiunderdekning fordi det ikkje klare å konsumere nok fôr til å dekke behovet (Beerda, Ouweltjes, Šebek, Windig & Veerkamp, 2007; Coffey, Simm & Brotherstone, 2002; de Vries & Veerkamp, 2000). Fôropptaket aukar til laktasjonsveke 8-22 før det avtar igjen (Akers, 2002).

2.2.3 Oppstalling og besetning

Det er ikkje berre dyret og fôret som bestemmer fôropptaket til eit dyr. Andre effektar kan vere velferd, konkurranse om fôrressursar, og helsestatus i besetninga (Grant & Albright, 2001). Gruppering vil ha mykje å seie for dette. Ein må ta høgde for plass, fôringsplassar og fôringssystem for å finne optimal gruppesamansetning og størrelse. Eksempelvis kan yngre og mindre dyr fort bli taparar om det blir kamp om fôrressursen eller fôringsplassen. Hyppigare fôrtildeling kan hjelpe mot dette og sikre betre fôrtilgang til tapar-dyra. Forsøk har også vist at det blir mindre sortering av fôret på fôrbrettet ved hyppigare fôrtildeling (DeVries, Von Keyserlingk & Beauchemin, 2005). Oppstalling og beiteaktivitet påverkar fôropptaket. NorFor tek dette med i betraktning med ein korreksjonsfaktor i inntakskapasiteten til dyret, der dyr i lausdrift, eller på beite har eit høgare berekna fôropptak enn dyr på bås (Volden et al., 2011).

2.3 Tyggeaktivitet

Tyggeaktivitet er den totale tida ein drøvtyggjar brukar på både eting og drøvtygging. Hos mjølkekyr ved appetittføring er 30 til 45% av den totale tyggeaktiviteten knytt til eting (Nørgaard, 2003). Høgtytande mjølkekyr har typisk 2 til 9 timar eteaktivitet og 2 til 10 timar drøvtyggingsaktivitet gjennom døgnet (Beauchemin, 1991). Det er enkelt å sjå forskjell på eteaktivitet og drøvtyggingsaktivitet. Drøvtygging er karakterisert av taktfaste systematiske tygg over 30 til 60 sekund før den oppgulpa bolusen blir svelgt, dette er omtalt som ein drøvtyggingssyklus. Dyra drøvtygg typisk i periodar på ein halv til ein time der dei drøvtygg mellom 30 til 60 bolusar (Nørgaard, 2003). Ei mjølkeku drøvtygg typisk mellom 100 og 600 bolusar i døgnet, avhengig av strukturen i fôrrasjonen. Eteaktivitet er heller karakterisert med mangelen på takt og system, denne aktiviteten er typisk mykje raskare med varierende tall tygg mellom svelg (Beauchemin, 1991; Schleisner, Nørgaard & Hansen, 1999).

2.3.1 Vommiljø

Drøvtygging er viktig for å oppretthalde ein god vomfunksjon og godt vommiljø. Tygging av bolusar stimulerer spyttproduksjonen til dyret. Spyttet har ein høgare pH (om lag 8,4) og fungerer som ein buffer i vomma mot opphoping av dei surare flyktige fetttsyrene (VFA)(Nørgaard, 2003). Drøvtyggingsaktivitet, og dermed spyttproduksjonen, er svært avhengig av mengda struktur og fiber i fôrrasjonen. Høge struktur- og fiber-verdiar gir auka tyggeaktivitet og meir spytt (Maekawa, Beauchemin & Christensen, 2002; Nørgaard, 2003). Normal dagleg spyttproduksjon er om lag 150-180 liter (Van Soest, 1994).

2.3.2 Struktur og fiber i rasjonen

Haustetidspunkt av grovfôret, samt konserveringsmetode påverkar NDF innhaldet i fôrmiddelet. Ein høgare NDF-konsentrasjon som følgje av dette, vil påverke etetid og drøvtygging pr. kg tørrstoff (Schulze, Weisbjerg & Nørgaard, 2014). Same studien fann også at auka NDF-konsentrasjon gav meir drøvtygging av NDF (min/kg), dette blei forklart av eit høgare iNDF:NDF-forhold. Adin et al. (2009) viste at ein større grovfôrandel i dietten gav auka drøvtygging. Det er viktig å ta i betraktning partikkelstørrelsen og hardheita til fôrmiddelet då NDF aleine ikkje nødvendigvis stimulerer til drøvtygging, samla omtalt som peNDF (Maekawa et al., 2002; Nørgaard, 2003), eksempelvis NDF i kraftfôr. Studiar har vist noko forskjellige resultat når det kjem til peNDF si effekt på drøvtygging. Yang og Beauchemin (2007) klarte ikkje å påvise effekt av grovfôr:kraftfôr forhold og partikkelstørrelse på drøvtygging (min/dag) eller drøvtygging pr. kg peNDF (min/kg).

2.3.3 Kroppsvekt og rase

Fleire studiar peikar på at rase og kroppsvekt har effekt på drøvtygging. Større rasar brukte mindre tid pr. kg NDF (Aikman, Reynolds & Beever, 2008; Welch, Smith & Gibson, 1970). Medan Bae, Welch og Gilman (1983) fann at metabolsk kroppsvekt har stor effekt, også innan rase. Også eldre kyr brukar mindre tid pr. kg NDF på drøvtygging enn førstekalvskyr (Beauchemin & Rode, 1994).

2.4 System for måling av fôropptak

Kontroll over innsatsfaktorane i ein produksjon er viktig, dette gjeld også grovfôropptaket. Grovfôropptaket kan ha store variasjonar frå dag til dag og mellom individ, og gjer det difor vanskeleg å berekne presist. Måling av grovfôropptak blir skjeldan gjort i praksis ute i norske besetningar, men i forsøksfjøs blir dette gjort på fleire måtar. Tradisjonelt har innveging og utveging av fôr i separate fôrkar vore mykje brukt. Dette er eit system som vil fungere godt i eit bås-fjøs, men er svært arbeidskrevjande og fungerer ikkje på individnivå i lausdrift. Den enklaste metoden er innveging av fôr gitt til ei dyregruppe, for så å vege det ut att etter eit døgn. Dette vil gi gruppa sitt samla grovfôropptak. Dette systemet er nok det lettaste å ta i bruk i vanlege besetningar, då fleire av dagens fôringssystem kan ha installert vekt. Eit automatisk måle system for grovfôropptak på individnivå er utvikla av norske BioControl. Her blir dyrets ID og grovfôropptak registrert når dyret besøker fôrkaret som er plassert på vegeceller (BioControl, 2013).

Eksisterande system for måling av individuelt fôropptak krev større installasjonar som var plasskrevjande og kunne krevje meir arbeidsintensive fôringsmetodar. Dette var bakgrunnen for ein alternativ metode og utvikling av eit 3D-kamerabasert system (Shelley, 2013). I dette systemet blir dyret identifisert ved RFID, men veginga av fôret blir gjort ved hjelp av eit 3D-kamera plassert over fôrtrauet/fôrbrettet. Kameraet vil vere plassert utanfor arbeidsområde og dermed ikkje hindre arbeidsflyten i fjøset. Dette systemet er fortsatt i prototypfasen då det har enkelte problem som ikkje er løyst.

2.5 System for å berekne fôropptak

Det finnst i dag fleire modellar for berekning av fôropptak til mjølkekyr. Systema har ofte valt forskjellige framgangsmåtar. Eksempelvis brukar modellen til National Research Council (NRC) informasjon om dyret, medan Gruber brukar NEL i grovfôret samt tørrstoffopptak av kraftfôr. Modellane til NorFor, Total DMI Index (TDMI) og Zom brukar ein kombinasjon av informasjon om dyret og fôret. Tabellen under viser ei samanlikning av informasjonen modellane brukar, utført av Jensen et al. (2015).

Tabell 1 Opplysningar om dyret og fôret som brukast i dei fem ulike predikasjonsmodellane for fôropptak (Jensen et al., 2015)

Animal input	NRC ^a BW ^{aa} , WL ^{bb} , FCM ^{cc}	NorFor ^a BW ^{aa} , DIM ^{dd} , ECM ^{cc}	TDMI ^a BW ^{aa} , DIM ^{dd} , sECM ^{ff}	Zom ^a DIM ^{dd} , gestation day, parity	Gruber ^a BW ^{aa} , parity, DIM ^{dd} , obs. MY ^{gg} , breed
Dietary Forage (f) input		OMD ^{hh} , NDF ⁱⁱ , TA ^{kk} , NH ₃ N ^{oo} , sugar and starch	D_value (OMD ^{hh}), NDF ⁱⁱ , DM ^{jj} , TA ^{kk} , proportion of: regrowth, legume, whole crop silage	OMD ^{hh} , CF ^{ll} , DM ^{jj} , CP ^{mmm}	NEL ⁿⁿ
Concentrate (c)		Constant	DMI ^{pp} , CPI ^{qq} , EPD ^{rr} , NDF ⁱⁱ , fat _c , SDMI ^x	CF _c ^{ll}	cDMI _% ^{ss}
Substitution rate ^b : (dDMI _f /dDMI _c)		$(-FV_c^x / (FV_f^x * FV_SubR^y))^d$	$(-0.005 * (SDMI^z - 100) - 0.034 * DMI_c^{pp} - 0.247)^e$	$(-SV_c^{xx} / SV_f^{xx})^g$	$(0.92 * b_c^{yy} - 1)^h$

^a NRC (NRC, 2001), NorFor (Volden et al., 2011a), TDMI (Huhtanen et al., 2011), Zom (Zom et al., 2012a), and Gruber (Gruber et al., 2004).

^b Substitution rate is derived as described in Section 3 based on the four models.

^d Depends on sugar and starch in the diet and hereby indirectly the concentrate amount.

^e Depends on concentrate allocation.

^g Depends on SV_c and SV_f, where SV_c is calculated based on CF.

^h Depends on b_c, where b_c is calculated based on DIM.

^{aa} Body weight (kg).

^{bb} Weeks of lactation.

^{cc} Fat corrected milk yield (kg/day).

^{dd} Days in milk.

^{ee} Energy corrected milk yield.

^{ff} Standardized energy corrected milk yield.

^{gg} Observed milk yield.

^{hh} Organic matter digestibility (% of DM).

ⁱⁱ Neutral detergent fibre (g/kg DM).

^{jj} Dry matter (g/kg).

^{kk} Total acid.

^{ll} Crude fibre.

^{mmm} Crude protein.

ⁿⁿ Net energy for lactation of forage.

^{oo} Content of ammonia N in ensiled forage.

^{pp} Dry matter intake from concentrate.

^{qq} Concentrate of crude protein above 170 g/kg DM.

^{rr} Degradability of protein.

^{ss} Concentrate dry matter intake.

^x Fill value.

^y Fill value of total intake of sugar and starch per day.

^z Silage dry matter index.

^{xx} Satity value.

^{yy} Coefficient for concentrate.

Under utviklinga av predikasjonsmodellane blei det valt forskjellige framgangsmåtar. Den enklaste framgangsmåten var å bruke regresjon mellom kjent fôropptak, og interessante parameter i ei forsøksbesetning. NRC (2001) er eksempel på ein enkel slik modell. TDMI og Gruber er meir komplekse modellar som brukar informasjon både om dyr og fôr (Huhtanen, Rinne, Mäntysaari & Nousiainen, 2011; Jensen et al., 2015). Alternativt kan ein bruke kunnskap om dyret for å seie noko om fôropptakskapasiteten til dyret. Desse modellane vil ofte ha fikserte korreksjonsverdiar som er avhengig av f. eksempel rase. Desse er dei typiske fylleverdi-systema , NorFor, Zom og GrazeIn (Faverdin, Baratte, Delagarde & Peyraud, 2011; Volden et al., 2011; Zom, André & Vuuren, 2012).

2.5.1 Beskriving av ulike system for berekning av fôropptak

NRC

Den enklaste modellen for predikasjon av fôropptak stammar frå amerikanske National Research Council (NRC, 2001). Grunnlaget for denne er data frå 17 087 Holstein kyr i perioden 1988 til 1998. Modellen brukar opplysningar om levandevekt, laktasjonsstadium (DIM) og EKM. NRC har valt å ikkje bruke informasjon om fôret i sin modell (NRC, 2001).

NorFor

Eit nordiske samarbeidet mellom Noreg, Sverige, Island og Danmark gav NorFor-systemet (the Nordic feed evaluation system). Her er fôropptaksmodellen ei vidareutvikling av det danske fylleverdisystemet (V. F. Kristensen, 1983). Modellen brukar opplysningar om DIM og levandevekt samt fôrets OMD (fordøyelegheit av organisk stoff) og NDF m.m. (Volden et al., 2011). Modellen er tatt i bruk i forsøket til denne oppgåva, og vil bli omtalt i meir detalj i material og metode kapittelet.

TDMI

TDMI (total diet dry matter intake index) er ein finsk modell som er meir kompleks i utførselen. Den bygger på ein surfôrindeks (Huhtanen et al., 2007) og ein kraftfôrindeks (Huhtanen, Rinne & Nousiainen, 2008), samt informasjon om standardisert EKM, vekt og DIM. Standardisert EKM brukast for å fjerne tidlegare fôrrasjonars effekt på mjølkeytinga med utgangspunkt i at mjølkeytinga er ukjend når ein ønske å predikere fôropptaket. Modellen skil på grovfôr og kraftfôr, og brukar informasjon om blant anna fordøyeleg organisk materiale, samt NDF og tørrstoffinnhald (Huhtanen et al., 2011).

Zom

Nederlandske Zom har ein framgangsmåte som liknar mykje på NorFor og TDMI. Modellen tar i bruk opplysningar som dagar etter kalving, paritet og laktasjonsstadium, men slik som ved NorFor og TDMI er det eit skilje mellom kraftfôr og grovfôr. Den største forskjellen er at Zom kun brukar kraftfôrets opplysning om råfeitt (Zom et al., 2012).

Gruber

Eit samarbeid mellom Tyskland, Østerrike og Sveits utvikla Gruber-modellen. I overkant av 2000 observasjonar frå 77 forsøk ligg til grunn. Gruber-systemet har fleire forskjellige modellar for predikasjon av fôropptak ut frå kva fôrsystem som er i bruk. Samanlikninga gjort av Jensen et al. (2015) valde å sjå nærare på modell 5 for fôring med Total Mixed Ration (TMR). Dette systemet brukar dagar etter kalving, rase, paritet, vekt, mjølkeyting samt ein korreksjonsfaktor for nasjonalitet. For fôret tar den inn kraftfôrandelen av rasjonen og nettoenergiverdien.

2.5.2 Samanlikning av ulike system for berekning av fôropptak

Systema som er nemnd over brukar svært forskjellige metodar for å berekne det same. Jensen et al. (2015) har analysert systema for å finne ut om dei gir forskjellige resultat og presisjon. Resultata frå analysen kan sjåast i tabellen under og er oppgitt som behandlingsgjennomsnitt. Gruber-modellen var mest presis, medan Zom-modellen viste minst presisjon. Jensen omtalte også at det var interessant at den enklaste modellen, NRC, ikkje var den dårlegaste. Samt at alle modellane med unntak av TDMI gav ei overpredikering av fôropptaket. Modellane blei undersøkt på likt datasett bestående av 12 forsøk, med unntak av NorFor. To av forsøka blei brukt under utviklinga av NorFor, av den grunn valde Jensen et al. (2015) å ikkje bruke desse i analysen av NorFor.

Tabell 2 samanlikning av nøyaktigheita til fem predikasjonsmodellar av fôropptak (Jensen et al., 2015).

Modell	n	Kg TS/dag		MSPE ¹	Feil, kg TS/dag ²	Relativ feil, % ³	Feil, % av MSPE		
		Obs. ⁴	Pred. ⁵				Generell	Helling	Tilfeldig
NRC	94	20,3	21,7	3,2	1,8	8,9	64,7	4,0	31,3
NorFor	48	21,3	21,7	2,3	1,5	7,1	6,1	37,6	56,3
TDMI	94	20,3	20,2	2,9	1,7	8,4	0,4	22,3	77,3
Zom	94	20,3	21,9	10,0	3,2	15,6	26,3	27,9	45,8
Gruber	94	20,3	20,5	1,4	1,2	5,8	3,7	2,9	93,4

¹ Mean square prediction error. ² Prediksjonsfeil. ³ Relativ feil. ⁴ Observert fôropptak. ⁵ Predikert fôropptak.

Det har blitt gjort fleire evalueringar av fôropptaksmodellar, og ei utfordring har vore å sette ei grense for kva som er akseptabel feil i predikasjonsmodellen. Ei evaluering gjort av Fuentes-Pila, Delorenzo, Beede, Staples og Holter (1996) blei ei betraktning gjort der tilfredsstillande predikasjonsfeil ikkje skulle overstige 10% relativ feil. Over 20% relativ feil blei betrakta som ein ikkje-tilfredsstillande predikasjon. I denne evalueringa var det ingen predikasjonsmodellar som tilfredsstilte den øvre grensa på 20% relativ feilpredikasjon på individnivå.

Huhtanen et al. (2011) beskriv også at det er viktig å skilje mellom predikasjon på individnivå og behandlingsgjennomsnitt, der det vil vere ein generelt større feilpredikasjon på individnivå. Krizsan, Sairanen, Höjer og Huhtanen (2014) evaluerte NorFors evne til å predikere fôropptak på individnivå. Denne evalueringa fann ein predikasjonsfeil på 2,3 kg TS/dag som gir ein relativ feil på 10,9%. Samanlikna med Jensen et al. (2015), tabell 2, gav individuell predikasjon ein større relativ feil. Dette kan også skuldast at evalueringane har brukt forskjellige datasett til modelltesten. M. Ø. Kristensen (2017) bygger også opp under teorien om at individuell predikasjon gir større feil. Denne evalueringa av NorFor blei det kalkulert fôropptakspredikasjon på både individnivå og behandlingsgjennomsnitt som ga ein feilpredikasjon på høvesvis 3,6 og 2,7 kg TS/dag, kalkulert på likt datasett.

2.6 Registrering av tyggetid

Tyggetid har vore brukt mykje i forskning sidan drøvtygging er viktig for vomfunksjonen (Nørgaard, 2003). Målingar av tyggetid har også blitt eit verktøy for tidleg deteksjon av sjukdom i kommersielle besetningar (Halachmi, Guarino, Bewley & Pastell, 2019; King, Pajor, LeBlanc & DeVries, 2016). Tradisjonelt har tyggetid blitt registrert av ein eller fleire observatørar som visuelt observerar dyret eller dyra over ein tidsperiode, noko som er svært tidkrevjande arbeid. I dag er det tilgjengeleg fleire kommersielle system for automatisk måling av tyggetid. Disse systema er ofte basert på akselerometer eller mikrofonar i øyret eller på halsband for å identifisere tyggeaktiviteten. Også trykkbaserte sensorar på grimer er tilgjengeleg. Felles for alle sensorane er at dei har både under utvikling og i ettertid gjennomgått fleire testar for å validere systema opp mot visuelle observasjonar (Ambriz-Vilchis, Jessop, Fawcett, Shaw & Macrae, 2015; Borchers, Chang, Tsai, Wadsworth & Bewley, 2016; Zehner, Umstätter, Niederhauser & Schick, 2017).

Desse testane har kome att med blanda konklusjonar. For mikrofonbaserte halsband meinte Ambriz-Vilchis et al. (2015) at sensoren gav akseptable resultat ved oppstalling innandørs, medan beiterregistreringane stemde for dårleg med dei visuelle registreringane. Elischer, Arceo, Karcher og Siegford (2013) derimot konkluderte med at nøyaktigheita var for låg, og opplevde større utfordringar med korrekt plassering av sensoren på halsen til dyret.

Testar gjort på akselerometer i øyremerket til dyret har konkludert med at disse gir god korrelasjon med visuelle observasjonar på $r=0,69$ til $0,97$. Variasjonen mellom system var større for drøvtygging enn for etetid og andre aktivitetsmål (Bikker et al., 2014; Borchers et al., 2016). Eit mindre forsøk gjort på akselerometer i halsband (CowControl, Nedap Livestock Management, Groenlo, Nederland) viste ein brukbar korrelasjon med visuelle observasjonar på drøvtygging og etetid med ein pearsonkorrelasjon på $r=0,85$ (Van Erp-Van der Kooij, Van de Brug & Roelofs, 2016).

RumiWatch (Itin+Hoch GmbH, Liestal, Sveits) er system for måling av tyggeaktivitet som er mindre brukt i kommersiell samanheng og meir i forskingssamanheng. Dette systemet skil seg frå dei andre kommersielle systema ved at den brukar trykksensor i eit væskefylt naseband, i motsetning til dei mykje brukte akselerometer eller mikrofonbaserte sensorane. Validering av RumiWatch har vist ein korrelasjon med visuelle observasjonar på $r_s=0,96$ for både drøvtygging og etetid (Zehner et al., 2017).

2.6.1 Tyggetid i NorFor

Det er viktig å skilje på målt tyggetid, og tyggetid kalkulert av NorFor. NorFor-tyggetidsindeks (CI) er meir ei beskriving av fôrets karakteristikk, enn ein forventet respons hos eit dyr. Bakgrunnen for CI er å kunne rangere fôrmiddel si effekt på tyggeaktivitet hos dyret og fôrstruktur, og dermed optimalisere den fysiske strukturen i fôret (Nørgaard, Nadeau, Randby & Volden, 2011). CI i NorFor byggjer på det danske tyggeindeks-systemet (Nørgaard, 1986). Tyggetida i CI refererar til eit referansedyr med fleire laktasjonar, på 625 kg levandevekt og med eit fôropptak på 20 kg TS med ein gitt del NDF. NorFor anbefalar at rasjonen tildelt ei mjølkeku, bør har ein CI på over 32 min/kg TS for å unngå fôringsrelaterte problem. Til samanlikning har kraftfôr ein standard CI på 4 min/kg TS (Nørgaard et al., 2011).

3 Eigne undersøkingar

3.1 Material og metode

Målet med egne undersøkingar var å undersøke om eigenskapar ved fôrrasjonen og informasjon frå moderne teknologi kan brukast til å berekne individuelt grovfôropptak hos mjølkekyr. Dette blei gjort gjennom eit forsøk utført ved Senter for husdyrforsøk (SHF), Åsgard, NMBU i perioden september 2018 til januar 2019

3.1.1 Forsøksdyr

I forsøket inngjekk 43 kyr av rasen Norsk Rødt Fe (NRF). Dyra blei tatt inn i forsøket ved kalving og var med til 60 dagar ut i laktasjonen. Kyrne gjekk i lausdrift på spaltegolv og blei mjølka i robot (VMS, DeLaval, Tumba, Sverige). Dyra blei balansert inn i tre grupper etter laktasjonsnummer (1. laktasjon, 2.laktasjon og eldre) og avls-linje (høg yting (19 kyr), frisk linje (21 kyr) og andre(3 kyr)). Fordelinga av dyr i kvar laktasjon er vist i tabell 3.

Tabell 3 Oversikt over forsøksdyr

	Tal dyr
Førstelaktasjon	17
Andrelaktasjon	9
Eldre kyr	17
Totalt	43

3.1.2 Forsøksblandingar og fôr

Det vart nytta to kvalitetar grovfôr i forsøket. Den eine kvaliteten var surfôr av gras og graskløver. Den andre kvaliteten var det same grassurfôret iblanda 30% halm av kveite på tørrstoffbasis. Graset vart hausta ved eit tidleg utviklingstrinn den 29. mai 2018 og lagt i plansilo. Det vart nytta finsnitter under innhausting og det blei tilsett GrasAAT pluss (Addcon, Bitterfield-Wolfen, Tyskland). Det er ikkje kjend noko om opphavet til halmen utover at det var frå kveite. Blanding av grassurfôr og halm blei fysisk blanda med ein traktormontert vertikalmiksar (Siloking, Tittmoning, Tyskland).

Grovfôret vart tildelt etter appetitt saman med ei tilmålt mengde kraftfôr i VMS og separat kraftfôrstasjon i fjøset. Kraftfôret var Drøv energirik høg levert av Mysen kornsilo og mølle (Norgesfôr). Dette kraftfôret er energirikt med relativt høgt innhald av AAT og PBV.

3.1.3 Forsøksledd

I forsøket var det tre forsøksgrupper. Desse var:

Gruppe 1 (PMR): grassurfôr + halm + middels kraftfôrnivå

Gruppe 2 (SMK): grassurfôr + middels kraftfôrnivå

Gruppe 3 (SHK): grassurfôr + høgt kraftfôrnivå

Tabell 4 syner kraftfôrtildelinga i dei tre ulike forsøksgruppene og, tal kyr i kvar gruppe fordelt på 1. laktasjon og eldre kyr. Alle kyr fekk tildelt 2 kg kraftfôr ved kalving, med ei opptrapping på 0,5 kg pr. dag til planlagt nivå. Alle behandlingar vil dermed ha likt kraftfôrnivå fram til 12 dagar i mjølk (DIM), og oppnådd planlagt nivå ved 24 DIM.

Tabell 4 Forsøksgrupper med fordeling av kyr og planlagt kraftfôrtildeling

Gruppe	Laktnr.	Kraftfôrnivå	Tal kyr
1 – PMR	1. Lakt.	8 kg	5
	Eldre	10 kg	9
2 – SMK	1. Lakt.	8 kg	5
	Eldre	10 kg	8
3 – SHK	1. Lakt.	12 kg	7
	Eldre	14 kg	9

3.1.4 Målingar og registreringar

3.1.4.1 Fôr

Opptak av grovfôr blei målt individuelt ved hjelp av fôrtrau levert av BioControll (Rakkestad, Noreg). Fôrtraua har elektroniske vektceller som måler mengde i trauset før og etter eit dyr har ete. Fôrtraua identifiserer dyra for måling av individuelt fôropptak og tidsforbruk i trauset, uavhengig av kva fôrtrau dyret vel. Fôrtraua fungerer ved at portar opnar seg når dei rette individene kjem og skal ete. Dette mogleggjer å føre med fleire grovfôrqualitetar til ulike grupper av besetninga, utan å måtte skilje gruppene fysisk. I dette forsøket blei det tildelt fôr på denne måten. Eit fôr til behandling 1, eit til behandling 2 og 3, og eit fôr til dyra som ikkje tok del i forsøket. Fôrkara blei etterfylt med grovfôr to gongar i døgnet, ca. kl. 9.00 og kl. 14.00. To gongar i veka blei kara tømd og reingjort, og vektene blei kalibrert.

Dyra fekk tildelt kraftfôret fleire gongar for dag i mjølkeroboten og i tre eksterne kraftfôrstasjonar med bakport (DeLaval, Tumba, Sverige). Mengde tildelt kraftfôr pr. dag er registrert. Det blei gitt same type kraftfôr i alle automatane.

Det blei også brukt kalvingsbinge og sjukebinge under forsøket når det var behov for disse. Dei har ikkje automatisk registrering av fôropptak i fôrtrau, difor blei dette registrert ved innveging og utveging av fôr mellom kvart stell ved hjelp av elektronisk vekt med identifisering av dyr (HHR, BioControl, Rakkestad, Noreg).

I tillegg blei det gitt mineraltilskot (Vitamineral normal, Vilomix) tildelt i pulverform i fôrtraua ein gong om dagen. Det blei gitt ca. 80 g mineral pr. traue, noko som tilseier om lag 60 g pr. ku dagleg om opptaket var jamt fordelt.

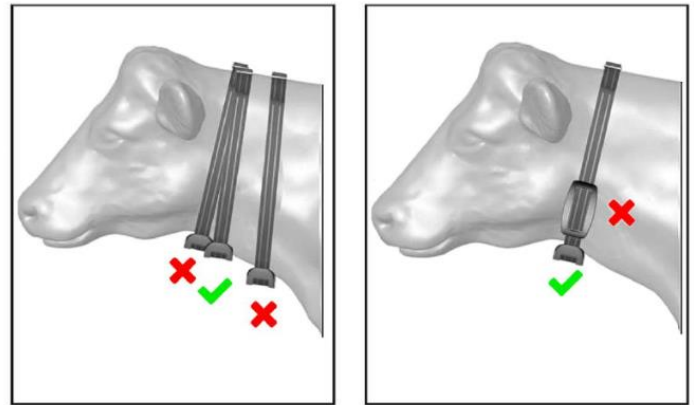
3.1.4.2 Mjølke

Dagleg mjølkemengde (kg) vart registrert i mjølkeroboten. Det er styrt kutrafikk i besetninga, og kyrne blei mjølka når dei hadde oppnådd mjølkerettigheit. Dette er styrt ved eit tidsintervall mellom mjølkingar som blir justert av forventa mjølkemengde for det enkelte individ.

3.1.4.3 Tyggeaktivitet

Tyggeaktivitet blei registrert ved hjelp av to sensorsystem med forskjellig teknologisk tilnærming på måling av aktivitet.

Nedap CowControl (Nedap Livestock Management, Groento, Nederland) halssensor er eit tre-aksa akselerometer som registrerar aktivitet basert gjenkjenning av ulike aktivitetsmønster. Systemet genererte automatisk resultat på etetid og drøvtyggingstid (min/dag) basert på algoritmar. Nedap halssensor blei sett på rett etter kalving i kalvingsbingen. Halsbandet blei sett på og stramma etter det



Figur 3 Korrekt plassering av Nedap halssensor (Nedap Livestock Management, 2013)

brukarrettleinga tilrådde (Figur 3). Dersom halsbandet ikkje var tilfredsstillande montert, gav systemet beskjed om å rette opp feilen.

Til vanleg brukar SHF Delaval brunstovervaking, desse sensorane er også montert på eit halsband og skal ligge på sida av halsen med hjelp av eit lodd for å halde den på rett plass. I oppstarten gav dette problem for Nedap, då dei to halsbanda kom i konflikt med kvarandre. Delaval og Nedap-sensorane blei då plassert på same halsbandet, dette gjorde at systemvarslingane avtok.

RumiWatch (Itin + Hoch GmbH, Liestal, Sveits) tyggetidsgrimer har ein oljefylt silokontube tilkøpla ein trykksensor med datalogger. Trykkendringane i den oljefylde tuben blei lagra på eit minnekort i grima. Rådata frå grima blei behandla i eit tilhøyrande program som identifiserar aktivitetsmønster, RumiWatch Converter V0.7.4.13 (Itin + Hoch GmbH, Liestal, Sveits). Etetid og drøvtyggingstid i min pr. dag vart generert og henta ut.



Figur 4 Korrekt stramming av grime (Itin + Hoch GmbH)

Grimene var tilgjengeleg i avgrensa tal. For at alle forsøksdyr skulle få data med bruk av dette sensorsystemet, blei det difor organisert slik at dyra skulle bruke grima i to periodar. Periode ein var frå 24 til 31 DIM og periode to var frå 53 til 60 DIM. Påsettinga og avtaking blei gjort på roleg måte i lausdrifta, eller ved fiksering på meir utfordrande dyr.

RumiWatch er eit kjend system ved SHF, RumiWatch blei difor brukt som samanlikningsgrunnlag for Nedap. Henting av data frå Nedap blei gjort dagleg ved generering av rapport for siste døgn. Denne kunne hentast ut frå styringssystemet og lastast ned i Excel-format. Data frå RumiWatch tyggetidsgrimer blei henta ut av studenten under forsøket.

3.1.4.4 Hold

Eit holdkamera (DeLaval, Tumba, Sverige) var plassert i lausdrifta. Dette registrerte dagleg holdet på dyra i besetninga. Holdet blei gradert på ein poengskala frå 1 til 5 med to desimalar. Hold-data blei henta ut frå besetningsstyringssystemet DelPro (DeLaval, Tumba, Sverige).

3.1.4.5 Vekt

Vekta på dyra blei registrert i samband med mjølking. Ei ekstern elektronisk vekt, levert av BioControl (Rakkestad, Noreg), var plassert rett etter mjølkeroboten slik at dyra vart vegne etter kvar mjølking. Alle vektregistreringar for eit individ blir slått saman til daglege gjennomsnitt.

Opplysningar om dagleg mjølkemengde, dyrevekt, kraftfôropptak, grovfôropptak blei henta frå SHF sitt intranett der det låg klare rapportar i Excel-format.

3.1.5 Analyser av fôr og mjølk

Prøve av surfôr frå plansilo blei tatt ut i forkant av forsøket. Prøvene blei tatt ut ved hjelp av eit holt bor og elektrisk drill, frå fleire plassar i siloen for å gje ei representativ prøve. Surfôret blei blanda godt i ei bøtte før det blei fordelt på to prøveposar. Begge prøvene blei levert til Eurofins (Moss, Noreg) for NIRS-analyse og gjæringsmønster. Eurofins-analyser er i samsvar med NorFor (Åkerlind et al., 2011).

Uttak av grovfôrprøver blei gjort to gongar i veka i samband med ny fôrtildeling i traua, etter reingjering av fôrtraua. Det blei tatt ut ei prøve av grovfôret til gruppe 1 (PMR) og ei av surfôret til gruppe 2 (SMK) og 3 (SHK). Prøvene var på omlag 3 kg. Ca 300g av prøva blei sett til tørk i tørkeskåp ved 103°C i 24 timar for måling av tørrstoffinnhaldet. Dette gir ein indikasjon om tørrstoffinnhaldet endrar seg over tid. Tørrstoffanalysane blei gjort ved Stoffskifteavdelinga, NMBU. Resten av prøva inngjekk i ei månadleg samleprøve for våtkjemisk analyse av næringsstoff, gjæringsprodukt og mineral ved Eurofins. Gjæringsprodukt for PMR blei berekna til 70% av tilhøyrande surfôranalyse.

Kraftfôrprøver blei henta ut for kvar ny levering av kraftfôr til SHF. Prøver med identisk blanderesept blei slått saman før analyse, i alt fire prøver blei analysert. Prøvene blei analysert ved LabTek (Ås, Noreg) for tørrstoff (Berg, 2018d), oske (Berg, 2018b), aNDFom (Berg, 2018a), Kjeldahl-N (Berg, 2018c), stivelse (Svihus, 2018) og råfeitt (Tingstad, 2017).

Prøve av tørrhalm og mineralblanding blei tatt ein gong under forsøket. Tørrhalmen blei analysert for kjemisk næringsinnhald og mineral ved Eurofins. Mineralblandinga blei analysert for tørrstoff og oske ved LabTek.

Mjølkeprøver blei tatt ut i mjølkeroboten kvar 14. dag. Disse blei sendt til Tine (Heimdal, Noreg) for analyse av feitt, protein, laktose, celletal, urea og frie fetttsyrer ved hjelp av FTIR (MilkoScan, Foss, Danmark), etter Tine sine krav til innrapportering til Kukontrollen.

Analysert innhald av feitt, protein og laktose blei brukt til å berekne produksjonen av energikorrigert mjølk (EKM).

Analyseresultat av mjølkeprøvene blei henta frå Kukontrollen.

3.1.6 Berekningar

Før den statiske analysen, blei rådata behandla på fleire måtar.

3.1.6.1 Oppbygging av datasettet

Rådata blei samla inn og kombinert. Kraftfôropptaket blei korrigert for tørrstoff og gav resultatet i tørrstoffinntak pr. dag. Det same blei gjort for grovfôr, der det også blei korrigert for flyktige komponentar. Dette blei gjort ved prøven som var tørka på 103 grader multiplisert med 0,95 for å få resultatet tilsvarande tørking på 60 grader, for deretter legge til gjæringsprodukta analysert av Eurofins, som beskrive av NorFor (Åkerlind et al., 2011).

Alle data blei sett inn i eit datasett med klassevariablane individnr., laktasjonsnr., DIM, behandlingsgruppe (fôrregime), avlslinje og fôranalyse. Effektvariablane bestod av avlsverdi, grovforopptak i TS, kraftfôropptak i TS, etetid frå fôrtrau, RumiWatch og Nedap, drøvtyggingstid frå RumiWatch og nedap, tygg frå RumiWatch, mjølkemengde i kg, mjølkeanalyse, kroppsvekt, holdpoeng samt tilhøyrande grovfôranalyse.

3.1.6.2 Preparering av data

Datasettet blei implementert i SAS 9.4 for deteksjon av uteliggjarar. Dette blei gjort ved hjelp av PROC MIXED funksjonen på grovfôropptak i forhold til gjennomsnittleg grovfôropptak i forsøket. Studentized residuals blei brukt for å finne standardavvika. Grenseverdien 3,4 etter Lund's-metoden, blei brukt for å fjerne uteliggjarane (Lund, 1975). Datasettet blei deretter kalkulert med tre dagars rullande snitt for å utjamne daglege svingingar. Dette blei gjort for alle effektvariablane unntatt avlsverdi. Vidare blei datasettet reinsa for manglande observasjonar på grovfôropptak, kraftfôropptak, mjølkeyting og levandevikt. Datasettet blei implementert i NorFor development-tool for berekning av forventa grovfôropptak etter NorFor-modellen. Resultatet blei lagt til i datasettet og køyrt igjennom ein ny uteliggjar-test i SAS ved modellen: målt grovfôr=predikert grovfôr. Etter fjerning av uteliggjarane bestod det ferdige datasettet av 2375 observasjonar.

3.1.6.3 NorFor-berekening av fôropptak

NorFor development-Tool er eit hjelpemiddel for å justere eller lage nye berekningar i NorFor. Dette blei brukt på grunn av moglegheita til å kalkulere større mengder data effektivt. NorFor (Volden et al., 2011) sin fôropptakspredikasjon tek utgangspunkt i Formel 1, ved fylleverdisystemet. Berekninga av inntakskapasiteten til det enkelte dyr tek i bruk informasjon om dyret, Formel 2. Fylleverdien av fôropptakspredikasjonen baserar seg på fylleverdien til fôrmidla som er kalkulert for kvart enkelt fôrmiddel, samt ein substitusjonseffekt mellom kraftfôr og grovfôr og metabolsk regulering, Formel 3.

Formel 1

$$IC = FV_intake$$

IC er inntakskapasiteten til dyret. FV_intake er det totale fôropptaket uttrykt i fylleverdi.

Formel 2

$$IC_cow = a \cdot DIM^b \cdot \exp^{c \cdot DIM} - D^{-d} + e \cdot \left(ECM + \frac{(-NEL_mob + NEL_dep) \cdot h}{3.14} \right) + (BW - f) \cdot g$$

IC_cow er inntakskapasiteten til dyret og brukar opplysningar om dyret som yting (ECM), kroppsvekt (BW) og laktasjonsstadie (DIM), samt faktorar (a, b, c, d, e, f og g) som knytt til rase og laktasjonsnummer. I dette tilfelle blei NEL_mob og NEL_dep satt til null sidan det berre er status for den enkelte dag som er interessant. Denne formelen er revidert etter publiseringa av NorFor (*Equation changes since NorFor 2011, 2017*).

Formel 3

$$FV_intake = \sum_i DMI_i \cdot FV_i + \sum_j DMI_j \cdot FV_j \cdot FV_SubR + FV_MR$$

Der FV_i er fylleverdien til kraftfôret, FV_j er fylleverdien til grovfôret, FV_SubR er substitusjonsfaktoren med verdi mellom 0 og 1. og FV_MR er faktoren for metabolsk regulering.

3.1.7 Statistisk analyse

Signifikans blei bestemt ved $P < 0,05$ og tendens ved $P < 0,1$.

Kontrastar for behandlingsledda blei berekna ved hjelp av SAS 9.4 (SAS Institute, Cary, Nord-Carolina, USA). Kommandoen Proc mixed blei brukt for å berekne Last Square means (LSmeans), standardfeil på LSmeans og signifikans på kontrast. Proc mixed blei sett opp etter denne modellen:

$$\text{Modell 1: } y_i = \mu + a_i + \varepsilon_i$$

y_i = Variabelen i fokus

μ = Gjennomsnittet

a_i = Fast effekt av behandlingsgruppe, $i=1,2,3$

ε_i = Varians ikke forklart av modellen (støy)

Testing av predikasjonsmodellar blei utført ved hjelp av Proc Reg kommandoen i SAS 9.4. Resultatet frå regresjonen består av Root Mean Standard Error (RMSE), R^2 , Standard Error Means (SEM), og modellparametera for den tilpassa regresjonsmodellen. Regresjonsmodellen er beskrevet under.

$$\text{Modell 2: } y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \varepsilon$$

y = Variabelen i fokus

β_0 = Koeffisienten for innslagspunktet

β_n = Stigningstall for den uavhengige variabelen

x_n = uavhengig variabel

ε = Varians ikkje forklart av modellen

Modellen blei brukt både innan og over grupper.

4 Resultat

4.1 Analyser av fôrmiddel

Tabell 5 syner kjemisk innhald, fordøyeligheit av organisk stoff og berekna fôrverdi for dei to grovfôrkvalitetane brukt i forsøket. I tillegg er verdiar for tørr halm som er brukt til å lage PMR, vist. Tørrhalm har høgare innhald av NDF og iNDF, og lågare innhald av råprotein og lågare fordøyelegheit av organisk stoff enn surfôr. Dette ga forskjell i fôrverdi mellom dei to fôrkvalitetane. Reint surfôr har høgare berekna innhald av energi enn PMR med iblanda halm og høgare gjennomsnittleg anion/kation-balanse. Berekna tyggetid og fylleverdi pr. kg TS er lågare for surfôr enn for PMR. PMR har høgare verdi for AAT pr. kg TS, men lågare proteinbalanse i vom (PBV) enn surfôr.

Tabell 5 Kjemisk innhald, fordøyelegheit av organisk stoff (OMD) og berekna fôrverdi i grovfôr. Verdiar i g/kg tørrstoff om ikkje anna er gitt.

	Surfôr	PMR	Tørrhalm
<u>Kjemisk innhald</u>			
Tørrstoff g/kg	297 ± 13,7	372 ± 12,9	939
Oske	72 ± 3,0	68 ± 2,9	63
Råprotein (CP)	170 ± 4,8	128 ± 5,1	24
Løyseleg CP, g/kg CP	633 ± 4,3	618 ± 24,9	490
NDF	498 ± 5,4	579 ± 11,9	777
OMD, %	74,7 ± 0,7	68,0 ± 1,1	49,5
iNDF, g/kg NDF	154 ± 7,6	198 ± 9,1	282
<u>Berekna fôrverdi</u>			
NEL 20, MJ/kg TS	6,43 ± 0,06	5,84 ± 0,11	3,25
AAT 20	81 ± 0,8	83 ± 0,7	61
PBV 20	46 ± 4,1	5 ± 4,6	-62
Fylleverdi, /kg TS	0,50 ± 0,007	0,55 ± 0,009	0,65
Tyggetid, min/kg TS	70 ± 0,8	83 ± 1,9	119
CAD, Mkv/kg TS	305 ± 22	287 ± 13	179

NDF= Nøytralløyseleg fiber. OMD= Fordøyeleg organisk materiale. iNDF= Ufordøyeleg nøytralløyseleg fiber. NEL 20= Netto energi laktasjon ved fôropptak på 20 kg TS. AAT 20= Aminosyrer absorbert i tarm ved fôropptak på 20 kg TS. PBV 20= Proteinbalanse i vom ved fôropptak på 20 kg TS. CAD= Kation/anion-balanse.

Gjæringsprodukt blei analysert i surfôret, og berekna for PMR. I tørrstoffet inneheldt surfôret 64 g mjølkesyre, 14 g eddiksyre, 1,9 g propionsyre, 10 g maursyre, 0,7 g smørsyre og 5,2 g etanol. Innhaldet av NH₃-N var 65 g/kg N og pH på 4,0. Gjæringskvaliteten var i tråd med Eurofins si rettleiing for godt surfôr.

Analyse av kraftfôr er vist i tabell 6. Innholdet av råfeitt var analysert til 27,8 g/kg TS, medan deklarerert innhold var 50 g/kg TS.

Tabell 6 Kjemisk innhold i kraftfôr. Verdier i g/kg TS om ikkje anna er gitt.

	Kraftfôr
Tørrstoff, g/kg	871 ± 3,9
Oske	78 ± 3,3
aNDFom ¹	160 ± 3,1
Råprotein	228 ± 2,9
Stivelse, %	29,5 ± 1,2
Råfeitt	27,8 ± 2,2
WSC ²	57 ± 2,0

aNDFom= Oske og stivelsekorrigert nøytralløyselig fiber. WCS= Vassløyselige karbohydrat.

4.2 Produksjon, fôropptak, hold og tyggetid

Tabell 7 viser gjennomsnittleg yting av (kg) mjølk, EKM, feitt, protein og laktose, samt innhold av feitt, protein, laktose, urea, frie feittsyrer (FFA) og celletal i mjølka. Tabell 8 viser fôropptak, berekna opptak av grovfôr, kroppsvekt, opptak av NDF pr. kg kroppsvekt, innhold av AAT pr. MJ NEL kroppsvekt og hold for dei tre forsøksgruppene. Innblanding av halm i rasjonen ga signifikant lågare ($P < 0,05$) yting av mjølk, EKM, feitt, protein og laktose samanlikna med surfôr. Med unntak av lågare innhold av urea ($P < 0,05$) var det ingen forskjell i innhold av verdstoff i mjølka med bruk av PMR samanlikna med surfôr. Med unntak av tendens til høgare innhold av protein ($P = 0,098$) og laktose ($P = 0,093$) ved høgast kraftfôrnivå, var det ingen effekt av kraftfôrnivå ($P > 0,05$) på nokon måleparameter i mjølk for kraftfôrnivå. Tabell 8 viser ikkje effekt av halminnblanding med unntak av auka ($P < 0,05$) AAT g/MJ NEL. Halminnblanding syner derimot tendens til lågare berekna grovfôropptak ($P = 0,06$) og hold ($P = 0,08$). Kraftfôrnivå syner signifikant effekt på AAT (g/MJ NEL), der surfôr med middels kraftfôrnivå var lågast. Høgare kraftfôrnivå ga signifikant auka kraftfôropptak. Det er også tendens til lågare grovfôropptak ($P = 0,08$) med ein substitusjonsverdi på 0,68. Surfôr utan innblanding av halm ga numerisk høgare grovfôropptak (kg TS), men forskjellen var ikkje signifikant.

Tabell 7 Dagleg yting av mjølk, energikorrigert mjølk og verdstoff i mjølk, samt innhald av verdstoff, urea, frie feittsyrer (FFA) og celletal i mjølk.

Gjennomsnitt	PMR	SMK	SHK	SEM	P-verdi ford.	P-verdi kfnivå
<u>Dagleg produksjon, kg</u>						
Mjølk	28,9	34,8	34,5	1,83	0,0257	0,9004
EKM	30,6	37,4	36,2	2,01	0,0184	0,6586
Fett	1,244	1,568	1,440	0,09858	0,0238	0,3545
Protein	1,005	1,186	1,218	0,05995	0,0374	0,7094
Laktose	1,387	1,664	1,680	0,08264	0,0207	0,8953
<u>Innhald i mjølk</u>						
Fett, %	4,26	4,50	4,20	0,17	0,3263	0,1989
Protein, %	3,52	3,44	3,57	0,06	0,3157	0,0984
Laktose, %	4,82	4,80	4,88	0,04	0,7171	0,0933
Urea, mmol/l	6,36	7,07	6,74	0,17	0,0035	0,1655
FFA, µmol/ml	0,70	0,52	0,45	0,08	0,1336	0,5178
Celletal, 1000/ml	161	254	110	76	0,3999	0,1787

PMR= Behandling med halm. SMK= Behandling middels kraftfôrnivå. SHK= Behandling høgt kraftfôrnivå. SEM= Standard feil for LSmeans. FFA= Frie feittsyrer i mjølk.

Tabell 8 Dagleg fôropptak, berekna grovfôropptak, NDF pr. kg kroppsvekt, AAT g/MJ NEL, samt kroppsvekt og hold.

	PMR	SMK	SHK	SEM	P-verdi ford.	P-verdi kfnivå
Grovfôr, kg TS	12,0	13,0	11,5	0,60	0,2447	0,0783
Kraftfôr, kg TS	7,6	7,2	9,4	0,19	0,2388	<.0001
Samla fôr, kg TS	19,6	20,3	20,9	0,67	0,5202	0,5225
Pred. Grovfôr, kg TS	11,0	13,0	11,4	0,69	0,062	0,1097
NDF, g/kg BW	13,1	11,9	11,7	0,53	0,1192	0,8174
AAT, g/MJ NEL	14,1	11,8	13,8	0,50	0,0025	0,0064
Kroppsvekt (BW), kg	609	631	613	22,37	0,4999	0,5688
Hold, skala 1-5	3,6	3,7	3,7	0,08	0,0843	0,8764

PMR= Behandling med halm. SMK= Behandling middels kraftfôrnivå. SHK= Behandling høgt kraftfôrnivå. SEM= Standard feil for LSmeans. Pred. Grovfôr= berekna grovfôropptak ved NorFor fôropptaksmodellen. NDF= Nøytralløyseleg fiber pr. 100 kg levandevakt.

Tabell 9 viser kroppsvekt, hold og avlsverdi for dyra i forsøket. Resultatet er presentert innan gruppe og laktasjonsnummer, med oversikt over gruppesamansetting. Tabellen syner ein tydleg forskjell i kroppsvekt mellom førstelaktasjonskyr og eldre kyr. Denne gjennomsnittsskilnaden er på høvesvis 108 kg, 102 kg og 56 kg innan fôringsgruppene. Holdet syner eit noko høgt hold hos førstelaktasjonskyrne (>3,5), og eit meir normalt hold for eldre kyr. Det er lite skilnad i avlsverdi mellom grupper og aldrar.

Tabell 9 Forsøksdyr med gjennomsnittleg kroppsvekt, holdpoeng og avlsverdi.

Gjennomsnitt	PMR		SMK		SHK	
	1.kalv	Eldre	1.kalv	Eldre	1.kalv	Eldre
n	5	9	5	8	7	9
Kroppsvekt, Kg	540	648	568	670	582	638
Hold, Poeng	3,8	3,4	3,9	3,5	3,7	3,7
Avlsverdi, Poeng	106	106	109	105	107	105

PMR= Behandling med halm. SMK= Behandling middels kraftfôrnivå. SHK= Behandling høgt kraftfôrnivå.

Tabell 10 syner resultat for aktivitetane dagleg etetid, drøvtyggingstid og total tyggetid knytt til systema Nedap og RumiWatch, i tillegg til tygg pr dag ved RumiWatch og etetid ved BioControl målt ved førkaret, med kontrast for grovfôrfordøyelegheit og kraftfôrnivå. Innblanding av halm ga signifikant høgare etetid og tyggetid pr. kg TS målt av Nedap ($P<0,05$), samt tendens for auka tyggetid ($P=0,051$), drøvtygging pr. kg TS ($p=0,0955$) og pr. kg TS grovfôr ($P=0,051$). Kraftfôrnivå synte ingen signifikante verdiar ($P>0,05$) ved Nedap, men tendens til auka drøvtygging pr. kg grovfôr ($P=0,055$) ved auka kraftfôrnivå. Aktivitet målt av RumiWatch syner signifikant auke i tyggetid pr. kg TS og tygg pr. dag ved innblanding av halm. Det er også tendens til auka etetid ($P=0,06$), tyggetid ($P=0,07$) og drøvtygging pr. kg TS grovfôr ($P=0,06$). Høgare kraftfôrnivå ga signifikant lågare etetid og høgare drøvtygging pr. kg TS grovfôr, samt tendens til lågare tyggetid pr kg TS ($P=0,051$). Etetid målt av BioControl syner signifikant auke ved iblanding av halm. Kraftfôrnivå syner ingen effekt.

Tabell 10 Aktivitet målt av Nedap, RumiWatch og BioControl, med fokus på forskjellar i fordøyelegheit og kraftfôrnivå med kontrastar.

		PMR	SMK	SHK	SEM	P-verdi ford.	P-verdi KFnivå
<u>Nedap</u>							
Etetid	Min/dag	282	247	231	11,5	0,0369	0,3281
Drøvtygging	Min/dag	548	523	516	15,9	0,2901	0,7268
Tyggetid	Min/dag	830	771	747	19,8	0,0505	0,4239
Tyggetid	Min/kg TS	42,8	38,5	36,8	1,4	0,0439	0,4189
Drøvtygging	Min/kg TS	28,3	26,1	25,3	0,8	0,0955	0,5440
Drøvtygging	Min/kg TS grovfôr	46,9	41,2	46,5	1,9	0,0502	0,0548
<u>RumiWatch</u>							
Etetid	Min/dag	336	299	262	13,4	0,0616	0,0457
Drøvtygging	Min/dag	535	511	508	15,9	0,2854	0,9160
Tyggetid	Min/dag	871	810	770	21,6	0,0671	0,2145
Tyggetid	Min/kg TS	42,7	38,1	35,2	1,1	0,0028	0,0506
Drøvtygging	Min/kg TS	26,29	23,89	23,27	0,8	0,413	0,5868
Drøvtygging	Min/kg TS grovfôr	44,4	38,4	47,1	2,0	0,0564	0,0042
<u>Tygg</u>	/dag	59107	52534	49347	1796	0,0121	0,2088
<u>BioControl</u>							
Etetid i fôrkar	Min/dag	236	199	184	8,9	0,0044	0,2297

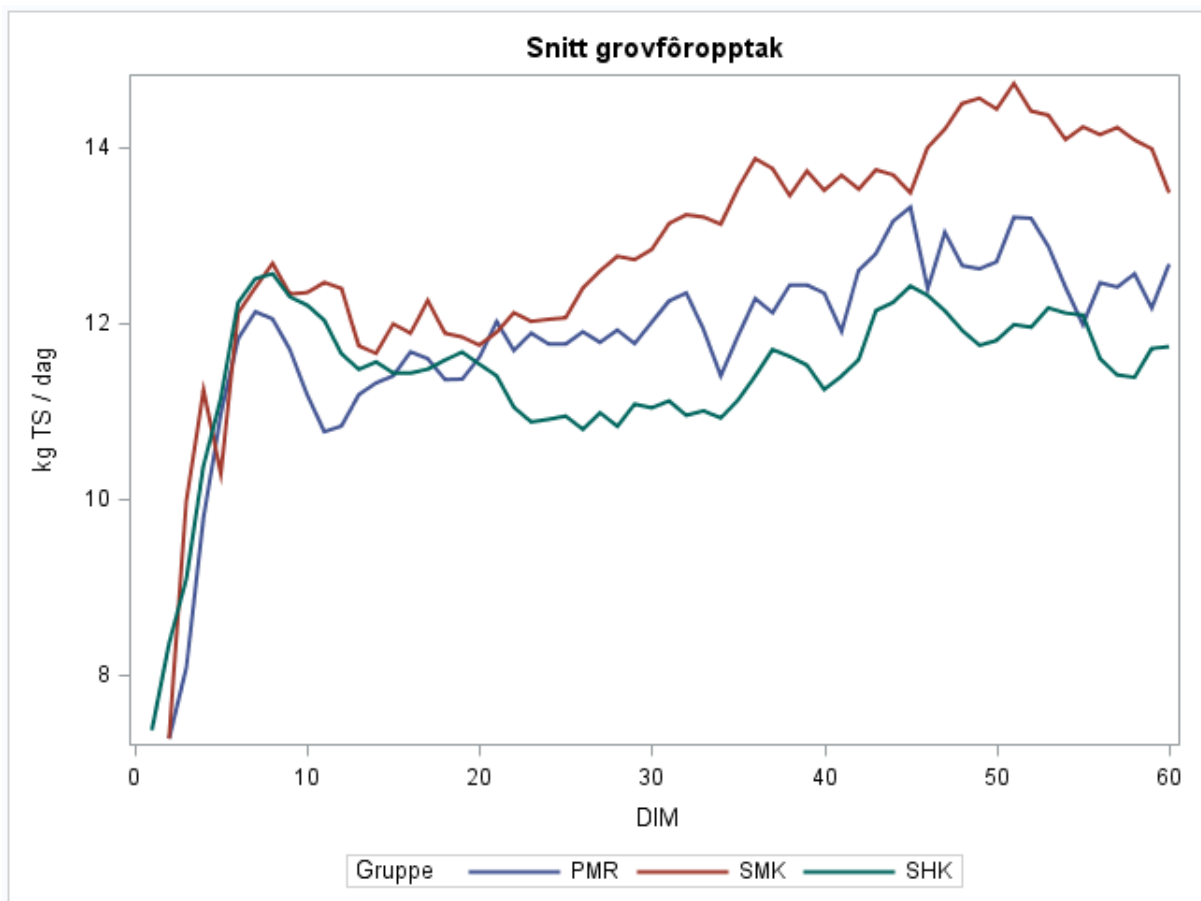
PMR= Behandling med halm. SMK= Behandling middels kraftfôrnivå. SHK= Behandling høgt kraftfôrnivå. SEM= Standard feil for LSmeans.

4.3 Grafisk framstilling

Grafisk framstilling av fôropptak, mjølkeyting og vekt er synt i dette avsnittet.

4.3.1 Grovfôropptak

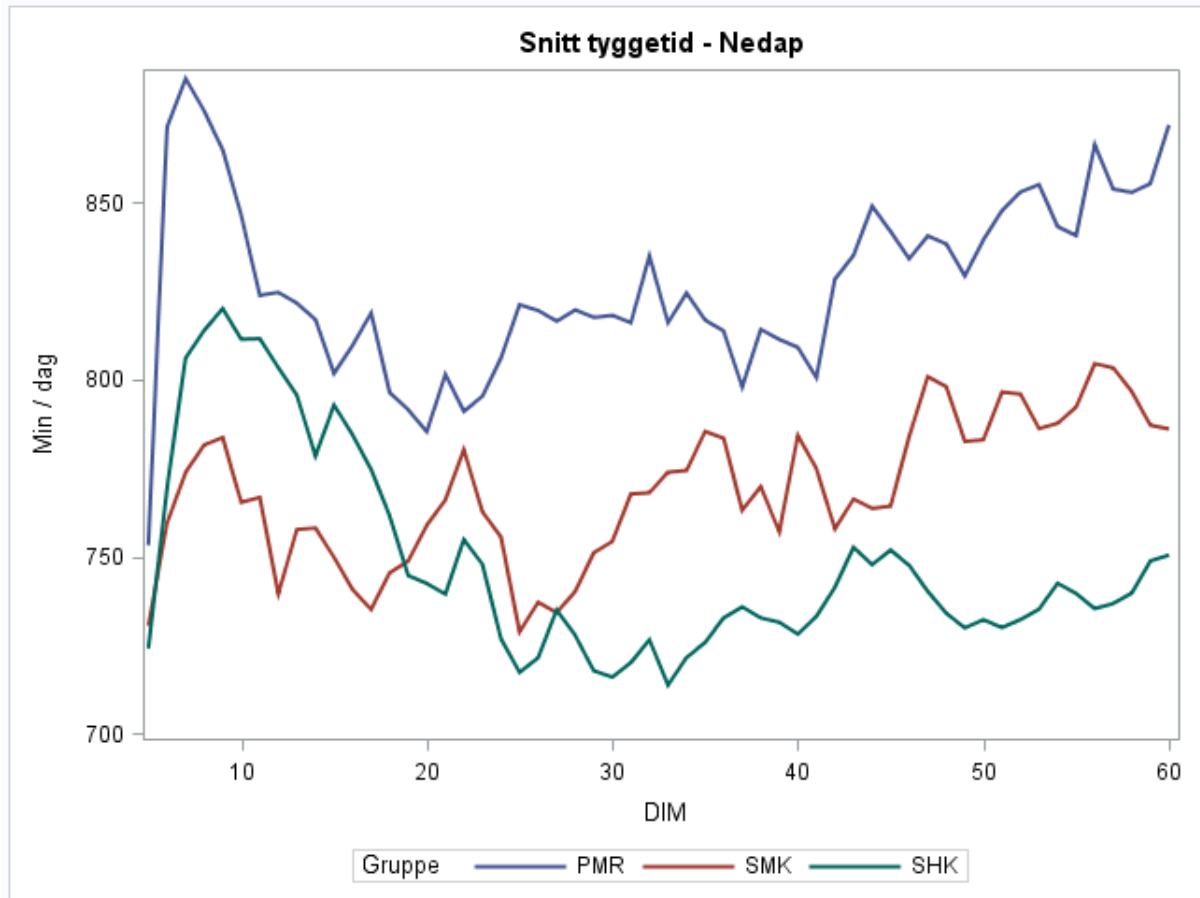
Figur 5 viser dagleg grovfôropptak for dei tre forsøksgruppene berekna som tre-dagars rullande gjennomsnitt. Opptak av grovfôr er påverka av laktasjonsstadium og stig kraftig første dagane for så å flate ut allereie etter ei veke. Fram til 20 DIM er det små forskjellar mellom gruppene. Det er ein nedgang i grovfôropptak frå 7 DIM til 20 DIM for gruppene med låg kraftfôrtildeling, og heilt til 26 DIM for gruppa tildelt høg kraftfôrmengde. Ved DIM 24 er opptrappinga av kraftfôret ferdig. Skilje mellom låg og høg kraftfôrmengde i grovfôropptak er tydeleg med høgast grovfôropptak ved lågast kraftfôrmengde.



Figur 5 Dagleg grovfôropptak for behandlingsgruppene i forsøksperioden. Gruppene er, PMR (behandling med halm), SMK (behandling middels kraftfôrmivå) og SHK (behandling høgt kraftfôrmivå).

4.3.2 Tyggetid

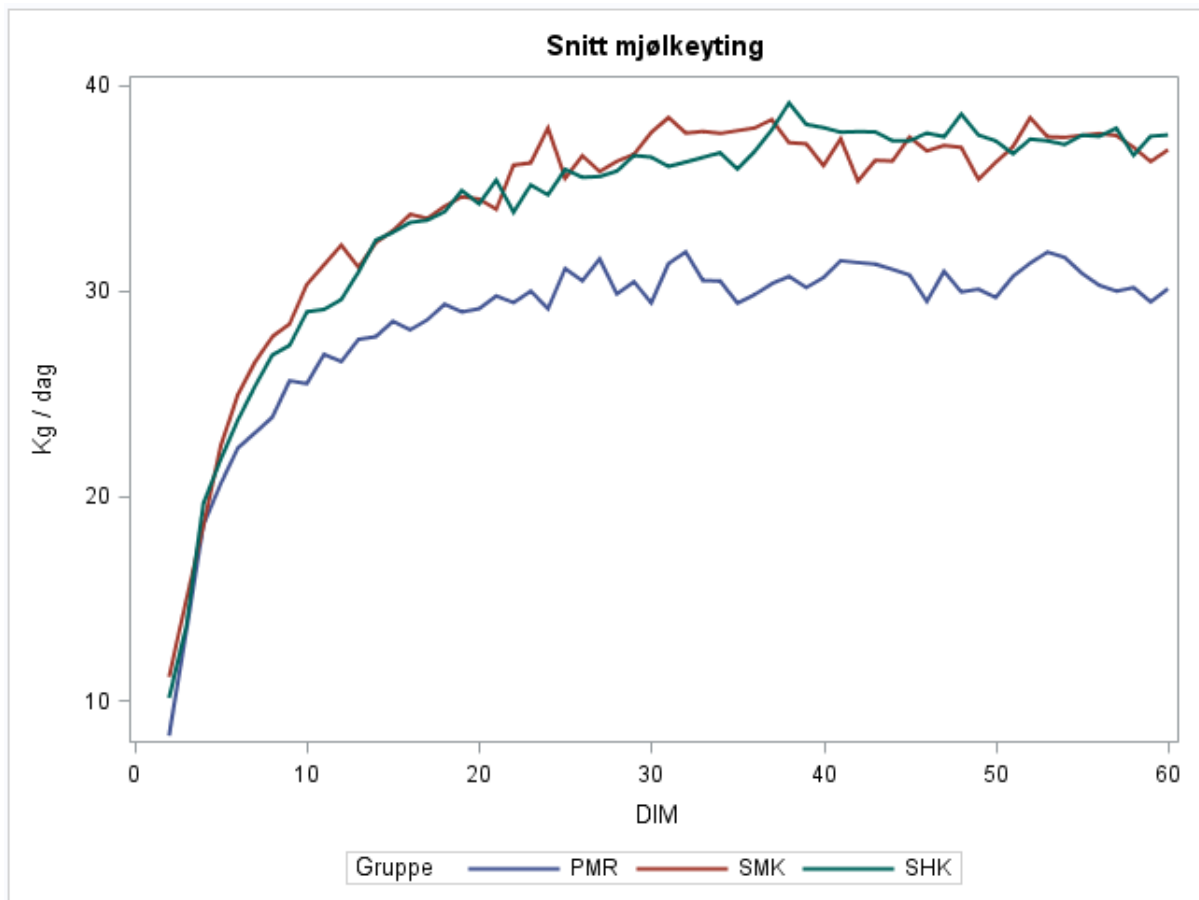
Figur 6 syner ein graf over total tyggetid i minutt pr. dag, målt av Nedap halssensor. Tyggetida er vist for dei tre fôrgruppene frå kalving til 60 DIM. Enkeltobservasjonar er berekna ved tre-dagars gjennomsnitt. Tyggetida syner eit hopp i starten av målingane og skuldast få observasjonar. Innblanding av halm (PMR) gir den høgaste ($P < 0,05$) totale tyggetida, medan gruppa med høgt kraftfôrnivå har den lågaste ($P < 0,05$) totale tyggetida. Under opptrappinga av kraftfôr reduserast tyggetida tydeleg ved både PMR og høg KF gruppa.



Figur 6 Dagleg tyggetid mellom behandlingsgruppene, målt ved Nedap. Gruppene er, PMR (behandling med halm), SMK (behandling middels kraftfôrnivå) og SHK (behandling høgt kraftfôrnivå).

4.3.3 Mjølkeyting

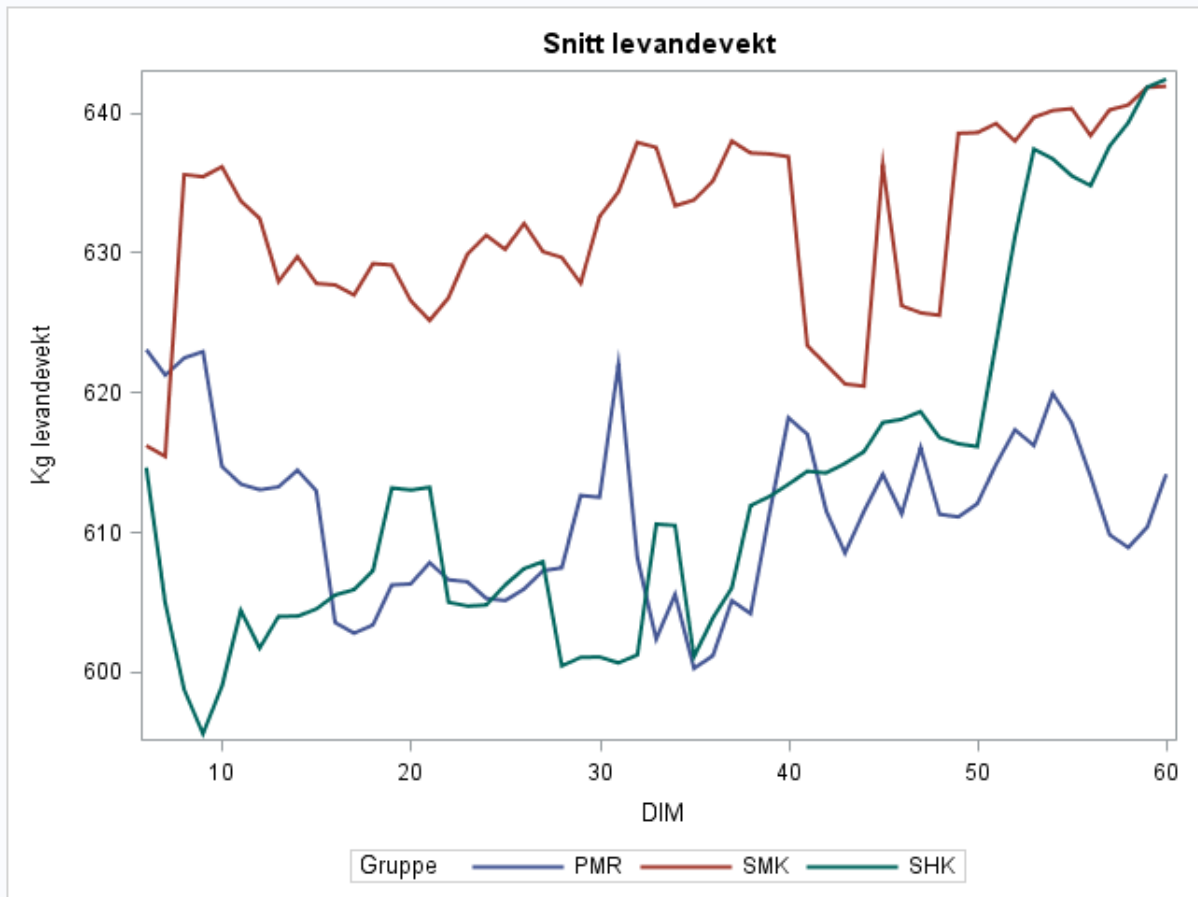
Figur 7 syner gjennomsnittleg dagleg mjølkeyting gjennom forsøksperioden for behandlingsgruppene. Enkeltobservasjonar er berekna ved tre-dagars gjennomsnitt. Mjølkeytinga stig kraftig første dagane for alle gruppene, og flatar ut mot 30 DIM. PMR-gruppa skil seg alt ved 5 DIM, frå surfôrgruppene og endar på ei gjennomsnittleg lågare mjølkeyting utover i forsøksperioden ($P < 0,05$). Surfôrgruppene følgjer kvarandre tett igjennom heile forsøksperioden, utan signifikant effekt av kraftfôrnivå.



Figur 7 Dagleg mjølkeytelse mellom behandlingsgruppene. Gruppene er, PMR (behandling med halm), SMK (behandling middels kraftfôrnivå) og SHK (behandling høgt kraftfôrnivå).

4.3.4 Kroppsvekt

Figur 8 syner gjennomsnittleg vekt (kg/dag) i forsøksperioden for kvar av forsøksgruppene. Enkeltobservasjonar er berekna med tre-dagars gjennomsnitt. Figuren syner ikkje vekt før dag 5 i forsøket då vekt ikkje blei målt i kalvingsbinge. Grafen syner få tydlege tendensar til vektutvikling gjennom forsøksperioden med unntak av SHK som aukar utover i forsøksperioden.

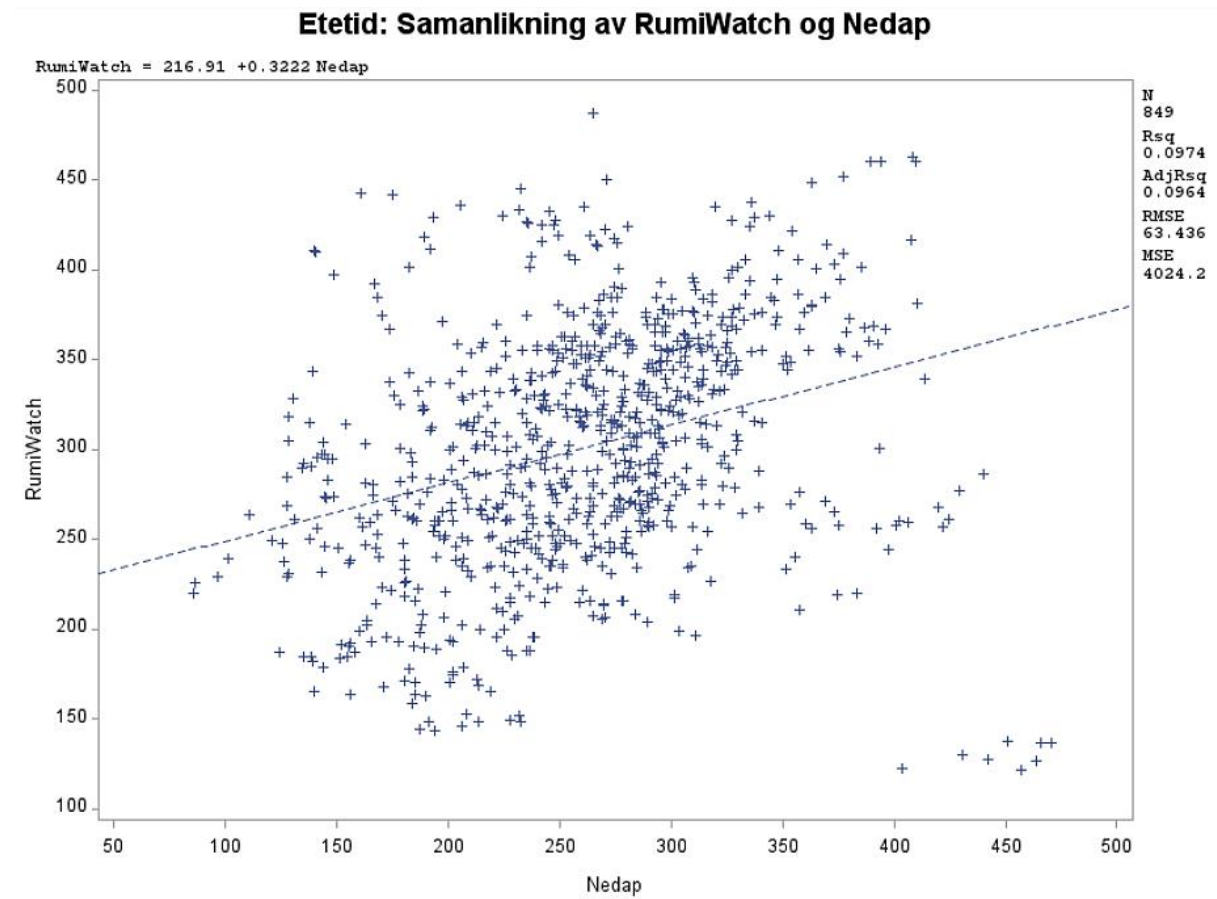


Figur 8 Levandevækt for behandlingsgruppene. Gruppene er, PMR (behandling med halm), SMK (behandling middels kraftfôrnivå) og SHK (behandling høgt kraftfôrnivå).

4.4 Samanlikning av sensorar for tyggeaktivitet

4.4.1 Eteaktivitet

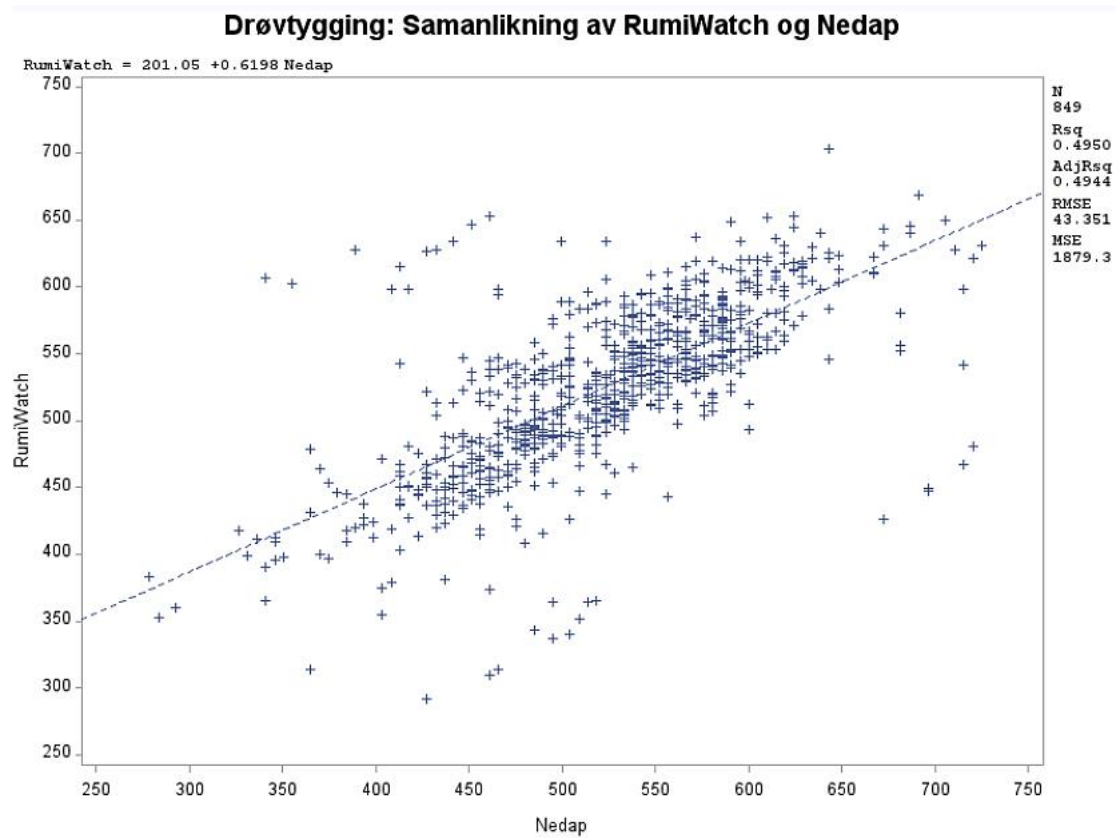
Figur 9 syner eit regresjonsplot for individuelle målingar mellom etetid målt ved RumiWatch mot etetid målt ved Nedap. Figuren syner at det er svært lite samsvar ($P > 0,05$) i målt etetid mellom sensorsystema.



Figur 9 Plot av etetid (min/dag) ved RumiWatch mot Nedap.

4.4.2 Drøvtyggingsaktivitet

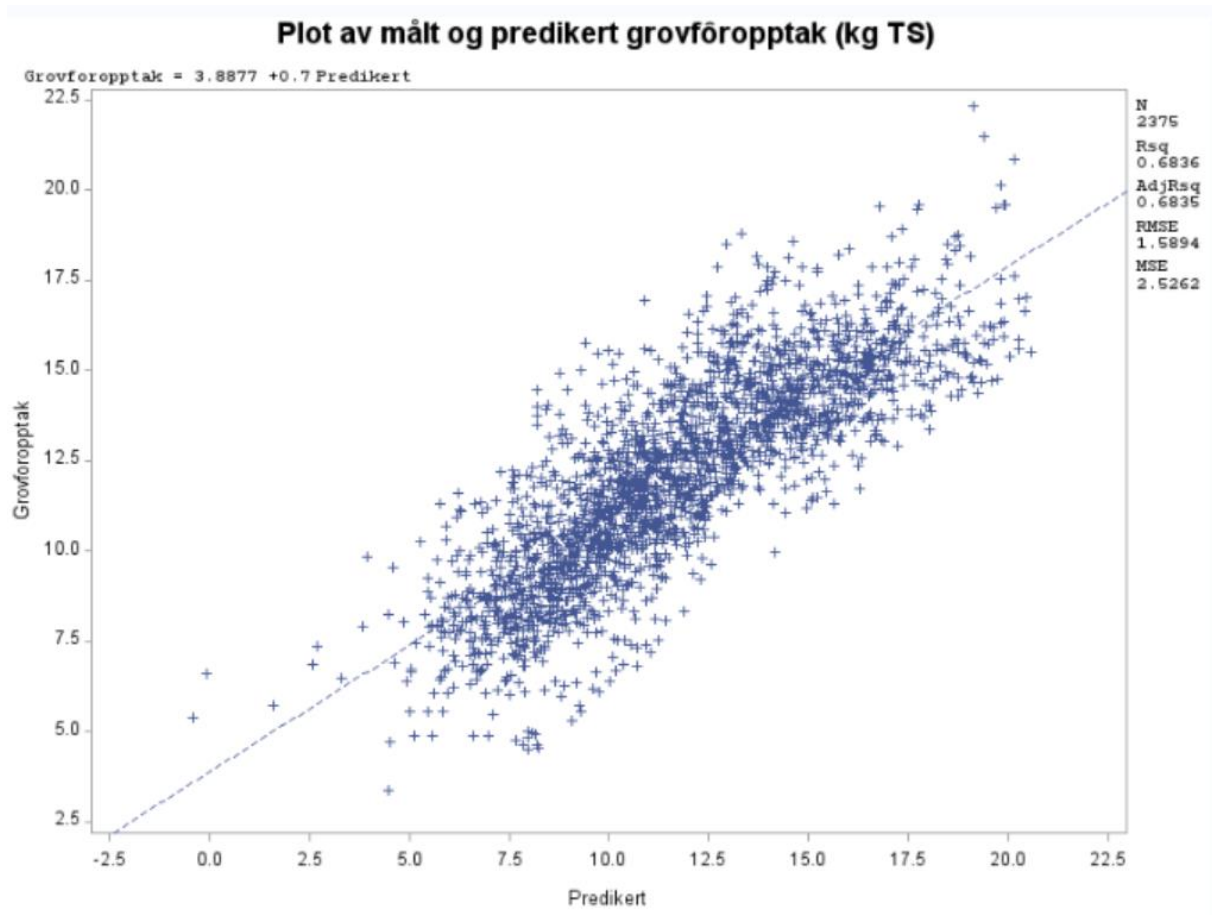
Figur 10 viser regresjonsplot av drøvtygging (min/dag) mellom RumiWatch og Nedap, etter uteliggjartest. Figuren syner ein korrelasjon ($r=0,70$) mellom dei to sensorane. Samtidig er variasjonen (MSE=1879) mellom dei to metodane høg.



Figur 10 Plot av drøvtyggingstid (min/dag) ved RumiWatch mot Nedap

4.5 Predikasjon av grovfôropptak

Figur 11 viser eit plot av målt grovfôropptak og predikert grovfôropptak ved NorFor på individuelle observasjonar. Denne syner at ei forklaringsgrad ved NorFor på $r^2=0,68$ og ein MSE på 2,53.



Figur 11 Plot av målt grovfôropptak mot predikert grovfôropptak av NorFor.

Tabell 11 syner predikasjon av individuelt grovfôropptak basert på enkeltvariablar. Berekningane er gjort på tvers av forsøksledd og presentert etter observasjonar som inngår i NorFor, NorFor berekningar, tyggeaktivitet, hold og kraftfôr. NorFor gir høgste forklaringsgrada ($r^2=0,68$), denne er avleia av andre enkeltvariablar, det same gjeld protein (Prot). Laktasjonsnummer (Laktnr) er enkeltvariabelen med forklaringsgrad ($r^2=0,42$), deretter yting og kroppsvekt ($r^2=0,33$ til $0,27$). Hold (BCS), DIM og kraftfôr (KF) gir svært låg forklaringsgrad ($r^2<0,1$). Av tyggetidsmålingar er det etetid ved fôrkar (BioControl) som gir høgaste forklaringsgrad ($r^2=0,28$), etterfølgt av drøvtygging hos Nedap (NDR) ($r^2=0,25$) og RumiWatch (RWR) ($r^2=0,19$) samt etetid hos RumiWatch (RWE) ($r^2=0,19$). Etetid hos Nedap (NDE) er ikkje signifikant ($p=0,073$). Avlsverdi blei undersøkt og ekskludert grunna liten betydning. Alle regresjonsmodellane hadde 100% tilfeldig relativ feil.

Tabell 11 Modelbetraktningar for enkeltvariablar på besetninga, med parameterverdier. Samtlige regresjonsmodellar har 100% tilfeldig relativ feil.

Modell med parameterverdier	n	R ²	RMSE	MSPE	MPE%	Pred. resultat	
						Innslag	Slope
6,4+0,164*EKM	2375	0,308	2,35	5,52	19,4	8,390	0,308
1,5+0,0171*BW	2375	0,274	2,41	5,79	19,8	8,809	0,274
8,0+2,05*Laktnr	2375	0,417	2,16	4,65	17,8	7,068	0,417
11,1+0,0324DIM	2375	0,036	2,77	7,69	22,9	11,695	0,036
11,0+0,1438*KF	2375	0,014	2,81	7,86	23,1	11,953	0,014
3,9+0,70*NorFor	2375	0,684	1,59	2,53	13,1	3,837	0,684
13,7-0,12191*Prot	2375	0,016	2,80	7,85	23,1	11,931	0,016
6,7+0,0264*BioControl	2374	0,275	2,41	5,78	19,8	8,792	0,275
2,4+0,0185*NDR	2243	0,248	2,44	5,94	20,1	9,132	0,248
4,3+0,0154*RWR	889	0,190	2,61	6,79	21,1	9,986	0,190
6,8+0,0185*RWE	889	0,186	2,62	6,83	21,2	10,044	0,186
11,7+0,0017*NDE	2243	0,001	2,81	7,89	23,1	12,132	0,001
5,9+0,188*Mjølkk	2375	0,338	2,30	5,28	18,9	8,028	0,338
23,6-3,55*BCS	374	0,091	2,42	5,82	22,8	9,602	0,091

RMSE=root mean square error. MSPE=Mean square prediction error. MPE%=Mean Prediction Error i prosent. Pred. Resultat= innslagspunktet og hellinga i regresjon mellom det berekna og observerte grovfôropptaket. EKM= energikorrigert mjølk (kg/dag). BW=vekt. DIM= dager i mjølk. KF= kraftfôr (kg/dag) Prot= AAT g/MJ NEL. BioControl= etetid i fôrkar. NDE= Nedap etetid (min/dag). NDR=nedap drøvtyggingstid (min/dag). RWE= RumiWatch etetid (min/dag). RWR=RumiWatch drøvtyggingstid (min/dag). BCS= Holdpoeng (1-5).

Tabell 12 syner multippel regresjon for predikasjon av individuelt grovfôropptak. Berekningane er gjort på tvers av forsøksledd og er presentert i rekkefølge etter hypotesane, aukande kompleksitet og presisjon. Modellane med NorFor består ikkje av enkeltvariablar som allereie inngår i berekninga av NorFor. Kombinasjon av NorFor og tyggeaktivitet (NDE og NDR) gir ei høgare forklaringsgrad. Hold ($r^2=0,75$) og protein ($r^2=0,76$) bidreg kvar for seg og saman med tyggeaktivitet ($r^2=0,84$ og $0,81$) til betre prediksjonsmodellar. Kombinasjon av alle tilgjengeleg observasjonar gir høgast forklaringsgrad ($r^2=0,85$). Alle modellar har 100% tilfeldig relativ feil. Modellar som tek i bruk hold er berekna på eit redusert datasett.

Tabell 12 Modellbetraktningar for multippel regresjon mot observert grovfôropptak på tvers av forsøksledd, med parameterverdiar. Samtlege regresjonsmodellar har 100% tilfeldig relativ feil.

Modell med parameterverdiar	n	R ²	RMSE	MSPE	MPE%	Pred. resultat	
						Innslag	Slope
<u>Hypotese 1</u> 3,9+0,70*NorFor	2375	0,684	1,59	2,53	13,1	3,837	0,684
<u>Hypotese 2</u> -1,1+0,64*NorFor+0,0015*NDE+0,01*NDR	2243	0,753	1,40	1,96	11,5	3,002	0,753
<u>Hypotese 3</u> 8,3+0,71*NorFor-1,29*BCS	374	0,745	1,28	1,65	12,1	2,695	0,745
-1,5+0,82*NorFor+0,30*Prot	2375	0,762	1,38	1,90	11,4	2,888	0,762
-4,96+0,76*NorFor+0,0022*NDE+0,008*NDR+0,27*Prot	2243	0,806	1,24	1,53	10,2	2,356	0,806
0,03+0,64*NorFor-0,06*BCS+0,0036*NDE+0,007*NDR	334	0,843	0,99	0,99	9,1	1,680	0,843
-3,3+0,71*NorFor+0,339*BCS+0,0027*NDE+0,0062*NDR+0,13*Prot	334	0,853	0,96	0,91	8,8	1,574	0,853

RMSE=root mean square error. MSPE=Mean square prediction error. MPE%=Mean Prediction Error i prosent. Pred. Resultat= innslagspunktet og hellinga i regresjon mellom det berekna og observerte grovfôropptaket. NorFor= predikert grovfôropptak ved NorFor modellen (kg TS). NDE= Nedap etetid (min/dag). NDR=nedap drøvtyggingstid (min/dag). BCS= Holdpoeng (1-5). Prot= AAT g/MJ NEL.

Tabell 13 er ei samanlikning av vekt og hold på likt grunnlag med hold som avgrensande faktor i datasettet. Hold syner betre evne til å forklare grovfôropptaket hos SHK. For PMR, SMK og over besetninga gir kroppsvekt best gjengjeving.

Tabell 13 Multippel regresjon mot observert grovfôropptak. Samanlikning av hold og kroppsvekt.

Modell: Grovfôr=	PMR		SMK		SHK		Alle	
	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE
Mjølke+KF+BW	0,584	1,64	0,663	1,32	0,685	1,46	0,574	1,66
Mjølke+KF+BCS	0,543	1,72	0,496	1,61	0,722	1,37	0,511	1,78

5 Diskusjon

5.1 Metode og datagrunnlag

Enkelte problem dukka opp under forsøket. Eit straumbrot resulterte i fri tilgang av alle grovfôrkvalitetar til forsøksbesetninga. Det blei retta opp etter kort tid, men utan moglegheit for registrering under brotet. Utfordringar knytt til enkeltindivid som steling av fôr frå andre grovfôrkvalitetar vil ikkje registrerast som fôropptak hos individet, medan tyggetid vart registrert. Dette saman med enkeltindivid med observert stort fôrspill, vil resultere i avvik mellom tyggetid og reelt fôropptak. Kjende tilfelle blei difor ekskludert frå datasettet.

Tyggeaktivitet blei registrert av to forskjellige system, Nedap halsband og RumiWatch tyggegrime. Dei var enkle å sette på og virka ikkje som dei påverka naturleg åtferd. Nedap ga tidleg beskjed dersom halssensor ikkje var tilfredsstillande plassert. RumiWatch tyggegrimer opplevde enkelte utfordringar med slitne grimer der elektronikken svikta, eller lågare pålitelegheit ved lågt batterinivå. Dette resulterte i ufullstendige registreringsperiodar hos enkelte dyr. Alle dyr fekk minst ein full periode (7 dagar) med registrering. Nedap og RumiWatch er validert frå tidlegare forsøk med gode resultat (Van Erp-Van der Kooij et al., 2016; Zehner et al., 2017). Valideringane viste ein høg korrelasjon mellom målt tyggeaktivitet ved sensor og observert tyggeaktivitet visuelt.

Nedap er eit kommersielt tilgjengeleg system og var difor attraktivt å undersøke nærare. RumiWatch er eit kjend system ved SHF. Av den grunn var det interessant å samanlikne Nedap mot RumiWatch, då Nedap aldri har vore utprøvd ved SHF. Samanlikninga av etetid mellom systema syner liten likskap (Figur 9). Drøvtyggingstid syner noko høgare samsvar (Figur 10). Kva som utløyser forskjellane mellom systema som måler det same er vanskeleg å konkret påvise. Dette er to system som har forskjellig teknologi for måling av tyggeaktivitet. For å finne kva som er eteaktivitet og kva som er drøvtygging, er ein prisgitt at programvaren er god nok til å beskrive forskjellar i aktivitetsmønsteret. Forskjellane kan dermed kome både av teknologiske avgrensingar, men og av avgrensingar i dagens programvare. Programvareoppdatering kan kontinuerleg forbetre systema (Zehner et al., 2017).

Holdkameraet i besetninga skulle etter planen ta holdet på dyra dagleg gjennom heile forsøksperioden. På grunn av tekniske problem med kameraet er det svært få observasjonar tilgjengeleg frå forsøket. I alt er det 374 observasjonar for 28 individ gjort av holdkameraet med i dette datasettet. Det vil seie at 15 av dyra i dette forsøket ikkje har opplysningar om hold. Dette avgrensar også moglegheita for å sjå på holdutvikling gjennom forsøksperioden. Observasjonar om hold er fordelt mellom behandlingane slik, PMR 95 obs, SMK 142 obs, SHK 137 obs.

Ureaverdiane i mjølka i dette forsøket ligg noko høgt (Tabell 7), det er anbefalt at ureainnhaldet ligg mellom 3 til 6 mmol/l (Geno, 2014). Urea kan fungere som eit hjelpemiddel i fôrplanlegginga der det kan gjenspegle proteinbalansen i vomma (PBV). Desse høge ureaverdiane kan koplast til at bestilling av kraftfôr blei gjort før analyseresultatet på surfôret var klart. Surfôranalysen viste noko høgare proteinverdi enn forventa. PMR-gruppa har signifikant lågare urea i mjølk enn SMK og SHK.

Vektregistreringane i dette forsøket er ikkje korrigert til metabolsk kroppsvekt slik som NRC (2001) valde å gjere. NRC sin modell unngår dermed vom, tarm og jurfyll. Det har blitt argumentert ved andre fôropptaksmodellar at nettopp vom og tarmfyll er interessant for å berekne fôropptaket til eit individ ved at det vil spegle dyret sitt fôropptak, då kvar kilo TS i fordøyingskanalen er tilknytt 8 kg vatn (Halachmi et al., 2004). PMR har det lågaste fôropptaket og lågaste vekta (Tabell 9), det er difor nærliggande å kople noko av vektforskjellen mellom behandlingane til forskjellar i vom og tarmfyll. Jurfyll er vil ikkje ha innverknad på vekt i denne studien då vekta er registrer rett etter mjølking.

NorFor-modellen krev vekt og energikorrigert mjølkeyting frå den dagen fôropptaket skal predikerast for. Dersom ein vil predikere fôropptaket på dagleg basis, vil det krevje dagleg registrering, og kan medføre investeringsbehov. Mjølkeyting ga ei høgare forklaringsgrad av grovfôropptaket enn EKM (Tabell 11), som også er observert i andre forsøk (Roseler, Fox, Chase, Pell & Stone, 1997). Det er kjend ei sterk kopling mellom energibehov og fôropptak (Huhtanen et al., 2007). Av den grunn er det nærliggande å bruke EKM som meir representativ for fôropptak. Årsaka til at dagleg mjølkeyting er betre, ligg mest sannsynleg i analyseintensiteten til mjølka. Mjølka blei analysert kvar 14. dag. EKM vil vere svært presis på analysedagen, men ein kan oppleve avvik mellom analysen og sann EKM ved større avstand frå analysetidspunktet. Ved ei ny analyse kan ein dermed oppleve hopp i EKM-ytinga (Halachmi et al., 2004). I dag er det normalt med ei analyse i månaden, og ein kan då oppleve større avvik. Ulempa ved bruk av EKM for å predikere grovfôropptak, kan forsvinne dersom ein analyserar mjølka hyppigare, ideelt sett ved kvar mjølking ved direkte måling i mjølkesystemet (Kaniyamattam & De Vries, 2014).

NorFor-modellen krev også analyse av fôrmeddelet som er i bruk. Difor er jamn fôr kvalitet og/eller hyppige fôranalysar viktig for å oppnå best mogleg presisjon. Det er i dag vanleg å sende fôranalysar til eit laboratorium, noko som er tidkrevjande. I framtida kan det bli attraktivt med analysar som er tilgjengeleg ved utfôring, eksempelvis analyse av den daglege miksen av PMR eller TMR. Ny sensorteknologi med NIR-analyse kan gjere dette tilgjengeleg (Orkel).

Rullande snitt blei brukt for observasjonane i dette forsøket. På grunn av varierende mjølkeintervall i robotbesetningar, er det bruk tre dagars rullande snitt. Det blei også observert betre samsvar mellom observert og predikert grovfôropptak ved bruk av rullande tre-døgnsnitt for alle observasjonar. Bruk av rullande snitt vil redusere døgnvariasjon til alle observasjonar, noko som kan gjere det vanskelegare for modellen å ta høgde for større avvik i fôropptak frå eit døgn til neste. Ofte vil eit stort avvik i fôropptak kome av helse eller management-årsaker, slike avvik finnast det i dag egne algoritmar for å oppdage (Van Erp-Van der Kooij et al., 2016).

Dei tre behandlingane PMR, SMK og SHK var brukt i forsøket for å utfordre modellane si evne til å predikere grovfôropptak for dyr med ulikt fôringsregime, og for å undersøke om tyggeaktivitetssensorane klarte å fange opp variasjon i fôret. Randby et al. (2012) viste grovfôrfordøyelegheit og kraftfôrnivå har signifikant effekt ($P < 0,05$) på grovfôropptak, mjølkeyting og etetid. Studien undersøkte haustetidspunkt av gras og kraftfôrnivå si effekt i tidleglaktasjonen. Det er her funne signifikant effekt av lågare grovfôrfordøyelegheit ved auka etetid og lågare mjølkeyting (Tabell 7 og tabell 10). Effekt av auka kraftfôrnivå syner tendens ($P = 0,08$) til lågare grovfôropptak (Tabell 8). Grovfôropptaket og mjølkeytinga er noko lågare, og etetida er noko høgare enn funne hos Randby et al. (2012). Noko som kan relaterast til lengda på studiane. Datamaterialet har gjennomgått uteliggjar-test og syner å vere representativt ved visuell gjennomgang.

5.2 Predikasjon av grovfôropptak

Under den første hypotesen omtalar ein variablar berekna igjennom NorFor-systemet. Predikasjonen av grovfôropptak basert på NorFor syner ei god forklaringsgrad med ein relativ feil på 13,1% (Tabell 11). Krizsan, Sairanen, et al. (2014) fann ein noko lågare relativ feil på 10,9%, også berekna på individuelle observasjonar, men på total fôropptak. Forskjellen skuldast mest sannsynleg at datasettet er frå forskjellige laktasjonsstadium, der alle observasjonar før 30 DIM blei ekskludert. Ingvarsen (1994) diskuterte at eit misforhold mellom mjølkeyting og fôropptak i tidleglaktasjonen, gjorde det utfordrande for fôropptaksmodellar som brukar mjølkeyting, å predikere presist. Noko som også er tilfellet i denne oppgåva, då mjølkeyting forklarte berre 30% av variasjonen i individuelt grovfôropptak.

Jensen et al. (2015) fann i sine undersøkingar at NorFor hadde ein relativ feil på 7,1% berekna på gruppegjennomsnitt. Dette syner at NorFor har ei noko svakare evne til å predikere individuelt fôropptak enn fôropptak på gruppenivå slik som likninga var utvikla (Volden et al., 2011). Huhtanen et al. (2011) poengterte at ein vil oppleve ein større relativ feil ved bruk av individuell fôrpredikasjon kontra på gruppegjennomsnitt.

NorFor saman med Nedap tyggeaktivitet syner ein betre predikasjon av grovfôropptaket med ein relativ feil på 11,5%. Dette syner at tyggeaktivitet vil bidra til betre prediksjonsmodellar. Modellen tek i bruk både etetid og drøvtyggingstid. Etetid syner noko dårleg evne til å spegle grovfôropptaket som vist i tabell 11, der etetid ikkje oppnår signifikant effekt på grovfôropptak på tvers av behandling. Randby et al. (2012) diskuterte at forskjellar i etetid også kan kome av ulikt press ved fôrbrettet der tilgang på eteplassar vil ha stor innverknad. Halachmi et al. (2016) undersøkte eteaktivitet og fann eit høgare bidrag enn i denne studien. Studien konkluderte likevel med at eteaktivitet ikkje vil fungere på eiga hand men vil betre meir komplekse fôropptaksmodellar.

Hold er kjend å påverke vomvolumet og dermed fôropptaket. Bines og Morant (1983) fann ved vom-evakuering at tynne kyr hadde 24% meir tørrstoffinnhald i vomma enn feite kyr. Modellane som brukar NorFor og hold, brukar indirekte informasjon om vekt sidan dette inngår i berekninga av NorFor. Det tyder på at ein kombinasjon av hold og vekt i ein og same modell kan auke presisjonen i berekning av grovfôropptak. Modellen med NorFor og hold gir ein relativ feil på 12,1%. Det er knytt noko usikkerheit til modellane som tek i bruk hold, grunna avgrensa datasett knytt til hold. Modellar som tek i bruk både dagleg vekt og hold kan gje praktiske utfordringar ute i kommersielle besetningar då desse installasjonane sjeldan blir kombinert. Dette kjem av at dei i dag ikkje er tilgjengelege hjå ein og same leverandør slik at bonden må velje enten eller. For fôropptaksmodellen syner vekt å vere viktigare for modellen si presisjonsevne sidan vekt bidreg meir enn hold (Tabell 11) også ved samanlikning på likt datagrunnlag (Tabell 13). Samanlikninga er gjort utan NorFor sidan vekt allereie inngår i berekninga til NorFor.

Protein (g AAT/MJ NEL) gir ein lav korrelasjon med grovfôropptaket. Ved å bruke protein saman med NorFor ser ein derimot ein brukbar auke i presisjon og reduksjon av den relative feilen til 11,4% og auke i forklaringsgraden (r^2 frå 0,68 til 0,76) (Tabell 12). Mengda protein i fôret og vom-nedbrytbarheit har blitt observert å påverke fôropptaket (Mutsvangwa, Davies, McKinnon & Christensen, 2016). Det kan tyde på at protein kan vere nyttig i ein meir kompleks modell saman med NorFor. Ein slik modell vil kunne vere attraktivt då protein er ei berekning som allereie eksisterar i NorFor-systemet, og dermed vil vere lett å implementere utan ekstra investeringar i fjøset.

NorFor og tyggeaktivitet saman med hold syner ein betre predikasjon enn NorFor, tyggeaktivitet og protein (Tabell 12). Dette syner hold har større verdi saman med tyggetid enn protein, medan utan tyggetid gir protein større verdi. Ein meir kompleks modell som tek i bruk NorFor, tyggetid, hold og protein syner den beste modellen.

Den relative feilpredikasjonen av grovfôropptak til modellane utarbeidde i dette forsøket rangerar frå 23,1% ned til 13,1% ved bruk av simpel regresjonsmodell, og mellom 13,1% og 8,8% ved dei multiple regresjonsmodellane. Ved å legge til grunn Fuentes-Pila et al. (1996) sine grenseverdier, der ein god fôropptaksmodell ikkje overskrid 10% relativ feil, og med ei øvre grense på 20% ser ein at enkeltvariablane kraftfôropptak, holdpoeng, DIM samt alle målingar på tyggetid ikkje kvalifiserar til denne øvre grensa. Modellane som kvalifiserar for ein god modell på <10% relativ feil tek i bruk NorFor predikasjonsformelen saman med holdpoeng, tyggetid, samt modellen som i tillegg brukar opplysning om predikert protein frå fôret. Resten av modellane ligg mellom 10 og 20% relativ feil. Ved bakgrunn teorien om ein lågare feilpredikasjon ved gruppegjennomsnitt (Huhtanen et al., 2011), kan det tenkjast at fleire av modellane i dette forsøket vil kome under 10% grensa ved testing på gruppegjennomsnitt.

Om grovfôrpredikasjonsmodellane i denne oppgåva gir like resultat i andre besetningar som i dette forsøket, vil vere interessant å undersøke. Mertens (1987) poengterte at predikasjonsmodellar utvikla ved hjelp av regresjon ofte gir gode modellar for bruk i besetningar under like forhold. Men modellen blir fort svakare ved større ulikskap i forhold til besetninga modellen vart utvikla i. Av den grunn bør modellane undersøkast under fleire forskjellige behandlingar. Denne studien er avgrensa til første 60 dagar av laktasjonen. Starten av laktasjonen er kjend for sterk auke i energibehov, fôropptak og yting (Akers, 2002). Difor vil det vere hensiktsmessig med vidare undersøkingar som tek for seg heile laktasjonssyklusen, både for kviger og eldre dyr. Seinlaktasjonen stiller andre krav til fôrregime, samt fosterproduksjon som ikkje er undersøkt i denne oppgåva.

6 Konklusjon

Ingen enkeltobservasjonar er tilstrekkeleg for å predikere det individuelle grovfôropptaket til kyr i starten av laktasjonen. NorFor som tek i bruk informasjon om både fôret og dyret ved berekning av fôropptak oppnår ein noko betre predikasjon, men oppnår likevel ikkje ein tilfredsstillande feil på individnivå.

Tyggeaktivitet syner å forbetre NorFor fôropptakspredikasjonen for grovfôr. Eteaktivitet synte sjeldan signifikant effekt, og har ein lågare verdi enn drøvtygging. Også informasjon om protein forbetrar modellen og kan vere hensiktsmessig å implementere. Holdpoeng kan tyde på å ha ein verdi, på grunn av tekniske problem kan ein ikkje konkludere kva verdi hold har i denne oppgåva. Hold er noko som kan vere interessant å undersøke vidare.

Bruk av sensorar knytt til aktivitet og produksjon, i kombinasjon med NorFor, er tydeleg attraktivt for predikasjon av individuelt grovfôropptak, med moglegheit til å oppnå tilfredsstillande feilpredikasjonar på <10%. Vidare undersøkingar bør gjerast med fokus på heile laktasjonssyklusen og fleire fôrbehandlingar.

7 Litteraturliste

- Adin, G., Solomon, R., Nikbachat, M., Zenou, A., Yosef, E., Brosh, A., ... Miron, J. (2009). Effect of feeding cows in early lactation with diets differing in roughage-neutral detergent fiber content on intake behavior, rumination, and milk production. *Journal of Dairy Science*, 92(7), 3364-3373. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2078>
- Aikman, P. C., Reynolds, C. K. & Beever, D. E. (2008). Diet Digestibility, Rate of Passage, and Eating and Rumination Behavior of Jersey and Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, 91(3), 1103-1114. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0724>
- Akers, R. M. (2002). *Lactation and the mammary gland*. Ames, Iowa: Iowa State Press.
- Allen, M. S. (2000). Effects of Diet on Short-Term Regulation of Feed Intake by Lactating Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 83(7), 1598-1624. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75030-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2)
- Allen, M. S. (2014). Drives and limits to feed intake in ruminants. *Animal Production Science*, 54(10), 1513-1524. <https://doi.org/10.1071/AN14478>
- Ambriz-Vilchis, V., Jessop, N. S., Fawcett, R. H., Shaw, D. J. & Macrae, A. I. (2015). Comparison of rumination activity measured using rumination collars against direct visual observations and analysis of video recordings of dairy cows in commercial farm environments. *Journal of Dairy Science*, 98(3), 1750-1758. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8565>
- Bae, D. H., Welch, J. & Gilman, B. (1983). Mastication and rumination in relation to body size of cattle. *Journal of Dairy Science*, 66(10), 2137-2141. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(83\)82060-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(83)82060-8)
- Beauchemin, K. A. (1991). Ingestion and Mastication of Feed by Dairy Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 7(2), 439-463. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30794-5](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30794-5)
- Beauchemin, K. A. & Rode, L. M. (1994). Compressed Baled Alfalfa Hay for Primiparous and Multiparous Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 77(4), 1003-1012. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77036-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77036-3)
- Beerda, B., Ouweltjes, W., Šebek, L. B. J., Windig, J. J. & Veerkamp, R. F. (2007). Effects of Genotype by Environment Interactions on Milk Yield, Energy Balance, and Protein Balance. *Journal of Dairy Science*, 90(1), 219-228. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)72623-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)72623-1)
- Berg, M. B. (2018a). *Arbeidsbeskrivelse, aNDFom*. Ås: Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, NMBU.
- Berg, M. B. (2018b). *Arbeidsbeskrivelse, Aske*. Ås: Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, NMBU.
- Berg, M. B. (2018c). *Arbeidsbeskrivelse, Kjeldahl-N*. Ås: Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, NMBU.
- Berg, M. B. (2018d). *Arbeidsbeskrivelse, Tørrstoff*. Ås: Institutt for hudyr- og akvakulturvitenskap, NMBU.
- Bikker, J. P., van Laar, H., Rump, P., Doorenbos, J., van Meurs, K., Griffioen, G. M. & Dijkstra, J. (2014). Technical note: Evaluation of an ear-attached movement sensor to record cow feeding behavior and activity. *Journal of Dairy Science*, 97(5), 2974-2979. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7560>
- Bines, J. A. & Morant, S. V. (1983). The effect of body condition on metabolic changes associated with intake of food by the cow. *Br J Nutr*, 50(1), 81-89. <https://doi.org/10.1079/BJN19830074>
- BioControl. (2013). Registrering og Styling av Grovfôropptak. Henta 16.03 2019 frå <http://www.biocontrol.no/nb/products/registrering-og-styling-av-grovforopptak/>

- Borchers, M. R., Chang, Y. M., Tsai, I. C., Wadsworth, B. A. & Bewley, J. M. (2016). A validation of technologies monitoring dairy cow feeding, ruminating, and lying behaviors. *Journal of Dairy Science*, 99(9), 7458-7466. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10843>
- Caja, G., Castro-Costa, A. & Knight, C. H. (2016). Engineering to support wellbeing of dairy animals. *Journal of Dairy Research*, 83(2), 136-147. <https://doi.org/10.1017/S0022029916000261>
- Clément, P., Guatteo, R., Delaby, L., Rouillé, B., Chanvallon, A., Philipot, J. M. & Bareille, N. (2014). Short communication: Added value of rumination time for the prediction of dry matter intake in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(10), 6531-6535. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7860>
- Coffey, M. P., Simm, G. & Brotherstone, S. (2002). Energy Balance Profiles for the First Three Lactations of Dairy Cows Estimated Using Random Regression. *Journal of Dairy Science*, 85(10), 2669-2678. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74352-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74352-X)
- Conrad, H. R., Pratt, A. D. & Hibbs, J. W. (1964). Regulation of Feed Intake in Dairy Cows. I. Change in Importance of Physical and Physiological Factors with Increasing Digestibility¹. *Journal of Dairy Science*, 47(1), 54-62. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(64\)88581-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(64)88581-7)
- Cox, S. (2002). Information technology: the global key to precision agriculture and sustainability. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36(2), 93-111. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00095-9](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00095-9)
- de Vries, M. J. & Veerkamp, R. F. (2000). Energy Balance of Dairy Cattle in Relation to Milk Production Variables and Fertility. *Journal of Dairy Science*, 83(1), 62-69. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74856-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74856-9)
- DeVries, T. J., Von Keyserlingk, M. A. G. & Beauchemin, K. A. (2005). Frequency of Feed Delivery Affects the Behavior of Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 88(10), 3553-3562. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73040-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73040-X)
- DeVries, T. J., Von Keyserlingk, M. A. G., Weary, D. M. & Beauchemin, K. A. (2003). Technical Note: Validation of a System for Monitoring Feeding Behavior of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 86(11), 3571-3574. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73962-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73962-9)
- Dong, L. F., Ferris, C. P., McDowell, D. A. & Yan, T. (2015). Effects of diet forage proportion on maintenance energy requirement and the efficiency of metabolizable energy use for lactation by lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(12), 8846-8855. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9465>
- Elischer, M. F., Arceo, M. E., Karcher, E. L. & Siegford, J. M. (2013). Validating the accuracy of activity and rumination monitor data from dairy cows housed in a pasture-based automatic milking system. *Journal of Dairy Science*, 96(10), 6412-6422. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6790>
- Equation changes since NorFor 2011.* (2017).
- Faverdin, P., Baratte, C., Delagarde, R. & Peyraud, J. L. (2011). GrazeIn: a model of herbage intake and milk production for grazing dairy cows. 1. Prediction of intake capacity, voluntary intake and milk production during lactation. *Grass and Forage Science*, 66(1), 29-44. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00776.x>
- Faverdin, P., Baumont, R., Boval, M., Agabriel, J. & Delagarde, R. (2018). Feed intake. I INRA, P. Nozière, D. Sauvant & L. Delaby (Red.), *INRA feeding system for ruminants* (2. utg., s. 33-). Wageningen, Nederland: Wageningen Academic Publishers.
- Forbes, J. M. (1995). *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. Wallingford: CAB International.

- Fuentes-Pila, J., Delorenzo, M. A., Beede, D. K., Staples, C. R. & Holter, J. B. (1996). Evaluation of Equations Based on Animal Factors to Predict Intake of Lactating Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, 79(9), 1562-1571. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76518-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76518-9)
- Geno. (2014, 23.06). Urea og protein. Henta 15.03 2019 frå <https://www.geno.no/Start/Brunst/Fagstoff/Foring-og-fruktbarhet/Urea-og-protein/>
- Geno. (2018). Anbefalt hold for NRF-kua. Henta 07.03 2019 frå <https://www.geno.no/Start/Brunst/Fagstoff/Hold-og-holdvurdering/Anbefalt-hold-for-NRF-kua/>
- Gillund, P., Karlberg, K., Reksen, O. & Lutnæs, B. (2000). En forenklet metode for holdvurdering av mjølkekyr. I *Husdyrforsøksmøtet* (s. 249-252). Ås: Norges landbrukshøgskole.
- Gillund, P., Reksen, O., Gröhn, Y. T. & Karlberg, K. (2001). Body Condition Related to Ketosis and Reproductive Performance in Norwegian Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 84(6), 1390-1396. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70170-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70170-1)
- Grant, R. J. & Albright, J. L. (2001). Effect of Animal Grouping on Feeding Behavior and Intake of Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 84, E156-E163. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70210-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70210-X)
- Halachmi, I., Ben Meir, Y., Miron, J. & Maltz, E. (2016). Feeding behavior improves prediction of dairy cow voluntary feed intake but cannot serve as the sole indicator, *10(9)*, 1501-1506. <https://doi.org/10.1017/S1751731115001809>
- Halachmi, I., Edan, Y., Moallem, U. & Maltz, E. (2004). Predicting Feed Intake of the Individual Dairy Cow. *Journal of Dairy Science*, 87(7), 2254-2267. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70046-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70046-6)
- Halachmi, I. & Guarino, M. (2016). Editorial: Precision livestock farming: a 'per animal' approach using advanced monitoring technologies, *10(9)*, 1482-1483. <https://doi.org/10.1017/S1751731116001142>
- Halachmi, I., Guarino, M., Bewley, J. & Pastell, M. (2019). Smart Animal Agriculture: Application of Real-Time Sensors to Improve Animal Well-Being and Production, *7*, 403-425. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-020518-114851>
- Heinrichs, A. J., Buckmaster, D. R. & Lammers, B. P. (1999). Processing, mixing, and particle size reduction of forages for dairy cattle. *Journal of animal science*, 77(1), 180. <https://doi.org/10.2527/1999.771180x>
- Huhtanen, P., Khalili, H., Nousiainen, J. I., Rinne, M., Jaakkola, S., Heikkilä, T. & Nousiainen, J. (2002). Prediction of the relative intake potential of grass silage by dairy cows. *Livestock Production Science*, 73(2-3), 111-130. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00279-2](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00279-2)
- Huhtanen, P., Rinne, M., Mäntysaari, P. & Nousiainen, J. (2011). Integration of the effects of animal and dietary factors on total dry matter intake of dairy cows fed silage-based diets. *animal*, 5(5), 691-702. <https://doi.org/10.1017/S1751731110002363>
- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J. (2007). Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: a revision of the relative silage dry-matter intake index. *animal*, 1(5), 758-770. <https://doi.org/10.1017/S1751731108001924>
- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J. (2008). Evaluation of concentrate factors affecting silage intake of dairy cows: a development of the relative total diet intake index. *animal*, 2(6), 942-953. <https://doi.org/10.1017/S1751731108001924>
- Ingvarsen, K. L. (1994). Models of voluntary food intake in cattle. *Livestock Production Science*, 39(1), 19-38. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(94\)90149-X](https://doi.org/10.1016/0301-6226(94)90149-X)

- Ingvartsen, K. L. & Kristensen, V. F. (2003). Regulering af foderoptagelsen. I T. Hvelplund, Nørgaard, P. (Red.), *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1- Næringsstofomsætning og fodervurdering* (s. 147-210). Danmarks JordbrugsForskning.
- Itin + Hoch GmbH. Korrekt stramning av grime. I. User Guide RumiWatch: Itin+Hoch GmbH, Fütterungstechnik.
- Jensen, L. M., Nielsen, N. I., Nadeau, E., Markussen, B. & Nørgaard, P. (2015). Evaluation of five models predicting feed intake by dairy cows fed total mixed rations. *Livestock Science*, 176, 91-103. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.03.026>
- Jung, H. & Allen, M. (1995). Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of animal science*, 73(9), 2774-2790.
- Kaniyamattam, K. & De Vries, A. (2014). Agreement between milk fat, protein, and lactose observations collected from the Dairy Herd Improvement Association (DHIA) and a real-time milk analyzer. *Journal of Dairy Science*, 97(5), 2896-2908. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7690>
- King, M. T., Pajor, E. A., LeBlanc, S. J. & DeVries, T. J. (2016). Automated milking systems: using productivity and behavioral data to detect illness in dairy cows.(Report)(Author abstract). *Journal of animal science*, 94(10), 53.
- Krawczel, P. D., Klaiber, L. M., Thibeau, S. S. & Dann, H. M. (2012). Technical note: Data loggers are a valid method for assessing the feeding behavior of dairy cows using the Calan Broadbent Feeding System. *Journal of Dairy Science*, 95(8), 4452-4456. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4999>
- Kristensen, M. Ø. (2017). *Feed intake in dairy cows – is it possible to improve the NorFor prediction of feed intake?* (Masteroppgåve, Institut for Husdyrvidenskab – Husdyrernæring og fysiologi). Aarhus Universitet, Aarhus, Danmark.
- Kristensen, V. F. (1983). *Styring af foderoptagelsen ved hjælp af foderrations sammensætning og valg af fodringsprincip. I Æstergaard, V. og Neimann-Sørensen, A. Optimale foderrationer til malkekoen. Foderværdi, foderoptagelse, omsætning og produktion. Rapport nr. 551. Beretning fra statens husdyrbrugsforsøg. Afsnit 7.1-7.5.*
- Kristensen, V. F., Weisbjerg, M. R., Børsting, C. F., Aaes, O. & Nørgaard, P. (2003). Malkekoens energiforsyning og produktion. I F. Strudsholm & K. Sejrsen (Red.), *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 2- Fodring og prodktion* (s. 73-112). Danmarks JordbrugsForskning.
- Krizsan, S. J., Höjer, A., Huuskonen, A., Hetta, M. & Huhtanen, P. (2014). Evaluation of the feed intake models in the Nordic feed evaluation system NorFor. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 64(2), 110-122. <https://doi.org/10.1080/09064702.2014.929168>
- Krizsan, S. J., Sairanen, A., Höjer, A. & Huhtanen, P. (2014). Evaluation of different feed intake models for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(4), 2387-2397. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7561>
- Livshin, N., Maltz, E. & Edan, Y. (1995). Regularity of dairy cow feeding behavior with computer-controlled feeders. *Journal of Dairy Science*, 78(2), 296. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76638-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76638-3)
- Lund, R. E. (1975). Tables for an approximate test for outliers in linear models. *Technometrics*, 17(4), 473-476. <https://doi.org/10.1080/00401706.1975.10489374>
- Madsen, J., Weisbjerg, M. R. & Hvelplund, T. (2010). Concentrate composition for Automatic Milking Systems — Effect on milking frequency. *Livestock Science*, 127(1), 45-50. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.08.005>
- Maekawa, M., Beauchemin, K. A. & Christensen, D. A. (2002). Chewing Activity, Saliva Production, and Ruminant pH of Primiparous and Multiparous Lactating Dairy Cows1.

- Journal of Dairy Science*, 85(5), 1176-1182. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74180-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74180-5)
- Maltz, E., Barbosa, L. F., Bueno, P., Scagion, L., Kaniyamattam, K., Greco, L. F., ... Santos, J. E. P. (2013). Effect of feeding according to energy balance on performance, nutrient excretion, and feeding behavior of early lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96(8), 5249-5266. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6549>
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. & Wilkinson, R. G. (2011). *Animal nutrition* (7th ed. utg.). Harlow: Prentice Hall.
- Mertens, D. R. (1987). Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of animal science*, 64(5), 1548-1558. <https://doi.org/10.2527/jas1987.6451548x>
- Mo, M. (2005). *Surfôrboka*. Oslo: Landbruksforl.
- Mutsvangwa, T., Davies, K., McKinnon, J. & Christensen, D. (2016). Effects of dietary crude protein and rumen-degradable protein concentrations on urea recycling, nitrogen balance, omasal nutrient flow, and milk production in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99(8), 6298-6310. Henta frå <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002203021630296X?via%3Dihub>
- Nedap Livestock Management. (2013). Neck tag CP ACT. I. Nedap neck tag user manual.
- Nielsen, N. I. & Volden, H. (2011). Animal requirements and recommendations. I H. Volden (Red.), *NorFor - : The Nordic feed evaluation system* (s. 85-112). Wageningen Academic Publishers.
- NRC. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle: Seventh revised edition, 2001* National Academies Press.
- Nørgaard, P. (1986). Physical structure of feeds for dairy cows. A new system for evaluation of the physical structure in feedstuffs and rations for dairy cows. *AGRIC. SER.*, 85-107.
- Nørgaard, P. (2003). Optagelse af foder og drøvtygning. I T. Hvelplund, Nørgaard, P. (Red.), *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1 - næringsstofsætning og fodervurdering. DJF rap. Husdyrbrug nr. 53* (s. 119-146). Danmark: Ministeriet for Fødevarer, Lanbruk og Fiskeri, Danmarks JordbrugsForskning.
- Nørgaard, P. & Hvelplund, T. (2003). Drøvtyggernes karakteristika. I T. Hvelplund, Nørgaard, P. (Red.), *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1 - næringsstofsætning og fodervurdering. DJF rap. Husdyrbrug nr. 53* (s. 12-38). Danmark: Ministeriet for Fødevarer, Lanbruk og Fiskeri, Danmarks JordbrugsForskning.
- Nørgaard, P. & Mølbak, L. (2001). Relation between dietary chewing index value and net energy intake in cattle fed concentrates restrictively and forage ad libitum. *Energy Metabolism in Animals, Energy metabolism in animals: proceedings of the 15. symposium on energy metabolism in animals, Snekkersten, 2000* (s. 67-70).
- Nørgaard, P., Nadeau, E., Randby, Å. & Volden, H. (2011). Chewing index system for predicting physical structure of the diet. I H. Volden (Red.), *NorFor - : The Nordic feed evaluation system* (s. 127-132). Wageningen Academic Publishers.
- Orkel. X-NIR fôranalyse. Henta 01.05 2019 frå <https://orkel.no/produkter/agrinir-foranalyse/x-nir-foranalyse/>
- Pahl, C., Hartung, E., Grothmann, A., Mahlkow-Nerge, K. & Haeussermann, A. (2016). Suitability of feeding and chewing time for estimation of feed intake in dairy cows, *10(9)*, 1507-1512. <https://doi.org/10.1017/S1751731115001366>
- Prestløyken, E., Randby, Å., Eknæs, M. & Garmo, T. (2007). Tidlig og normalt høstet gras. Opptak av surfôr og produksjon hos mjølkekyr. I *Husdyrforsøksmøtet* (s. 25-28). Ås: Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, UMB.

- Randby, Å. T., Weisbjerg, M. R., Nørgaard, P. & Heringstad, B. (2012). Early lactation feed intake and milk yield responses of dairy cows offered grass silages harvested at early maturity stages. *Journal of Dairy Science*, 95(1), 304-317. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4454>
- Roche, J. R., Friggens, N. C., Kay, J. K., Fisher, M. W., Stafford, K. J. & Berry, D. P. (2009). Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of Dairy Science*, 92(12), 5769-5801. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2431>
- Roche, J. R., Kay, J. K., Friggens, N. C., Loor, J. J. & Berry, D. P. (2013). Assessing and Managing Body Condition Score for the Prevention of Metabolic Disease in Dairy Cows. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 29(2), 323-336. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.03.003>
- Roseler, D. K., Fox, D. G., Chase, L. E., Pell, A. N. & Stone, W. C. (1997). Development and Evaluation of Equations for Prediction of Feed Intake for Lactating Holstein Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 80(5), 878-893. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76010-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76010-7)
- Schleisner, C., Nørgaard, P. & Hansen, H. H. (1999). Discriminant Analysis of Patterns of Jaw Movement During Rumination and Eating in a Cow. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science*, 49(4), 251-260. <https://doi.org/10.1080/090647099424015>
- Schulze, A. K. S., Weisbjerg, M. R. & Nørgaard, P. (2014). Effects of feeding level and NDF content of grass-clover silages on chewing activity, fecal particle size and NDF digestibility in dairy heifers. *Animal : an international journal of animal bioscience*, 8(12), 1945. <https://doi.org/10.1017/S1751731114002055>
- Shelley, A. N. (2013). Monitoring Dairy Cow Feed Intake Using Machine Vision.
- Sjaastad, Ø. V., Sand, O. & Hove, K. (2010). *Physiology of domestic animals* (2. utg.). Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- Svihus, B. J. (2018). *Arbeidsbeskrivelse, Stivelse*. Ås: Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, NMBU.
- Tine Rådgiving. (2012). *Føringsstrategier*.
- Tine Rådgiving. (2017). Melkeroboter i Norden 2016. Henta 12.03. 2018 frå <https://medlem.tine.no/aktuelt/nyheter/fagnytt/melkeroboter-i-norden-2016>
- Tingstad, H. (2017). *Arbeidsbeskrivelse, Råfett*. Ås: Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, NMBU.
- Van Erp-Van der Kooij, E., Van de Brug, M. & Roelofs, J. (2016). Validation of Nedap Smarttag leg and neck to assess behavioural activity level in dairy cattle. *Precision dairy farming conference* (s. 321-326).
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant* (2nd ed. utg.). Ithaca, N.Y: Comstock Pub.
- Vandehaar, M. J. (1998). Efficiency of Nutrient Use and Relationship to Profitability on Dairy Farms. *Journal of Dairy Science*, 81(1), 272-282. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75576-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75576-6)
- Volden, H. (2011). *NorFor - the Nordic feed evaluation system*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers.
- Volden, H., Nielsen, N. I., Åkerlind, M., Larsen, M., Havrevoll, Ø. & Rygh, A. J. (2011). Prediction of voluntary feed intake. I H. Volden (Red.), *NorFor - : The Nordic feed evaluation system* (s. 113-126). Wageningen Academic Publishers.
- Welch, J. G., Smith, A. M. & Gibson, K. S. (1970). Rumination time in four breeds of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 53(1), 89-91. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(70\)86153-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(70)86153-7)

- Yang, W. Z. & Beauchemin, K. A. (2007). Altering Physically Effective Fiber Intake Through Forage Proportion and Particle Length: Chewing and Ruminal pH. *Journal of Dairy Science*, 90(6), 2826-2838. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0032>
- Zehner, N., Umstätter, C., Niederhauser, J. J. & Schick, M. (2017). System specification and validation of a noseband pressure sensor for measurement of ruminating and eating behavior in stable-fed cows. *Computers and Electronics in Agriculture*, 136, 31-41. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.02.021>
- Zom, R. L. G., André, G. & Vuuren, v. A. M. (2012). Development of a model for the prediction of feed intake by dairy cows: 1. Prediction of feed intake. *Livestock Science*, 143(1), 43-57. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.08.014>
- Åkerlind, M., Weisbjerg, M., Eriksson, T., Tøgersen, R., Udén, P., Ólafsson, B. L., ... Volden, H. (2011). Feed analyses and digestion methods. I H. Volden (Red.), *NorFor - : The Nordic feed evaluation system* (s. 41-54). Wageningen Academic Publishers.



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway