



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2016
Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap

Aspekter ved fôropptaket og prediksjon av tørrstoffopptak hos Norsk melkegeit

Aspects of Feed Intake and Prediction of Dry Matter
Intake in Norwegian Dairy Goats

Anders Wæraas Aune
Husdyrvitenskap

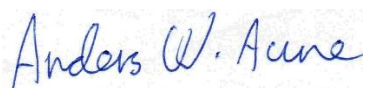
Forord

Det hektiske arbeidet med denne oppgaven marker slutten på et toårig masterstudium innen husdyrernæring ved det som nå heter Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Egentlig en formalitet som er essensiell for å erverve tittelen sivilagronom og mastergrad. Arbeidet har uansett vært interessant og lærerikt, og kroner en minst like lærerik tid her i Ås. Faglig har det vært særlig interessant å erverve førstehånds kunnskap fra landets ekspertise innen husdyrfag og landbruk. En oppgave om melkegeiters fôropptak er veldig forenlig med min interesse for utnytting av grovfôr- og beiteressursene. Kunnskap om dette er viktig for framtidens produksjon av geitemelk som har sitt grunnlag i disse ressursene.

Jeg er veldig takknemlig for den bistand jeg har fått under arbeid med oppgaven av mine veiledere, med Dr. Margrete Eknæs i spissen støttet av Dr. Egil Prestløkken. Også Prof. Dr. Harald Volden har bidratt konstruktivt med sin solide erfaring med modellering i drøvtyggerernæringen. Jeg vil takke dere for all dyrebar tid dere har ofret på dette. Det har vært krevende for en ikke-statistiker å forsøke å sette seg inn i den kraftige og innviklede prosedyren Mixed i SAS. For uten hjelp av veiledere har jeg også høstet råd hos avlsekspertene, og jeg vil derfor også takke Dr. Bjørg Heringstad og Prof. Dr. Gunnar Klementsdaal, samt stipendiat Jon Kristian Sommereth.

Arbeidet har foregått på lesesalen omgitt av mange kjekke husdyrstudenter og et godt både faglig og sosialt miljø. Det har gitt rom for mange interessante, faglige diskusjoner. Hjelpen har også vært nær når det har buttet. Jeg har lyst til å nevne Håvard Lien, Ole Arnfinn Røysland og side mannen Juni Rosann Engelién Johansen. De har bidratt spesielt til trivsel og vært nyttige hjelpere ved diverse utfordringer. Takk også til de som ikke er nevnt.

Anders W. Aune



Ås, 17. mai 2016

Sammendrag

Fôropptaket er den mest kritiske faktoren for en geits kvantitative melkeproduksjon. Det er også viktig for fôrutnyttelsen. Ved fôrplanlegging er det i mange tilfeller nyttig å kunne forutsi hvor stor det frivillige fôropptaket vil bli. Forholdene som regulerer fôropptaket er komplekse, og innebærer samspill mellom fordøyelse, stoffskifte og sentralnervesystemet, kommunisert via nervesystemet og blodomløpet. Fôropptaket kan settes i sammenheng med mange faktorer ved dyret og fôret, samt samspillet mellom fôr og dyr. Geiter har på dette området mye tilfelles med andre drøvtyggere. Disse sammenhengene kan utnyttes ved å benytte et uvalgt av faktorene til å predikere fôropptaket.

Data fra fire fôringsforsøk med Norske melkegeiter, sammenslått til et datasett, ble benyttet til å se på sammenhengen mellom ulike faktorer ved dyr og fôr og tørrstoffopptaket. To ulike tilnærminger ble forsøkt for å utarbeide henholdsvis en praktisk anvendelig modell A og en modell B basert på alle tilgjengelige data innen datasettet. Analysene ble utført med blandet modell for A, og variabelseleksjon i generell lineær modell etterfulgt av analyse i blandet modell for B. Forsøk og individ ble satt som tilfeldig effekt i blandet modell.

Dette resulterte i flere modeller som beskriver de ulike faktorenes sammenheng med TS-opptaket. En modell fra hver av tilnærmingene ble plukket ut, henholdsvis:

Modell A ($r^2=0,56$):

$$\text{TS-opptak} = 9,888 + (0,1665 * \text{alder, år}) + (0,01708 * \text{laktasjonsuke}) + (0,1923 * \text{melkemengde, kg}) - (0,01516 * (\text{alder, år})^2) + (1,6383 * \text{kraftfôrmengde, kgTS}) - (0,6616 * (\text{kraftfôrmengde, kgTS})^2) - (0,2162 * \text{opptaksindeks}) + (0,001186 * (\text{opptaksindeks})^2)$$

Modell B ($r^2=0,63$):

$$\text{TS-opptak} = 8,144 - (0,180 * \text{kroppsvekt, kg}) - (0,054 * \text{alder, år}) + (0,018 * \text{laktasjonsuke}) + (0,000447 * (\text{kroppsvekt, kg} * \text{alder, år})) - (8,281 * \text{energikorrigert melk, kg}) + (19,838 * \text{FEm-behov}) - (0,1002 * (\text{energikorrigert melk, kg} * \text{FEm-behov})) + (1,727 * \text{kraftfôrmengde, kg}) - (0,714 * (\text{kraftfôrmengde, kg})^2) - (0,278 * \text{opptaksindeks}) + (0,0015 * (\text{opptaksindeks})^2)$$

Energibehov utpekte seg som en viktig faktor, som bekrefter at dette er den primære motivasjonen for fôropptaket. Melkemengde, vekt, laktasjonsuke og alder var faktorer ved dyret som var viktige. Kraftfôrmengden hadde tydelige avtagende effekt på totalt TS-opptak

ettersom det fører til reduksjon i surfôropptak. Flere av faktorene ved surfôret så ut til å ha betydning, inkludert NDF og gjæringskvalitet. En opptaksindeks som ofte angis på analysebeviset for fôret så ut til å fungere som eneste fôrfaktor, og ble derfor benyttet av hensyn til begrenset variasjon i surfôrkvaliteten i datagrunnlaget. Modellene er klart begrenset til anvendelse for Norske melkegeiter i på en rasjon dominert av surfôr og supplert med kraftfôr.

Abstract

Nutrient intake is the most important factor affecting the production level and feed utilization in goats. Regulation of feed intake is a complex process, where digestion, metabolism and the central nervous system interact together. The communication happens through the nervous system and components transported in blood. There are many similarities between goats and other ruminants. The level of feed intake depends on several factors, including the animal, the feed characteristics and interactions between them. These factors can function as predictors for voluntary dry matter intake for goats.

Data on individual daily voluntary intake of total dry matter intake of silage and concentrates of lactating Norwegian dairy goats from four independent feeding trials were fed into one dataset, used for develop models for prediction of daily dry matter intake. Many descriptive variables, registered on both the goat and the feed, were regressed against the daily total dry matter intake. Two different approaches were tried. Approach for model A used variables that normally are known in practical production. Approach B started with a preceding automatic selection for the most contributing prediction variables, using general linear model, and starting out using the whole range of variables available in the dataset. Thereafter a mixed model were used in both approaches. Trial and individual were set as random effects when determining the coefficients.

These two approaches resulted in many proposed models. Two models were chosen from A and B, respectively:

Model A ($r^2=0,56$):

$$\text{DM intake} = 9,888 + (0,1665 * \text{age, years}) + (0,01708 * \text{week of lactation}) + (0,1923 * \text{milk, kg}) - (0,01516 * (\text{age, years})^2) + (1,6383 * \text{concentrate, kgDM}) - (0,6616 * (\text{concentrate, kgDM})^2) - (0,2162 * \text{intake index}) + (0,001186 * \text{intake index})^2$$

Model B ($r^2=0,63$):

$$\text{DM intake} = 8,144 - (0,180 * \text{body weight, kg}) - (0,054 * \text{age, years}) + (0,018 * \text{week of lactation}) + (0,000447 * (\text{body weight, kg} * \text{age, years})) - (8,281 * \text{energy corrected milk, kg}) + (19,838 * \text{FEm-requirement}) - (0,1002 * (\text{energy corrected milk, kg} * \text{FEm-requirement})) + (1,727 * \text{concentrate, kgDM}) - (0,714 * (\text{concentrate, kgDM})^2) - (0,278 * \text{intake index}) + (0,000150 * (\text{intake index})^2)$$

Energy requirement turned out to be an important factor in terms of explaining the dry matter intake, confirming that the goats eat primarily to meet the energy requirement. Further milk yield, bodyweight, week of lactation, age were important animal factors. The effect of increasing concentrate ratio seemed to level out the total dry matter intake, as silage dry matter intake decreased. Some silage characteristics seemed to be associated with the dry matter intake. An index developed for estimating silage intake commonly used in Norway seemed to function as a substitute for the narrow variation in silage quality as the only contributing silage factor. The models developed in this thesis can just serve for predicting voluntary dry matter intake in Norwegian dairy goats fed mainly silage supplemented with concentrates.

Innhold

Forord	II
Sammendrag.....	III
Abstract	V
1 Innledning	1
2 Definisjoner.....	4
3 Forkortelser og enheter	5
4 Litteraturgjennomgang.....	6
4.1 Geitenes særegenheter	6
4.1.1 Taxonomi	6
4.1.2 Spisemønster og beitemåte.....	7
4.1.3 Fordøyelse	8
4.2 Fôropptaket.....	11
4.3 Regulering av frivillig fôropptak.....	12
4.3.1 Sentral regulering	12
4.3.2 Fordøyelseskanalen	14
4.3.3 Tilbakekobling	17
4.4 Faktorer ved dyret.....	17
4.4.1 Fysiologisk status	17
4.4.2 Bukhulebegrensning.....	18
4.4.3 Vekt, alder og vekst.....	18
4.4.4 Drektighet.....	18
4.4.5 Melkeproduksjon og laktasjonsstadium	19
4.5 Faktorer ved fôret	19
4.5.1 Fordøyelighet	20
4.5.2 Partikkelstørrelse.....	21
4.5.3 Tørrstoffinnholdet	22

4.5.4	Kjemiske fraksjoner	22
4.5.5	Grovfôrets høstetidspunkt	24
4.5.6	Spesielt for surfôr	25
4.5.7	Palatabilitet	26
4.5.8	Substitusjonseffekt	27
4.6	Eksterne faktorer.....	28
4.6.1	Fôring og stell.....	28
4.6.2	Omgivelser	29
4.7	Prediksjon	29
4.8	Modeller.....	30
5	Material og metode	33
5.1	Litteratur	33
5.2	Modeller.....	33
5.3	Data.....	33
5.4	Beregninger	35
5.4.1	Energibehov	35
5.4.2	Opptaksindeksen	36
5.4.3	Transformerings	36
5.5	Dataanalyser	36
5.5.1	Modell A	37
5.5.2	Modell B.....	38
6	Resultat	39
6.1	Korrelasjoner	39
6.2	Modell A.....	44
6.3	Modell B	49
7	Diskusjon	52
7.1	Individuell variasjon	52

7.2	Enkeltfaktorers betydning.....	53
7.2.1	Energibehov	53
7.2.2	Alder og vekt.....	53
7.2.3	Laktasjonstidspunkt.....	54
7.2.4	Fôrfaktorer.....	56
7.2.5	Kraftfôrmengde	59
7.3	Modell A.....	60
7.4	Modell B	62
7.5	Metoden	63
7.6	Sett i forhold til dagens metode	65
7.7	Bruk av modellen.....	65
8	Konklusjon.....	67
9	Referanser	68
	Vedlegg A	A
	Vedlegg B.....	B
	Vedlegg C.....	C
	Vedlegg D	D

1 Innledning

Geitehold er viktig mange steder i verden. Geiter evner å overleve og prestere bedre enn mange andre husdyr i marginale strøk på grunn av en god tilpasningsevne (Coop 1982; Lu 1988; Morand-Fehr 2003; Nastis 1997). Det er spesielt evne til å vandre over store avstander for å finne mat, de selektive beiteegenskapene som gjør geitene i stand til å plukke ut de mest næringsrike plantene og plantedelene, samt en god vann og nitrogenøkonomi, som framheves som store fordeler med geitene i situasjoner der andre drøvtyggere, som storfe, ikke klarer seg like godt. På grunn av dette er geiter spesielt overlegne i tørre og tropiske strøk. Liten størrelse og aktiv beiting på busk og kratt får geiter til å fremstå som nøysomme. Kostbare fôrmidler og areal egnet til mer verdifull anvendelse kan dermed spares. I Norge legges det ofte vekt på at geiter er best til å utnytte verdifulle beiteressurser i bratt og kupert terreng. Dessuten har det i Europa vært økende interesse for geitemelkproduksjon på grunn av helsemessige fordeler ved melken (Haenlein 1978).

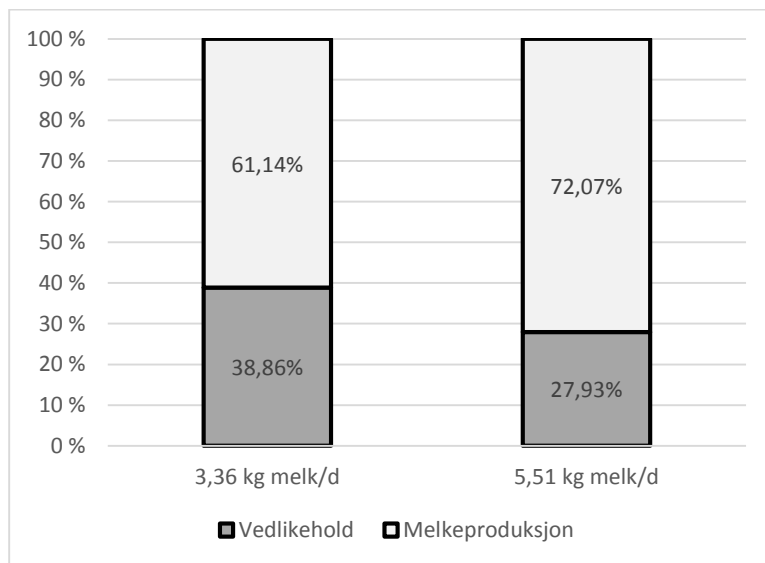
Grovfôr i form av gress, urter og løv, enten i fersk eller konservert form, utgjør som regel en vesentlig del av geitenes fôrseddel, og har i seg selv en lav nytteverdi for oss. Nettopp evnen geitene har gjennom drøvtyggerfordøyelsen til å utnytte disse ressursene til produksjon av animalske produkter, som melk, kjøtt og fiber, er i mange tilfeller grunnlaget for geiteholdet. Melk og kjøtt er viktige i kosten, mens fiber kan anvendes til tekstiler.

I Norge har geitemelkproduksjonen lang historie og er fortsatt en betydelig produksjon. Det var registrert 31 407 melkegeiter i Norge i 2015 (Statistisk sentralbyrå 2015). Produksjonen er knyttet til visse områder i landet. Det er særlig Nord-Norge og Nord-Vestlandet og fjellbygdene som utmerker seg med størst antall melkegeiter. Det er sannsynlig at dette henger sammen med beiteressursene i disse områdene. Samtidig har trolig meieristruktur og muligheter for avsetning av geitemelken noe innvirkning på den geografiske fordelingen av denne produksjonen i Norge.

Selv om beitebruken alltid har vært og fortsatt er selve grunnlaget i geitemelkproduksjonen, foregår også en betydelig del av produksjonen utenom beitesesongen. Innefôringsrasjonen er dominert av surfôr eller høy, supplert med kornbaserte kraftfôrblandinger. Uansett er hensikten å konvertere denne fôrrasjonen til melk. Fôrets pris og alternative anvendelse setter krav til utnyttelsen. Produksjonsnivået har også betydning for inntjeningen. I denne sammenhengen er mengden opptatt fôr sentralt, siden en viss mengde opptatt næring er en

klar forutsetning for en viss mengde produksjon. På den måten er fôropptaket normalt den viktigste faktoren avgjørende for mengden produkt som hvert enkelt dyr produserer (Waldo & Jorgensen 1981). Dette er gjeldende uansett om produktet er melk, kjøtt eller fiber.

Økt produksjon per dyr er regnet som gunstig for totalutnyttelsen av fôret. Det henger sammen med at fôrforbruket som trengs til vedlikehold av dyret selv generelt utgjør en stadig mindre del av fôrforbruket med forholdsmessig økende størrelse på produksjonen. Dette kan illustreres ved å sammenligne energibehovet til geiter på to ulike produksjonsnivå under ellers like forutsetninger (Figur 1).



Figur 1
Fordelingen av behovet for omsettelig energi ved to ulike produksjonsnivå under ellers like forutsetninger i henhold til normer gitt av NRC (2007).

Hevet produksjonsnivå og bedre fôrutnytting kan være utgangspunkt for ønske om et høyt fôropptak. Det gjelder spesielt opptak av grovfôr der dette er en rikelig tilgjengelig ressurs og derfor blir tildelt etter appetitt.

Grunnlaget for denne oppgaven er hypotesen om at en rekke forhold ved dyret og fôret kan settes i sammenheng med fôropptaket. En kvantifisering av disse sammenhengene kan lede fram til en modell som gjør oss i stand til å forutsi fôropptaket med akseptabel nøyaktighet. I forbindelse med fôrplanlegging er dette nyttig, og særlig i situasjoner med ad libitum tildeling av grovfôr. Den forventede opptakskapasiteten i en gitt situasjon vil da i stor grad være førende for behovet for å supplere med andre fôrmidler for å nå de forutsatte produksjonsmålene.

I dag er det i Norge vanlig å basere forventet opptak av grovfôr på en forutsetning om at geitene tar opp 14,0-15,5 g NDF (nøytralt løselig fiber, eng; neutral detergent fiber) per kg levendevekt (full), hvor nivået øker med ytelsen. Det vil si at denne modellen tar hensyn til størrelsen til dyret, ytelsen og fôrets fiberinnhold. I mange situasjoner og til praktiske formål kan denne modellen være tilfredsstillende. Det er likevel observert et uakseptabelt sprik mellom faktisk opptak og forventet opptak ut fra disse forutsetningene. Eksempelvis er det hevdet på bakgrunn av praktiske observasjoner at fôropptaket øker i forhold til melkeytelsen ettersom geitene kommer lengre ut i laktasjonen.

2 Definisjoner

Ad libitum

- fôring av melkekyr, er av Ingvarlsen and Kristensen (2003) definert som tilgang på fôr i 22 av døgnets 24 timer og med til en hvert tid minimum 5% rester.

Frivillig fôropptak

- er definert som den absolutte mengde TS som et dyr tar opp over en viss tid ved ad libitum fôring (Ingvarlsen and Kristensen, 2003, og Campling og Balch, 1961). I denne oppgaven er mengden målt i kg tørrstoff om ikke annet er oppgitt.

Appetitt

- kan defineres som et dyrs trang/lyst til å ta opp fôr.

3 Forkortelser og enheter

Forkortelse	Faktor	Enhet
Opptak		
TS-opptak	Totalt tørrstoffopptak	kgTS d ⁻¹
	Surfôropptak	kgTS d ⁻¹
Kr	Kraftfôrmengde	kgTS d ⁻¹
	NDF-opptak	kgTS d ⁻¹
Dyr		
M	Melkemengde	kg d ⁻¹
EKM	Energikorrigert melkemengde	kg d ⁻¹
V	Vekt	kg
LU	Laktasjonsuke	
OE	Behov for omsettelig energi	kJ
FEmB	Behov for nettoenergi	FEm
Al	Alder	år
Surfôr karakteristikk		
TS	Tørrstoff	%
NDF	Nøytralt løselig fiber	g kgTS ⁻¹
RP	Råprotein	g kgTS ⁻¹
EE	Eter ekstrakt	g kgTS ⁻¹
RA	Råske	g kgTS ⁻¹
OM	Organisk stoff	g kgTS ⁻¹
RestCHO	OM-RP-EE-NDF	g kgTS ⁻¹
OMD	Fordøyelighet av organisk stoff	g kgOM ⁻¹
D-verdi	Fordøyelig organisk stoff i totaltørrstoff	g kgTS ⁻¹
OI	Opptaksindeks	
FEm	Melkefôrenheter (Van Es 1975)	
MS	Melkesyre	g kgTS ⁻¹
PS	Propionsyre	g kgTS ⁻¹
SS	Smørsyre	g kgTS ⁻¹
Et	Etanol	g kgTS ⁻¹
NH3N	Ammoniumnitrogen	g kgN ⁻¹
Resultat tabeller		
RGKF	Roten av gjennomsnittlig kvadratfeil	
Justert r ²	Justert forklaringsgrad	
	Det ble også beregnet en justert r ² der den tilfeldige effekten av individ ikke var korrigert for. Denne er ment å si noe om hvor god treffsikkerhet som kan forventes i praksis.	
SF	Standardfeil	
p	Sannsynlighetsverdi - effektens tilfeldighet (p-verdi)	
Ŷ ^a	Predikert fôropptak	kgTS d ⁻¹
A	Skjæringspunktet til regresjonen	
x	Faktor i sammenheng med fôropptaket	
B	Koeffisienten til faktoren (stigningstall)	
n	Antall	
n(Bx)	Angir flere ulike faktorer i samme regresjonslikning	
Bx2	Kvadrert faktor (2. ordens polynom)	
(x*z)	Samspillseffekter	

^a Ekskludert irrelevante, kategoriske og tilfeldige effekter.

4 Litteraturgjennomgang

Litteraturgjennomgangen skal belyse hvilke faktorer som kan forventes å være av betydning for fôropptaket. Der litteratur og undersøkelser rettet spesifikt mot geit kommer til kort er det nødvendig å se til kunnskap om andre drøvtyggere. Selv om det kan være kritikkverdig å trekke paralleller mellom ulike drøvtyggere, er det likevel nyttig å utnytte kunnskapen på tvers av dyreslag på det prinsipielle plan så lenge likhetene er mer slående enn forskjellene. Det blir lagt vekt på å belyse på hvilke relevante områder geiter skiller seg klart fra de andre vanligste drøvtyggerne, storfe og sau, med hensyn på fôropptak.

4.1 Geitenes særegenheter

Begrenset med undersøkelser om mekanismene bak spesifikt geiters fôropptak gjør det nyttig å se til kunnskap angående andre drøvtyggere. Grunnlaget for at denne kunnskapen skal kunne overføres er geitenes felles trekk med de andre drøvtyggerne. Felles trekk bør derfor belyses. Vel så viktig er også de områdene koblet til fôropptaket der geitene skiller seg klart ut.

4.1.1 Taxonomi

Taxonomisk kan geiter plasseres som satt opp i Tabell 1.

Tabell 1
Klassifisering av geit i henhold til Catalogue of Life (2016).

Liv	Vitae	Organismer
Domene	Eukaryota	Eukaryoter
Rike	Animalia	Dyrerike
Rekke	Chordata	Ryggstrengdyr
Klasse	Mammalia	Pattedyr
Orden	Artiodactyla	Klovdyr
Gruppe	Ruminantia	Drøvtyggere
Familie	Bovidae	Kvegdyr
Underfamilie	Caprinae	Geiter, sauer og antiloper (Caprider)
Stamme ¹	Caprini ¹	Geiter og sauer
Slekt	Capra	Geiter
Art	Capra hircus L. ²	Geit

¹ Bibi (2013).

² Linnæus (1758) og (Wilson & Reeder 2005).

I artsbeskrivelsen er geit beskrevet som et planteetende klovdyr i likhet med for eksempel storfe og sau.

Geitenes tilhørighet blant drøvtyggerne skyldes fordøyelsessystemet og spisemønsteret. Fordøyelsessystemet er prinsipielt likt som hos storfe og sau, eller andre drøvtyggere. Tre ekstra utposninger på spiserøret kalt formagene, er et karakteristisk anatomisk trekk ved denne gruppen dyr. Formagene utgjør en stor andel av volumet i forhold til resten av mage og tarmkanalen. De er navngitt vom, nettmage og bladmage, der vommen er klart størst. De fungerer som gjæringskammer der fôret brytes ned av mikrober.

4.1.2 Spisemønster og beitemåte

Prinsipielt er spisemønsteret tilsvarende andre drøvtyggere. En stor del av dagen til geiten går med til spiseatferd. I en studie av angorageiter i en utmarksbeitesituasjon rapporterte Askins og Turner (1972) at 30,5% av døgnet ble brukt til beiting og 10,6% til drøvtygging.

Drøvtyggingstiden var dog noe usikker på grunn av vanskeligheter med å registrere denne aktiviteten om natten. Beitingen var klart orientert mot to hovedmåltider i løpet av døgnet; først omtrent tre timers beiting etter soloppgang, etterfulgt av kortere beiteperioder og deretter et stort måltid rett før solnedgang. Store måltider til disse tidspunktene typisk for drøvtyggere (Arnold 1984).

Samtidig med noen klare fellestrekk ved spisemønster og drøvtygging er det likevel når det kommer til beitemåte at geiter skiller seg tydelig fra storfe og sau (Lu 1988). Geiter vandrer mer for å finne de mest foretrukne beiteplantene, og plukker også de mest smakelige plantedelene.

Huston (1978) beskriver geiter som energiske, nysgjerrige og allsidige i forbindelse med søket etter mat. På beite vil busk og kratt utgjøre en stor del av rasjonen til geitene. Storfe og sau beiter i større grad på gress og urter. Med den bevegelige overleppen er geitene i stand til plukke ut de mest smakelige plantedelene. En egenskap som de utnytter i stor grad. Ved siden av at geitene beiter mye på blad og skudd fra busker og trær, er det også observert at de har særlig interesse for blomsterstanden (akset) til gressartene (Wilson 1957). På bakgrunn av disse egenskapene er det pekt på at geiter ligner mer på hjortedyr i måten de beiter på, enn storfe og sau (Huston 1978). McMahan (1964) fant at busk og kratt utgjorde mer enn 50% av rasjonen hos både geit og hjort store deler av året i en komparativ beitestudie. Hjort beitet noe mer gress og urter om våren. Sau og storfe beitet derimot betydelig mindre på buskvekster, og

mer gress og urter enn hjort og geit jevnt over. Geiter kan også hyppig skifte beitemåte og plantevalg for å tilpasse seg sesongvariasjoner (Malechek & Leinweber 1972).

Geiter har også en større toleranse for bitterstoffer, som garvestoffer og saponiner. Det antas at de har en viss evne til å avgifte disse komponentene i fordøyelsessystemet. På tross av at geitene gjerne beiter bitre planter, er det observert redusert fôropptak og fordøyelighet når fôret inneholder garvestoffer. Nasis og Malechek (1981) utførte fordøyelsesforsøk med geiter tildelt rasjoner med ulike andeler greiner fra en type eik, høstet tidlig eller senere i sesongen. I tillegg til å gi redusert fordøyelighet og fôropptak, førte også det innholdet av garvesyre til redusert nitrogenabsorpsjon. Dette kan trolig tilskrives evnen garvesyren har til å kompleksbinde nitrogenet. Andre forsøk har vist høyere tørrstoffopptak av fôr med høyt innhold av garvestoffer (Puchala et al. 2005), og på tross av lavere fordøyelighet var det likevel større totalt opptak av fordøyelig tørrstoff.

4.1.3 Fordøyelse

Det hevdes stadig at geiter må ha bedre fordøyelse enn de andre drøvtyggerne, og særlig bedre evne til å fordøye fiber. Dette er ikke alltid entydig bevist i kontrollerte forsøk. Huston (1978) peker på at disse antakelsene kan ha sammenheng med at geiter klarer seg og ofte trives i områder der beitegrunnet neppe er tilfredsstillende for storfe og sau. I tillegg er gjerne fôrverdien av buskvekster undervurdert. Av samme grunn kan man alternativt ledes til å tro at geiter har lavere næringsbehov. Det vil si at de klarer seg på lite og dermed har en effektiv fôromsetning.

Forsøk har vist at geiter i noen tilfeller har hatt bedre fordøyelse av fôret sammenlignet med andre drøvtyggere (Domingue et al. 1991b; Domingue et al. 1991c). Dette gjaldt særlig fiberfraksjonen. Geitene tenderer også til å være mindre kritisk til fiberinnholdet når de velger mellom fôrtyper (Domingue et al. 1991c). Samtidig finnes det indikasjoner på det motsatte. Huston (1976) har etter en større samlet studie vist at fordøyelsen til storfe på det jevne er mer effektiv. I rekkefølge etter fordøyelighet av fôret etterfulgte så sau, geit og hjort i samme studie. Huston (1978) nevner at denne rekkefølgen er omvendt av rekkefølgen artene plasserer seg i etter grad av selektiv beiting vist av McMahan (1964).

Tolkamp og Brouwer (1993) rapporterte etter analyse av sammensatte data fra flere ulike forsøk, høyere fordøyelighet hos geit enn hos sau, men forskjellene var små. Forskjellen var tydeligst ved lavest innhold av råprotein. Dette gjaldt også forskjellen mellom geit og storfe, men da viste storfe enda høyere fordøyelighet. Videre har Domingue et al. (1991b) vist

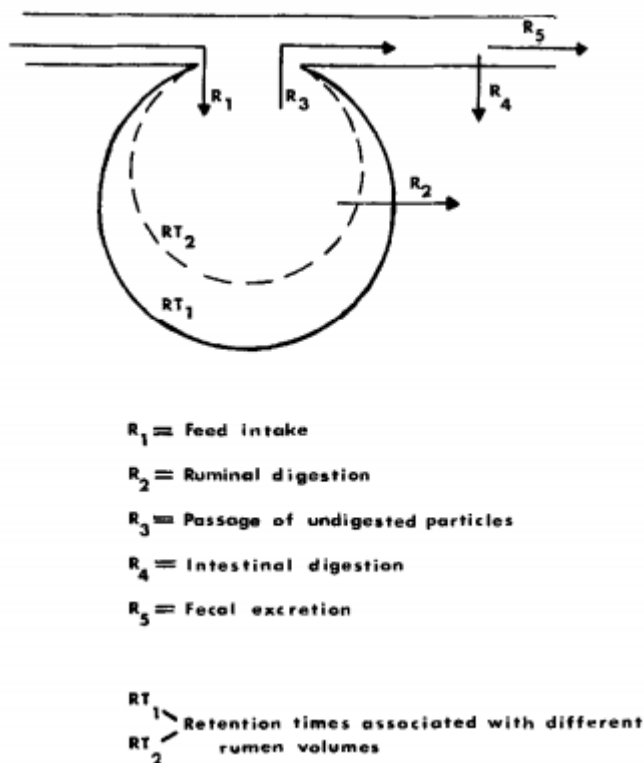
høyere frivillig fôropptak og høyere vombeholdning hos geiter enn hos sauer. I denne studien var fôropptaket 56 og 36 g TS/kg levendevekt^{0,75} for henholdsvis geit og sau.

Geiter tygger også fôret mer i forbindelse med selve fôropptaket enn sauer (Hadjigeorgiou et al. 2003). Dette sees igjen i mer findelte av partikler i vommen og dermed også lettere passasje gjennom fordøyelsessystemet.

Disse forholdene tyder på en annen type spesialisering hos geit enn hos for eksempel storfe. I forhold til storfe ser geit ut til å kompensere for manglende vomvolum og i noen tilfeller lavere fordøyelighet med en mer selektiv beitemåte. Det kan derfor påstås at geiter beiter smartere og på den måten får i seg mer næringsrikt fôr. Denne strategien kan være en av forklaringene på at geiter klarer seg bedre enn storfe i situasjoner der det er mer marginale beittilbud, og betyr sannsynligvis mer enn en eventuell bedre evne til å fordøye fôret.

Det finnes støtte for at geiter fordøyer grovfôret i tropiske strøk bedre enn storfe, særlig med hensyn på fiber (Devendra and Burns, 1970, lest i; Huston, 1978). Det ser ut til å være enighet om at dette i hovedsak skyldes særegne egenskaper ved dyremateriale fra sted til sted (Huston 1978). Klassifisering av geit etter valg av beiteplaner kan være vanskelig. Siden den beiter både busker og gress i varierende grad havner geitene ofte i en mellomstilling i forhold til typiske gressetere som storfe og drøvtyggere som typisk beiter på busker som noen ville hjortedyr (Malechek and Leinweber, 1972, Lu, 1988).

En gjennomgang av Huston (1978) avdekker at geiter har en fordøyelseskinetikk mer lik hjort enn storfe. Storfe er spesialisert mot fiberfordøyelse ved hjelp av en relativt lang oppholdstid av fôret i vommen, har geitene med sin mobilitet og lille kroppsstørrelse har en større fordel av høyere passasje gjennom fordøyelsessystemet. Hvordan dette henger sammen er prinsipielt illustrert i Figur 2 av Huston (1978). I sin tur fordrer en høyere passasjehastighet (R_3) også et høyere fôropptak dersom potensialet skal utnyttes. Dette forsterkes av at oppsuging i vommen (R_2) ikke reduseres tilsvarende det passasjen øker. Grunnen til dette er at det lettest nedbrytelige fôret likevel når å bli nedbrutt på tross av en kortere oppholdstid, men en større andel av den tyngre nedbrytelige fraksjonen vil passere unedbrutt. De generelle effektene av et mindre vomvolum oppsummeres som følger; det forventes at fôret passerer raskere gjennom vommen, fôropptaket øker (gjelder når kvaliteten er tilfredsstillende) og fordeles over flere måltider, fordøyeligheten av fôret blir lavere, men opptak av fordøyelig materiale kan øke.



Figur 2

Skjematisk framstilling av den prinsipielle sammenhengen mellom oppholdstid og passasjehastighet i relasjon til vomvolum, fra Huston (1978). Arealet av de to sirklene (heltrukket og stiple) kan sees på som to alternative vomvolum. De respektive omkretsene gir et godt bilde av hvordan mindre volum forkorter oppholdstiden (RT_1 og RT_2).

En relativ høy passasjehastighet hos geiter i forhold til andre drøvtyggere støttes av Sponheimer et al. (2003). Geiter ble blant annet sammenlignet med alpakka og lama, og gjennomsnittlig oppholdstid for fôret hos de tre ulike drøvtyggerne var henholdsvis 54, 71 og 72 timer. Passasjen ble målt ved en tildeling av et C4 gress (tropisk) tildelt en gang i en rasjon som overtid besto av et C3 gress (temperert). Geitene viste samtidig høyest opptak av høy per kg levendevekt^{0,75} både av høy av C3 og C4 gress i forhold til de to andre drøvtyggerne. På tross av lavere oppholdstid var det bare fordøyeligheten av C4 gresset som var lavere hos geitene enn hos kamelidene. Hest og kanin inngikk også i studien, med gjennomsnittlig oppholdstid på henholdsvis 27 og 7 timer, og overlegent høyest fôropptak per kg levendevekt^{0,75}, til sammenligning. Det er dermed ikke helt feil å antyde at geiter har en strategi som i forhold til andre drøvtyggere beveger seg i retning av baktarmgjærere som hest og kanin. Disse er kjent for å basere næringsforsyningen på stort opptak av fôr med heller begrenset fordøyelse.

En annen spesialitet hos geitene som er trukket fram i litteraturen flere steder, blant andre av Coop (1982), er nitrogenøkonomien. Harmeyer og Martens (1980) har sett på drøvtyggenes håndtering av urea i kroppen, der storfe og sau er sammenlignet med geit. De ulike drøvtyggerne ser ut til å dele de samme mekanismene når det gjelder nedbrytning av proteinet, diffusjon av ammoniakk, resirkulering av urea tilbake til vommen, samt regulert utskillelse av urea over nyrene. Domingue et al. (1991b) rapporterte høyere N husholdning i vommen hos geiter enn hos sauer fôret ad libitum med en type faksgress (*Bromus catharticus*), som ble kategorisert til å være et grovfôr av lav kvalitet.

Ammoniumkonsentrasjonen i vommen var 115 og 80 mg N/l for henholdsvis geit og sau. Det ble vist til en større resirkulering av N til vommen. Disse egenskapene ble satt i sammenheng med det samtidig beviste høyere frivillige fôropptaket, samt en høyere fiberfordøyelighet.

De viktigste særegenheter med hensyn på fôropptak hos geiter i forhold til andre drøvtyggere ser etter denne gjennomgangen ut til å være følgende:

- Forventet høyere fôropptak i forhold til størrelsen.
- Større grad av sortering i fôret.
- Noe bedre evne til å omsette fibrøse fôrslag på grunn av bedre tygging, høyere passasje og bedre nitrogenøkonomi.

4.2 Fôropptaket

I sin bok om frivillig fôropptak skiller heller ikke Forbes (1995) mellom ulike drøvtyggere. Campling (1964) definerer frivillig fôropptak til å bety mengden for som dyrene spiser når de blir gitt fri tilgang på fôr (ad libitum). Det vil for det meste være fôropptaket i denne betydningen som vil bli diskutert her.

Fôropptaket kan måles på flere måter. Tørrstoffopptak i kg er målet som er anvendt i denne oppgaven. Fôropptak uttrykt som kg for er lite hensiktsmessig med tanke på at vannet utgjør en svært varierende andel av de ulike fôrtypene som drøvtyggerne spiser, samt at vannbehovet dekkes opp på annen måte i tillegg til det som kommer med fôret. Fôropptak uttrykt som opptak av f. eks OE (omsettelig energi) eller NE (nettoenergi) kunne vært et alternativ, men dette knytter seg til beregnede størrelser på bakgrunn av analysert kjemisk sammensetning, og er derfor mindre anvendelig. Kjemiske fraksjoner, f. eks. RP (råprotein) og NDF (nøytralt løselig fiber) er nødvendigvis ikke interessante med mindre det er effekten av den aktuelle fraksjonen som er i fokus. Organisk stoff (OS) kunne vært et alternativ, som ligger nært TS foruten askedelen. TS er tross alt bestemt med en meget enkel analyse (tørking), men sier lite om fôrets sammensetning og næringsverdi.

Dyr spiser primært for å dekke energibehovet (Blaxter 1962; Forbes 1995). Fôropptaket er et resultat av et samspill mellom dyret og fôret (Campling 1964). Hos drøvtyggere er fôropptaket generelt styrt, eller rettere sagt begrenset, av fôrets fylde i fordøyelseskanalen og hvor raskt det passerer.

4.3 Regulering av frivillig fôropptak

Dyrene har reguleringsmekanismer som styrer trangen til å spise. Det er disse mekanismene som avgjør når det er nok og når det bør fylles på med mer fôr. Drøvtyggere i produksjon har en stor trang til næringsopptak, for eksempel ved høy melkeproduksjon. Samtidig livnæres de ofte på grovfôr som har stor fylde eller volum i forhold til næringsverdien. Av den grunn er det ofte begrensninger av mer eller mindre fysisk karakter som er gjeldene. Hvor raskt fôret fordøyes og passerer er dermed også sentralt i forbindelse med hvordan det fysiske volumet begrenser opptaket. Dette henger igjen tett sammen med fôrets egenskaper, både kjemiske og fysiske. Bildet blir ytterligere mer sammensatt når drøvtyggerne spiser mer næringsrikt fôr med høy fordøyelighet, som ungt plantemateriale (Campling 1964). Selve volumet betyr da mindre og fysiologiske og biokjemiske stoffskifteprosesser blir viktigere for å forstå hva som regulerer mengden opptatt fôr. Regulering vil være knyttet til energibalansen (Baile et al. 1969).

4.3.1 Sentral regulering

Reguleringen av drøvtyggerses fôropptak er blant andre diskutert av Ingvartsen og Kristensen (2003), Forbes (1995) og Blaxter (1962).

Hypotalamus i hjernen er setet for sult og metthetscenteret (Brobeck 1957; Ingvartsen & Kristensen 2003). Ventromedial og lateral del av hypotalamus styrer henholdsvis sult og metthet (Wyrwicka & Dobrzecka 1960). Her fortolkes signalene som kommer fra det perifere nervesystemet via sentralnervesystemet. Den samlede tolkningen av disse signalene bestemmer om dyret føler sult. Om det er situasjonen fører det til at dyret spiser mer fôr om det er tilgjengelig. Etter hvert medfører opptaket tilstrekkelige signaler om at dyret er mett, og spiselysten opphører. På denne måten er det en kontinuerlig tilbakekobling som regulerer dette systemet. Man snakker da gjerne om en kortidsregulering av opptaket (Ingvartsen & Kristensen 2003). Dette handler primært om måltidsregulering. Det er særlig undersøkelser med rotter som er grunnlaget for denne kunnskapen (Anand & Brobeck 1951a; Anand & Brobeck 1951b), men også undersøkelser utført på sau og geit har brakt fram grunnleggende

kunnskap (Andersson et al. 1956; Larsson 1954; Wyrwicka & Dobrzecka 1960).

Blodsukkernivået er foreslått som sentralt i denne forbindelsen sammen med at spesielle temperaturreseptorer stimuleres av varme som utvikles i forbindelse med fordøyelse og stoffskifte (Andersson & Larsson 1961; Brobeck 1957), men dette ser ut til å passe dårligere når det gjelder drøvtyggere enn det gjør hos enmagede dyr (Blaxter 1962). At en kjemostatisk regulering har større betydning virker mer sannsynlig (Kennedy 1961), og ikke minst fysisk afferent stimuli (Blaxter 1962). Dette går på at reseptorer som er følsomme for ulike forbindelser og dermed utløser nerveimpulser som kommuniserer til hjernen. Forbindelsene kan også påvirke direkte den sentrale reguleringen ved at de fraktes med blodomløpet. Fysisk afferent stimuli er for eksempel følsomhet for strekk, eller temperatur som kommuniseres gjennom det afferente nervesystemet.

Likheter mellom enmagede og drøvtyggere blir likevel framholdt (Baile et al. 1969). Av den grunn er streber etter energibalanse er egentlig et sentralt utgangspunkt.

Generelt er det nær sammenheng mellom energibehovet og appetitten hos dyr flest. Eksempelvis øker opptaket når aktiviteten øker eller i forbindelse med drektighet og melkeproduksjon. Dessuten er en relativ konstant voksenvekt, selv ved fri tilgang på fôr, et bevis på det samme. Det er derfor allment akseptert at energibehovet er sentralt i reguleringen av dyrs appetitt. Men det er også rimelig klart at reguleringen ikke er perfekt. Da hadde for eksempel neppe overvekt hos mennesker eksistert som et problem.

Blaxter (1962) peker på at forskjellen i fôrets fordøyelighet mellom omnivore og karnivore dyr i forhold til herbivore dyr er viktig å ha i tankene i forbindelse med diskusjonen rundt fôropptak. Det ikke nødvendigvis riktig å overføre kunnskapen som i stor grad er basert på omnivore dyr, som rotter, eller karnivore dyr, som hunder, til å være gjeldende for herbivore drøvtyggere. For eksempel beskriver Blaxter (1962) at drøvtyggerne ikke passer like godt inn i teorien om at appetitten reguleres av energibehovet. Voksne drøvtyggere har også lett for å bli feite, kanskje lettere og mer framtrepende enn hos andre dyr.

For å forstå mekanismene kan det være nyttig se på naturen hos drøvtyggerne som har gjort de spesialtilpasset til å spise tungtfordøyelig plantekost. På tross av at de spiser store volum kan de i mange situasjoner ha problem med å oppnå positiv energibalanse. I en sann situasjon er spiselysten en viktig driver, mens behovet for å nedregulere opptaket for å ikke overstige energibehovet er av mye mindre betydning. Det kan tenkes at det også ligger innebygd i denne strategien et ønske om å bygge opp kroppsreserver, som kan komme til nytte i

situasjoner der drøvtyggerne ikke evner å dekke behovet. Det kan skyldes både at fôrkvaliteten ikke er tilfredsstillende eller at energibehovet er særlig høyt. Det siste kan for eksempel være tilfellet i forbindelse med topplaktasjon, mens fôrets energiinnhold naturlig endrer seg gjennom sesongen. Det er derfor sannsynlig at appetittreguleringen til drøvtyggerne oftere og i større grad er begrenset av fôrets fysiske fylde.

Blaxter (1962) hevder at regulering av fôropptaket hos drøvtyggere i stor grad er overlatt til egenskaper ved fôret. Bevist av at drøvtyggere som hovedregel spiser mer når de blir tilbudt et fôr av høyere kvalitet, uavhengig av energibehovet. Den regulerende rollen til energibehovet kan likevel ikke avskrives. Det er altså to viktige reguleringsmekanismer hos drøvtyggerne. Med andre ord er fôropptaket drevet av den litt diffuse energireguleringen, men samtidig begrenset av kapasitet på grunn av fôrets fyllende natur.

Ingvartsen og Kristensen (2003) deler reguleringsmekanismene som virker på opptaket av fôr i fysisk regulering og stoffskifteregulering. Det er også viktig å huske at reguleringen er kompleks og ikke fullt forstått (Forbes 1995; Ingvartsen 1994). Mekanismene virker i et samspill og er additive.

4.3.2 Fordøyelseskanalen

Kapasiteten i fordøyelseskanalen legger begrensninger på hvor mye fôr som kan tas opp (Forbes 1995; Journet & Remond 1976). Fôret som drøvtyggerne spiser må oftest ligge en viss tid og gjære i formagene for å bli brutt ned. Vommens volum og tiden den mikrobielle nedbrytningen krever at fôret oppholder seg der, representerer en fysisk begrensning på inntak av nytt fôr. Sammen med at fôret trenger tid til gjæring er det også i utgangspunktet ofte av fyllende karakter. Det er det vi vanligvis forstår med ulike typer grovfôr. Denne typen fôr har mye masse i forhold til næringsinnholdet. Nettopp dette som er også en sannsynlig årsak til vommens betydelige størrelse.

Forbes (1995) referer til forsøk utført av Campling og Balch (1961) som tydelig viser at volumet er en begrensning for opptaket. Ved å legge inn vannfylte ballonger i vommen til vomfistulerte tørre kyr ble det en markant reduksjon i fôropptaket. Flere undersøkelser har i ettertid bekreftet denne effekten med lignende måter å fortrenge volumet i vommen på (Anil et al. 1993; Bines 1976; Mowat 1963). Det samme er observert hos sauer (Davies 1962; Welch 1967). Tilsvarende vannmengde tilført direkte i vommen uten ballong reduserte ikke opptaket. Det er trolig en slik «ballongeffekt» som gjør at det ofte tas opp mindre tørrstoff av gress med høyere vanninnhold enn med lavere vanninnhold (Hillman et al. 1958). Når vann

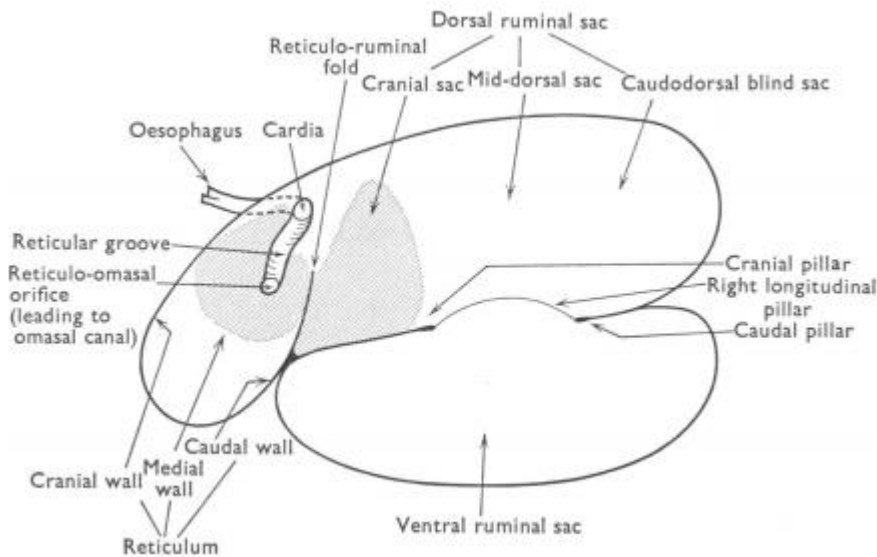
ble tilsatt høyet før fôring hadde det ikke negativ virkning på opptaket. Når vannet ligger inne i cellene er det ikke like mobilt. Før det blir frigjort kan det ikke fordeles rundt eller suges opp.

Både ved å øke nedbrytningshastighet og passasjehastighet av fôret vil fôropptaket kunne økes. Det er ellers også en positiv sammenheng mellom fôropptak og passasjehastighet (Okine & Mathison 1991). Dette har hos kyr gitt seg utslag i at man finner større partikler i gjødselen, noe som også nylig er bekreftet å gjelde for mindre drøvtyggere, inkludert geit (Jalali et al. 2015).

Bladmagekanalen demmer opp for særlig store partiklers passasje ut av vommen (Campling 1964). Dette kan sees på som hovedgrunnen til at vom og nettmage er det begrensende leddet for passasje av fôr gjennom fordøyelseskanalen til drøvtyggere.

4.3.2.1 Strekkreseptorer

For at drøvtyggerne skal slutte å spise når vommen er full, selv om de er i negativ energibalanse, er det en forutsetning at dette signaliseres på et vis. Mekanoreseptorer er fordelt utover veggene i fordøyelsessystemet (Forbes 1995). Disse afferente reseptorene leder impulser inn til sentralnervesystemet og har flere funksjoner. Blant annet er de involvert i de peristaltiske bevegelsene som fører innholdet gjennom fordøyelsessystemet. Leek (1969) har avdekket at denne typen reseptorer i vommen er konsentrert mot fremre dorsalsekk og i nettmagen (Figur 3). Stimuli av disse reseptorene setter i gang sammentrekningene i vom og nettmage.



Figur 3
Skravert felt viser utbredelsen av sensorisk vev i vom og nettmage hos sau, fra Leek (1969).

Kontraksjoner i vom og nettmage stimuleres ved spising (Forbes 1995). Dette påvirker strekkreseptorene, men uten at signalene bidrar til at spiselysten opphører. Dessuten stimuleres drøvtygging og vomkontraksjoner når fôret kommer i berøring sensitive områder i vomveggen. Denne aktiviteten hjelper til med å sende fôret ut av vommen. Dette betyr at ved siden av å begrense opptaket er strekkreseptorene samtidig involvert i å opprettholde opptaket.

4.3.2.2 Kjemoreseptorer

Det finnes reseptorer i vomepitelet som reagerer på mengden kjemiske forbindelser (Forbes 1995). Flyktige fettsyrer etter vomgjæringen er viktige slike forbindelser og har hovedsakelig påvirkning i udissosiert form på grunn av diffusjonsegenskapene. Effekten er større med økende molekylstørrelse og økende aciditet. pH har i seg selv tilsynelatende ingen effekt (Baile & Mayer 1969). Smørsyre (butyrat) alene har sterkere effekt enn en blanding av de flyktige fettsyrene (Forbes 1995). På tross av dette har smørsyre liten praktisk betydning på grunn av at det under normal vomgjæring blir frigitt mye mindre av denne syren enn det som er tilfellet for eddiksyre og propionsyre. Begge disse sistnevnte har vist reduserende effekt på fôropptaket når de er infusert i vommen eller tildelt i fôret hos geiter og sauer (Baile & Mayer 1969; Martin & Baile 1972). Eddiksyre påvirker sentralnervesystemet gjennom reseptorer i vomveggen. Propionsyre ser ut til å påvirke reseptorer i venene som leder fra vommen (Baile 1971). Påvirkningen på kjemoreseptorene er nødvendigvis knyttet til fôrets kjemiske karakter.

Forbes (1995) hevder at den osmotiske aktiviteten i vommen spiller en viktig rolle i å regulere opptaket, på tross av at det ikke er bevist at det finnes spesifikt sensorisk vev som overvåker dette. Det er ikke utenkelig at det er snakk om en fortynningseffekt. Den osmotiske aktiviteten uttrykt med osmolalitet (Mol løst stoff kg^{-1}), på grunn av den store konsentrasjonen løste stoffer i vomvæsken. Økt osmolalitet betyr mindre tilgjengelig vann. Dette har vist seg å begrense fôropptaket og er tydeligst dersom dyrene ikke har tilgang på vann (Carter & Grovum 1990).

Bergen (1972) konkluderte med at osmolalitet neppe hadde stor betydning for fôropptaket i praksis etter forsøk med sauer. Ved framprovosert osmolalitet på over 400 mol kg^{-1} ved tilsetning av ulike salter eller polyetylen glykol (NaAc, NaCl eller PEG) ble fôropptaket senket. Når det i tillegg ble gitt lokalbedøvelse til vomveggen ble ikke effekten den samme. Det er imidlertid sjeldent at osmolaliteten når et så høyt nivå som 400 mol kg^{-1} på ulike grovfôrrasjoner, og i så fall kun for en kort periode.

4.3.3 Tilbakekobling

Stoffskiftets regulerende virking på fôropptaket er knyttet til diverse produkter fra stoffskifteprosesser, men også absorberte stoffer etter fordøyelsen og forgjæringen (Ingvartsen & Kristensen 2003). I tillegg til nervøs stimuli er sult og metthetscenteret også sensitivt for humorale stimuli som består av stoffer som fraktes i blodårene. Det kan være signalstoffer som hormoner, cytokiner og næringsstoffer. Baile et al. (1969) hevder at tilbakekoblingssignaler forårsaket av konsentrasjonen av flyktige fettsyrer i vommen har mest å si for fôropptaket når rasjonen består av en betydelig mengde korn, på grunn av den raske gjæringen.

4.4 Faktorer ved dyret

4.4.1 Fysiologisk status

En rekke ulike fysiologiske prosesser er på gang i et dyr til enhver tid. Når vi ser dyret fra utsiden er innsikten i de ulike prosessene begrenset. Gjennom livet til et dyr kan det være periodevise typiske trekk i de fysiologiske prosessene. Eksempler på det er når et ung dyr er i en vekstfase eller når hunndyret produserer melk. Dette muliggjør en inndeling etter det som kan samles i begrepet fysiologisk status. Dermed er det mulig å sortere forholdene ved ulike typer fysiologisk status, og den spesifikke betydningen de kan ha for fôropptaket. Mange

prosesser kan være på gang samtidig og på den måten skape interferens på virkningen av hverandre.

4.4.2 Bukhulebegrensning

Feite og drektige dyr har lavere opptakskapasitet (Bines, 1976). Negativt forhold mellom vomvolum og volum av drektig bør, samt mengde abdominalt fett, er vist av Forbes (1969) hos drektige sauer.

4.4.3 Vekt, alder og vekst

Genotypisk små dyr tar opp mer f r i forhold til størrelsen enn genotypisk store dyr (Ketelaars and Tolkamp, 1991). Dette gjør at de har nært den samme evnen til å livnære som større dyr, på et og samme f r. Kortere oppholdstid i fordøyelseskanalen kan være en forklaring.

Fôropptaket øker med økende alder inntil et visst nivå (Ketelaars & Tolkamp 1991).

Maksimalt opptak nås gjerne en tid før dyret er fullvoksent. Opptaket kan faktisk også gå litt ned igjen ettersom dyrene n r fullvoksen størrelse. Dette kan tilskrives den samtidige effekten av vekst som gjør at samlet næringskrav, vedlikehold + vekst, er større i denne perioden. Noe som motiverer for større opptak. Det ser likevel ut til at dette er avhengig av fôret som blir tilbudt. Yngre dyr klarer å ta opp mer av et f r med høyere ford yelig het. På samme måte inntreffer gjerne toppen av opptakskurven tidligere ved lettfordøyelig f r.

Mekanismene som gjør at fôropptaket stabiliserer seg er av genetisk karakter (Ketelaars & Tolkamp 1991). Ettersom dyrene nærmer seg en mer eller mindre genetisk forutbestemt fullvoksen størrelse vil veksten avta, og dermed også det tilhørende næringsbehovet.

4.4.4 Drektighet

Gjennom midten av drektigheten (andre trimester)  ker generelt fôropptaket, for så å reduseres gradvis igjen (Ketelaars & Tolkamp 1991). Helt mot slutten av drektigheten reduseres opptaket drastisk. Dette er til en viss grad proporsjonalt med fostertilveksten. Derfor er det en vanlig oppfatning at dette forklares med at den drektige b ren på dette tidspunktet opptar stor plass i bukhalen i disfavør av vomkapasiteten. Forbes (1969) har vist at følgene av denne begrensningen i noen grad motvirkes av økt passasje gjennom fordøyelsessystemet.

4.4.5 Melkeproduksjon og laktasjonsstadium

Melkeproduksjonen er helt klart av stor betydning for næringsbehovet (AFRC 1998; NRC 2007) og vil således være en sterk motivasjon for fôropptaket. Høyere energibehov innstiller dyrene generelt til å akseptere en høyere vomfylde og en raskere passasje av innholdet gjennom fordøyelsessystemet (Forbes 1995; Ketelaars & Tolkamp 1991).

Det skal ikke være noen tydelig sammenheng mellom opptaket og energi innholdet i dagsavråttene (Ketelaars & Tolkamp 1991). Det vil si at verken EKM (energikorrigert melk) eller melkefettproduksjon burde forklare økning i opptaket bedre enn kg melk ukorrigert for energiinnhold.

Melkekyr klarer ikke å regulere fôropptaket i trå med energibehovet gjennom hele laktasjonen (Journet & Remond 1976). I den første tiden etter kalving vil det være et etterslep i evnen til å ta opp fôr som fører til negativ energibalanse. I andre enden av laktasjonen tar kyrne opp mer enn det som trengs til den daglige melkeproduksjonen og legger dermed på seg kroppsreserver.

Før fødsel skjer det en tiltagende mobilisering av fettreserver (Metz 1977). Som et resultat av dette øker også innholdet av frie fettsyrer i blodet i denne perioden. Disse endringene i stoffskifteprosessen kan sees på som en klargjøring av det drektige dyret til laktasjon (Ketelaars & Tolkamp 1991). Disse forholdene skal også kunne forklare den skarpe nedgangen i fôropptak i samme periode. Stoffskiftet domineres av denne katabolske situasjonen etter fødselen og et stykke ut i laktasjonen. Hvor lenge avhenger av hvor lenge gapet mellom opptatt næring og næringsbehovet varer.

Dette betyr at det gjennom laktasjonen skifter fra å være en fysisk begrensning på opptaket i begynnelsen til å ikke være det mot slutten. Dette skyldes endringer i den mengden næring som kreves til melkeproduksjonen og samtidig endringer hos dyret. Evnen til å tilpasse opptaket etter behovet er større når det fôres med fôr med høy fordøyelighet og høyt energiinnhold, som ungt gress eller gressmel.

4.5 Faktorer ved fôret

Fôr kvaliteten kan gjenspeiles i den prestasjonen et dyr oppnår ved å få tildelt det aktuelle fôret (Mertens 1994). Dette innebærer også frivillig opptak av fôret. Fôropptaket henger sånn sett tett sammen med fôr kvaliteten. Dette henger igjen sammen med rekke mulige fôr karakteristikk som brukes i fôrvurderingen. I det følgende skal de viktigste nevnes.

4.5.1 Fordøyelighet

Det er sammenheng mellom fôrets fordøyelighet og oppholdstid i vommen (Campling 1964). Som regel vil fôr med høy fordøyelighet ha kortere oppholdstid i hovedsak fordi det brytes ned raskere i vommen. Det eksisterer et konkurranseforhold mellom passasjehastigheten og nedbrytningshastigheten. Forholdet mellom nedbrytningshastighet og passasjehastighet har betydning for hvor mye av fôret som blir nedbrutt i vommen. Det betyr at på tross av at et fôr i prinsippet kan være mer lettfordøyelig enn et annet så vil passasjen sørge for at ikke hele denne forskjellen kan komme til nytte, men i sum vil en enhet av slikt fôr likevel som regel ha høyere fordøyelighet. Med hensyn på fôropptaket er en vel så viktig effekt at det blir frigjort mer plass til nytt fôr. Dette er et resultat av både nedbrytning av fôret og absorpsjon av næringsstoffer, samt av passasjen av resterende fôrpartikler. Med tanke på den fysiske begrensede kapasiteten er det klart at hvor raskt fôret forsvinner fra vommen er avgjørende. På den måten er opptakspotensialet høyere for et fôr med høy fordøyelighet. Betydningen av dette er demonstrert i forsøk på sau av Blaxter et al. (1961). Det var et betydelig lavere TS-opptak av grovt høy med lav fordøyelighet sammenlignet med gresspellets med høy fordøyelighet.

I tråd med dette er det hevdet at fordøyeligheten er den enkeltfaktoren med størst betydning for opptak av næringsstoffer og konvertering til produkt (Mertens 1994). Det kan likevel være mer sammensatt. En rekke andre karakteristikk kan også settes i sammenheng med fôropptaket. Samspill mellom ulike faktorer kan også ha betydning i denne sammenhengen. For eksempel kan økt fôringsfrekvens øke fordøyeligheten (Campbell & Merilan 1961). Når det gjelder faktisk opptak av fordøyelig tørrstoff så er generelt selve tørrstoffopptaket mer enn dobbelt så viktig som fordøyeligheten (Mertens 1994).

Fordøyelighet uttrykt som en D-verdi er også vist å være en viktig prediktor for melkekyrs opptak av surfôr (Huhtanen et al. 2002; Huhtanen et al. 2007). D-verdien er definert som gram fordøyelig organisk stoff (FOM) per kg TS. TS-innholdet hadde også betydning. I tillegg ble effekten av surfôrets gjæringskvalitet vurdert og modellert inn i en opptaksindeks for surfôropptak (SDMI) (Huhtanen et al. 2002). Dette inkluderte total mengde syrer (eng; TA) og ammonium-N/kg N (NH_3N). Senere ble indeksmodellen gjennomgått og utbedret (Huhtanen et al. 2007). Da ble også effekten av NDF lagt til, sammen med andel 1. slått, kløverandel og andel helgrøde, mens parameter for NH_3N gikk ut.

Energiverdien av fôret er veldig avhengig av fordøyeligheten. En studie av sau (Blaxter et al. 1961) ledet til følgende enkle sammenheng mellom fôropptak og energiverdi:

$$E=4*(I-31)$$

Der E er energioptaket per dag og per kg kroppsvekt^{0,734} og

I er frivillig opptak i gram per dag per kg kroppsvekt^{0,734}.

Dermed gir denne ligningen et enkelt uttrykk for fôr kvaliteten.

(Conrad et al. 1964) har demonstrert hvordan fordøyelighet av rasjonen endrer i hvilken grad fysiske eller fysiologiske faktorer er bestemmende for fôropptaket hos kyr. Ved lav fordøyelighet var opptaket nært knyttet til dyrets størrelse og dermed også vomvolum. Ved høyere fordøyelighet var det bedre sammenheng mellom stoffskiftestørrelse og produksjon.

4.5.2 Partikkelstørrelse

Hos drøvtyggere er partikkelstørrelse en begrensende faktor for at fôret skal kunne passere ut av vommen (Welch 1982). Partikkelstørrelsen reduseres ved hjelp av tygging. Drøvtyggingen er viktig i denne forbindelsen i tillegg til tygging under selve opptaket. Den mikrobielle nedbrytningen har også betydning for den nedbrytbare fraksjonen av fôret. På samme måten vil den partikkelstørrelsen fôret har før det blir spist ha betydning for hvor raskt det kan passere videre. Fôropptaket øker generelt med lavere partikkelstørrelse (Forbes 1995). Responsen i fôropptak er større for grovfôr av lav kvalitet enn av høy kvalitet (Allen 1996).

Gjennomsnittlig partikkelstørrelse i vommen var mindre for geit enn for sau som begge ble fôret med kuttet eller pelletert hvetehøy, separat eller blandet (Kennedy et al. 1992). Til tross for dette hadde sauene et relativt høyere opptak enn geiten i dette tilfellet. Domingue et al. (1991a) observerte i et forsøk med sauer og geiter som ble tildelt lusernehøy at geitene tygget mer effektivt i forbindelse med opptaket. Drøvtyggingstiden til geitene var lavere enn hos sauene. Dette antyder at fôrets partikkelstørrelsen trolig har noe mindre betydning for geit sammenlignet med sau.

Ofte forutsettes det at partiklene må være mindre enn 1 mm for å kunne passere ut av vommen (Domingue et al. 1991a; Sauvante et al. 1996).

4.5.3 Tørrstoffinnholdet

Vanninnholdet i fôret er i seg selv neppe en begrensende for opptaket fôr (Campling & Balch 1961; Davies 1962). Det justeres med lavere inntak av vann utenom det som kommer med fôret. Likevel kan vannet fungere som en volumfortrengende faktor så lenge det ligger inne i plantecellene i fôret inntil det blir tilstrekkelig nedbrutt.

TS-opptaket er som regel høyere ved fôring med høy enn ved fôring med surfôr (Campling 1964). På samme måten virker også fortørking positivt på opptaket. Dette kan ikke bare tilskrives vanninnholdet i seg selv, men kan skyldes andre forhold ved surfôret, som for eksempel gjæringsprodukter.

4.5.4 Kjemiske fraksjoner

Det er i dag vanlig å analysere fôret med ulike mer eller mindre standardiserte kjemiske metoder for å beskrive fôret og få et objektivt sammenligningsgrunnlag. Standardisering av metodene er viktig når det gjelder det sistnevnte (Van Soest et al. 1991). De ulike kjemiske fraksjonene henger sammen med fôrets egenskaper, som fordøyelighet og fylleeffekt. Det samme gjelder fôropptaket.

Forsøk antyder at geiter tygger fôret mer effektivt sammenlignet med sauer (Hadjigeorgiou et al. 2001). Fôrets partikkelstørrelse i utgangspunktet før det blir spist ser dermed ut til å bety mindre for grovfôropptaket til geitene.

4.5.4.1 Fiber (NDF)

Tilstrekkelig med fiber i rasjonen til drøvtyggere er særlig viktig for å opprettholde en balansert økologi med god funksjon i vommen (Van Soest et al. 1991). Samtidig kan denne fraksjonen være med på å begrense fôropptaket på grunn av den trege fordøyelsen og ofte store andel ufordøyelige fiber. Fiber er en svært uensartet fraksjon og kan av den grunn karakteriseres med mange ulike metoder. «Nøytralt løselig fiber» (eng.= neutral detergent fiber, NDF) er i dag en populær metode som er beskrevet og anbefalt i forbindelse med drøvtyggerfôr av Van Soest et al. (1991). Fraksjonen representerer celleveggstrukturen i plantene og kan anbefales på bakgrunn av at denne fraksjonen har vist tettere relasjon til drøvtyggeraktiviteten og vomfylde enn andre metoder, som syreløselig fiber (ADF) og råtrevler (Weendesystemet) (Van Soest 1963). Råtrevler ble brukt tidligere i Norge, som man ser av eldre publikasjoner. Det senest utviklede nordiske fôrvurderingsstystemet (NorFor) anvender NDF.

NDF er vurdert som en svært viktig fôrkarakteristikk for prediksjon av fôropptaket til drøvtyggere. Mertens (1987) utviklet derfor en fôropptaksmodell for melkekyr der NDF-innholdet i fôret inngår som en begrensende faktor. Den var basert på at kyrne hadde en daglig kapasitet til å ta opp NDF tilsvarende 1,1% av kroppsvekten. Det er antydning en krumlinjet sammenheng mellom NDF innhold i rasjonen og tørrstoffopptaket.

Et forsøk utført på lakterende kyr har vist at NDF-konsentrasjonen i rasjonen henger tett sammen med fylleeffekten i vommen (Dado & Allen 1995). På lavt nivå av NDF (25% av rasjon på TS-basis) så ikke vomvolum ut til å være en begrensende faktor for tørrstoffopptak. På høyere nivå (35%) var vomvolum tydelig begrensende faktor på opptaket på tross av at kyrne viste evne til å kompensere med økt drøvtygging, vomkontraksjoner og passasjehastighet for NDF.

NDF ligger også til grunn for den metoden som ofte brukes for å forutsi geitenes fôropptak i Norge, som er basert på antagelsen om at geitene har evne til å ta opp en relativt konstant mengde NDF.

4.5.4.2 Råprotein (RP)

Huthanen (2002) fant positiv sammenheng mellom surfôrets RP innhold og surfôropptaket hos melkekyr. Sammenhengen var svakere enn sammenhengen mellom fordøyelighet og surfôropptak. Når RP ble kombinert med D-verdi ble sammenhengen svakt negativ og ikke signifikant. Dette tyder på at sammenhengen har med fôrets fordøyelighet og gjøre, som et resultat av høstetidspunkt, snarere enn faktisk nivå av RP. D-verdien forklarer denne effekten bedre.

Det er likevel ikke utenkelig at fôrets innhold av protein eller nitrogen kan være viktig med hensyn på den mikrobielle nedbrytningen i vommen, og dermed kan ha indirekte betydning for opptaket ved å bidra til at det blir ledig plass til nytt fôr på samme måten som for fordøyelighet. Som vist av (Huston et al. 1988) fører tilskudd av råprotein til økt fôropptak. Responsen var større hos geiter enn hos sauer.

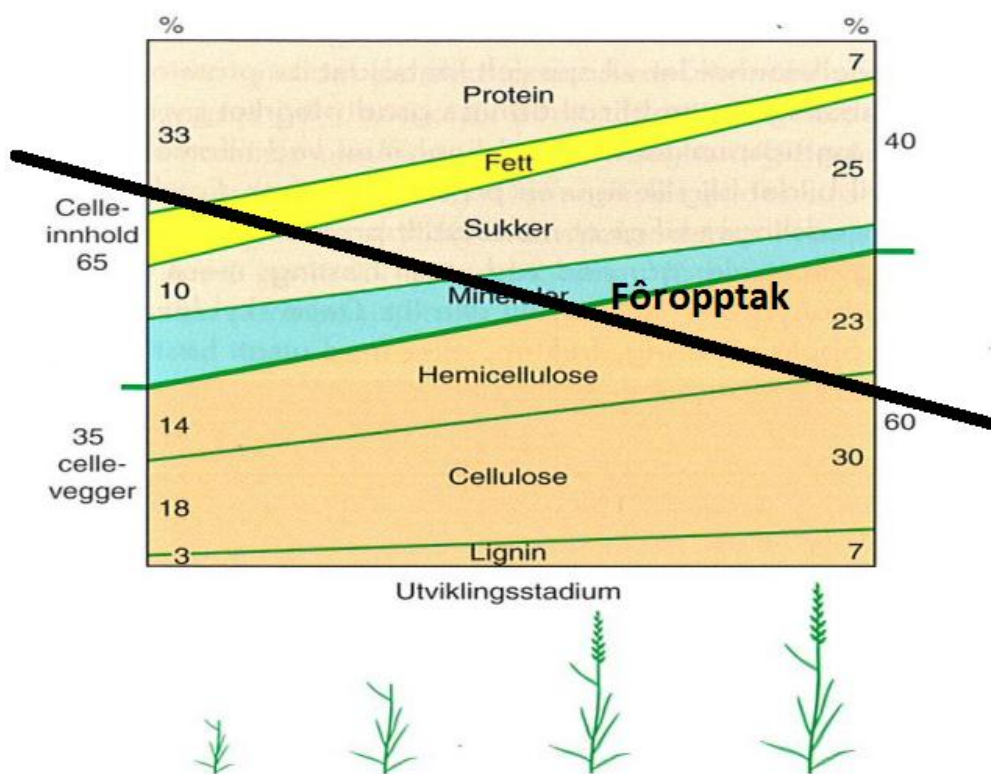
Likevel tyder undersøkelser på at geitene har høyere fordøyelighet av fôret sammenlignet med sau på rasjoner med lavt proteinnivå (Ash & Norton 1987; Tolcamp & Brouwer 1993). Dette antyder at mekanismene for regulering av mikrobenes N tilgang kan være bedre hos geit. Generelt fungerer disse mekanismene prinsipielt som følger: I det nitrogen blir en begrensende faktor vil mekanismer i fordøyelsessystemet og nyrene respondere slik at

utnyttningen av urea blir bedre (Harmeyer & Martens 1980). Dette innebærer en forsterket resirkulering av urea via blodomløpet og tilbake til vommen. Det innebærer også en assimilering av N i mikrobene (Ide 1975). Innfluksen av urea til vommen er regulert etter mikrobenes behov. Gjennomtrengeligheten for urea gjennom vomveggen kan reguleres av gjæringsproduktene.

I et forsøk der både sauer og geiter fikk et grovfôr av lav kvalitet ble det vist til at geitene hadde høyere omskiftning av N i kroppen og til enhver tid høyere N beholdning i vommen (Domingue et al. 1991b). Disse egenskapene ble satt i sammenheng med den observerte høyere fiberfordøyelsen, inkludert ligninfordøyelsen, hos geitene sammenlignet med sauene. Det samme er bekreftet i flere andre undersøkelser utført av Tan (1988). Der ble det også vist at vombeholdningen av uorganisk svovel var høyere hos geiter enn hos sauer. Både N og S er regnet som essensielt for mikrobene i formagene og kan være en begrensende faktorer, som ved underskudd dermed først og fremst vil gå ut over fiberfordøyelsen.

4.5.5 Grovfôrets høstetidspunkt

Generelt er det tydelig ut fra ut fra diskusjonen rundt grovfôrkarakteristikken at opptakspotensialet er sterkt knyttet til hvor langt plantene har kommet i den fenologiske utviklingen ved høstetidspunktet. Denne sammenhengen er prinsipielt illustrert i Figur 4. Denne veldig generaliserte sammenhengen kan yte en forventning til fôrets ulike kjemiske karakteristikkens isolerte effekt på fôropptaket.



Figur 4

En generalisert sammenheng mellom høstetidspunktet og grovfôropptaket, i sammenheng med ulike kjemiske karakteristikk. Den tykkeste linjen representerer nedadgående fôropptak, men er ikke relatert til noen skala og derfor bare retningsangivende. Modifisert etter (Mo 2005) opprinnelig etter (Osborn & Holmes 1980).

4.5.6 Spesielt for surfôr

Drøvtyggernes TS-opptaket av surfôr er ofte lavere enn TS-opptaket av høy (Campling 1964). Forholdet mellom opptaket og innhold av NDF er heller ikke like tydelig (Mertens 1994). Vanninnholdet er ikke alene nok til å forklare denne forskjellen. Campling (1964) referer til en rekke eldre undersøkelser som antyder at gjæringsprosessen surfôret gjennomgår er av større betydning. Til sammenligning er opptaket av frisk gress gjerne stort på tross av høyt vanninnhold.

(Huhtanen et al. 2002) har sett på sammenhengene mellom surfôrkarakteristikk og tørrstoffopptak av surfôr (SDMI) hos melkekyr. Det har ledet til en praktisk opptaksindeks med utgangspunkt i 100 for et surfôr utsatt for begrenset gjæring. Den beregnes på følgende måte:

$$SDMI = 100 + 0,151(D\text{-verdi} - 690) - 0,000531(TA^2 - 6400) - 4,7650(\ln(NH_3N) - \ln(50))$$

Der D-verdi er g FOS / kg TS, TA er summen av melkesyre, eddiksyre, propionsyre, smørsyre og maursyre, og NH_3N er g ammoniumnitrogen (NH_3) / kg totalnitrogen (N).

Modellen er bygd opp etter prinsippet om at effektene er additive. TA som representerer gjæringsproduktene inngår med en kvadrert effekt. Dette innebærer at gjæringsssyrene virker negativt på SDMI og at virkningen er tiltagende med økende innhold av TA i surfôret.

Begrenset fôropptak av sterkt gjæret surfôr kan være koblet til en ubalanse i absorpsjonsprofilen av næringsstoffer (Huhtanen et al. 2002). Særlig mangel på aminosyrer i forhold til energinivået er pekt på som en mulig årsak. (Huhtanen et al. 2002) nevner også at velkonservert maursyresurfôr har vist seg gi større surfôropptak. Det henger sammen med at fôret forsvinner raskere fra vommen og tillater en større vomfylde sammenlignet med surfôr uten tilsetninger inokulert med melkesyrebakterier.

I et forsøk med norske melkegeiter utført av Hussain et al. (1996) ble det observert tydelig positiv effekt av velkonservert surfôr på fôropptaket, så vel som melkeavdrått, i forhold til surfôr som hadde redusert kvalitet etter påvirkning fra luft.

4.5.7 Palatabilitet

Det er intuitivt lett å tenke seg at fôrets smakelighet er avgjørende for hvor mye dyrene vil spise av det. Betydningen av dette skal likevel ikke overdrives. Det hevdes at dette har lite si for opptaket av et fôrmiddel på lengre sikt (Campling 1964). Det kan derimot bety mer for valget mellom fôrmidler i situasjoner der dyrene er gitt denne muligheten (Teitelbaum & Epstein 1963).

Når det gjelder surfôr har gjæringsproduktene negative virkning på TS-opptaket vært mistenkt å skyldes at de reduserer surfôrets palatabilitet (Huhtanen et al. 2002). Bevisene for hvor vidt dette faktisk kan forklare et lavere TS-opptaket er tvetydige. Det er vist til at mekanismene trolig er minst like knyttet til absorpsjon av stoffer og stoffskifteprosesser. Balansen mellom protein og energi ser ut til å være sentral. I vommen er dette også viktig for den mikrobielle omsetningen. Selv om proteolyseaktiviteten som har foregått i surfôret enten i større eller mindre grad ikke medfører fjerning av N i nevneverdig grad, er det likevel ting som tyder på at denne aktiviteten begrenser mikrobesyntese. Dette er i tråd med at mikrobene generelt presterer bedre når aminosyrer erstatter ikke-protein-nitrogen (IPN) (Maeng et al. 1976). Dessuten har ikke de andre endeproduktene fra surfôrgjæringen noen særlig energiverdi for mikrobiell vekst i vommen, nettopp på grunn av at disse endeproduktene er et resultat av at tilsvarende organismer allerede har tatt ut den delen av næringen som er tilgjengelig ved anaerob gjæring.

At gjæringsproduktene har en effekt på palatabilitet er antydning av et forsøk med kyr (Keady & Murphy 1998). Kyrne foretrakk velkonservert maursyresurfôr foran surfôr inokulert med melkesyrebakterier og surfôr med redusert maursyredose og ubehandlet surfôr, satt i rekkefølge etter mengden spist av de ulike typene. Dette var langt fra like tydelig når surfôrtypene ble gitt hver for seg. Det betyr en eventuell palatabilitetseffekt ser ut til å lite å si når dyrene ikke har valgmuligheter. Selv om et fôr som forventes å ha dårlig palatabilitet kan føre til en periode med redusert opptak etter introduksjonen ser det ut til at dette oppjusteres etterhvert. Noe som antyder et behov for tilvenning og gjør at palatabilitet betyr mindre på lengre sikt (Huhtanen et al. 2002). Tilvenningen kan innebære justeringer i stoffskiftet.

4.5.8 Substitusjonseffekt

Kraftfôr tildeles til drøvtyggere i hovedsak for å øke den totale næringsforsyningen. Det kan også være mange andre grunner for å tildele kraftfôr som for eksempel for å sikre mineralforsyningen gjennom mineralene som er tilsatt i kraftfôret, eller av praktiske årsaker som lokkemiddel. Uansett er det i fôropptakssammenheng kraftfôrets lave fylleeffekt (Volden 2011) og høye tørrstoff og næringskonsentrasjon som gjør det interessant som middel for å øke totalt TS-opptak. Det er likevel vanlig å snu på effekten i relasjon til surfôropptaket. Det er en allment akseptert sammenheng at større kraftfôrmengder som regel fører til at surfôropptaket går ned. Dette er vel dokumentert, blant andre av Huhtanen et al. (2008) hos kyr. Den generelt reduserende effekten på grovfôropptaket er tiltagende med økende kraftfôropptak. Eventuelt kan det sies at at kraftfôrets bidrag til økt totalopptak er avtagende med økende mengde. Disse forholdene kan ikke bare forklares av den plassfortrengende virkningen av kraftfôret, men er i stor grad knyttet til den negative virkningen på vommiljøet. Det er særlig nedbrytning fiber som hemmes. I NorFor-systemet er en tilsvarende effekt satt i sammenheng med rasjonens sukker og stivelsesinnhold og vombelastningen (Volden 2011). Både Eik (1991) og Havrevoll et al. (1995) har vist tilsvarende reduserende virkning på grovfôropptaket hos geiter.

(Huston et al. 1988) fant bare additiv eller stimulerende effekt av supplering med kraftfôr til geiter som fikk grovfôr av henholdsvis lav, middels og høy kvalitet. Sauer på samme rasjon viste imidlertid en reduksjon i grôvforopptaket når grovfôret av høy kvalitet ble supplert med kraftfôr.

4.6 Eksterne faktorer

I tillegg til faktorer ved dyr og fôr har også andre mer eksterne faktorer betydning. Stellet av dyrene vil ha betydning for fôropptaket sammen med andre mer typiske omgivelsesfaktorer.

4.6.1 Fôring og stell

Stellet, og da tenkes det særlig på fôringsmåte, kan ha stor betydning for fôropptaket. Når fôropptaket skal måles som en respons på forhold ved dyret eller fôret er det forutsatt tildeling etter prinsippet ad libitum. Dette er ikke nødvendigvis tilfellet i praktisk geitehold. Ved et restriktivt fôringsprinsipp, som innebærer at dyrene spiser opp alt fôret som blir tildelt, vil ikke dyrene kunne utnytte sitt fôropptakspotensiale.

Forhold ved tildelingen av fôret har også betydning. Jørgensen et al. (2007) viste i en atferdstudie at kamp om spiseplasser begrenser fôropptaket hos geiter. Surfôropptaket ble redusert med 16,2 % når tre geiter delte en spiseplass i forhold til når alle geitene hadde hver sin spiseplass. Den samme effekten ble ikke observert når grovfôret var høy. Til gjengjeld var det mer aggressivitet ved høyfôring. Redusert antall spiseplasser førte til høyere aggressivitet også uavhengig av fôrtype. Geitene som var lavest på rangstigen fikk mindre tilgang til fôret.

I en tilsvarende studie på sau var forholdet mellom begrensede spiseplasser og redusert opptak av fôrtype omvendt (Bøe & Andersen 2010). Sauene tok ikke til seg mindre surfôr på tross av reduserte fôrplasser, men høyopptaket ble begrenset. Generelt var betydningen av reduserte spiseplasser noe mindre hos sauene enn hos geitene.

Dersom dyrene tildeles en mengde fôr tilsvarende den mengden de spiser ved ad libitum tildeling vil opptaket ofte reduseres. Dette er blant annet observert hos sau (Bøe et al. 2012). Derfor er det nødvendig å gi mer fôr enn forventet opptak når potensialet til fôropptak skal utnyttes. Det er vanlig å tildele 5-20% mer fôr. Det vil si for eksempel en total fôrmengde på 110 %.

Økt fôringsfrekvens kan også øke fôropptaket (Campbell & Merilan 1961). Når fordøyeligheten samtidig øker, ligger det til rette for en forsterket respons i melkeproduksjonen. Blaxter et al. (1961) fant imidlertid ikke at antall fôringer hadde noen tydelig effekt på opptaket hos voksne sauer fôret ulike typer fôr.

4.6.2 Omgivelser

4.6.2.1 Fotoperiode

Lengre daglengde har vist seg å stimulere til høyere fôropptak og høyere tilvekst hos sauer (Forbes 1982). Økt fôropptak er også observert hos melkekyr med dertil økende ytelse. Det pekes på at effektene er usikre og ikke uten videre kan overføres til praktisk husdyrhold.

4.6.2.2 Temperatur

Ketelaars og Tolkamp (1991) holder fram at temperaturvariasjoner over et ganske vidt område har liten betydning på frivillig fôropptak. Ved kuldestress lavere enn kritisk nedre kritiske temperatur responderer dyrene likevel tydelig ved å spise mer. For eksempel er det tilfellet for sauer etter klipping (Elvidge & Coop 1974; Wheeler et al. 1963; Wodzicka-Tomaszewska 1963). Responsen inntreffer ikke momentant, men tiltar gjennom en akklimatiseringsperiode. På andre siden av temperaturskalaen, når dyrene blir utsatt for varmestress, er effekten umiddelbar (Ketelaars & Tolkamp 1991). Det vil si at opptaket da reduseres med økende temperatur.

4.7 Prediksjon

Med prediksjon av fôropptaket menes det å kunne forutsi mengden opptatt fôr ved hjelp av en matematisk modell som tar hensyn til størrelsen av ulike faktorer som vi har opplysninger om.

Ingvartsen (1994) peker på behovet for modeller egnet for praktisk fôrplanegging på gårdsnivå til melkekyr. Det er grunn til å anta at det også er interessant for melkegeiter. For at modellen skal være anvendelig forutsetter det at opplysningene er lett tilgjengelige eller ikke kostbare å frambringe. For eksempel er ikke den eksakte vekten av individet så lett tilgjengelig for melkekyr. Det er nok praktisk enklere å finne vekten på geitene, men vil uansett være en fordel om dette kan unngås som parameter i modellen. Det finnes eksempler på en rekke andre faktorer som sannsynligvis kunne bidratt til en bedre prediksjon, men som er uaktuelle til praktisk bruk. Derfor er de fleste modeller enkle og baseres på få, men kvantitativt viktige faktorer (Ingvartsen 1994; Mertens 1987).

Det er mange faktorer som har sitt å si for fôropptaket og de mest aktuelle bør være nevnt. I forbindelse med prediksjon vil et dyrs fôropptak på et gitt tidspunkt være et produkt av alle faktorene som ligger til grunn. Hver faktor kan ha en økende eller reduserende sammenheng med fôropptaket. På den måten kan en faktor helt eller delvis også oppveie effekten av en

annen. Det må derfor tas hensyn til størrelsen av de ulike faktorenes effekt. Forhåpentligvis vil summen av disse effektene treffe nært det faktiske opptaket. Jo flere faktorer som tas hensyn til, jo større er sannsynligheten for å treffe med prediksjonen, men modellen blir mer komplisert og krever flere opplysninger for å kunne anvendes. Siden faktorer kan oppveie betydningen av hverandre er det derfor ikke sikkert at flere holdepunkter gjør predikert opptaksnivå mer riktig. Ulike forhold både ved fôr og dyr kan ha en høy grad av samvariasjon. Det kan gjøre det overflødig å ta hensyn til alle disse forholdene.

Bines (1976) nevner at en enkel formel som setter kroppsvekt og melkeytelse i sammenheng med fôropptaket kan være dekkende på generelt grunnlag, men at individuelle variasjoner da vil være stor. Uansett betyr det at disse to faktorene alene kan forklare mye av det kvantitative opptaket.

Ingvartsen (1994) har listet opp faktorer som er viktige ved prediksjon av fôropptak hos kyr. Flere av disse finnes igjen i den tidligere generelle gjennomgangen av ulike faktorer. Alle vil ikke være relevante for denne oppgaven og er derfor ikke gjennomgått.

Både kjemiske og fysiske karakteristikk ved fôret kan settes i sammenheng med fôropptaket (Forbes 1995). Slike faktorer bør derfor inngå i prediktive ligninger og modeller for fôropptak. Fordøyelighet og passasjehastighet er ofte brukt for å karakterisere fôret, som for eksempel i fôrvurderingssystemet NorFor (Volden 2011). Disse parameterne henger sammen.

4.8 Modeller

I Norge benytter rådgivere, forskere og bønder i dag en enkel tilnærming for å predikere geitenes fôropptak i forbindelse med fôrplanleggingen. Den er bygd inn i fôrplanleggingsverktøyet til Tine rådgiving, Tine Fôrplan geit utviklet av Hovet, K., Breines, D., Kvamsås, H. og Mikalsen, V. Den baserer seg på forutsetningen om at geiter spiser en relativt konstant mengde NDF per kg levendevekt, samt at den tar hensyn til geitenes kroppsvekt og at melkeytelsen også driver opptaket opp. Et forsøk på å gjengi denne i form av en forenklet ligning er vist her:

$$\text{NDFLV} = 13,0 + (0,5 * \text{EKM})$$

Der NDFLV er opptak av NDF i g/kg levendevekt og EKM er daglig produksjon av energikorrigert melk i kg.

Fôrnormer fra NRC (2007) oppgir et behov for TS-opptak ut fra at den gitte energikonsentrasjonen i den gjeldene rasjonen skal dekke det totale energibehovet. Dette skal være knyttet til forventet opptak etter en vurdering basert på kroppsvekt. Det nevnes også at dette opptaksnivået kan være usikkert og at det dermed kan være nødvendig med en enten høyere eller lavere energikonsentrasjon i rasjonen for å dekke behovet.

Jarrige et al. (1986) utviklet et system for sau og ku basert på balanse mellom to korresponderende størrelser beregnet på fôr og dyr, henholdsvis en fylleverdi (FV) på fôret relatert til en inntakskapasitet hos dyret (IC). Fôropptaket er gitt når $FV=IC$. Et referansefôr bestående av beitegress med en gjennomsnittlig kvalitet beregnet ut fra en rekke ulike gresstyper ble brukt for å fastsette 1 fylleenhet (FU), som tilsvarer 1 kg TS av dette fôret. FV til andre fôrtyper relateres til referansefôret ut fra sammensetning. Ut fra de samme forutsetningene ble det beregnet egne verdier for sau (FVS) og ku (FVC). Dyrets inntakskapasitet ble beregnet ut fra standardiserte sauer og kyr, og tar hensyn til kategori, kjønn, produksjonsnivå, vekst, osv, og er uttrykt som et antall FV. Systemet fungerer additivt når det er oppbygd på denne måten, som kan gjøre det lettere begripelig.

Et lignende dansk system ble utviklet av for storfe (Ingvarsten 1994; Kristensen & Ingvarsten 1986). Dette systemet utgjør grunnstammen i systemet som er benyttet i NorFor (Volden 2011).

Luo et al. (2004) har utviklet prediksjonsmodeller for geiters fôropptak, blant annet for lakterende geiter. Prediksjonen ble basert på ulike behandlingsmiddel i et stort datamateriale samlet fra ulike publikasjoner. Modellen for lakterende geiter ser ut som følger:

$$DMI_{AP} = 0,0964 + (0,9334 * DMI_P) - (0,1237 * ADGFCM)$$

Der DMI_{AP} er daglig tørrstoffopptak, DMI_P er TS-opptaket som skal til for å dekke beregnet energibehov (OE, mJ), mens ADGFCM er forholdet mellom vektendring i g per dag og mengde produsert 4%-fett-korrigert-melk i kg per dag (ADG:FCM).

Modellen baser seg på energibehovet som en drivende faktor for fôropptaket.

Korreksjonsleddet for vektendring og produksjon vil si noe om hvorvidt opptaket står i forhold til behovet. For eksempel vil en underdekning av behovet i begynnelsen av laktasjonen vil føre til vekttap med samtidig stor melkeproduksjon, noe som fører til at korreksjonsleddet vil redusere det predikerte fôropptaket. I tillegg ble det utviklet en likning basert på en formel fra AFRC (1998). Som en siste variant ble det også funnet en likning ut

fra multippel regresjon med en rekke forklaringsvariabler. Det ble lagt til grunn som et poeng at forklaringsvariablene skulle være kjente eller tilgjengelige i praktisk geitehold for å gjøre likningene praktisk anvendelige.

Det er vanskelig å utvikle et generelt system felles for flere ulike drøvtyggere som gir tilfredsstillende prediksjonssikkerhet (Mertens 1987). Modellene kan for eksempel være empiriske eller mekanistiske (France & Kebreab 2008). Flere varianter finnes også. I det følgende vil tilnærmingen være empirisk.

5 Material og metode

5.1 Litteratur

På grunn av begrenset litteratur spesifikt angående melkegeit har det vært nødvendig å inkludere en vesentlig andel litteratur basert på undersøkelser vedrørende andre drøvtyggere, særlig melkeku. Litteratur fra tropiske strøk er benyttet i mindre grad på tross av det er en del tilgjengelig litteratur angående geit fra disse områdene. Årsaken til det er at denne litteraturen ut fra denne oppgavens angrepsvinkel er å anse som mindre relevant på grunn av avvikende produksjonsforhold. Omgivelser og driftsforhold er annerledes, ofte varmere og tørrere, og fôret består av andre planter og rasjonene har en annen sammensetning enn hos oss. I tillegg er produksjonsnivået annerledes, ofte lavere, og genmaterialet ofte fjernet fra det norske.

5.2 Modeller

To ulike tilnærminger ble brukt for å finne fram til to ulike modeller. Den ene var tenkt som en praktisk anvendelig modell basert på opplysninger som er vurdert til å være lett tilgjengelig i praktisk drift. Denne er kalt modell A. Den andre modellen baserer seg på alle tilgjengelige opplysninger i datasettet og er en mer teoretisk modell for å se på potensialet de tilgjengelige opplysningene har til å forklare fôropptaket. Denne er kalt modell B.

5.3 Data

I undersøkelsen er det benyttet data fra fire forsøk gjennomført ved Institutt for husdyr- og akvakultur (IHA) ved Norges Miljø og Biovitenskapelige Universitet (NMBU). Forsøkene hadde ulike mål og forsøksfaktorer. Felles kriterier for valg av forsøk til datasettet var nøyaktig registrering av fôropptak, melkeytelse, melkens sammensetning, geitens kroppsvekt, tidspunkt i laktasjonen, samt fôrkvalitet. Med hensyn på fôret ble det forutsatt analyse av kjemisk innhold etter vanlige metoder, og at NDF representerte fiberfraksjonen. De nevnte forutsetningene ble valgt for å være anvendbar til praktisk fôrplanlegging. Det er begrenset tilgang på nyttbare data. Det begrenser hvor strenge kriteriene for utvelgelse kan være uten at datagrunnlaget blir for snevert til å kunne oppnå hensiktsmessige resultater.

I alle forsøkene ble det benyttet individuelle registreringer på ukebasis relatert til kjeingsdato og dermed laktasjonsuke. I praksis ble registreringen gjort en eller noen få ganger innen den respektive uken. For eksempel er vekt ofte et gjennom snitt for to eller tre veiinger utført over

like mange påfølgende dager. En oversikt over forsøkene som inngår i datasettet er vist i Tabell 2.

Tabell 2
Oversikt over forsøkene har bidratt til datasettet.

Forsøk nr.	År utført	Antall geiter	Forsøksledd	Referanse
G106	2004	32	Surfôr med to ulike høstetider To ulike kraftfornivå 0,8 og 1,4 kg	Eknæs (2006) upub.
G107A	2008	18	Surfôr med tre ulike høstetider Kraftfornivå 0,6 og 1,2 kg	Dønnem et al. (2011b) og Dønnem et al. (2011c)
G107B	2008	12	Surfôr med to høstetider Kraftfornivå 0,6 og 1,2 kg	Dønnem et al. (2011a)
G109	2011	30	Kraftfôrtyper mettet 1 og umettet fett 2 og kontroll 3, et surfôr	Eknæs (2011) upub.

Et utvalg data for beskrivelse av hvert enkelt forsøk er gitt i vedlegg A, B, C og D, i rekkefølge etter Tabell 2. Tilsvarende data for det samlede datasettet i Tabell 3, for gi et inntrykk av variasjonsområdet. Dyrematerialet som ble anvendt var rasen Norsk melkegeit tilhørende Senter for husdyrforsøk (SHF) ved NMBU. Målingene er utført i laktasjonsperioden og hovedtyngden av registreringer er i topplaktasjonen fram til beiteslipp. Det er ingen registreringer fra beiteperioden, mens det for forsøk G109 er registreringer også etter innsett på ettersommeren. Alderen på forsøksgeitene var 1 til 8 år (median = 4 år). Fordi forsøkene er gjennomført i samme besetning relativt nært i tid går noen individer igjen på tvers av forsøk.

Fôrrasjonen i alle forsøkene bestod av surfôr supplert med kraftfôr. Kvalitet av surfôr, og kvalitet og mengde av tildelt kraftfôr varierte mellom forsøkene. Surfôret i alle forsøkene var høstet fra enger sådd med frøblandinger av timotei (*Phleum pratense*), engsvingel (*Festuca pratensis*) og rødkløver (*Trifolium pratense*, men det kan være ulik alder på engen.

Tabell 3
Nøkkeltall fra datasettet.

Variabel	N	Gjennomsnitt	Std avvik	Minimum	Maximum
Opptak					
Totalt, kg TS d ⁻¹	756	2,19	0,42	1,01	3,61
Surfôr, kg TS d ⁻¹	756	1,38	0,43	0,20	2,55
Kraftfôr, kg TS d ⁻¹	756	0,81	0,25	0,48	1,26
Dyreopplysninger					
Levendevekt, kg	756	58,85	9,73	30,50	80,43
Alder, år	756	3,79	1,66	1,00	8,00
Laktasjonsuke	756	11,69	6,25	2,00	35,00
Melk, kg d ⁻¹	756	3,28	0,75	1,31	5,43
EKM, kg d ⁻¹	756	3,00	0,70	1,14	4,99
Surfôrkarakteristikk					
TS, g kg ⁻¹	756	246,90	25,04	211,00	310,00
NDF, g kgTS ⁻¹	756	529,58	64,71	387,29	636,08
CP, g kgTS ⁻¹	756	131,32	20,87	94,85	165,13
EE, g kgTS ⁻¹	756	34,19	7,08	22,92	56,30
CA, g kgTS ⁻¹	756	68,28	7,13	54,17	84,99
RestCHO, g kgTS ⁻¹	756	127,97	32,18	66,00	218,95
OMD, g kgOM ⁻¹ ^a	630	0,75	0,07	0,66	0,83
D-verdi, g kgTS ⁻¹ ^b	630	693,80	59,29	618,61	774,72
Opptaksindeks	756	96,53	6,83	87,00	110,04

^{a, b} Ikke benyttet i analysene.

5.4 Beregninger

5.4.1 Energibehov

Energibehovet for geitene ble beregnet. Behov for omsettelig energi (OE) i kilojoule (kJ) ble beregnet etter NRC (2007) med følgende formel:

$$OE = (501\text{kJ} * \text{vekt}^{0,75}) + (5220\text{kJ} * \text{kg EKM})$$

Behovet for nettoenergi (NE) i melkeforenheter (FEm) i henhold til Van Es (1975), ble beregnet eller følgende formel (norsk norm):

$$NE = (0,0371 * \text{vekt}^{0,75}) + ((0,44 * \text{EKM}) + (0,0007293 * (\text{EKM}^2)))$$

I begge formlene betyr vekt geitenes fulle kroppsvekt inkludert vominnhold og EKM i kg er energikorrigert mjølk beregnet ut fra daglig produksjon av kg melk etter følgende formel (Sjaunja et al. 1990):

$$\text{EKM} = \text{kg melk} * (0,01 + (0,122 * \% \text{ fett}) + (0,077 * \% \text{ protein}) + (0,053 * \% \text{ laktose}))$$

Eventuell vektendring ble ikke tatt hensyn til ved beregnet energibehov.

5.4.2 Opptaksindeksen

Opptaksindeksen for surfôret er beregnet ut fra annen surfôrkarakteristikk etter følgende formel:

$$\text{Indeks} = 100 + (\text{FEm} - 0,9) * 80 + (80 - \text{FS}) * 0,124 + (50 - \text{NH}_3\text{N} * 10) * 0,071$$

der FEm er melkeforenheter per kg TS, FS er summen av gjæringssyrene melkesyre, eddiksyre og smørsyre, og NH₃N er ammoniumnitrogen i prosent av totalnitrogen (N).

Denne beregningsmåten skal ligge til grunn for den opptaksindeksen som gis på foranalyser fra Eurofins (Upub.). Den bestemmes i praksis normalt med NIRS, men er kalibrert i henhold til denne beregningen.

5.4.3 Transformering

Noen av variablene ble transformert fra ikke-lineæresammenhenger til å få en lineær sammenheng, som et alternativ til polynomer. Dette ble gjort ved å ta gjennomsnittet av logaritmen til TS-opptaket dividert med logaritmen til den aktuelle variabelens verdi for alle observasjoner.

5.5 Dataanalyser

De fire forsøkene ble slått sammen til et datasett (Tabell 3). Det inneholdt totalt 756 observasjoner og opprinnelig 45 variabler, hvor 3 av de var henholdsvis opptak av surfôr TS, kraftfôr TS, og totalt TS i kg, 13 av variablene var knyttet til individet (listet opp under modell A nedenfor) og melkens sammensetning, mens resterende var resultat av kjemiske analyser av fôret. I tillegg ble det ut fra disse variablene beregnet flere andre variabler for å undersøke om disse forklaringsvariablene kunne bidra til en eventuelt enklere modell og bedre forklaringsgrad.

5.5.1 Modell A

Med bakgrunn i at dette skulle var tenkt som en praktisk anvendbar modell ble i utgangspunktet bare opplysninger som er regnet som lett tilgjengelig i praktisk geitemelkproduksjon valgt ut til denne analysen. Dette var:

- Melk, kg d⁻¹
- Laktasjonsuke
- Alder, år
- Kraftfôrmengde, kg TS d⁻¹
- Kjemisk surfôranalyse og gjæringskvalitet, og/eller opptaksindeks.

Noen flere variabler ble tillegg vurdert for å se på potensialet ved å også registrere disse, som for eksempel kroppsvekt.

Pearson korrelasjonsmatriser ble anvendt for å vurdere graden av samspill mellom ulike variabler, samt samspill mellom variablene og fôropptaket Disse ble beregnet ved hjelp av SAS (PROC CORR). Det ble også satt opp plottmatriser. Plottene ble vurdert visuelt.

På bakgrunn av korrelasjonene ble samspillseffekter forsøkt i de multiple regresjonsanalysene. Analysene ble utført ved hjelp av blandet modell (PROC MIXED) i SAS® (Littell et al. 1996; Littell et al. 1998). Dette for å korrigere for de tilfeldige effektene av forsøk i trå med St-Pierre (2001), samt at tilfeldig effekt som skyldes individuelle forskjeller og at registreringer er gjort på samme individ flere ganger innen samme forsøk. Kovariansstrukturen som ble lagt til grunn for disse effektene var basert på varianskomponenter (VC). Dette ble fastsatt med bakgrunn i laveste Schwarz' Bayesian informasjonskriterium. Følgende generelle modell ble anvendt:

$$Y_{fiv} = a_f + a_{i(f)} + A_0 + Bx_v + e_{fivr}$$

der

a_f = er skjæringspunktet for tilfeldig effekt av forsøk (f),

$a_{i(f)}$ = er skjæringspunktet for tilfeldig effekt av individ (i) innen forsøk (f),

A_0 = er skjæringspunktet for faste effekter,

Bx_v = faste effekter for de ulike forklaringsvariablene (v, varierende antall) .

e_{fivr} = uforklart variasjon ($\sim N(0, \sigma^2)$).

Tillegg ble det lagt til variabler med kvadratiske effekter (2. ordens polynom, p) i noen modeller, samt samspillseffekter (s), innlemmet henholdsvis:

$$+ Bx_p^2$$

og

$$+ B(x_v^n)_s$$

Variabler ble plukket ut etter signifikans. Effekten ble vurdert som signifikante ved et sannsynlighetsnivå på 5% ($p < 0,05$). Dette ble lagt mindre vekt på ved ikke-lineære effekter.

5.5.2 Modell B

For modell B ble det først gjennomført en regresjonsanalyse med hjelp av generell lineær modell (PROC GLMSELECT) i SAS® University edition. Variablene inngikk i fullfaktoriell form, som inkluderer alle mulige samspillseffekter, samt kvadrerte effekter. Faktorene ble trukket inn etter prinsippet med stegvise regresjoner (Stepwise), der kriteriene for utvalg til modellen var beste forklaringsgrad (r^2). Datasettet ble delt tilfeldig i to ved hjelp av programmet. Halve datasettet ble brukt til utvikling av modellen mens $\frac{1}{4}$ ble brukt til testing og igjen $\frac{1}{4}$ til for validering. Den generelle modellen som lå til grunn for GLM var i utgangspunktet som følger:

$$Y_v = A_0 + Bx_v + e_{vr}$$

der

A = skjæringspunktet,

Bx_v = effekten av de ulike variablene (v),

e_{vr} = uforklart variasjon ($\sim N(0, \sigma^2)$).

Polynomer og samspill ble innlemmet tilsvarende som i blandet modell (over).

Variablene som ble valgt ut etter seleksjonsprosessen i GLM modellen ble videre plassert i en tilsvarende blandet modell som for modell A, for å korrigere for tilfeldige effekter før faktorenes tilhørende koeffisienten ble beregnet.

Predikert TS-opptak ble plottet mot observert TS-opptak for både tilnærming A og B ved hjelp av enkel regresjon (PROC REG) i SAS®. Plott, forklaringsgraden (justert r^2) samt roten av gjennomsnittlig kvadratfeil (RGKF = eng. RMSE) ble brukt for å sammenligne ulike modeller. I tillegg ble korrigeringen for den tilfeldige effekten av individ (a_i) fjernet igjen, før ny r^2 ble beregnet for å si noe om den egentlige forklaringsgraden modellen kan ventes å ha.

6 Resultat

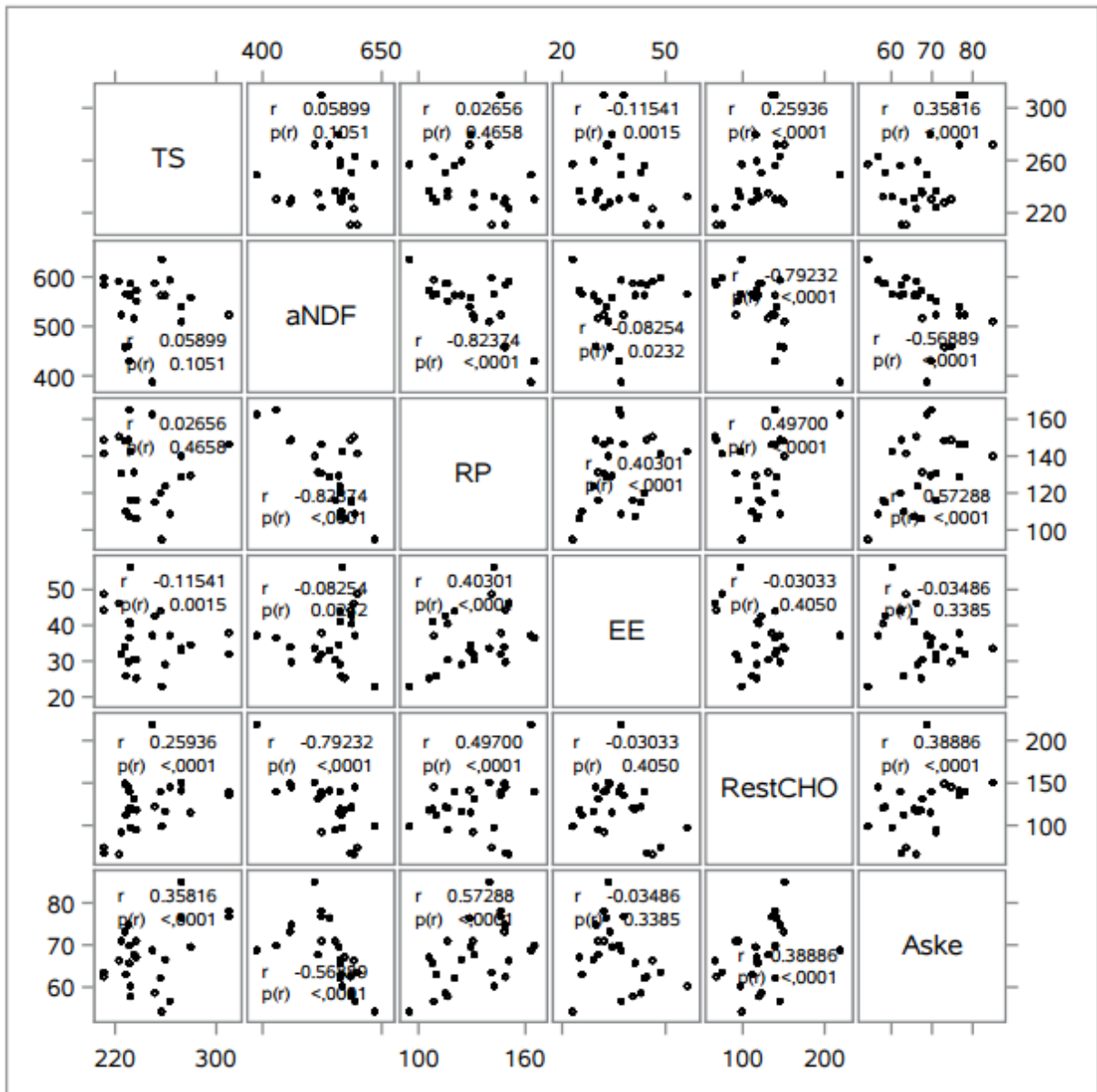
6.1 Korrelasjoner

Pearson korrelasjoner viste at flere av faktorene i datasettet hadde tydelig samvariasjon. De viktigste i forhold til modell A er vist. Tabell 4 viser sammenhenger mellom faktorer knyttet til dyret, mens Figur 5 viser sammenhenger mellom ulike surfôrkarakteristikker. De sterkeste korrelasjonene mellom dyrefaktorer var mellom FEm-behov og melkemengde (Kg/dag) ($r=0,85$), og mellom vekt og alder ($r=0,65$). Det var også mange signifikante korrelasjoner mellom kjemiske fraksjoner i surfôret. NDF og RP utmerket seg nærmest som speilbilder av hverandre med en negativ korrelasjon på 0,82. God korrelasjon var det også mellom NDF og restCHO, RP og aske, NDF og aske, RP og restCHO, og RP og EE, restCHO og aske, og aske og TS, i rekkefølge henholdsvis størst til minst korrelasjon.

Tabell 4
Korrelasjoner mellom noen utvalgte faktorer knyttet til dyret.

Melk, kg					
-0,3	Laktasjonsuke				
0,31	0,07	Vekt, kg			
0,3	-0,09	0,65	Alder, år		
0,26	-0,14	-0,04	-0,09	Kraftfôr, kg	
0,85	-0,38	0,53	0,45	0,18	FEm-behov

Utehevet = signifikant korrelasjon ($p<0,01$).



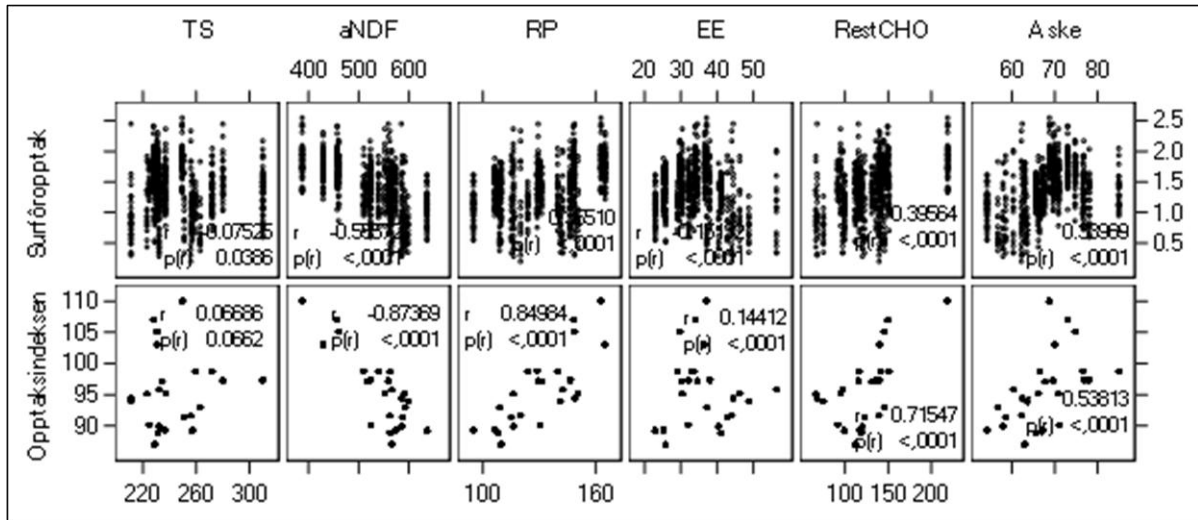
Figur 5
Spredningsplott og korrelasjoner mellom TS og kjemiske fraksjoner i surfôr (analyser n=23).

Korrelasjonen mellom de samme faktorene ved dyret som vist i Tabell 4 og TS-opptaket, ble også vurder som en kartlegging før regresjonsanalysene. Vist i Tabell 5 og Tabell 7. Samtlige korrelasjoner var signifikante. Korrelasjonen var stor ($r > 0,30$) for alle faktorene.

