



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2023 30 stp
Fakultet for biovitenskap

Bedre Grovfôr for Bedre Økonomi?

Improved Forage Quality for Better Economy in
Dairy Production?

Vegard Greibrok Ovastrøm
Husdyrvitenskap

Forord

Denne oppgaven markerer slutten på fem kjekke år på husdyrvitenskap ved Norges Miljø- og Biovitenskaplige Universitet i Ås. Studieløpet har gitt meg et solid kompetanseløft innen ernæring, avl og planteproduksjon, med drøvtyggerernæring som hovedfelt. Studieløpet har òg gitt meg et stort nettverk og gode erfaringer innen norsk landbruk.

Gjennom hele studiet har mjølkeproduksjon, særlig fôring, fanget min interesse, så det var tidlig klart at både bachelor og master måtte dreie seg om dette. Utover i masterløpet ble jeg presentert med tall som viste at grovfôrkvaliteten hadde stått stille i over 30 år, samtidig som grovfôret ble nevnt som en av nøkkelfaktorene for fremtidens mjølkeproduksjon i Norge. Grovfôret er en enorm ressurs som bør utnyttes til det fulle, så dette måtte undersøkes nærmere. Når jeg fikk tilbud om en oppgave som omhandlet både produksjon og utnyttelse av grovfôr med fokus på den økonomiske gevinsten av godt grovfôr, var valget enkelt. Prosessen har vært svært lærerik med mange gode samtaler med dyktige bønder, økt kunnskap om gårdsdrift i ulike deler av landet, og ikke minst et djupdykk i mjølkeproduksjonen som viser seg mer kompleks for hvert nye steg man tar inn i materien.

Jeg vil først og fremst takke hovedveileder Harald Volden for god veiledning og oppfølging i masterarbeidet, og for gode faglige diskusjoner. Takk òg til biveiledere Egil Prestløyken og Helge Øksendal for god hjelp gjennom skriveprosessen og faglige innspill til beregninger og teori. Takk til alle bøndene som har deltatt i oppgaven og gitt meg tilgang til alle tall og opplysninger, og for godt samarbeid under datainnsamlingen. Jeg vil takke Vegard Skartland og Anne Greibrok for korrekturlesing og gode tilbakemeldinger på oppgaven. Til slutt vil jeg takke for det fantastiske miljøet på lesesalen på Husdyrfagbygget og i KRIK og Laget på Ås.

Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, NMBU

Ås, 14.05.2023

Vegard Greibrok Ovastrøm

Sammendrag

Norsk landbruk har de siste årene opplevd en kraftig kostnadsvekst som har satt lønnsomheten i drifta ytterligere på prøve. Samtidig har samfunnet, sist ved Hurdalsplattformen, ytret ønske og krav om økt fokus på selvforsyning, bærekraft og klima i landbruket. Hvordan bonden kan oppnå tilfredsstillende lønnsomhet ut fra gårdens ressurser på en så bærekraftig er mer aktuelt enn noen gang. Målet med oppgaven har vært å evaluere mjølkeproduksjonen og grovfôrdyrkingen både med hensyn til økonomi og produksjon på et utvalg av mjølkebruk.

Det ble utført innsamling av data fra fem gårder i ulike deler av Norge. Hovedkriteriene var gode registreringer knyttet til grovfôrdyrking og mjølkeproduksjon, og tilgang på grovfôr av høy kvalitet. Alle gårdene hadde NRF kyr og mjølkerobot. Data for mjølkeproduksjonen ble henta fra kukontrollens års- og perioderapporter, samt mjølkekvalitet. Grovfôrproduksjonen ble evaluert basert på registreringer i skifteplanleggingsverktøy, fôrprøver og regnskapsdata, samt kalkulasjon av kapitalkostnad for kjøretøy og redskaper. Reelle fôrplaner ble skalert til faktisk ytelse og la grunnlag for kalkulering av grovfôropptak og kraftfôropptak etter optimering i TINE OptiFôr. Lønnsomhet ble vurdert basert på kalkulert mjølkepris korrigert for fett- og proteininnhold, grovfôrkostnad og kraftfôrkostnad. Det ble benyttet tre optimeringsgrunnlag: 1) Optimering etter reell ytelse, 2) Optimering etter reell fôring og produksjon, og 3) Optimering etter besetningsmål.

Resultatene viser 83 øre forskjell i Mjølke-fôr per kg EKM mellom høyeste og laveste gårdsbruk. Årsaken er knyttet til flere fôrings- og produksjonsavhengige faktorer. Grovfôrkostnaden varierer fra 0,34 til 0,51 kroner per MJ mellom gårdene, og kan forklare en signifikant del av variasjonen. Høye grovfôrkostnader kan især knyttes til høye leiekostnader, der gårdene som praktiserte selveie eller maskindeling kom betraktelig bedre ut. Ved evaluering av reell fôring og ytelse viste resultatene en positiv effekt ($P < 0,05$) på Mjølke-fôr ved reduksjon av kg kraftfôr per 100 kg EKM, økning av fôreffektiviten og økning i grovfôropptak per kg EKM. I tillegg ble det ved evaluering etter besetningsmål funnet positiv effekt ($P < 0,05$) på Mjølke-fôr ved økt innhold av råprotein i grovfôret. Oppgaven viser at bøndene evner å utnytte det grovfôret de har produsert fôrings- og lønnsomhetsmessig. Det er også rom for økt ytelse med økt kraftfôrmengde og norske fôrråvarer med samme lønnsomhet.

Abstract

In recent years, Norwegian agriculture has gone through a high increase in production costs, which has challenged the profitability of the operation. At the same time, the society, not least through the Hurdal platform, has expressed a desire and demand for an increased focus on self-sufficiency, sustainability and the climate footprints associated with agriculture. How the farmer can achieve a satisfactory profitability based on the farm's resources in a sustainable way is therefore highly relevant. The aim of the thesis was to evaluate milk and forage production regarding economics and production.

Data was collected and analysed from five farms in different parts of Norway. The main criteria were good registrations related to forage production and milk production, and access to high-quality forage. All the farms had NRF cows and a milking robot. Data for milk production was collected from the Kukontoll's annual and periodic reports, as well as milk quality. Forage production was evaluated based on registrations from crop planning tools, feed samples and accounting data, as well as calculation of capital costs for vehicles and implements. Real feed plans were scaled to actual milk production and made the basis for calculating forage intake and concentrate intake after optimization in TINE OptiFôr. Profitability was assessed based on the calculated milk price corrected for fat and protein content, roughage cost and concentrate cost. Three different concepts for optimization were used: 1) Optimization according to real performance, 2) Optimization according to real feeding and production, and 3) Optimization according to herd goals.

The results showed a NOK 0.83 difference in Milk-feed per kg ECM between the highest and lowest farm. This is explained by differences in several feeding- and production-dependent factors. Between farms, forage costs varied from NOK 0.34 to 0.51 per MJ, which was a significant explanation to the difference in Milk-feed. High forage costs can especially be linked to high rental costs, so the farms that practiced self-ownership or machine sharing came out considerably better. When evaluating real feeding and performance, a low level of kg concentrate per 100 kg ECM, increased feed efficiency and increased forage intake per kg ECM showed a positive effect ($P < 0.05$) on Milk-feed. Moreover, when evaluating according to herd goals, a positive effect ($P < 0.05$) on Milk-feed was found when the content of crude protein in forage was increased. Results in this thesis demonstrates that farmers can make good use of forage in terms of feeding and profitability. There is also room for increased milk production with an increased quantity of concentrate and Norwegian feedstuff in the feed ration with the same profitability.

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	ii
Abstract	iii
Tabelliste	vi
Figurliste.....	vii
1 Innledning.....	1
2 Viktige aspekter rundt grovfôrproduksjon og dets omsetning i drøvtyggeren.....	2
2.1 Grovfôrproduksjon	2
2.1.1 Tilnærming til norsk forhold	2
2.1.2 Gjødsling	2
2.1.3 Fôrkvalitet	5
2.2 Næringsomsetning hos drøvtyggere	7
2.2.1 Fôropptak	7
2.2.2 Omsetning i vom	8
2.2.3 Laktasjonsfysiologi	9
2.3 Økonomi	10
2.3.1 Faste kostnader	10
2.3.2 Variable kostnader.....	11
2.3.3 Totalkostnad	11
3 Materiale & metode.....	12
3.1 Omfang og status	12
3.2 Mjølkeproduksjon.....	12
3.3 Grovfôrproduksjon	13
3.4 Økonomi	14
3.4.1 Mjølkeinntekt	14
3.4.2 Kraftfôrkostnad	15
3.4.3 Grovfôrkostnad.....	15
3.5 Beregningsmodeller.....	16
3.5.1 Grovfôropptak og kraftfôrforbruk	16
3.6 Evaluering av fôring	16
3.6.1 Fôrprøver	16
3.6.2 Fôroptimering	18
3.6.3 Mjôlk-Fôr	18
3.7 Statistikk	18

4	Resultat.....	20
4.1	Grovfôrproduksjon	20
4.2	Mjølkeproduksjon.....	22
4.3	Økonomi	22
5	Diskusjon.....	28
5.1	Grovfôravling	28
5.2	Mjølkeproduksjon.....	30
5.3	Grovfôrkostnad	32
5.4	Mjølke-Fôr.....	35
5.5	Metode	38
6	Konklusjon	40
7	Referanser.....	41

Tabelliste

Tabell 1: Produksjonsstatus 2022.....	12
Tabell 2: Oversikt over skifteplanlegging og fôrplanlegging.	13
Tabell 3: Oversikt over grovfôrkvalitet som inngikk i de ulike optimeringene (g/kg TS om ikke annet gitt).....	17
Tabell 4: Nøkkeltall knytta til grovfôrproduksjonen i 2022 for hver gård.....	20
Tabell 5: Balanseregnskap for gjødslinga til hver gård basert på gjødselplan og faktisk tilført gjødsel.	21
Tabell 6: Nøkkeltal i mjølkeproduksjon basert på gjennomsnitt av fem første perioderapporter for inneværende innefôrings sesong.....	22
Tabell 7: Kalkulerte nøkkeltall knytta til grovfôrøkonomi for hver enkelt gård i 2022.	23
Tabell 8: Viser effekten på grovfôrkostnad per kg TS av endret effektivitet i grovfôrproduksjonen knytta til timebruk per dekar, forutsatt timelønn 269 kroner per time. .	24
Tabell 9: Resultat av optimering basert på reell fôring og produksjon i OptiFôr.	24
Tabell 10: Resultat av optimering basert på besetningsmål i OptiFôr.	24
Tabell 11: Regresjonsmodeller for beregning av mjølk-fôr ved evaluering av reell ytelse og produksjon med gård som fast effekt.	26
Tabell 12: Regresjonsmodeller for beregning av mjølk-fôr ved evaluering av optimeringer etter besetningsmål med gård som fast effekt.	26
Tabell 13: Oversikt over gjennomsnittlig fôropptak, mjølk-fôr, dags EKM og norskandel for de ulike optimeringsmetodene og om det er signifikant forskjell mellom metoder.....	27

Figurliste

Figur 1: Nitrogensyklus.....	4
Figur 2: Effekt av vekststadium på fôrkvalitet (Ball et al., 2001).....	6
Figur 3: Omsetning av næringsstoff fra fôret til mjølka (Schei, 2021).....	8
Figur 4: Ytelse og komposisjon av mjølk gjennom laktasjonsperioden til en høytstående mjølkeku. (Sjaastad et al., 2016).....	9
Figur 5: Syntese av mjølkefett, oversikt (Sjaastad et al., 2016).....	10
Figur 6: Effekt av kg kraftfôr per 100 kg mjølk på Mjølk-fôr.	36
Figur 7: Effekt av fôreffektivitet på Mjølk-fôr.....	37
Figur 8: Effekt av grovfôropptak per kg EKM på Mjølk-fôr.	37

1 Innledning

Norsk landbruk har de siste tiårene gått gjennom store endringer, og står framfor store utfordringer i årene som kommer. Båsfjøsene skal erstattes med løsdriftsfjøs og landbrukets klimaplan er et eksempel på landbrukets stadig bredere samfunnsoppdrag. Så vel som å sikre mat på bordet og økt selvforsyning, skal bonden som det fremkommer av Hurdalsplattformen, stå i front for klimakutt og bærekraft (Regjeringen, 2021). Norge er et langstrakt land med store utmarksområder, og dyrket mark utgjør bare 3,5 prosent av samlet landareal (SSB, 2022). Av dette er 1/3 egnet til dyrking av korn, frukt og grønnsaker, resten er hovedsakelig eng- og beiteareal. Kanaliseringspolitikken sørger for gode produksjonsvilkår for husdyr og korn i deres respektive gunstige områder. Det er i randsonene mellom husdyr- og kornproduksjon at grovfôret blir aktuelt som et viktig steg i utviklingen mot et mer effektivt og bærekraftig norsk landbruk.

Ifølge Nørstebø et al. (2021) har gjennomsnittlig avdrått for mjølkekyr gått fra 6108 kg i 1991 til 8191 kg mjølk i 2021, dette til tross for at grovfôrkvaliteten nærmest er uendra. Endringen i energikorrigert mjølk (EKM) er enda større og kg kraftfôr per 100 kg EKM har holdt seg stabilt på 30 kg siden 2012, til tross for økt kraftfôrforbruk per dag (Volden, 2019). Økte kostnader knyttet til grovfôrproduksjon og innkjøp av fôr skaper utfordringer for mjølkebruka, da økt avdrått fordrer høyere fôrforbruk (Strudsholmen & Sejrsen, 2003). Det er delte meninger om hvorvidt det er lønnsomt å øke mjølkeproduksjonen med økt kraftfôrforbruk eller hente ut effekten av bedre grovfôr kvalitet. Bedre grovfôr kvalitet krever i større grad mulighet for fleksibilitet i fôringa med dyre fôringslinjer, og kanskje dyrere mekaniseringslinje knyttet til grovfôr dyrkinga. Det er også vesentlige økonomiske og arbeidskrevende innsatsfaktorer knyttet til grovfôrproduksjon som skaper usikkerhet rundt eventuelle økonomiske og produksjonsmessige fordeler. Derfor er det av interesse å utføre en helhetlig vurdering av de meste sentrale faktorer som virker inn på økonomien knyttet til fôrproduksjon og mjølkeproduksjon.

Målet med oppgaven er å evaluere i hvilken grad mjølkeprodusenter oppnår produksjonspotensialet på sin gård både med hensyn til ernæring og økonomi, gitt at bonden har tilgjengelig grovfôr av god kvalitet. Hypotesene er at gårdbrukeren ikke klarer å hente ut effekten av høykvalitets grovfôr, og at høyt grovfôropptak, høy fordøyelighet av organisk stoff og høyt innhold av råprotein i grovfôret er avgjørende for god økonomi med dagens betalingssystem.

2 Viktige aspekter rundt grovfôrproduksjon og dets omsetning i drøvtyggeren

2.1 Grovfôrproduksjon

2.1.1 Tilnærming til norsk forhold

Grovfôr er karakterisert ved at det inneholder en høy andel tungtfordøyelige fiberkomponenter, og omfatter ferskt og konservert gras, fôrmais, belgvekster og halm. Det har i Norge historisk sett vært gras, spesielt sortene timotei og engsvingel, og belgveksten rødkløver som har dominert den botaniske sammensetningen i produktiv eng (Steinshamn et al., 2016). I senere år har også raigras og andre mer bladrike sorter blitt vanligere, samt fôrmais. Utfordringen med mer bladrike, intensive, grassorter er at de i større grad er sårbare ved lave temperaturer og sliter med overvintringen sammenlignet med mer tradisjonelle grasarter som timotei (Höglind et al., 2010). Næringsinnholdet i graset er i stor grad avhengig av forholdet mellom blad og stengel i planten (Mo, 2005). Bladgras har ofte høyere næringsverdi med tanke på protein- og energiinnhold enn strågras som følge av høyere blad:stengel forhold, men begge grasarter kan oppnå samme fordøyelighet (Poppi et al., 1981).

Kornvekster er også grasarter og dyrkes i stor grad på grunn av de næringsrike frøene, primært tiltenkt menneskekonsum (McKevith, 2004). Korn til modning for menneskekonsum krever optimale klimatiske forhold for å unngå forringing av ernæringsmessig kvalitet (Seehusen et al., 2016). I områder med utfordrende klimatiske forhold kan korn til dyrefôr være et godt alternativ, både som korn til modning (Prestløkken, 2016), og umodnet korn til grøntfôr eller helsæd (Andersen & Kval-Engstad, 2010; Jørgensen, 2016). Korn høstet som grøntfôr eller helsæd inneholder både fiber, stivelse og proteiner, og kan være et bra supplement til gras. Mais er i motsetning til de fleste grasvekster (C3) en C4-plante. C4 planter er tilpasset tørke, høy lysintensitet og temperatur, og trenger lite nitrogen (UiO, 2019). Forsøk viser at det er mulig å dyrke fôrmais i områder med høye sommertemperaturer og lang vekstsesong også i Norge (Bakken et al., 2005). For lave temperaturer gir dårligere stivelsesfylling i maiskolbene og hovedpoenget med maisen forsvinner. Maissurfôr er et utmerket fôr å kombinere med grassurfôr med høyt energi- og proteininnhold da det inneholder mye stivelse og fiber.

2.1.2 Gjødsling

Bratberg (2022) har definert gjødsel som; «Organiske eller uorganiske stoffer som blir tilført jorden, eller unntaksvis plantene direkte, på grunn av deres innhold av plantenæringsstoffer. Organiske stoffer må nedbrytes til enkle uorganiske forbindelser før plantene kan nyttiggjøre

seg stoffene. Gjødning deles inn i to hovedgrupper; naturgjødning og mineralgjødning. Naturgjødning består av husdyrgjødning, menneskegjødning, kompost, tank, tar og guano. Mineralgjødning fremstilles industrielt i form av små korn (granulert) eller som pulver.» Plantene tar opp næringsstoffer fra jordsmonnet via røttene, og tilgjengeligheten av de ulike næringsstoffene varierer stort da de oppfører seg ulikt i jorda med tanke på jord-pH og næringsstoffenes evne til å bevege seg i jordlaget (Rognlien, 2022). Næringsstoffene må komme i kontakt med røttene, derav viktig med godt utviklet rotsystem (Barber & Silberbush, 1984). Næringsstoffer i mineralgjødning er vesentlig mer tilgjengelige enn i organisk gjødning.

Plantenæringsstoffene grupperes i makro- og mikronæringsstoffer. Makronæringsstoffer er de plantene trenger mest av og omfatter nitrogen og mineralene kalium, kalsium, fosfor, magnesium og svovel (UiO, 2011a). Mikronæringsstoffene trengs i lavere konsentrasjoner og omfatter jern, klorid, kobber, mangan, sink, molybden, nikkel og bor (UiO, 2011b). Det er i hovedsak makronæringsstoffene nitrogen, fosfor og kalium som blir vektlagt i gjødselplanlegging for eng og fôrvekster. Gjødningplan blir utarbeidet basert på beregnet uttak av næringsstoffer gjennom et avlingsår og er lovpålagt alle som disponerer jordbruksareal og har rett til produksjonstilskudd (Jordloven, 1999). Næringsbehovet avhenger av jordprøveresultater for fosfor, kalium og moldinnhold, vekst og gjødslingsnormer for gjeldende distrikt, avlingsnivå fra egne dokumenter eller anslåtte erfaringer for hvert enkelt skifte, og forgrøde.

2.1.2.1 Nitrogen

Nitrogen inngår blant annet i aminosyrer, nukleinsyrer, hem og klorofyll, og er det plantenæringsstoffet som oftest begrenser veksten av planter (UiO, 2020). Gjennom gjødning blir veksten tilført nitrogen i forskjellige former, vanligvis oppgitt som totalnitrogen, ammonium-N (NH_4^+) og nitrat (NO_3^-). Organisk nitrogen blir tilført enten ved gjødsling eller som følge av nitrogenfiksering av dinitrogen (N_2) fra atmosfæren. Omtrent 5% av nitrogenet fra organisk gjødning er direkte tilgjengelig for planter som hovedsakelig ammonium-N og nitrat, resten blir gradvis tilgjengelig gjennom mineralisering (Hofman & Cleemput, 2004). Figur 1 er en grafisk fremstilling av nitrogencyklusen. I nitrogenkretsløpet blir organisk nitrogen mineralisert og nitrifisert til henholdsvis ammonium-N og nitrat, før det som ikke blir tatt opp av plantene blir denitrifisert og redusert til N_2 som igjen kan fikseres til organisk nitrogen (Aarnes, 2021).



Figur 1: Nitrogensyklus

2.1.2.2 Fosfor

Fosfor har en essensiell rolle i energimetabolisme og biosyntese av nukleinsyrer og cellemembraner og er nødvendig for energioverføringsreaksjoner, respirasjon og fotosyntese (Ziadi et al., 2013). Det er og et essensielt næringsstoff for planter, dyr og mennesker. Fosfor finnes derfor i alle organiske avfallsprodukt (NIBIO, 2017). I motsetning til nitrogen er mesteparten av fosforet som blir tilført gjennom husdyrgjødsel like plantetilgjengelig som det i mineralgjødsel, og tas i hovedsak opp som dihydrogenfosfat H_2PO_4^- . Det er imidlertid utfordrende å fastslå gjødslingseffekten av fosfor da den er veldig avhengig av fosforets bindingsform og pH i jorda. Fosfor kan klassifiseres som følgende; (1) løselig uorganisk og organisk fosfor i jord; (2) svakt adsorbent uorganisk og organisk fosfor; (3) uløselig fosfor som er bundet til kalsium i basisk jord og jern og aluminium i syrlig jord; (4) sterkt adsorbent fosfor; og (5) uløselig organisk fosfor i ikke-nedbrutt plante-, dyre- eller mikrobemateriale i det organiske jordlaget (Ziadi et al., 2013).

2.1.2.3 Kalium

Kalium inngår ikke i noen kjemiske strukturer, men er et viktig ion i opprettholdelse av osmotisk trykk i celler (UiO, 2021). Det finnes i høye konsentrasjoner i cytoplasma og påvirker en rekke fysiologiske og biokjemiske prosesser i plantene så vel som at en rekke enzymer er avhengig av høye kaliumkonsentrasjoner for å virke optimalt. Kalium finnes i relativt store mengder i mineraljord, men er i liten grad plantetilgjengelig (Weil & Brandy, 2017). Tilgjengeligheten avhenger av hvilke forbindelser kaliumet er bundet til. Kalium bundet til primærminerale har lavest tilgjengelighet, kalium bundet til sekundærminerale er lite tilgjengelig, og kalium bundet til jordkolloider og vann er lett tilgjengelig. Kalium som blir tilført gjennom gjødsel er stort sett lett tilgjengelig for plantene, men tilgjengeligheten kan variere mellom jordtyper (Eghball et al., 2002; Kayser & Isselstein, 2005) og temperatur

(Mouhamad et al., 2016). Norske forsøk viser at kaliumreserver i torvjord har lett for å bli tømt sammenlignet med reservene i mineralrik jord (Folkestad, 2017).

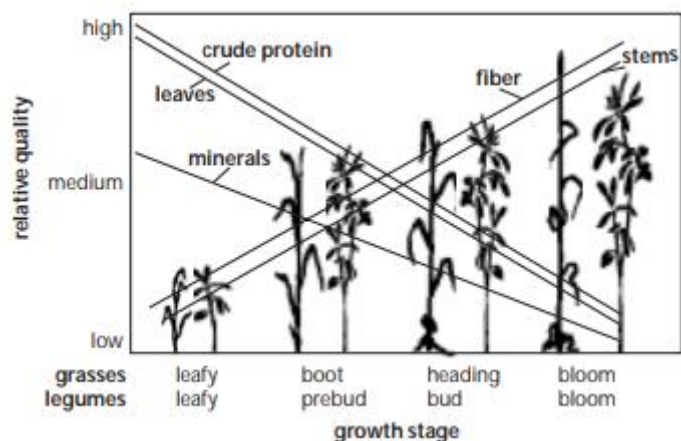
2.1.3 Fôrkvalitet

2.1.3.1 *Kjemisk fraksjonering*

Til drøvtyggere fraksjoneres fôrmidlene i hovednæringsstoffene råprotein, nøytralt løselig fiber (NDF), stivelse, sukker, råfett, gjæringsprodukter, aske og rest karbohydrater (Volden, 2009). Råprotein og stivelse deles videre inn i sub-fraksjonene løselig, potensielt nedbrytbar og totalt ufordøyelig, mens NDF deles inn i potensielt nedbrytbar og ufordøyelig NDF. Den siste benevnes også iNDF. Den kjemiske sammensetningen av fôrmidler varierer stort, både mellom ulike fôrmidler og innen samme fôrmiddel. Derfor skilles det også mellom ulike typer vekster som kan benevnes som stivelsesrike vekster, proteinrike vekster, olje- og fettrike vekster og fiberrike vekster.

2.1.3.2 *Høstetidspunkt*

Innhold av de kjemiske fraksjonene er i de fleste fôrvekster i størst grad påvirket av høstetidspunkt enten det gjelder gras, korn eller andre vekster. Tilgang på varme, lys, vann og næringsstoff er alle essensielle faktorer for at plantene skal kunne vokse optimalt (Haferkamp, 1987). Disse faktorene, spesielt varme og lysintensitet, varierer stort mellom ulike steder i Norge og skaper ulike muligheter mellom landsdeler når det gjelder intensivitet i planteproduksjonen. Til tross for ulik intensivitet i planteproduksjonen, er det morfologisk utviklingstrinn av plantene som avgjør næringsverdi (Osborn, 1980). Økt morfologisk utvikling fører til lavere konsentrasjon av protein og mineraler og høyere konsentrasjon av fiber (Figur 2). Plantene vokser med mål om reproduksjon og øker andelen cellevegg utover i den morfologiske utviklingen for å kunne bære tunge frø. Celleveggen blir ved lignifisering forsterket av den tungt fordøyelige kjemiske forbindelsen lignin som innkapsler plantecellene. Økt lignifisering reduserer fordøyeligheten av planter for mikroorganismene i vomma (Jung, 2011). Samlet sett gir høsting ved sent morfologisk stadium lavere fôrverdi enn ved høsting på et tidligere stadium (Mo, 2005).



Figur 2: Effekt av vekststadium på fôrqualität (Ball et al., 2001).

2.1.3.3 Ensilering

For å bevare næringsstoffene i fôret er det viktig å sørge for stabile lagringsforhold som hindrer at skadelige kjemiske prosesser skal finne sted i den lagrede plantemassen. I dag er ensilering dominerende som konserveringsmetode ved at mjølkesyrebakterier fermenterer plantemateriale til lagringsstabil surfôr (Mo, 2005). Ensileringsprosessen er kompleks og er avhengig av en rekke faktorer for å oppnå lagringsstabilitet på en effektiv måte. Homofermentativ mjølkesyregjæring er prosessen som etterstrebes. Mjølkesyrebakteriene benytter naturlig forekommende sukker i plantemassen for produksjon av mjølkesyre som effektivt senker pH i massen. Heterofermentativ mjølkesyregjæring kan til en viss grad også bidra i fermenteringsprosessen, dog med mye dårligere effekt og større tørrstofftap. Klostridier, etanolgjæring og smørsyregjæring er lite effektive, forringende og i verste fall ødeleggende prosesser for silomassen og må unngås.

Flere tiltak kan gjøres for å sikre kontrollert ensilering av fôr. Første steg er å presse ut så mye luft som mulig fra plantemassen slik at aerobe bakterier får minimalt med tid til aerob fermentering. Hurtig senkning av pH er også essensielt for motvirkning av skadelig aerob fermentering da aerobe bakterier ikke overlever lave pH verdier. Øvre kritiske pH for lagringsstabilitet varierer med tørrstoffprosent i plantemassen og strekker seg fra 4,1 ved 15% TS til 5,0 ved 50% TS (TRM, 2013). Ved TS under 40% er det tilrådelig å benytte ensileringsmidler for hurtigere senkning av pH. Er plantemassen fortørket til over 30% TS kan kjemiske eller biologiske midler være gode valg, under 30% er det tilrådelig med syrepreparater. Mjølkesyrebakteriene trives bedre i tørrere plantemateriale enn andre mikroorganismer, derav høyere kritisk pH for lagringsstabilitet jo tørrere massen er (Mo, 2005). Knusing av plantematerialet kan også ha positiv effekt på fermenteringsprosessen da

vannløselig sukker siver ut av de knuste plantecellene og blir mer tilgjengelig for mjølkesyrebakteriene.

2.2 Næringsomsetning hos drøvtyggere

Fôrvurderingssystem som ligger til grunn for oppgaven er NorFor - The Nordic feed evaluation system (Volden, 2011).

2.2.1 Fôropptak

Fôropptaket er i hovedsak påvirket av dyre- og fôrkarakteristikk hvorav de viktigste dyrekarakteristikkene er kroppsvekt og fysiologisk tilstand, og blant de viktigste fôrkarakteristikkene er fiberinnhold og fordøyelighet (Volden, 2011). Ut fra disse karakteristikkene er det beregnet en fylleverdi (FVL) for alle fôrmidler og en inntakskapasitet (ICL) for dyr. Det som skiller NorFôr fra andre systemer er at reguleringen av disse parameterne er dynamisk, ikke lineær, og avhenger av en rekke egenskaper ved dyr og fôr. Grovfôr og kraftfôr har ulike FVL-verdier. FVL beregnes i stor grad basert på fiberinnhold og fordøyelighet av et fôrmiddel, samt korreksjon i grovfôr for ammoniakk og gjæringskvalitet. Kraftfôr har en fast FVL på 0,22 FV/kg TS, mens grovfôr har varierende FVL grunnet dets varierende kjemiske sammensetning. ICL er i stor grad påvirket av kroppsvekt og fysiologisk tilstand.

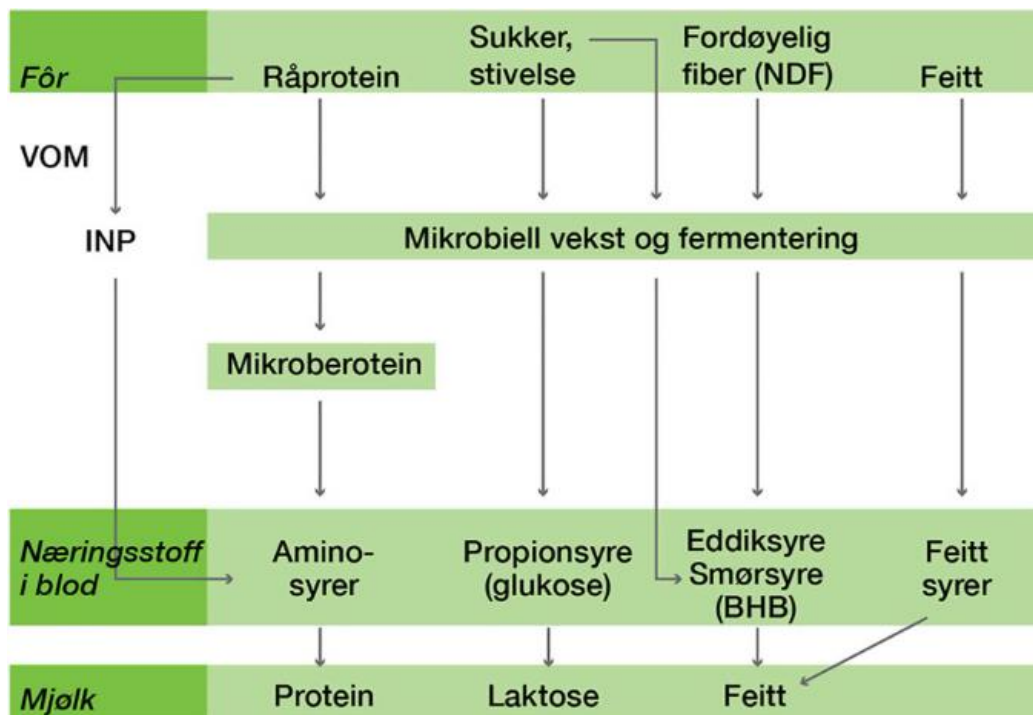
Forholdet mellom mikroorganismene og deres produkter i vom er direkte resultat av fermentering av næringsstoffer som blir tilført vom gjennom dagsrasjonen (Calsamiglia et al., 2008). Kraftfôrrike rasjoner med høy andel stivelse øker produksjonen av kortkjedede fettsyrer i vom og gir lavere pH i vom som følge av økt H^+ -konsentrasjon (Sjaastad et al., 2016). De amylytiske mikrobene som fermenterer lettfordøyelige karbohydrater har høyere syretoleranse enn cellulolytiske mikrober som bryter ned tungtfordøyelige karbohydrater. Dette styrkeforholdet har påvirkning på fôropptak og er innlemmet i fôropptakskalkulasjoner som en substitusjonseffekt basert på at økt kraftfôrandel i rasjonen virker depressivt på grovfôropptak (Thomas, 1987). Substitusjonsfaktoren er påvirket av stivelse- og sukkerfraksjonen i totalrasjonen og inntaket av disse, hvor høyere sukker- og stivelsesinnhold og -inntak påvirker FVL-verdien til grovfôret negativt (Volden, 2011). Etersom høyere fordøyelighet av grovfôr øker grovfôropptaket, vil substitusjonseffekten av økt stivelse- og sukkerinnhold og -inntak være større i rasjoner bestående av godt grovfôr.

Fôropptaket er også påvirket av atferd og metabolske responser som følge av stimuli dyret utsettes for (Mertens, 1987). Disse kan være stress, sosiale interaksjoner, fôr-pH, fôrets smak, sykdom osv. I NorFôr er metabolsk regulering av fôropptaket definert som en regulerende

faktor som medfører at kyr stopper å spise før full vomkapasitet oppnås (Volden, 2011). Reguleringen beregnes basert på dyrets ICL, men legges inn som en faktor i beregningen av fôrets FVL.

2.2.2 Omsetning i vom

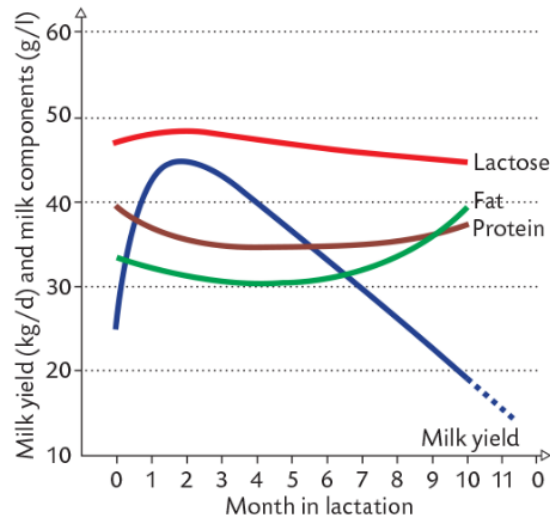
I vomma blir fôret fermentert av mikrober som produserer forskjellige substrater, vist i Figur 3, som videre inngår i næringsomsetning i dyret (Sjaastad et al., 2016). Amylolytiske mikrober bryter ned stivelse og lettløselige karbohydrater, og produserer propionat. Cellulolytiske mikrober bryter ned tungt fordøyelige karbohydrater som cellulose, hemicellulose, fruktaner og pektiner, samt sukker, og produserer henholdsvis acetat og butyrat. Proteolytiske mikrober bryter ned protein til små peptider eller aminosyrer som enten blir utnyttet til egen mikrobeoppbygning eller deaminert til organiske syrer og ammoniakk. Ammoniakk kan så brukes som kilde til mikrobesyntese for andre mikrober. For kyr i høylaktasjon kan det være hensiktsmessig å tilføre høgverdig protein eller stivelse i rasjonen for å oppnå næringsbalanse (Poel et al., 2005). Ettersom vommikrobene forsøker å bryte ned det meste som ankommer vomma, er det utviklet prosesseringsmetoder som beskytter fôr mot fermentering i vom. Dette kalles bypassprotein og -stivelse og kan ha en viktig rolle i protein- og stivelsesrike rasjoner for å unngå den forsurende effekten av kraftig amylytisk fermentering i vom, og for å tilføre protein som er skreddersydd kuas behov.



Figur 3: Omsetning av næringsstoff fra fôret til mjølka (Schei, 2021).

2.2.3 Laktasjonsfysiologi

Variasjon i kjemisk sammensetning i mjølk mellom raser er i stor grad genetisk begrunnet, mens variasjonen gjennom laktasjonen (Figur 4) og innen samme rase kan i større grad relateres til fôring. De ulike kjemiske forbindelsene i fôret bidrar på hver sin måte inn mot mjølkesyntesen.



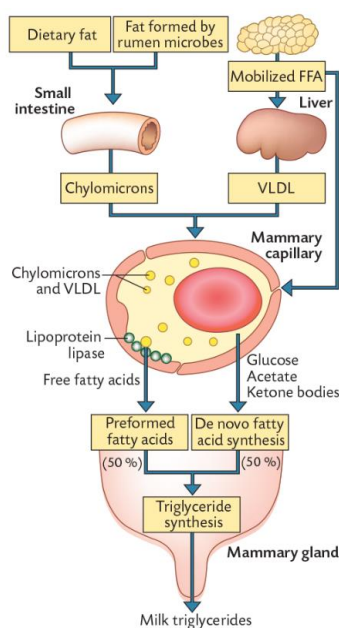
© scanvetpress.com

Figur 4: Ytelse og komposisjon av mjølk gjennom laktasjonsperioden til en høytstående mjølkeku. (Sjaastad et al., 2016)

Mjølkesyntesen kan deles inn i tre deler som sammen utgjør hovedbestanddelene i mjølka; syntetisering av laktose, protein og fett. Laktose består av et glukose- og et galaktosemolekyl. Transport av glukose til golgiapparatet for syntese av laktose er uavhengig av insulinivå i blod, derfor er laktosesyntesen relativt jevn gjennom døgnet (Sjaastad et al., 2016). Drøvtyggeren får størsteparten av glukosen tilført gjennom substratet propionat som resultat av amylolytisk nedbrytning av stivelse i vom. Hos høytstående drøvtyggere kan opptil 80 prosent av total tilgjengelig glukose gå til mjølkeproduksjon hvorav 60-70 % går til syntese av laktose og resten går til fettsyntese og esterifisering av fettsyrer (Sjaastad et al., 2016).

Syntese av mjølkefett kan deles i to hovedgrupper; *de novo* syntetisert fett og *preformed fettsyrer*. Hver av gruppene utgjør hver for seg omtrent halvparten av mjølkefettet. *De novo* syntese av fett benytter kjemiske komponenter som glukose, acetat og ketonlegemer til produksjon av fettsyrer. *Preformed fettsyrer* er frie fettsyrer fra nedbrytning av triglyserider i tarm som tas opp i blodet og går direkte inn som bestanddel i mjølkefett. Omtrent en tredjedel av *preformed fettsyrer* er palmitinsyre (C16:0) mens resten i stor grad er stearinsyre (C18:0) og linolensyre (C18:2). Store mengder fettsyrer, særlig umettet, i rasjonen har negativ innvirkning på fordøyelighet av næringsstoffer og proteinmetabolismen i vom (Jenkins, 1993). Såleis er det

utfordrende å øke fettinnholdet i mjølka direkte med tilsetning av fett i fôret. Unntaket gjelder til en viss grad for det vi kaller rumen inert fett, eksempelvis mettede fettsyrer som C16:0 og C18:0 som er lett overførbare til mjølk, og umettede fettsyrer knyttet til vomstabile kjemiske forbindelser, eksempelvis kalsiumsåper koblet til oljesyre (C18:1) eller linolsyre (C18:2). Ved for store mengder vil også disse kunne ha negativ effekt på mjølkeproduksjon som følge av redusert fôropptak (Palmquist, 1994). Fett i mjølk kan også påvirkes fôringsmessig ved økt andel tungfordøyelige i forhold til lettfordøyelige karbohydrater. Det vil gi høyere andel acetat:propionat forhold og i så måte gi mer substrat til *de novo* syntese av fett og mindre til laktoseproduksjon (Sutton et al., 2003).



Figur 5: Syntese av mjølkefett, oversikt (Sjaastad et al., 2016).

Mjølkeprotein blir syntetisert ved transkripsjon av gener som koder for ulike typer proteiner (Sjaastad et al., 2016). Essensielle aminosyrer blir tilført gjennom blodet, mens ikke-essensielle aminosyrer blir syntetisert i jurepitelet ved transaminasjon. Protein blir delt inn i klassene; kasein, laktalbumin og laktoglobulin, immunoglobulin og enzymer og andre proteiner med spesifikk funksjon. De fleste proteinklassene holder seg relativt stabile i laktasjonen, bortsett fra immunoglobuliner som utgjør en vesentlig større del av mjølka på råmjølkstadiet (Farrell et al., 2004).

2.3 Økonomi

2.3.1 Faste kostnader

De faste kostnadene er summen av alle betalinger som kan knyttes til faste faktorer i en produksjon. Betalingen må gjøres uavhengig av om eller i hvor stor grad produksjonen skjer

(McDowell et al., 2012). For kalkulering av grovfôrkostnad omfatter de faste kostnadene jordleie, traktor- og maskinkostnader, forsikringskostnader og leasingkostnader.

2.3.2 Variable kostnader

De variable kostnadene er summen av alle utgifter som kan knyttes til variable faktorer i produksjonen (McDowell et al., 2012). For kalkulering av grovfôrkostnad omfatter de variable kostnadene såvarer, handelsgjødsel, kalk, konserveringsmiddel, emballasje, vedlikeholdskostnader og maskinleie.

2.3.3 Totalkostnad

Totalkostnaden er summen av alle betalinger som er gjort i en produksjon og innebefatter både faste og variable kostnader (McDowell et al., 2012).

3 Materiale & metode

3.1 Omfang og status

Oppgaven er basert på datainnsamling og analyse fra fem mjølkebruk i Norge. Gårdsbrukene er valgt med bakgrunn i lokasjon, kvalitet på produksjonsdata og under forutsetning at de har tatt et aktivt valg om å fokusere på grovfôrproduksjon og sørge for å utnytte de arealene de har til rådighet på best mulig måte. Tabell 1 viser en oversikt over de fem gårdene som inngår i oppgaven. Alle gårdene har relativt lik størrelse, men varierer i produksjonsomfang. Gård 1 og 3 har en akkumulert varmesum på henholdsvis 1735 og 1789 grader, mens Gård 2, 3 og 4 har en akkumulert varmesum på henholdsvis 2168, 2139 og 2300 grader. Varmesum er basert på Mimiro AS sine beregninger, interpolert til hver enkelt gård i Eana Skifte. Gård 1 og 3 ligger i en klimasone tilpasset et 3-slåttsystem og Gård 2, 3 og 4 ligger i en klimasone tilpasset et 4-slåttsystem (Kjærstad, 2022). Gård 1 har mindre disponibel kvote og antall årskyr enn de øvrige gårdene. Dette muliggjør en analyse av hvorvidt oppgavens hypotese er avhengig av produksjonsomfang. Mjølkeproduksjonen på gårdene er relativt variabel, fra høy til lav ytelse og store variasjoner i kraftfôrforbruk og grovfôropptak. FS-tall er over landsgjennomsnittet for alle bruk.

Tabell 1: Produksjonsstatus 2022

Status 2022	Gård 1	Gård 2	Gård 3	Gård 4	Gård 5	Landet
<i>Engareal, daa</i>	383	629,9	375	502	456	-
<i>Varmesum, °C</i>	1735	2168	1779	2139	2300	-
<i>Nedbørmengde, mm/år</i>	666	467	822	1066	2180	-
<i>Disponibel kvote, liter</i>	243389	418893	475672	495620	538228	-
<i>Kvotefyllingsgrad, %</i>	100,5	89,6	90,8	94,3	101,2	-
<i>Årskyr, antall</i>	37,9	46,4	55,0	62,3	73,7	30,8
<i>Kg mjølk per årskyr</i>	7383	8799	8297	7921	8316	8050
<i>Kg EKM per årskyr</i>	7917	9477	9067	8483	8299	8496
<i>Fettprosent i mjølk</i>	4,62	4,44	4,53	4,68	3,94	4,41
<i>Proteinprosent i mjølk</i>	3,50	3,60	3,55	3,54	3,51	3,5
<i>Kg kraftfôr per 100 kg EKM</i>	25	26	34	23	30	30
<i>MJ utenom kraftfôr per ku per dag</i>	82	85	69	85	72	72
<i>FS-tall</i>	75	87	64	74	90	60

3.2 Mjølkeproduksjon

Data som beskriver mjølkeproduksjonen på de fem brukene er hentet fra Tine sine medlemssider og er basert på årsrapportene for 2020, 2021 og 2022, perioderapporter fra januar 2022 til februar 2023 og mjølkekvalitet fra januar 2022 til februar 2023.

Årsrapportene er delt inn i ulike fokusområder som omhandler ulike segmenter av mjølkeproduksjonen. I oppgaven er det brukt fire segmenter av årsrapporten; meierileveranse, mjølkeproduksjon, laktasjonsopplysninger, og fruktbarhet og avl. For meierileveranse er det hentet ut nøkkeltall for total meierileveranse, avregnet mjølkepris med tilskudd og avgifter, fettprosent, proteinprosent, frie fettsyrer, bakterietall, celletall, mjølkeklasse, levert mjølk per årskyr og leveringsprosent. For mjølkeproduksjon er det hentet ut nøkkeltall for kg mjølk per årskyr, kg EKM per årskyr, fettprosent KK, proteinprosent KK, antall kyr, kg kraftfôr per 100 kg EKM og MJ utenom kraftfôr per ku per dag. For laktasjonsopplysninger er det hentet ut nøkkeltall for kg mjølk 305-dagers laktasjon 1.kalvskyr, kg mjølk 305-dagers laktasjon 2.kalvskyr, kg mjølk 305-dagers laktasjon eldre kyr, antall utrangerte kyr (utskiftningsprosent), slaktevekt kyr, laktasjonsnummer ved utrangering og dager fra kalving til utrangering. For fruktbarhet og avl er det hentet ut nøkkeltall for FS-tall.

Perioderapportene inneholder produksjonsdata på buskapsnivå og for enkeltdyr. I oppgaven er perioderapport på buskapsnivå benyttet for å hente ut nøkkeltall for Gård 5 grunnet manglende årsrapport. Nøkkeltall som ble hentet ut var kg EKM per årskyr, kg kraftfôr per 100 kg EKM og MJ utenom kraftfôr per ku per dag. Perioderapport for enkeltdyr er benyttet for beregning av grovfôropptak og for kartlegging av produksjonen fra innsett etter beiting til og med februar 2023. Nøkkeltall hentet ut fra perioderapport for enkeltdyr er dager etter siste kalving, kg mjølk per dag og kg kraftfôr per dag.

Mjølke kvalitet blir vist på Tine sine medlemssider for hver meierileveranse. Det er mulig å hente ut data for kjemisk innhold i mjølk på buskapsnivå tilbake i tid og følge utviklinga gjennom fôringssesongen. Mjølke kvalitet på buskapsnivå er benyttet for å hente ut nøkkeltall for fett- og proteinprosent i mjølk.

3.3 Grovfôrproduksjon

Gårdbrukere benytter ulike verktøy for registrering av produksjonsdata knyttet til grovfôrproduksjonen. Tabell 2 viser en oversikt over de ulike verktøyene og foretakene som blir benyttet hos de ulike gårdbrukerne.

Tabell 2: Oversikt over skifteplanlegging og fôrplanlegging.

Gård nr.	Avlingsregistrering	Fôrprøver	Gjødselplan
1	Eana Skifte	Eana Skifte/Tine/Felleskjøpet Agri	Skifteplan
2	Agrilogg	Tine	Skifteplan
3	Eana Skifte	Eana Skifte/Tine	Eana Skifte
4	Eana Skifte	Eana Skifte/Tine	Skifteplan
5	CropPLAN	Tine	CropPLAN

Avlingsregistreringene er benyttet til å beregne total avlingsmengde og avling per dekar. Avlingsmengde er kalkulert basert på personlige avlingsregistreringer gjort av gårdbrukerne og deres respektive rådgivere, og er sortert etter slåtteregime på skiftenivå.

Fôrprøvene er benyttet for å evaluere avlingene kvalitativt og kvantitativt. Kvaliteten på fôret er vurdert ut fra fordøyelighet av organisk stoff (OMD), innhold av råprotein og nettoenergi. Kvantitativt er fôret vurdert ut fra total protein- og energiavling på bakgrunn av kvalitative analyser og avlingsmengder på slåtteregimenivå.

Gjødselplanene legger grunnlaget for evaluering av fôr kvalitet og -mengde sett opp mot gjødselstyrke og forventet avlingsmengde på slåtteregimenivå. For å skape et helhetlig bilde av gjødselstyrken, er det kalkulert et totalt gjødselregnskap basert på gjødselplanene sine skiftespesifikke næringsbehov for nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K) og svovel (S) og hva som faktisk ble planlagt gjødslet. Gård 4 hadde i tillegg skiftespesifikke korrigeringer av faktisk gjødseltilførsel som ligger til grunn for gjødselregnskapet. CropPLAN og Eana Skifte inkluderer ikke svovel i gjødselplanen, så det er bare medregnet for gårdene som benytter Skifteplan. Gård 2 gjødslet ikke etter gjødselplanen som var laget grunnet feil slåtteregimer og skiftestørrelser. Alle skiftene ble manuelt lagt inn i Eana Skifte sin gjødselplanlegger for kalkulering av gjødselbehov. Tilført gjødsel var loggført i Agrilogg. Følgende formler ble brukt til å kalkulere næringsregnskap for gjødsel:

$$\text{Skiftespesifikk næringsbehov}^n = Daa^n * \text{Næringsbehov}^n, \text{ skiftenummer} = n$$

$$\text{Skiftespesifikk næringstildeling}^n = Daa^n * \text{Næringstildeling}^n, \text{ skiftenummer} = n$$

$$\text{Balanse} = \sum_{n=1}^{\infty} \text{Skiftespesifikk næringsbehov}^n - \text{Skiftespesifikk næringstildeling}^n$$

3.4 Økonomi

For å kunne evaluere økonomisk effekt og utnyttelsen av godt grovfôr må kostnader og inntekter for mjølkeproduksjonen måles. Økonomidelen er grovt sett delt inn i tre deler; inntekter mjølkeproduksjon, kraftfôrkostnad og grovfôrkostnad.

3.4.1 Mjølkeinntekt

Inntektene fra mjølkeproduksjonen ligger tilgjengelig i årsrapporten hvor det står oppgitt avregnet mjølkepris inkludert distriktstilskudd, tillegg og trekk for kvalitet og sesong og trekk for omsetningsavgift og eventuell overproduksjon. For sammenligning av mjølkeinntekter på

likt grunnlag er det kalkulert en mjølkepris basert på basispris korrigert for fett- og proteinbetaling.

$$Pris = 4,7 + (0,05 * 10 * (proteinprosent - 3,2)) + (0,09 * 10 * (fettprosent - 4))$$

3.4.2 Kraftfôrkostnad

En av de største utgiftene i mjølkeproduksjonen er kraftfôr. Det er flere metoder som kan benyttes for å finne kraftfôrkostnaden, eksempelvis regnskap eller pris fra produsent. I oppgaven er det benyttet pris fra produsent av aktuelle kraftfôrtyper.

3.4.3 Grovfôrkostnad

For å beregne grovfôrkostnad for de fem brukene i oppgaven er det benyttet standardiserte metoder som tar høyde for variasjon mellom år og det reelle vareforbruket i løpet av 2022 for den enkelte gård. Forutsetninger for kalkulasjon av grovfôrkostnad:

1. Anskaffelsesverdi for kjøretøyer og redskaper benyttet til grovfôrproduksjon er prisjustert til dagens kroneverdi i henhold til Norges Bank sin priskalkulator. (Bank, 2022)
2. Nåverdi for kjøretøyer og redskaper benyttet til grovfôrproduksjon er satt basert på nylig gårdstakst eller bruktpriiser på <https://www.finn.no> og <https://www.mascus.no>.
3. Vedlikeholdskostnad for kjøretøy og redskaper er satt til gjennomsnitt av tre siste år og korrigert for bruk til andre formål enn grovfôrproduksjon, eksempelvis kornproduksjon.
4. Varekostnader og driftskostnader samt jordleie og leiekjøring knyttet til grovfôrproduksjon er hentet fra gårdsregnskapet. Varekostnader omfatter såfrø, kalk, mineralgjødsel, konserveringsmidler og emballasje. Driftskostnader omfatter drivstoff og elkraft og leiekost.
5. Forsikringskostnad er regnet ut basert på anskaffelsesverdi og eierandel for kjøretøy og redskaper med utgangspunkt i 9‰ av anskaffelsesverdi for kjøretøy og 3‰ av anskaffelsesverdi for redskaper.
6. Rentekostnad for kjøretøy og redskaper er kalkulert med henholdsvis 3% og 5% rente.

For kalkulering av grovfôrkostnad er det benyttet to excelark, et for kalkulering av kapitalkostnad og forsikringskostnad (Øksendal, 2020b), og et for endelig kalkulering av grovfôrkostnad basert på «Grovfôrkostnad og -verdi» (Øksendal, 2020a).

Kalkulering av grovfôrkostnaden ble gjort ved besøk hos produsentene. For beregning av kapitalkostnader og forsikringskostnader ble det fylt inn anskaffelsesverdi, brukstid, antatt

nåverdi og eierandel samt rente- og forsikringssetser etter gitte forutsetninger. Kapitalkostnadene og forsikringskostnadene ble plottet i et excelark for endelig kalkulering av grovfôrkostnad. Alle kostnader ble systematisert i jordleie, kapitalkostnad, leasingkostnad, driftskostnad maskin og varekostnad, og summert til grovfôrkostnad ekskl. tilskudd og fôrkjøp. Grovfôrkostnaden ble dividert på antall kg tørrstoff (TS) totalavling og antall MJ NEI20 i totalavlinga.

3.5 Beregningsmodeller

3.5.1 Grovfôropptak og kraftfôrforbruk

For beregning av grovfôropptak og kraftfôrforbruk i mjølkeproduksjonen ble det benyttet et excelark utviklet av Volden (2020) basert på NorFor (Volden, 2011). Excelarket benytter informasjon på besetningsnivå om gjennomsnittlig laktasjonsdag, kg mjølk per dag, kg kraftfôr per dag, og fett- og proteinprosent i mjølk for kalkulering av EKM per dag, megajoule- og tørrstoffopptak fra grovfôr per ku per dag, fordøyelighet av grovfôret og kg kraftfôr per 100 kg EKM.

3.6 Evaluering av fôring

3.6.1 Fôrprøver

Det ble tatt prøver på fôrbrettet på hver gård fra slutten av desember (2022) til begynnelsen av mars (2023) med mål om å kartlegge fôrkvaliteten som faktisk ligger på fôrbrettet. Oppgaven til gårdbrukerne var å ta ut en representativ prøve fra hele fôrbrettet og sørge for nok prøver som sammen kunne gi en bra oversikt over faktisk fôring på den enkelte gård.

Fôrprøvene ble hentet på hver gård og fraktet til stoffskifteavdelingen ved Senter for Husdyrforsøk for videre analyse. Først ble alle prøvene analysert med et NIR-apparat kalibrert for våte prøver. Deretter ble samme prøver tørket ved 60 grader celsius og malt på 1 mm sold for analyse av TS, aske, NDFom, Kjeldahl-N og WSC (Vannløselige karbohydrater). Ettersom noen av gårdene benytter kraftfôr, grøntfôr eller fôrmais i fôrmiksen, ble aktuelle prøver malt med kulemølle for analyse av stivelse. Alle prøvene ble sendt til LabTek ved Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap for analyse.

For å ta høyde for variasjon mellom perioder ble prøvene slått sammen og analysert på mest mulig representativt vis. Sammenslåingen av prøvene ble gjort ved maling slik at grovfôr og eventuelt andre fôrmidler i miksen ble til en homogen masse. Tabell 3 viser grovfôr kvalitet for hver gård brukt i optimeringer for de 3 siste perioderapportene.

Tabell 3: Oversikt over grovfôrkvalitet som inngikk i de ulike optimeringene (g/kg TS om ikke annet gitt).

	Gård 1	Gård 2	Gård 2	Gård 3	Gård 3	Gård 4	Gård 4	Gård 4	Gård 5
<i>Periode</i>	1, 2, 3	1	2, 3	1	2, 3	1	2	3	1, 2, 3
<i>TS, g/kg</i>	320	360	348	284	293	360	324	341	373
<i>Aske</i>	58	83	88	77	83	77	81	81	75
<i>OMD</i>	74,9	75,3	75,3	74,7	74,7	78,9	78,9	78,9	74,5
<i>Råprot</i>	169	171	172	119	145	181	174	185	128
<i>NH3, g/kg N</i>	75	75	75	75	75	73	73	73	51
<i>NDF</i>	537	475	487	492	466	435	412	421	449
<i>iNDF, g/kg NDF</i>	144	150	144	153	160	119	124	122	171
<i>Stivelse</i>	0	27	24	0	0	0	0	0	0
<i>Restfraksjon</i>	124	132	117	202	196	191	217	197	237
<i>Sukker</i>	42	35	35	61	60	62	69	70	92
<i>AAT20</i>	82	78	78	80	80	82	81	81	79
<i>PBV20</i>	42	51	52	-2	22	55	50	59	8
<i>NEL20, MJ/kg TS</i>	6,56	6,4	6,41	6,19	6,21	6,76	6,68	6,73	6,11

Gård 1 hadde ikke blandemuligheter før utfôring, så de tre prøvene som ble tatt gjennom sesongen ble analysert hver for seg. Grovfôrkvalitet brukt i beregninger er kalkulert som et vektet gjennomsnitt utfra TS gitt at det ble fôret like mengder av alle tre kvalitetene gjennom sesongen.

Gård 2 benytter Lely Vector til utfôring og blanding av fôr. Grunnet usikkerhet knyttet til variasjonen mellom fôrblendingene gjennom alle periodene ble de 6 prøvene analysert hver for seg. Grovfôrkvaliteten som ligger til grunn for optimeringene representerer gjennomsnitt av analysene innen hver periode.

Gård 3 benytter stasjonær fôrmikser og har i så måte god kontroll på hva som inngår i miksen. Grunnet tilsetning av urea i miksen ble alle 6 prøvene analysert hver for seg. Grovfôrkvaliteten som ligger til grunn for optimeringene er gjennomsnitt av analysene innen hver periode.

Gård 4 benytter traktormontert fôrmikser og har god oversikt over hva som inngår i miksen. Grunnet tilsetning av kraftfôr i miksen og utfordringer knyttet til representativ prøvetaking ble de 9 fôrbrettprøvene samlet til 3 prøver for hver periode før analyse. Grovfôrkvaliteten som ligger til grunn for optimeringene er basert på de tre analysene for respektive perioder, korrigert for kraftfôrmengde i miksen.

Gård 5 benytter fôrmikser og blander like mengder plansilo i hver miks kombinert med grovfôrerstatter. Grovfôrkvalitet som ligger til grunn for optimeringene er basert på fôrprøver tatt høsten 2022 av plansilo som ble fôret gjennom alle periodene.

3.6.2 Fôroptimering

For evaluering av fôringa ble det gjort optimeringer i Tine OptiFôr. Evalueringen ble delt inn i tre deler; 1. Optimering etter faktisk ytelse fra perioderapport, 2. Optimering etter reell rasjon og faktisk ytelse fra perioderapport, 3. Optimering etter ønsket 305-dagers avdrått. Det ble tatt ut grovfôrprøver fra fôrbrettet fra slutten av desember frem til slutten av februar, og evalueringen omfatter denne perioden. Datagrunnlaget for optimeringen består av egendefinerte kyr tilpasset respektive perioderapporter med tanke på laktasjonsnummer, laktasjonsuke, drektighetsuke, levendevekt, dagsavdrått og kjemisk innhold i mjølk. Optimering 1 og 2 var basert på fôrbrettprøver og faktiske kraftfôrslag for evaluering av faktisk fôring og hvorvidt resultatene samstemte med den optimerte rasjonen. Optimering 3 var basert på fôrbrettprøver og kraftfôrslag tilpasset grovfôr kvalitet for evaluering av produksjonspotensialet gitt grovfôr kvaliteten på fôrbrettet og for å teste hvorvidt dagens fôring evner å utnytte grovfôret best mulig. Ønsket 305-dagers avdrått ble satt i henhold til siste 12 måneders avdrått eller justert etter den enkelte gårdbrukers ønske om økt avdrått. Alle optimeringer ble utført med krav om minimum 150 gram råprotein per kg TS i totalrasjon da forskning viser lavere behov for protein i midtlaktasjon (Armentano et al., 1993; Broderick, 2003; Brodshaug et al., 2022).

3.6.3 Mjølke-Fôr

Mjølke minus fôr (Mjølke-fôr) er basert på beregnet mjølkepris, grovfôrkostnad og kraftfôrkostnad og gir et bilde av hvor mye penger bonden sitter igjen med når utgiftene knyttet til fôr er dekket.

$$Mjølke - fôr = Mjølkeinntekter - Grovfôrkostnad - Kraftfôrkostnad$$

$$EKM avdrått = Dagsavdrått$$

$$* \left(0,01 + \left(0,122 * \frac{Fett, g/l}{10} \right) + \left(0,77 * \frac{Prot, g/l}{10} \right) + \left(0,053 * \frac{Laktose, g/l}{10} \right) \right)$$

$$Mjølke - fôr \text{ per kg EKM} = Mjølke - fôr / EKM \text{ avdrått}$$

3.7 Statistikk

For å evaluere hvilke variabler som har signifikant betydning for økonomisk resultat, uttrykt som Mjølke-fôr, ble ulike regresjonsmodeller med gård som fast effekt testet. Mjølke-fôr ble enten uttrykt per kg mjølk eller per kg EKM. For data basert på reell ytelse og produksjon ble følgende modell benyttet:

$$Y_{ijkl} = \beta_0 + \beta_1 KE_i + \beta_2 FE_j + \beta_3 GE_k + \beta_4 B_l + \beta_5 FP_i B_k + \varepsilon_{ijklm}$$

Hvor Y_{ijklm} er Mjølkk-fôr, β_0 er konstantleddet, KE er kraftfôr per 100 kg EKM, FE er fôreffektivitet, GE er grovfôropptak per kg EKM, B er besetning og ε_{ijklm} er feilleddet.

Ved analyse av Mjølkk-fôr for besetningsmål ble samme modell som beskrevet ovenfor benyttet. I tillegg gikk råprotein per kg TS inn i modellen.

Parameterverdiene i den statistiske modellen ble bestemt ved å benytte Proc Mixed i SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC). BIC ble brukt som kriterium for valg av modell og signifikansnivå ble satt til $P < 0,05$.

For evaluering av parameterverdier for optimeringene ble det benyttet tosidig t-test med signifikansnivå $P < 0,05$.

4 Resultat

4.1 Grovfôrproduksjon

Tabell 4 inneholder en oversikt over nøkkeltall for hver gård knyttet til avlingsregistreringene gjort for 2022. Gårdene disponerer ulik mengde slåtteareal og har varierende avlingsmengde. Energikonsentrasjonen i grovfôret er 6,30 MJ NEI20 per kg TS for Gård 1, 2 og 3, og 6,60 MJ NEI20 per kg TS for Gård 2 og 4. Gjennomsnittlig innhold av råprotein i totalavlinga varierer fra 132 til 170 gram per kg TS. OMD er jevn for alle gårdene utenom Gård 4 som har omtrent 4 prosent høyere gjennomsnittlig OMD for totalavlinga.

Tabell 4: Nøkkeltall knytta til grovfôrproduksjonen i 2022 for hver gård.

	Gard 1	Gard 2	Gard 3	Gard 4	Gard 5
<i>Areal, daa</i>	383	629,9	375	502	456
<i>Avling, kg TS</i>	326924	424078	291355	579218	457148
<i>Avling, MJ</i>	2060240	2800200	1838630	3812442	2894453
<i>TS, kg/daa</i>	854	673	777	1154	1003
<i>MJ/daa</i>	5379	4445	4903	7595	6347
<i>MJ/kg TS</i>	6,30	6,60	6,31	6,58	6,33
<i>Råprotein, g/kg TS</i>	156	170	143	159	132
<i>OMD, %</i>	74,9	75,3	74,7	78,9	75,1

Tabell 5 viser gjødselregnskap for 2022 for alle gårdene. Gårdene har i ulik grad oppfylt målet for tørrstoffavling hvor Gård 1 og 4 har større avling enn målet i eksisterende gjødslingsplan og Gård 2, 3 og 5 har lavere avling enn målet. Gjødselbalanse mellom næringsbehov og tilført næring er svært varierende mellom gårdene, og for de ulike næringsstoffene innen gård. Gård 1 har positiv gjødselbalanse for alle næringsstoffer, Gård 4 og 5 har positiv næringsbalanse for N, og Gård 3 har positiv næringsbalanse for K. Gård 2 har negativ næringsbalanse for alle næringsstoffer, Gård 3 har negativ næringsbalanse for N og P, og Gård 4 og 5 har negativ næringsbalanse for P og K. Gram nitrogen per kg tørrstoffavling er mellom 25,8 og 28 for alle gårdene, mens gram nitrogen per kg TS i gjødselplan varierer fra 23,1 til 32,0.

Tabell 5: Balanseregnskap for gjødslinga til hver gård basert på gjødselplan og faktisk tilført gjødsel.

	Gård 1			Gård 2			Gård 3			Gård 4			Gård 5		
<i>Daa</i>	396,5			629,9			430			502,1			456		
<i>Avlingsmål, kg ts</i>	230995			546550			305700			540990			466600		
<i>Avling, kg ts</i>	326924			424078			291355			579218			419888		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
<i>Gjødselbehov, kg</i>	7911	561	3649	14655	1206	9812	9794	1134	5660	13392	1312	9900	10787	1432	7524
<i>Gjødsel tilført, kg</i>	8822	1290	7106	11326	866	2279	8162	946	5700	14955	1257	7538	11167	909	7511
<i>Gjødselbalanse, kg</i>	911	730	3457	-3330	-340	-7532	-1632	-188	41	1563	-55	-2362	380	-523	-13
<i>N-TSA¹, g/kg TS</i>	27,0			26,7			28,0			25,8			26,6		
<i>N-TSA¹ plan, g/kg TS</i>	34,2			26,8			32,0			24,8			23,1		

¹N-TSA = Gram nitrogen per kg tørrstoffavling.

4.2 Mjølkeproduksjon

Tabell 6 viser nøkkeltall fra perioderapporter knyttet til produksjon av mjølk gjennom inneføringssesongen 2022/23. Gjennomsnittlig laktasjonsdag er mellom 140 og 158 for Gård 1, 2, 3 og 5, mens Gård 4 ligger på 188 dager. Gjennomsnittlig dagsavdrått varierer fra 25,2 liter på Gård 4 til 30,4 liter på Gård 2. Kraftfôropptaket varierer mellom gårdene, hvor Gård 4 har det laveste og Gård 3 det høyeste. Grovfôropptaket er fra 13,1 til 14,1 kg TS per dag for Gård 1, 2 og 4, og henholdsvis 11,0 og 11,9 kg TS per dag for Gård 3 og 5. Fett- og proteinprosenten er relativt jevn hvor Gård 1 og 4 skiller seg ut med høy fettprosent og Gård 2 med høy proteinprosent. EKM avdrått per dag er høyest for Gård 2 med 33 kg per dag og Gård 1 med 30,3 kg per dag, mens Gård 3, 4 og 5 ligger jevnt mellom 28 og 28,8 kg per dag. Kraftfôr per 100 kg EKM varierer stort, fra 22,1 for Gård 3 til 33,2 for Gård 3. Mjølkeprisen per liter er relativt jevn mellom 5,32 og 5,47 for Gård 1, 2 og 3, mens Gård 4 og 5 skiller seg ut med henholdsvis 5,59 og 5,05.

Tabell 6: Nøkkeltal i mjølkeproduksjon basert på gjennomsnitt av fem første perioderapporter for inneværende inneføringssesong.

	Gård 1	Gård 2	Gård 3	Gård 4	Gård 5
Laktasjonsdag	140	158	142	188	158
Dagsavdrått, liter	27,4	30,4	26,6	25,2	27,3
Kraftfôropptak, kg	7,4	9,1	9,6	6,2	8,6
Grovfôropptak, kg TS	13,5	13,1	11,0	14,1	11,9
Fett, %	4,69	4,45	4,53	4,79	4,28
Protein, %	3,50	3,65	3,50	3,55	3,41
EKM, kg per dag	30,3	33,0	28,8	28,0	28,5
Kraftfôr per 100 kg EKM	24,4	27,5	33,2	22,1	30,1
Mjølkepris, kr per liter	5,47	5,33	5,32	5,59	5,05

4.3 Økonomi

Tabell 7 viser nøkkeltall for grovfôrøkonomien. Alle nøkkeltallene er knyttet til grovfôrproduksjonen for 2022. Alle gårdene leier jord, og den årlige summen varierer fra 31825 til 70900 kroner. Det er stor variasjon i kapitalkostnad knyttet til maskiner og redskaper hvor samlet sum for verditap og renteutgifter per år går fra 155702 for Gård 1 til 320650 for Gård 4. Leasingkostnad er 134851 for Gård 2 og 105600 for Gård 5. Det er stor variasjon i driftskostnader hvor leiekost, som er mest utslagsgivende, varierer fra 6750 til 401146 kroner. Varekostnadene varierer stort mellom gårdene, hvor kostnad til mineralgjødsel er mest utslagsgivende og strekker seg fra 112995 til 398486 kroner, tilsvarende henholdsvis 301 og 794 kroner per dekar. Fôrkjøp er ikke inkludert i grovfôrkostnad, men utgjør en vesentlig utgift for Gård 2 og 5, samt en liten utgift hos Gård 3. Gård 1 har lavest grovfôrkostnad totalt, per kg

TS og per MJ NEI20, og marginalt høyere grovfôrkostnad per dekar enn Gård 2. Gård 4 har høyest total kostnad, mens Gård 3 har høyest tørrstoff- og MJ-kostnad.

Tabell 7: Kalkulerte nøkkeltall knytta til grovfôrøkonomi for hver enkelt gård i 2022.

	Gard 1	Gard 2	Gard 3	Gard 4	Gard 5
<i>Jordleie, kr/år</i>	31825	64000	50000	70900	35751
<i>Kapitalkostnad, kr/år</i>	155702	303112	233813	320650	220305
<i>Leasingkostnad, kr/år</i>	0	134851	0	0	105600
<i>Drivstoff, kr/år</i>	61078	117685	80000	69689	125974
<i>Vedlikehold, kr/år</i>	115303	73377	92000	155824	92137
<i>Forsikring, kr/år</i>	15410	24215	21017	29825	13972
<i>Innleid arbeid, kr/år</i>	49532	6750	183500	294126	401146
<i>Driftskostnad, kr/år</i>	241323	222027	376517	549464	633229
<i>Såfrø, kr/år</i>	26260	74487	33537	27770	33499
<i>Kalk, kr/år</i>	0	42278	0	86964	24480
<i>Mineralgjødning, kr/år</i>	144432	193021	112995	398486	241918
<i>Mineralgjødning, kr/daa</i>	377	306	301	794	531
<i>Konservering, kr/år</i>	30447	47452	50510	41250	34000
<i>Emballasje, kr/år</i>	75662	71675	88317	74480	13950
<i>Varekostnad, kr/år</i>	276801	428913	285359	628950	347847
<i>Forkjøp, kr/år</i>	0	228680	64000	0	265510
<i>Faste kostnader, kr/år</i>	202937	526178	304830	421375	375628
<i>Faste kostnader, kr/kg TS</i>	0,62	1,24	1,05	0,73	0,82
<i>Faste kostnader, kr/MJ</i>	0,10	0,19	0,17	0,11	0,13
<i>Faste kostnader, kr/daa</i>	530	835	813	839	824
<i>Variable kostnader, kr/år</i>	502714	626725	640859	1148589	967104
<i>Variable kostnader, kr/kg TS</i>	1,54	1,48	2,20	1,98	2,12
<i>Variable kostnader, kr/MJ</i>	0,24	0,22	0,35	0,30	0,33
<i>Variable kostnader, kr/daa</i>	1313	995	1709	2288	2121
<i>Total Grovfôrkostnad, kr/år</i>	705651	1152903	945689	1569964	1342732
<i>Total grovfôrkostnad, kr/kg TS</i>	2,16	2,72	3,25	2,71	2,94
<i>Total grovfôrkostnad, kr/MJ</i>	0,34	0,41	0,51	0,41	0,46
<i>Total grovfôrkostnad, kr/daa</i>	1842	1830	2522	3127	2945

Tabell 8 viser en oversikt over effekten av timebruk i grovfôrproduksjonen forutsatt normal lønn for en industriarbeider på 269 kroner per time. Det er tatt utgangspunkt i 1,2 timer per dekar gjennom grovfôrsesongen. Tabellen viser også en sensitivitetsvurdering for hvordan timeforbruket påvirker grovfôrkostnaden. Gård 4 har lavest effekt av endret timebruk, mens Gård 2 har høyest effekt.

Tabell 8: Viser effekten på grovførkostnad per kg TS av endret effektivitet i grovførproduksjonen knytta til timebruk per dekar, forutsatt timelønn 269 kroner per time.

Timer/Daa	Gård 1	Gård 2	Gård 3	Gård 4	Gård 5
0,80	0,25	0,32	0,28	0,19	0,21
1,00	0,32	0,40	0,35	0,23	0,27
1,20	0,38	0,48	0,42	0,28	0,32
1,40	0,44	0,56	0,48	0,33	0,38
1,60	0,50	0,64	0,55	0,37	0,43

Tabell 9 og 10 viser en oversikt over Mjølkefôr beregninger basert på optimeringer knyttet til reell fôring og produksjon (Tabell 9) og etter besetningsmål (Tabell 10). Tabellene viser også en oversikt over relevante variabler for regresjonsmodeller og statistiske evalueringer. For begge metodene er Mjølkefôr høyest for Gård 1 og lavest for Gård 5 både med hensyn til liter mjølk og kg EKM.

Tabell 9: Resultat av optimering basert på reell fôring og produksjon i OptiFôr.

	Gård 1	Gård 2	Gård 3	Gård 4	Gård 5
Mjølkefôr, kr/liter	2,96	2,56	2,08	2,53	1,94
Mjølkefôr, kr/kg EKM	2,69	2,36	1,92	2,28	1,86
Grovfôropptak, kg TS/dag	15,2	14,5	11,9	16,9	14,0
Kraftfôropptak, kg TS/dag	6,4	8,4	8,6	5,7	7,8
Kraftfôropptak, kg/dag	7,4	9,6	9,8	6,8	8,8
Dagsavdrått, liter	27,3	31,4	26,7	26,7	27,9
EKM, kg/dag	30,0	34,0	29,0	29,6	29,1
Mjølkepris, kr/liter	5,47	5,30	5,32	5,52	5,07
Fôreffektivitet, kg/kg	1,39	1,49	1,42	1,31	1,33
Kg kraftfôr per 100 kg EKM	24,5	28,1	34,03	23,1	30,37
Grovfôropptak, kg TS/kg EKM	0,51	0,43	0,41	0,57	0,48

Tabell 10: Resultat av optimering basert på besetningsmål i OptiFôr.

	Gard 1	Gard 2	Gard 3	Gard 4	Gard 5
Mjølkefôr, kr/liter	2,78	2,62	2,25	2,70	1,88
Mjølkefôr, kr/kg EKM	2,53	2,43	2,07	2,43	1,80
Grovfôropptak, kg TS/dag	13,8	14,6	13,3	16,4	13,8
Kraftfôropptak, kg TS/dag	10,1	10,7	10,6	5,9	9,6
Kraftfôropptak, kg/dag	11,7	12,3	12,2	6,8	10,9
Dagsavdrått, liter	30,4	33,4	33,5	27,4	31,3
EKM, kg/dag	33,5	36,2	36,3	30,4	32,7
Mjølkepris, kr/liter	5,49	5,30	5,32	5,52	5,07
Fôreffektivitet, kg/kg	1,40	1,43	1,52	1,36	1,39
Kg kraftfôr per 100 kg EKM	34,9	33,9	33,6	22,2	33,3
Råprotein i grovfôr, g/kg TS	169	172	128	180	128
Kg TS grovfôr per kg EKM	0,42	0,40	0,37	0,54	0,42

Tabell 11 viser de statistiske resultatene utført på datasettet for reell ytelse og produksjon. Alle modellene viser effekt ($P < 0,05$) av Gård 1, 2 og 5 på modellen, mens Gård 3 har effekt ($P < 0,05$) på modell 1 og 3, og Gård 4 har effekt ($P < 0,05$) på modell 2. Modell 1 viser negativ ($P < 0,05$) effekt av kg kraftfôr per 100 kg EKM på Mjølkk-fôr. Modell 2 viser negativ effekt ($P < 0,05$) av kg kraftfôr per 100 kg EKM og positiv effekt ($P < 0,05$) av fôreffektivitet på Mjølkk-fôr. Modell 3 viser positiv effekt ($P < 0,05$) av fôreffektivitet og kg TS grovfôropptak per kg EKM. Modell 3 har lavest BIC på -38,1.

Tabell 12 viser statistiske resultater basert på datasettet for besetningsmål. Modell 1 viser negativ effekt ($P < 0,05$) av kg kraftfôr per 100 kg EKM og kg TS grovfôropptak per kg EKM på Mjølkk-fôr. Modell 2 viser negativ effekt ($P < 0,05$) av kg kraftfôr per 100 kg EKM og positiv effekt ($P < 0,05$) av fôreffektivitet og gram råprotein per kg TS i grovfôret. Modell 1 har lavest BIC på -20,2.

Tabell 11: Regresjonsmodeller for beregning av mjølk-fôr ved evaluering av reell ytelse og produksjon med gård som fast effekt.

Modeller for mjølk-fôr etter reell ytelse og produksjon, gård som fast effekt									
Effekt	Modell 1			Modell 2			Modell 3		
	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
Konstantledd	3,01	0,210	<.0001	2,19	0,388	0,0005	-4,45	0,715	0,0003
Gård 1	0,60	0,052	<.0001	0,60	0,042	<.0001	0,55	0,039	<.0001
Gård 2	0,42	0,036	<.0001	0,34	0,043	<.0001	0,28	0,036	<.0001
Gård 3	0,20	0,041	0,0009	0,14	0,042	0,0089	0,13	0,032	0,0036
Gård 4	0,15	0,060	0,0376	0,19	0,052	0,0069	0,09	0,051	0,123
Gård 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kg kraftfôr per 100 kg EKM	-0,04	0,007	0,0004	-0,03	0,006	0,0004	0	0	0
Fôreffektivitet	0	0	0	0,53	0,223	0,0463	3,09	0,337	<.0001
Grovfôr per kg EKM	0	0	0	0			4,53	0,600	<.0001
BIC		-21,1			-24,8			-38,1	

Tabell 12: Regresjonsmodeller for beregning av mjølk-fôr ved evaluering av optimeringer etter besetningsmål med gård som fast effekt.

Modeller for mjølk-fôr etter besetningsmål, gård som fast effekt						
Effekt	Modell 1			Modell 2		
	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
Konstantledd	3,76	0,626	0,0003	-0,45	0,364	0,259
Gård 1	0,76	0,040	<.0001	0,37	0,086	0,0035
Gård 2	0,60	0,039	<.0001	0,18	0,094	0,1003
Gård 3	0,16	0,055	0,02	0,11	0,033	0,0116
Gård 4	0,55	0,076	<.0001	-0,08	0,138	0,5897
Gård 5	0	0	0	0	0	0
Kg kraftfôr per 100 kg EKM	-0,03	0,010	0,0152	-0,02	0,004	0,0006
Fôreffektivitet	0	0	0	1,29	0,212	0,0005
Grovfôr per kg EKM	-2,17	0,749	0,0198	0	0	0
Råprotein, g/kg TS	0	0	0	0,01	0,002	0,0027
BIC		-20,2			-19,7	

Tabell 13 viser oversikt over parameterverdiene for de tre metodene. Det er ikke signifikant forskjell mellom metodene for grovfôropptak, mjølk-fôr, kg EKM per kg kraftfôr og norskandel. For kraftfôropptak er det påvist forskjell mellom metode 1 og 3 ($P < 0,005$) og metode 2 og 3 ($P < 0,003$). Dags EKM var lik mellom metode 1 og 2, men signifikant forskjellig fra metode 3 ($P < 0,001$).

Tabell 13: Oversikt over gjennomsnittlig fôropptak, mjølk-fôr, dags EKM og norskandel for de ulike optimeringsmetodene og om det er signifikant forskjell mellom metoder.

Statistisk beregning av grovfôropptak og mjølk-fôr mellom optimeringsmetoder						
	Metode			1 vs 2	1 vs 3	2 vs 3
	1	2	3	P-verdi	P-verdi	P-verdi
Grovfôropptak, kg ts	14,89	14,51	14,39	0,5283604	0,3219983	0,8293026
Kraftfôropptak, kg	8,40	8,49	10,76	0,8892535	0,0049874	0,0025295
Mjølk-fôr, kr/kg EKM	2,26	2,22	2,25	0,7536525	0,948337	0,7898817
Dags EKM, kg	30,35	30,35	33,82	1	0,0003674	0,0003674
Kg EKM per kg kraftfôr	3,81	3,65	3,30	0,5977082	0,1466038	0,215873
Norskandel, %	89,2	86,0	88,1	0,1895069	0,7032144	0,4254755

Metode 1=Optimering basert på reell ytelse; Metode 2=Optimering basert på reell fôring og ytelse; Metode 3=Optimering basert på besetningsmål.

5 Diskusjon

5.1 Grovfôravling

Studien viser stor variasjon i avlingsmengde mellom de fem gårdene. Gård 1 og 3 har som forventet lav avling per dekar sammenlignet med Gård 4 og 5 som ligger i vesentlig varmere temperatursoner. Sesongmessig skiller det 400-500 døgngader, noe som tilsvarer en varmesum til å kunne ta en ekstra slått, eller oppnå større avlingsmengde på et senere utviklingsstadium (Kval-Engstad, 2017; Mo, 2005). Ettersom alle gårdene produserer grovfôr med jevn OMD er det tenkelig at de alle har slått på tilnærmet samme utviklingsstadium da morfologisk utviklingstrinn er sterkt knyttet til fordøyelighet av grasplanten (Fahey et al., 1994). Gård 4 benytter et rent fire-slåttssystem og det gjenspeiles i en høyere OMD.

Gård 2 skiller seg negativt ut når det gjelder avlingsmengde, til tross for at gården befinner seg i temperaturmessig lik sone som Gård 4 og 5. Avlingen er henholdsvis 42 og 33 prosent lavere per dekar. En årsak kan være kortere vekstsesong og hardere vinter sammenlignet med Gård 4 og 5. Gård 4 ligger i Sør-Rogaland og har lengst vekstsesong, Gård 5 ligger i Nord-Rogaland med litt kortere, men mer intensiv vekstsesong. Gras, spesielt timotei som utgjør en stor del av plantebestanden i produktiv eng i Norge, trives best ved lavere temperaturer rundt 17 °C (Bertrand et al., 2008). Soner med høye sommertemperaturer (Gård 2) medfører varmestress og dermed en reduksjon av TS-avling og OMD i graset. Dette kan også forklare noe av forskjellene i avling mellom Gård 4 og Gård 5. Varme perioder i vekstsesongen henger ofte sammen med mindre nedbør. Tabell 1 viser at det er betydelig mindre nedbør på Gård 1,2 og 3 enn på Gård 4 og 5. Tørkestress har negativ innvirkning på avlingen, men avhenger også av hvilke grasarter enga består av (Hay & Porter, 2006).

Gjødslingsstyrke er en av de viktigste begrensende faktorene for plantevekst, etter stråling fra sola (Hay & Porter, 2006). Det var et tydelig avvik mellom faktisk avling og avlingsmål i gjødselplanen. Nitrogen har størst effekt på plantevekst, og det er tydelig at økt mengde tilført nitrogen, henger tett sammen med avlingsmengde. Alle gårdene ligger mellom 25 og 28 gram N per kg tørrstoffavling, som stemmer overens med modeller utviklet av Volden (2021b) som viser størst marginalutbytte på avling ved gjødsling opp til 28 gram N per kg TS. Gjødselplan for Gård 1 og 3 beregner henholdsvis 34 og 32 gram N per kg TS, mens gjødselplan for Gård 5 beregner 23 gram nitrogen per kg TS. Det kan tenkes at dette er gjort med ønske om økt avling eller innsparing av gjødselutgifter. Differansen mellom gjødselbalansen i gjødselplanene og gjødselbalanse mellom tilført N og faktisk avling vitner om at gjødselplanene ikke er blitt fulgt

og/eller utarbeidet med riktige måltall for avling. Den klare sammenhengen mellom N-gjødsling og avlingsmengde tilsier at mer bevissthet rundt avlingspotensial ville gitt riktigere og mer troverdige gjødselplaner som faktisk ville blitt fulgt.

Foruten nitrogen er fosfor, kalium og svovel viktige makronæringsstoffer som bør tilføres jorda for å oppnå balanse mellom næring tilført jorda og næring hentet ut i avling. Gjødselnormene tilsier lineær økning av fosfor og kalium med henholdsvis 0,3 kg og 1,5 kg per daa per 100 FEM avlingsendring (NIBIO, 2023), tilsvarende 707,5 MJ NEI20. Det er kun Gård 1 som oppfyller behovet for fosfor og kalium, mens Gård 3 og Gård 5 kun oppfyller kravet for kalium. Ettersom alle gårdene har fått respons på det nitrogenet som er tilført, er det nærliggende å tro at normer for kalium og fosfor ikke er like avgjørende som for nitrogen. Svovelbalanse er ikke kalkulert da det ikke inngår i CropPlan og Eana Skifte. Det er likevel vesentlig å tilføre nok svovel til planten med tanke på vekst og proteindannelse (Pedersen et al., 1998).

Det var stor variasjon i innhold av råprotein i grovfôret mellom brukene. Fôrprøver på samlet avlingsvurdering viser høyest innhold av råprotein hos Gård 2 mens Gård 5 har lavest. Samlet avlingsnivå gir en god pekepinn på grovfôrtilstanden hos gårdene, men hva som faktisk kommer frem til fôrbrettet er også viktig. Det er tydelig skille i innhold av råprotein i grovfôret mellom Gård 3 og 5 som ligger lavere enn Gård 1, 2 og 4. Gård 4 har høyest innhold av råprotein i grovfôret til tross for å ha gjødslet minst mengde N per kg tørrstoffavling. Forskning viser at økt nitrogengjødsling har positiv innvirkning på nitrogeneffektiviteten, og derav på proteininnholdet i grovfôr (Cardenas et al., 2019; Eikeland, 1996). Så synes ikke å være tilfellet i denne studien. Derimot virker det å være avgjørende for det høye innholdet av protein at Gård 4 benytter fire slåtter og har bladgrasdominert sammensetning av enga. For Gård 3 og 5 er det vanskelig å se noen klar årsak til redusert innhold av råprotein. Sent høstetidspunkt og undergjødning kan være to forklarende årsaker.

Det er energi- og næringskonsentrasjonen som gir grovfôret fôringsmessig verdi. Basert på fôranalysene og totalavlingen er det Gård 2 og 4 som oppnår høyest energikonsentrasjon i grovfôret og har såleis det beste utgangspunktet for lavere bruk av kraftfôr. Sammenligning med fôrbrettprøvene viser store avvik mellom fôrprøver av totalavling og av fôr på fôrbrettet. Gård 1 og 4 fôrer betraktelig bedre grovfôr enn hva som kommer frem av fôrprøvene, mens Gård 2, 3 og 5 fôrer med dårligere grovfôr enn fôrprøvene tilsier. Dette fremhever viktigheten av representativ fôrprøvetaking med hensyn til variasjonen man observerer i egen grovfôrdyrking, og for å kunne fordele grovfôret optimalt gjennom fôrings sesongen.

Resultatene viser at det er viktig med mange fôrprøver gjennom hele fôringssesongen for å kunne optimalisere fôringa.

5.2 Mjølkeproduksjon

Dagsavdrått er blant de viktigste nøkkeltallene knyttet til mjølkeproduksjon, og det er stor variasjon mellom gårdene. Gård 2 har høyest dagsavdrått både hva gjelder liter mjølk og kg EKM, mens Gård 4 har lavest for begge nøkkeltall. Substrat for syntese av laktose og mjølkeprotein er de viktigste mjølkedrivende faktorene, og rasjoner bestående av høye mengder stivelse og råprotein skal i så måte kunne ha en mjølkedrivende effekt (Clark & Davis, 1980). Gård 2 har vesentlig høyere kraftfôrrasjon per ku per dag enn Gård 4, noe som kan forklare den relativt høyere mjølkemengden. På den andre siden har Gård 3 høyere kraftfôrrasjon per ku per dag enn Gård 2, men mye lavere dagsavdrått til tross for at besetningen også ligger tidligere i laktasjonen. Kua har et daglig energibehov som i stor grad bestemmes av produksjonsintensitet, vedlikeholdsbehov, miljøeffekter, vektendring og fosterproduksjon (Strudsholmen & Sejrsen, 2003). Ved høy ytelse krever kua mer energi og protein til produksjon, altså må totalrasjonen inneholde nok energi og protein til å oppnå energi- og næringsbalanse. Det kan tenkes at den økte kraftfôrmengden ikke sørger for tilstrekkelig energi- og proteindekning forutsatt det kvalitetsmessig dårligere grovfôret til Gård 3 sammenlignet med Gård 2, og at dette gir utslag på mjølkeproduksjonen. Gård 1 og 5 har tilnærmet lik dagsytelse i liter, men ulike EKM i favør Gård 1. Gård 5 benytter mer kraftfôr per ku per dag og burde derfor kunne oppnå høyere ytelse enn Gård 1. Grovfôr kvalitet virker å være avgjørende da økt energidekning fra grovfôr muliggjør mindre andel kraftfôr i rasjonen (Alvarez et al., 2022).

Det stofflige innholdet i mjølka bestemmer EKM og dermed energibehovet til mjølkeproduksjonen (Volden, 2011). Gård 1, 2 og 5 har henholdsvis 2,9, 2,6 og 2,8 kg mer EKM per dag enn liter mjølk, mens Gård 3 og 5 har henholdsvis 2,2 og 1,2 kg mer EKM enn liter mjølk. EKM gir uttrykk for fett-, protein- og laktosekonsentrasjonen i mjølka, hvor fett og protein med dagens betalingssystem er vesentlige bidragsyttere til mjølkeprisen. I så måte er det gunstig å ha høy positiv differanse mellom liter mjølk og kg EKM.

Høy mjølkepris gir grunnlag for økte inntekter, og basert på dagens betalingssystem er det store forskjeller mellom gårdene. Gård 4 har høyest mjølkepris med 5,59 kr/liter, mens Gård 5 har lavest mjølkepris med 5,05 kr/liter. Gård 1 får 5,47 kr/liter, mens Gård 2 og 3 får henholdsvis 5,33 og 5,32 kr/liter. Denne differansen skyldes forskjell i tørrstoffinnhold i mjølka hvor Gård

4 produserer mjølk med 4,79% fett og 3,55% protein, mens Gård 5 produserer mjølk med 4,28% fett og 3,41% protein. Dette gir store utslag på mjølkeinntektene.

Konsentrasjonen av fett og protein i mjølk kan i stor grad relateres til fôring, hvor økt energitilførsel i form av korn øker mikrobiell proteinsyntese og propionat:acetat forholdet i vom (Latham et al., 1974). Økt andel aminosyrer og propionat i forhold til acetat og langkjedede fettsyrer gir høyere laktose- og proteinsyntese relativt til fettsyntese, derav høyere ytelse og lavere konsentrasjon av mjølkefett mens proteinkonsentrasjonen holder seg relativt stabil. Sutton (1989) påpeker dog at mjølkefett i større grad holder seg stabilt ved høyere kraftfôrtildeling i rasjoner med godt grovfôr. Dette kan forklare forskjellen mellom gårdene, hvor Gård 1 og 4 har høyest fettprosent sammen med høyt grovfôropptak og lavt kraftfôropptak mens Gård 5 har lavest fettprosent med lavt grovfôropptak og høyt kraftfôropptak. Forskjellene mellom Gård 2 og 3 er mer utfordrende å forklare da høyt grovfôropptak og lavere kraftfôropptak skulle resultert i høyere fettprosent hos Gård 2. En forklaring kan være at lav proteinkonsentrasjon eller fett:protein ratio i mjølk indikerer negativ energibalanse (Grieve et al., 1986) og at kyrne i motsatt tilfelle, med høy proteinkonsentrasjon, har tilstrekkelig overskudd av energi til økt mjølkeproduksjon og dermed får en uttynningseffekt på mjølkefettet. Gård 2 benytter også grøntfôr i fôrmixen, slik at litt mjølke drivende stivelse kommer fra grovfôret. Sukker i rasjonen er også knyttet til fett i mjølk. Sukker brytes ned til butyrat i vom som blir absorbert som β -hydroxybutyrat som inngår som de første karbonene i *de novo* fettsyntese (Bauman & Griinari, 2003). Gård 3 har høyere sukkerinnhold i grovfôret enn Gård 2, en mulig årsak til den høyere fettprosenten. Like fullt skulle ikke effekten av sukker i grovfôret være like stor som effekten av grovfôropptak da acetat kvantitativt utgjør størstedelen av kortkjedede fettsyrer i vom (Sutton et al., 2003). Laktasjonsstadium er også en viktig faktor for mjølkefett, mye grunnet mindre mjølke drivende rasjonstilpasninger (Stoop et al., 2009). Kyr i tidlig laktasjon har ofte et høyere kraftfôr:grovfôr forhold enn kyr i senlaktasjon som fører til økt uttynning av mjølkefett i tidlig laktasjon sammenlignet med i senlaktasjon.

Kg kraftfôr per 100 kg EKM er det nøkkeltallet som kanskje best reflekterer mjølkeproduksjon, kraftfôrforbruk og grovfôr kvalitet. Grunnet stor forskjell i laktasjonsstadium er det ikke belegg for å sammenligne Gård 4 med øvrige gårder. Gård 1 ligger lavest på 24,4 kg kraftfôr per 100 kg EKM mens Gård 3 ligger høyest på 33,2 kg kraftfôr per 100 kg EKM, dette til tross for at Gård 1 produserer mer mjølk både med hensyn til liter og EKM enn Gård 3. Det finnes ikke noe fasitsvar på hva som er optimalt kraftfôrnivå per 100 kg EKM, men det sier noe om viktigheten av å se det store bildet med tanke på besetningsmateriale og management i fjøset,

så vel som fôringsrelaterte tiltak. Med økte kostnader er det nærliggende å tro at det er lønnsomt med et lavt kraftfôrforbruk per 100 kg EKM. Tall fra årsrapportene bekrefter langt på vei samme mønster i kg kraftfôr per 100 kg EKM som perioderapportene.

5.3 Grovfôrkostnad

Det ble funnet stor variasjon i grovfôrkostnad mellom gårdene. Grovfôrkostnad per kg TS varierte fra 2,16 kroner hos Gård 1 til 3,25 kroner hos Gård 3, altså en vesentlig forskjell med tanke på at grovfôret utgjør størsteparten av rasjonen til mjølkekyr. Totalkostnaden knytta til grovfôrproduksjon varierer stort mellom bruka og spanner fra 1830 til 3127 kroner per dekar. Til tross for at oppgaven bare favner om fem bruk, er det grunn til å tro at de fleste mjølkebruk i Norge ligger innenfor denne variasjonen noe som også er bekreftet fra prosjektet Grovfôr 2020 (Lang-Ree, 2020).

Tradisjonelt har grovfôrkostnad vært oppgitt i kroner per kg TS som skal reflektere hva grovfôret koster for bonden å produsere. Forskning viser derimot at grovfôret ikke kan vurderes som samme vare mellom gårder og innen gård da næringsverdien varierer stort (Bakken & Steinshamn, 2022). Med så høye kostnader som er tilfellet for grovfôrproduksjonen vil det i større grad være korrekt å gi grovfôret en verdi. Økt energikonsentrasjon i grovfôret lønner seg både ved økning av avdråten og ved opprettholdelse av eksisterende avdrått, men med redusert kraftfôrmengde (Volden, 2021a). Av den grunn er grovfôret også oppgitt i kroner per MJ NEI20.

Det er utfordrende å påpeke nøyaktig hva som har størst innflytelse på grovfôrprisen da det er store driftsmessige forskjeller mellom gårder, men å ha et bevisst forhold til kostnader framstår som sentralt. Gård 2 har høyest faste kostnader per kg TS, mens Gård 1 har lavest faste kostnader per kg TS. Høye faste kostnader relateres til stor selveid maskinpark, hvor mange og nye maskiner og redskaper vil ha en negativ effekt på økonomien i form av høy kapital- og forsikringskostnad, samt eventuell leasingkostnad. Bevissthet rundt det maskinelle behovet i egen grovfôrdyrking er essensielt for å minimere unødvendige faste kostnader. Samtidig er det viktig å understreke at selveid maskinpark gir fleksibilitet i kritiske perioder av vekstsesongen hvor det kan oppstå knapphet med tid og tilgang på innleid arbeidskraft. De dyreste maskinene er ofte knyttet til nettopp disse periodene, eksempelvis rundballepresser, gjødselhånderingsredskaper eller selvgående finsnittere som benyttes få timer per sesong. En grundig gjennomgang av behov og eventuelle muligheter for sameie bør vurderes før innleid hjelp velges. Innleid hjelp regnes som en produksjonsavhengig, altså variabel kostnad i

grovfôrproduksjonen, og vil stige ved økt antall slåtter eller andre vesentlige endringer i produksjonen. Selveid utstyr vil bli relativt billigere ved økt intensivitet. Utfordringen rundt den økonomiske gevinsten av selveie kontra leie, er de mange ikke-økonomiske faktorene som spiller inn. Hansen (2020) fant at økt effektivitet som følge av høye og kvalitetsmessig gode avlinger sammen med få traktortimer var positivt for økonomi og klimagassutslipp. Kvalitet på arbeidet, fleksibilitet, effektivitet og andre forhold er trolig vel så avgjørende som den isolerte kostnaden av utstyret.

Avlingsnivå er svært utslagsgivende ved beregning av grovfôrkostnaden per kg TS. Hvor store avlinger som kan oppnås avgjøres både av geografiske og dyrkningstekniske faktorer, hvor de dyrkningstekniske faktorene er sterkt knyttet til kostnader. Variable kostnader som såfrø, kalk og mineralgjødning er avgjørende for å oppnå høye avlinger, og det er verdt å påpeke at Gård 4 til tross for høye utgifter knyttet til kalk og mineralgjødning, ender på en vesentlig billigere grovfôrkostnad enn Gård 3 og 5 som har betydelig lavere gjødselkostnad. Dette indikerer at å tilføre jorda de innsatsfaktorer som kreves for optimal avling lønner seg om man ser på det store bildet.

Avlingsmengder kan uttrykkes som bruttoavling og nettoavling, hvor differansen mellom brutto og netto utgjør tapt avling fra stående plantemasse på jordet til fôret som faktisk går med til produksjon (Bakken & Steinshamn, 2022). Stor differanse mellom brutto og nettoavling gir en relativt større feilmargin knyttet kalkulert grovfôrkostnad, da avlingsregistreringer ikke samsvarer med hva som faktisk går med til produksjon. Grovfôrkostnad på registrert avling vil altså øke ved tap etter avlingsregistrering som ligger til grunn for kalkulasjonen. Randby et al. (2015) påpeker at man kan regne med et totalt avlingstap på opp mot 25 prosent av tørrstoffet i grasen ved slått, en betydelig mengde med tanke på total grovfôrkostnad og de investeringer som gårdbrukerne legger inn i grovfôrproduksjonen.

Tap knyttet til høsting utgjør en betydelig del av totalt tørrstofftap, hvor åndingstap, utvasking og drysstap er de mest betydelige postene (Randby et al., 2015). Åndingstapet knyttes til at plantecellene benytter lettløselige karbohydrater som næring frem til de dør som følge av mangel på næringstilgang eller økt tørrstoffprosent i grasmassen (McGechan, 1989), og kan under norske forhold variere fra 2 prosent ved rask fortørking til 5 prosent ved fuktig vær og høye temperaturer (Randby et al., 2015). Alle gårdene utenom Gård 3 ligger over 32 prosent TS i grovfôret på fôrbrettet (Tabell 3). Gård 3 ligger på 28-29 prosent TS som kan gi større åndingstap. Innholdet av sukker er dog over 35 gram per kg TS for alle bruk, som indikerer at det i liten grad har skjedd store åndingstap. Utvaskingstap er vanskelig å beregne da detaljert

kunnskap om forhold før, under og etter slått kreves for å kunne gjøre et estimat, men Randby et al. (2015) understreker at tapsposten sjelden overskrider 3 prosent. Drysstap varierer stort mellom slåtter og kan i stor grad knyttes til tap av fortørka bladrikt materiale som brekkes av og smuldrer ved spredning, strengvending, raking og oppsamling (Randby et al., 2015). Ved rundballepressing har det blitt målt tap ned i 2 prosent, mens i sterkt fortørka gras har totalt mekanisk tap kommet opp i hele 15 prosent. For Gård 1-4 er det i så fall nærliggende å tro at mekanisk tap er lite og relativt likt, mens det nok kan knyttes større tap til Gård 5 som finsnitter og legger i silo.

Lagring og konservering av fôret utgjør en relativt liten del av totalkostnaden og er relativt jevn for alle gårdene. Unntaket er Gård 5 som legger en vesentlig del av avlinga i plansilo og i så måte har lavere kostnader knyttet til emballasje. Emballasje- og konserveringskostnaden har kanskje ikke den største effekten på total grovfôrkostnad, men er kanskje en av de viktigste kostnadene med tanke på å bevare avlinga. Forsøk under norske forhold av Steinshamn (2015) viser 12 prosent tap ved ensilering mens Randby og Bakken (2021) fant 7 prosent avlingstap med rundball og 17 prosent tap i plansilo. Gård 1 har i så fall et lagrings- og ensileringstap på omtrent 49396 kroner mens Gård 4 har et tap på omtrent 109897 kroner. Gård 5 vil ha et lagrings- og ensileringstap på omtrent 228264 kroner, til tross for lavere totalkostnad. Dette er gitt at all avling ble lagt i plansilo, hvilket ikke stemmer da det også ble presset rundball på en del skifter. Ettersom Gård 5 sparer omtrent 80000 i konserveringsmidler og emballasje mot de andre 4 gårdene er det nærliggende å tro at avlingstap målt mot kostnader knyttet til lagring og konservering i dette tilfellet er relativt likt mellom rundball og plansilo. Det er verdt å nevne at plansilo har et større tap av pressaft enn rundball (Randby & Bakken, 2021), som gir en utvasking av næringsstoff i fôret og i så måte reduserer næringsverdien, spesielt med tanke på protein- og sukkerinnhold, i avlinga (Randby, 1997).

En av de store utfordringene rundt grovfôrproduksjon er verdisetting av arbeidsforbruket. Ved økt antall slåtter eller andre innsatsfaktorer for bedret grovfôrproduksjon, vil det gå med flere timer. Det vil også medføre økt behov for effektivitet og derav økte investeringer eller andre alternativer som reduserer timebruk. Denne studien viser at variasjon i arbeidsforbruk har ulike innvirkning på grovfôrkostnaden. Tall fra grovfôr 2020 viser at den gjennomsnittlige gårdbrukeren bruker 1,2 timer per dekar engareal (Lang-Ree, 2020). For Gård 4 vil det basert på avlingsåret 2022 utgjøre 0,28 kroner per kg TS, mens det for Gård 2 vil utgjøre 0,48 kroner per kg TS. Denne kostnaden reflekterer effektiviteten i grovfôrproduksjonen på en god måte, da den både tar hensyn til areal, tørrstoffavling og timeforbruk. Det er tydelig at effektiv

grovfôrproduksjon med høye avlinger på så lite areal som mulig er mest lønnsomt, og at effektivisering av arbeidsoppgaver kan ha et heldig utslag på grovfôrøkonomien.

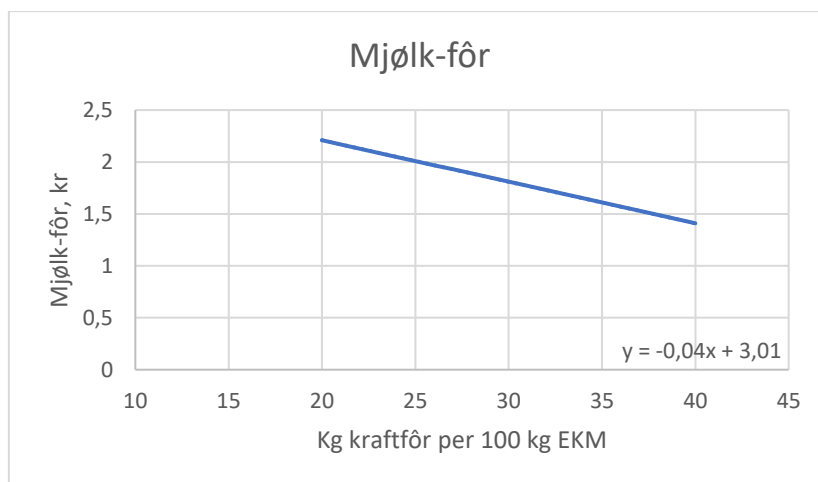
5.4 Mjølke-Fôr

Det var store forskjeller i mjølke-fôr mellom gårdene. Gård 1 kommer best ut med 2,96 kr/liter mjølk, mens Gård 5 kommer dårligst ut med 1,94 kr/liter mjølk produsert. Selv om kvotesystemet i Norge gjelder for mjølkeliteren, er EKM et bedre mål på hva bonden faktisk får betalt for med tanke på TS i mjølka. Derfor er hovedfokuset Mjølke-fôr i kroner per kg EKM produsert. Gård 1 sitter igjen med 2,69 kroner per kg EKM produsert, mens Gård 5 sitter igjen med 1,86 kroner. I det store bildet vil altså Gård 1 ha 45 prosent høyere inntekt per kg EKM produsert. I realiteten får bonden også sonetillegg og eventuelle kvalitetstilskudd eller -fratrekk på mjølkeleveransen, så disse beregningene reflekterer ikke sann inntekt, men gir et bra mål på inntekt knyttet til produksjonen. Mjølke-fôr avhenger av en rekke faktorer knyttet til management og praktisk drift, men selve beregningen er basert på konkrete, målbare kostnader. Med grovfôrkostnad og kraftfôrkostnad som de to kostnadspostene i beregningen, skulle det være naturlig å forvente høyere Mjølke-fôr ved økt grovfôrandel i rasjonen. Det er et klart mønster som tilsier at lav grovfôrkostnad gir høy Mjølke-fôr, og motsatt. Statistiske beregninger viser imidlertid at det ikke er tilfellet, spesielt når Mjølke-fôr blir uttrykt per kg EKM.

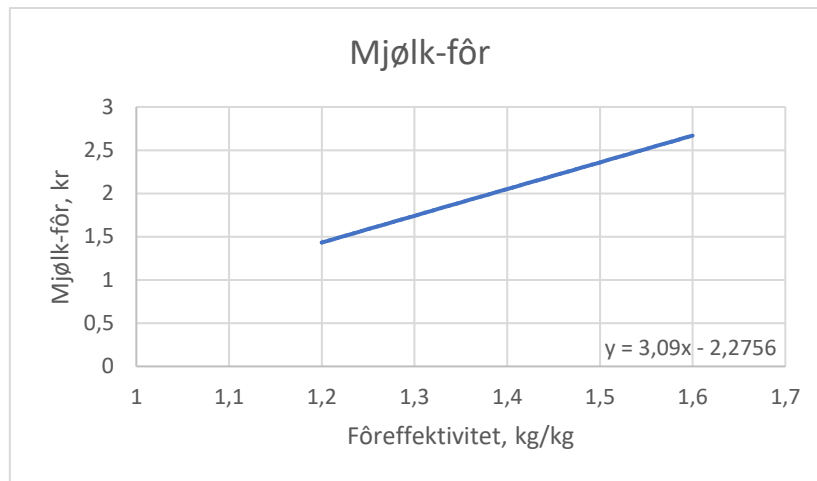
Resultater av lineær regresjon på datasett fra evaluering og optimering av reell produksjon og ytelse hos de 5 gårdene, viser signifikant effekt av kg kraftfôr per 100 kg EKM, fôreffektivitet og grovfôropptak per kg EKM. Grunnet store driftsmessige ulikheter mellom gårdene er hver gård satt som fast faktor i regresjonen. Modell 3 viser signifikant positiv effekt på Mjølke-fôr av økt fôreffektivitet og kg TS grovfôropptak per kg EKM, og er den sikreste modellen. Fôreffektivitet er et mål på effektivitet i mjølkeproduksjonen, uttrykt som produsert mjølk dividert på totalt tørrstoffopptak. Totalt tørrstoffopptak er som nevnt styrt av egenskaper ved fôret og dyret, mens mjølkeproduksjonen avhenger av dyrets evne til å omsette fôret til substrater som inngår i mjølkesyntese. Linn (2006) påpeker at fôreffektivitet påvirkes av kroppsvekt, mjølkeytelse, laktasjonsdag, ytre faktorer, genetikk, fordøyelighet av fôr, vekst og reproduksjon og næringsbalanse. Grovfôropptak per kg EKM gir uttrykk for hvor stor andel av produksjonen som kan sies å være grovfôrbasert. Økt grovfôrandel per kg EKM er ikke nødvendigvis positivt med tanke på ytelse, da statistiske beregninger på datagrunnlaget viser høyere mjølkerespons av ett kg TS kraftfôr enn ett kg TS grovfôr. Det sier derimot noe om evnen til å utnytte grovfôret til produksjon av mjølketørrstoff, som gir god betaling for mjølka. Kg kraftfôr per 100 kg EKM inngår alene i modell 1 som signifikant negativ effekt på Mjølke-

fôr. Kg kraftfôr per 100 kg EKM viste også signifikant negativ effekt i modell 2 mens i samme modell viste fôreffektivitet signifikant positiv effekt på Mjølkk-fôr. Statistiske beregninger for samme datasett viser at kg kraftfôr per 100 kg EKM i stor grad kan knyttes til grovfôropptak og fôreffektivitet. De viktigste variablene for å forklare Mjølkk-fôr ved reell produksjon er fôreffektivitet, grovfôropptak per kg EKM og kg kraftfôr per 100 kg EKM, samt grovfôropptak.

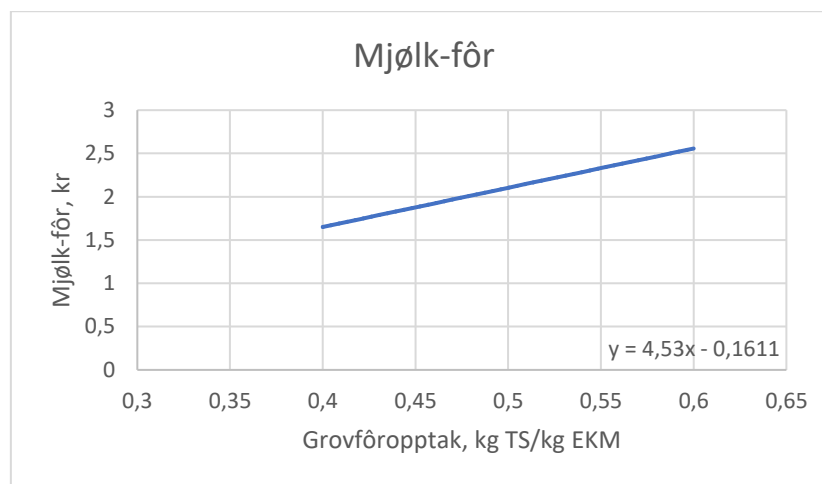
Figur 6 er basert på modell 1, og viser 4 øre nedgang i Mjølkk-fôr (per kg EKM) ved per enhet økning av kg kraftfôr per 100 kg EKM. Figur 7 og 8 er basert på modell 3. Det er lagt til grunn gjennomsnittlige verdier for gårdene for henholdsvis grovfôropptak per kg EKM og fôreffektivitet for realistiske Mjølkk-fôr-verdier. For figur 7 er grovfôropptaket satt til 0,48 kg TS/kg EKM, mens for figur 8 er fôreffektivitet satt til 1,39 kg/kg. Figur 7 viser 3,09 kroner økning av Mjølkk-fôr per enhet økt fôreffektivitet. Figur 8 viser 4,53 kroner økning av Mjølkk-fôr per kg TS økt grovfôropptak per kg EKM produsert. Kg kraftfôr per 100 kg EKM og grovfôropptak per kg EKM er direkte knyttet til det å ha bedre grovfôr-kvalitet. Det fremhever viktigheten av å først og fremst å produsere grovfôr av høy kvalitet, så billig som mulig. Fôreffektiviteten er som nevnt i større grad knyttet til økt fôrnivå og vitner om en velbalansert rasjon som gir grunnlag for effektiv mjølkeproduksjon.



Figur 6: Effekt av kg kraftfôr per 100 kg mjølk på Mjølkk-fôr.



Figur 7: Effekt av fôreffektivitet på Mjølkk-fôr.



Figur 8: Effekt av grovfôropptak per kg EKM på Mjølkk-fôr.

Lineær regresjon utført på datasett basert på optimeringer for besetningsmål gir to modeller med tilnærmet lik sikkerhet. Modell 1 viser signifikant betydning av kg kraftfôr per 100 kg EKM og grovfôropptak per kg EKM på beregning Mjølkk-fôr. Modell 2 viser signifikant betydning av kg kraftfôr per 100 kg EKM, fôreffektivitet og innhold av råprotein i grovfôret på Mjølkk-fôr. Det er rimelig å anta at alle fire variabler har signifikant innvirkning på Mjølkk-fôr. I motsetning til regresjon utført på data for reell fôring og ytelse, viser modell 1 signifikant negativ effekt av økt grovfôropptak per kg EKM, og modell 2 signifikant positiv betydning av innhold av råprotein i grovfôret. Det er interessant at grovfôret virker å ha negativ effekt på Mjølkk-fôr ved økt ytelse. Som nevnt tidligere er mjølkeresponsen av 1 kg TS kraftfôr høyere enn for 1 kg TS grovfôr, og det kan tenkes at det gjør seg gjeldende i større grad ved høye ytelser. Jo høyere ytelse i besetningen, jo viktigere er optimal utnyttelse av fordøyelseskinetikken til drøvtyggeren. Økt kraftfôrandel vil som følge av substitusjon medføre høyere totalt fôropptak og videre økt produksjon. Strudsholmen og Sejrsen (2003) viser

imidlertid at økt fôrnivå har negativ effekt på fôreffektivitet, så det må tas en avveining av hvorvidt det er en lønnsom utvikling. Den positive påvirkningen av innhold av råprotein i grovfôret er særlig spennende. Økt innhold av råprotein i grovfôret åpner for mindre importert protein i kraftfôr og er således positivt både for selvforsyning og økonomi.

Det er ikke signifikant forskjell mellom de tre optimeringsmetodene med tanke på grovfôropptak, Mjølkk-fôr, kg EKM per kg kraftfôr eller norskandel. Dette vitner om at det ikke er særlig rom for økt grovfôropptak hos gårdbrukerne gitt den oppnådd grovfôrkvalitet, og at Mjølkk-fôr er relativt stabilt så lenge rasjonen er balansert etter målavdrått. Gårdbrukerne virker også å treffe godt på faktisk fôret kraftfôrmengde målt mot optimal kraftfôrtildeling ved lik ytelse. Norskandelen er kvantitativt høyere for metode 1 og 3 som indikerer at reell fôring nok kunne vært basert på mer norskprodusert fôr. Det er imidlertid signifikant høyere kraftfôropptak og dags EKM for metode 3 sammenlignet med metode 1 og 2. Gårdene kan i gjennomsnitt øke kraftfôrmengden med 2,27 kg per ku per dag og få en mjølkerespons på 3,47 kg EKM per dag, med tilnærmet samme forventede mjølkk-fôr-inntekt per kg EKM produsert. Det er rimelig å anta at det er rom for økt norskandel i totalrasjonen både for reell fôring og økt ytelse.

5.5 Metode

Det er benyttet en kompleks og omfattende metode for innsamling av data som kan skape usikkerhet rundt de resultatene som er funnet. Enkelte registreringer eller kalkulasjoner er metodisk krevende, da målet om så riktige registreringer som mulig var viktigere enn metoden i seg selv. Det er derfor akseptert skjønnsmessige vurderinger av bonden for optimale resultater. Eksempelvis ved endring av gjødselmengder mot gjødselplan. Det er antatt at bonden har fulgt gjødselplan med mindre annet er oppgitt. For Gård 5 ble avlingsmengde vurdert som underestimert for tredjelslått og oppjustert etter vurderinger av bonden. Fôrbrettprøvene er utført av bonden selv og fordrer at det er tatt så representative prøver som mulig. Basert på analyseneresultatene tyder mye på at prøvene er representative da det ikke er store uventede avvik.

Metode for beregning av kostnader er i stor grad begrenset til klare forutsetninger for å minimere mulige beregningsfeil. Grovfôrkostnad er beregnet i fellesskap med hver enkelt bonde for å minimere feilberegninger og å oppnå et realistisk beløp for hver kostnadspost for 2022. Beregninger og vurderinger er foretatt av samme person som reduserer mulighetene for tilfeldige feil og styrker kvaliteten på dataene. Den mest skjønnsmessige kostnadsposten for beregning av grovfôrkostnad er kapitalkostnader knyttet til kjøretøy og redskaper. Først og fremst er renteutgifter satt til henholdsvis 3 og 5 prosent for traktor og redskaper som nok er litt

lavt. Skjønsmessige vurderinger med bakgrunn i store rentesvingninger, sammen med variasjon på opptil 50 års eiertid for traktorer og redskaper, tilsier at disse prosentene er passende. Det kan også knyttes usikkerhet til vurdering av nåverdi av traktorer og redskaper grunnet de store prissvingningene de siste årene. Observasjoner gjort i bruktmarkedet viser at mange traktorer er mer verdt i dag enn nypris for 30 år siden. Det fører ved lineær beregning av kapitalkostnad til negativ kostnad, altså inntekt, av gamle traktorer. For å oppnå en kapitalkostnad uavhengig av prissvingninger ble alle nypriser og kjøpspriser justert for inflasjon gjennom eierperioden. På den måten vil alle kjøp bli vurdert ut fra reell kroneverdi på kjøpstidspunkt og dermed gi kapitalkostnad beregnet på likere grunnlag.

Beregning av kraftfôrkostnad ble gjort ved vektning av rasjon oppgitt i gjeldende fôrplan mot rett laktasjonsdag og avdrått. Prisene brukt i beregningene avviker antakeligvis litt fra reell pris da priser i TINE OptiFôr ikke tar høyde for kvantumsrabatt og andre påløpte kostnader. Alle gårdene er imidlertid vurdert på likt grunnlag, så det er nærliggende å anta at avviket fra reell pris ikke gir store utslag mellom gårder.

Forsøksdesign for evaluering av grovfôrutnyttelsen på gårdene gir et godt overblikk over nåværende utnyttelse og eventuelt potensial for bedret utnyttelse av grovfôret gitt hver gård sin produksjon, men designet byr også på enkelte utfordringer. Optimeringene for reell ytelse og reell fôring og ytelse er greie da de gir uttrykk for grovfôrutnyttelsen basert på samme produksjonsmessige forutsetninger. Optimeringene etter besetningsmål tar derimot for seg målytelser som allerede var registrert i TINE OptiFôr. Dette gir riktignok uttrykk for hvorvidt det er potensial for endret fôring for optimal utnyttelse av grovfôr tilpasset den enkelte gård sitt behov. Det ville derimot kanskje vært mer gunstig og utformet besetningsmål som en fast prosent økt ytelse for å i større grad kunne relatere modellene til en konkret effekt i forsøksdesignet, eksempelvis hvordan Mjølkefôr ville blitt påvirket ved 20 prosent økning av dagsavdrått.

Mjølkeprisen er beregnet basert på basispris og fett- og proteintillegg, og avviker fra reell pris som også tar høyde for sonetilskudd og eventuelle kvalitetstrekk. Ettersom oppgaven har som mål å sammenligne gårder basert på utnyttelse av grovfôret, ville stedspesifikke tilskudd og kvalitetstrekk gi mjølkeinntekter på annet grunnlag enn hva oppgaven omfatter. Etter optimering og statistiske vurderinger ble det oppdaget 10 øre lavere basispris enn realiteten. Ettersom mjølkeinntektene ved økning av basispris med 10 øre relativt sett ville blitt like, ble det besluttet å ikke kjøre nye optimeringer og statistiske vurderinger da resultatene ville blitt identiske.

6 Konklusjon

Den store forskjellen i Mjølkefôr mellom gårdene tyder på at det er rom for å optimalisere drifta for økt lønnsomhet ved økte mjølkeinntekter eller reduserte fôrkostnader. Reduksjon av kg kraftfôr per 100 kg EKM, økt fôreffektivitet, økt grovfôropptak per kg EKM og økt innhold av råprotein i grovfôr er alle faktorer som er påvist å ha positiv innflytelse på Mjølkefôr. Grovfôrkostnaden, mest påvirket av de variable kostnadene, virker også å ha innflytelse på Mjølkefôr. Kutt i kostnader knyttet til mineralgjødsel, såfrø, kalk, konserveringsmiddel og emballasje er ikke tilrådelig da de er såpass avgjørende for å oppnå høy avlingsmengde og effektivitet, og for bevaring av høstet avling. Det kan derimot være lønnsomt med i leiekostnader. Resultatene viser at bøndene i denne studien evner å utnytte grovfôret på en god måte økonomisk og fôringsmessig. Det er også rom for økt ytelse med økt kraftfôrforbruk og høyere norskandel i rasjonen, uten særlig nedgang i lønnsomhet. Innholdet av råprotein i grovfôret er i så fall essensielt for å redusere importert råprotein i rasjonen, sammen med høyt grovfôropptak som fordrer høy OMD i grovfôret.

7 Referanser

- Alvarez, C., Nielsen, N. I., Weisbjerg, M. R., Volden, H., Eknaes, M. & Prestlokken, E. (2022). High-digestible silages allow low concentrate supply without affecting milk production or methane emissions. *Journal of Dairy Science*, 105 (4): 3633-3647. doi: 10.3168/jds.2021-21479.
- Andersen, Å. F. & Kval-Engstad, O. (2010). Fôrdyrking for fullfôr Berre vanleg eng? *BUSKAP*, 3: 20-22.
- Armentano, L., Bertics, S. & Riesterer, J. (1993). Lack of response to addition of degradable protein to a low protein diet fed to midlactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 76 (12): 3755-3762.
- Bakken, A. K., Nesheim, L., Harbo, O., Johnsen, A. & Wikmark, T. (2005). Potensial for dyrking av fôrmais i Noreg. *Grønn kunnskap*, 9 (106).
- Bakken, A. K. & Steinshamn, H. (2022). Grovfôravlenger i Norge - En gjennomgang av datakilder. *NIBIO RAPPORT*, 8 (91).
- Ball, D., Collins, M., Laceyfield, G., Martin, N., Mertens, D., Olson, K., Putnam, D., Undersander, D. & Wolf, M. (2001). *Understanding forage quality*: American Farm Bureau Federation Publication.
- Bank, N. (2022). *Priskalkulator*: Norges Bank. Tilgjengelig fra: <https://www.norges-bank.no/tema/Statistikk/Priskalkulator/> (lest 06.02.2023).
- Barber, S. & Silberbush, M. (1984). Plant root morphology and nutrient uptake. *Roots, nutrient and water influx, and plant growth*, 49: 65-87.
- Bauman, D. E. & Griinari, J. M. (2003). Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annual Review of Nutrition*, 23: 203-227. doi: 10.1146/annurev.nutr.23.011702.073408.
- Bertrand, A., Tremblay, G. F., Pelletier, S., Castonguay, Y. & Bélanger, G. (2008). Yield and nutritive value of timothy as affected by temperature, photoperiod and time of harvest. *Grass and Forage Science*, 63 (4): 421-432. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2008.00649.x>.
- Bratberg, E. (2022). *Gjødsel*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/gj%C3%B8dsel> (lest 14.02.2023).
- Broderick, G. (2003). Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 86 (4): 1370-1381.
- Brodshaug, E., Skjold, A. V., Farstad, B., Schei, I., Øksendal, H., Volden, H. & Klette, P. (2022). Rom for mer grasprotein til drøvtyggerne våre. *Buskap* (2): 48-51.
- Calsamiglia, S., Cardozo, P. W., Ferret, A. & Bach, A. (2008). Changes in rumen microbial fermentation are due to a combined effect of type of diet and pH. *Journal of Animal Science*, 86 (3): 702-711. doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0146>.
- Cardenas, L. M., Bhogal, A., Chadwick, D. R., McGeough, K., Misselbrook, T., Rees, R. M., Thorman, R. E., Watson, C. J., Williams, J. R., Smith, K. A., et al. (2019). Nitrogen use efficiency and nitrous oxide emissions from five UK fertilised grasslands. *Science of the Total Environment*, 661: 696-710. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.082>.
- Clark, J. H. & Davis, C. L. (1980). Some Aspects of Feeding High Producing Dairy-Cows. *Journal of Dairy Science*, 63 (6): 873-885. doi: DOI 10.3168/jds.S0022-0302(80)83021-9.
- Eghball, B., Wienhold, B., Gilley, J. E. & Eigenberg, R. A. (2002). Mineralization of Manure Nutrients. *Journal of Soil and Water Conversation*, 57: 470-473.
- Eikeland, A. (1996). *Virkning av nitrogengjødsling, høstetidspunkt og konserveringsmetode på proteinverdien av timotei*. Master: Norges Landbrukshøgskole.

- Fahey, G. C., Collins, M., Mertens, D. R. & Moser, L. E. (1994). *Forage Quality, Evaluation, and Utilization*. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy
- Crop Science Society of America
- Soil Science Society of America.
- Farrell, H. M., Jimenez-Flores, R., Bleck, G. T., Brown, E. M., Butler, J. E., Creamer, L. K., Hicks, C. L., Hollar, C. M., Ng-Kwai-Hang, K. F. & Swaisgood, H. E. (2004). Nomenclature of the proteins of cows' milk - Sixth revision. *Journal of Dairy Science*, 87 (6): 1641-1674. doi: DOI 10.3168/jds.S0022-0302(04)73319-6.
- Folkestad, J. A. (2017). *Kaliumtilførsel i eng på ulike jordarter*: Agropub. Tilgjengelig fra: <https://www.agropub.no/fagartikler/kaliumtilforsle-i-eng-pa-ulike-jordarter> (lest 25.04.2023).
- Grieve, D. G., Korver, S., Rijpkema, Y. S. & Hof, G. (1986). Relationship between Milk Composition and some Nutritional Parameters in Early Lactation. *Livestock Production Science*, 14 (3): 239-254. doi: [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(86\)90083-7](https://doi.org/10.1016/0301-6226(86)90083-7).
- Haferkamp, M. R. (1987). Environmental Factors Affecting Plant Productivity. *Fort Keogh Research Symposium*: 27-36.
- Hansen, B. G. (2020). Exploring the relationship between CO2 emissions from on-farm use of diesel fuel and costs associated with forage harvesting—A win-to-win situation. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A—Animal Science*, 69 (4): 210-219.
- Hay, R. & Porter, J. (2006). *The Physiology of Crop Yield*. 2 utg.: Blackwell Publishing.
- Hofman, G. & Cleemput, O. V. (2004). Soil and Plant Nitrogen.
- Höglind, M., Bakken, A. K., Jørgensen, M. & Østrem, L. (2010). Tolerance to frost and ice encasement in cultivars of timothy and perennial ryegrass during winter. *Grass and Forage Science*, 65 (4): 431-445. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00762.x>.
- Jenkins, T. C. (1993). Lipid Metabolism in the Rumen. *Journal of Dairy Science*, 76 (12): 3851-3863. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77727-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77727-9).
- Jordloven. (1999). *Forskrift om gjødslingsplanlegging*.
- Jung, H. J. (2011). Forage digestibility: the intersection of cell wall lignification and plant tissue anatomy. *International Advances in Ruminant Nutrition Research in Brazil*: 137-160.
- Jørgensen, S. (2016). Bygg eller havre i grønnfôret. *BUSKAP* (8): 76.
- Kayser, M. & Isselstein, J. (2005). Potassium cycling and losses in grassland systems: a review. *Grass and Forage Science*, 60 (3): 213-223. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2005.00478.x>.
- Kjærstad, H. (2022). *Utvikling av en gårdsspesifikk metode for bruk av værddata til optimalisering av høstetidspunkt*: Fakultet for Biovitenskap NMBU. Upublisert manuskript.
- Kval-Engstad, O. (2017). Treffer du ønska fôrkvalitet? *Buskap* (4): 48-49.
- Lang-Ree, R. (2020). Grovfôrøkonomi på fem minutter. *Buskap* (2).
- Latham, M. J., Sutton, J. D. & Sharpe, M. E. (1974). Fermentation and Microorganisms in the Rumen and the Content of Fat in the Milk of Cows Given Low Roughage Rations. *Journal of Dairy Science*, 57 (7): 803-810. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(74\)84968-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(74)84968-4).
- Linn, J. (2006). Feed efficiency: Its economic impact in lactating dairy cows. *Advances in Dairy Technology, Vol 18*, 18: 19-28.
- McDowell, M., Thom, R., Pastine, I., Frank, R. & Bernanke, B. (2012). *Principles of Economics*. 3 utg.: McGraw-Hill Education.

- McGechan, M. B. (1989). A Review of Losses Arising during Conservation of Grass Forage .1. Field Losses. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 44 (1): 1-21. doi: Doi 10.1016/S0021-8634(89)80067-8.
- McKevith, B. (2004). Nutritional aspects of cereals. *Nutrition Bulletin*, 29 (2): 111-142. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2004.00418.x>.
- Mertens, D. R. (1987). Predicting Intake and Digestibility Using Mathematical Models of Ruminal Function. *Journal of Animal Science*, 64 (5): 1548-1558. doi: <https://doi.org/10.2527/jas1987.6451548x>.
- Mo, M. (2005). *Surfôrboka*. Oslo: Landbruksforlaget.
- Mouhamad, R., Alsaede, A. & Iqbal, M. (2016). Behavior of potassium in soil: a mini review. *Chemistry International*, 2 (1): 58-69.
- NIBIO. (2017). *Fosfor*: NIBIO. Tilgjengelig fra: <https://www.nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/fosfor> (lest 14.02.2023).
- NIBIO. (2023). *6. Eng og fôrvekster*. NIBIO: NIBIO. Tilgjengelig fra: <https://www.nibio.no/tema/jord/gjodslingshandbok/gjodslingsnormer/6.eng-og-forvekster> (lest 12.05.2023).
- Nørstebø, H., Mikalsen, V. & Roalkvam, T. (2021). *Statistikksamling fra Ku- og Geitekontrollen 2021 Årsrapport fra Helsekortordningen 2021*.
- Osborn, D. F. (1980). The feeding value of grass and grass products. I: *Grass: its production and utilization*, s. 70-124. Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Palmquist, D. L. (1994). The Role of Dietary Fats in Efficiency of Ruminants. *The Journal of Nutrition*, 124: 1377-1382. doi: https://doi.org/10.1093/jn/124.suppl_8.1377S.
- Pedersen, C., Knudsen, L. & Schnug, E. (1998). Sulphur fertilisation. *Sulphur in agroecosystems*: 115-134.
- Poel, A. F. B. V. d., Prestløkken, E. & Goelma, J. O. (2005). Feed Processing: Effects on Nutrient Degradation and Digestibility. I: *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion And Metabolism*: CABI Publishing.
- Poppi, D., Minson, D. & Ternouth, J. (1981). Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grasses. 1. The voluntary intake, digestibility and retention time in the reticulo-rumen. *Australian Journal of Agricultural Research*, 32 (1): 99-108. doi: <https://doi.org/10.1071/AR9810099>.
- Prestløkken, E. (2016). Maxammonbehandlet korn til melkekyr. *BUSKAP* (3): 82-83.
- Randby, A. T. (1997). Feeding of silage effluent to dairy cows. *Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science*, 47 (1): 20-30. doi: Doi 10.1080/09064709709362366.
- Randby, A. T. & Bakken, A. K. (2021). Bunkers or round bales: Losses and silage quality with or without acid treatment of low dry matter grass crops. *Animal Feed Science and Technology*, 275. doi: ARTN 114868
10.1016/j.anifeedsci.2021.114868.
- Randby, Å. T., Bakken, A. K., Heggset, S. & Steinshamn, H. (2015). Tap av tørrstoff ved grashøsting, lagring og fôring. *Buskap* (3).
- Regjeringen. (2021). *Hurdalsplattformen*: Arbeiderpartiet
Senterpartiet.
- Rognlien, A. (2022). *Effektiv og bærekraftig grovfôrproduksjon. Gjødning til eng*. (01.11.2022).
- Schei, I. (2021). God vom-omsetjing sikrar høgt tørrstoff i mjølka. *Buskap* (7).
- Seehusen, T., Waalen, W., Hoel, B., Uhlen, A. K., Persson, T. & Strand, E. (2016). Endret klima- effekter og behov for tilpasninger i norsk kornproduksjon. *NIBIO BOK*, 2 (1).

- Sjaastad, Ø. V., Sand, O. & Hove, K. (2016). *Physiology of Domestic Animals*. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- SSB. (2022). *Arealbruk og arealressurser*: Statistisk Sentralbyrå. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/areal/statistikk/arealbruk-og-arealressurser> (lest 26.01.2023).
- Steinshamn, H. (2015). Avlingstap - frå jord til fôrbrett. *Buskap* (3): 22.
- Steinshamn, H., Nesheim, L. & Bakken, A. K. (2016). Grassland production in Norway. *Grassland Science in Europe*, 21: 15-25.
- Stoop, W., Bovenhuis, H., Heck, J. & Van Arendonk, J. (2009). Effect of lactation stage and energy status on milk fat composition of Holstein-Friesian cows. *Journal of dairy science*, 92 (4): 1469-1478.
- Strudsholmen, F. & Sejrsen, K. (2003). *DJF rapport nr 54 - Kvægets ernæring og fysiologi: Bind 2 - Fording og produktion*. Foulum: Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri Danmarks JordbrugsForskning.
- Sutton, J. D. (1989). Altering Milk Composition by Feeding. *Journal of Dairy Science*, 72 (10): 2801-2814. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79426-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79426-1).
- Sutton, J. D., Dhanoa, M. S., Morant, S. V., France, J., Napper, D. J. & Schuller, E. (2003). Rates of production of acetate, propionate, and butyrate in the rumen of lactating dairy cows given normal and low-roughage diets. *Journal of Dairy Science*, 86 (11): 3620-3633. doi: DOI 10.3168/jds.S0022-0302(03)73968-X.
- Thomas, C. (1987). *Factors affecting substitution rates in dairy cows on silage based rations*. Recent Advances in Animal Nutrition. Butterworths, London, UK.
- TRM. (2013). *Ensilering*. TINE (red.): TINE Rådgiving og Medlem.
- UiO. (2011a). *Makronæringsstoff*: Institutt for biovitenskap. Tilgjengelig fra: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/m/makronaering.html> (lest 14.02.2023).
- UiO. (2011b). *Mikronæringsstoffer*: Institutt for biovitenskap. Tilgjengelig fra: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/m/mikronaering.html> (lest 14.02.2023).
- UiO. (2019). *C4-planter*: Universitetet i Oslo. Tilgjengelig fra: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/c/c4-planter.html> (lest 14.02.2023).
- UiO. (2020). *Nitrogenassimilasjon*: Institutt for biovitenskap. Tilgjengelig fra: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/n/nitrogenassimilasjon.html> (lest 16.02.2023).
- UiO. (2021). *Kalium*: Institutt for b. Tilgjengelig fra: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/k/kalium.html> (lest 16.02.2023).
- Volden, H. (2009). NorFor Plan Mjølkeku. *Husdyrforsøksmøteboken 2009*: 425-428.
- Volden, H. (2011). *NorFor - The Nordic feed evaluation system*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers.
- Volden, H. (2019). *Faglige utfordringer når mjølkevolumet reduseres med 100 millioner liter*: TINE. Tilgjengelig fra: <https://medlem.tine.no/fag-og-forskning/faglige-utfordringer-n%C3%A5r-mj%C3%B8lkevolumet-reduseres-med-100-millioner-liter> (lest 04.05.2023).
- Volden, H. (2020). *Beregning av grovfôropptak og energiverdi*. Upublisert manuskript.
- Volden, H. (2021a). Grovfôret kan verdsettes utfra grovfôropptak og grovfôrets produksjonsverdi. *Buskap* (4): 86-89.
- Volden, H. (2021b). Optimal nitrogen gjødsling - trenger vi nye løsninger? *Buskap* (3): 44-47.

- Weil, R. R. & Brandy, N. C. (2017). *The Nature and Properties of Soils*. 15 utg.: Pearson Education.
- Ziadi, N., Whalen, J. K., Messiga, A. J. & Morel, C. (2013). Assessment and Modeling of Soil Available Phosphorus in Sustainable Cropping Systems. *Advances in Agronomy*, 122: 85-126.
- Øksendal, H. (2020a). *Grovfôrkostnad og -verdi*: TINE. Upublisert manuskript.
- Øksendal, H. (2020b). *Maskinkostnader*: TINE. Upublisert manuskript.
- Aarnes, H. (2021). *Nitrogensyklus*: Store norsk leksikon. Tilgjengelig fra: https://snl.no/nitrogensyklus#-Eksempel_p%C3%A5_kretsl%C3%B8p_Fuglefjell_guano_og_nitrogensyklus (lest 14.02.2023).



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway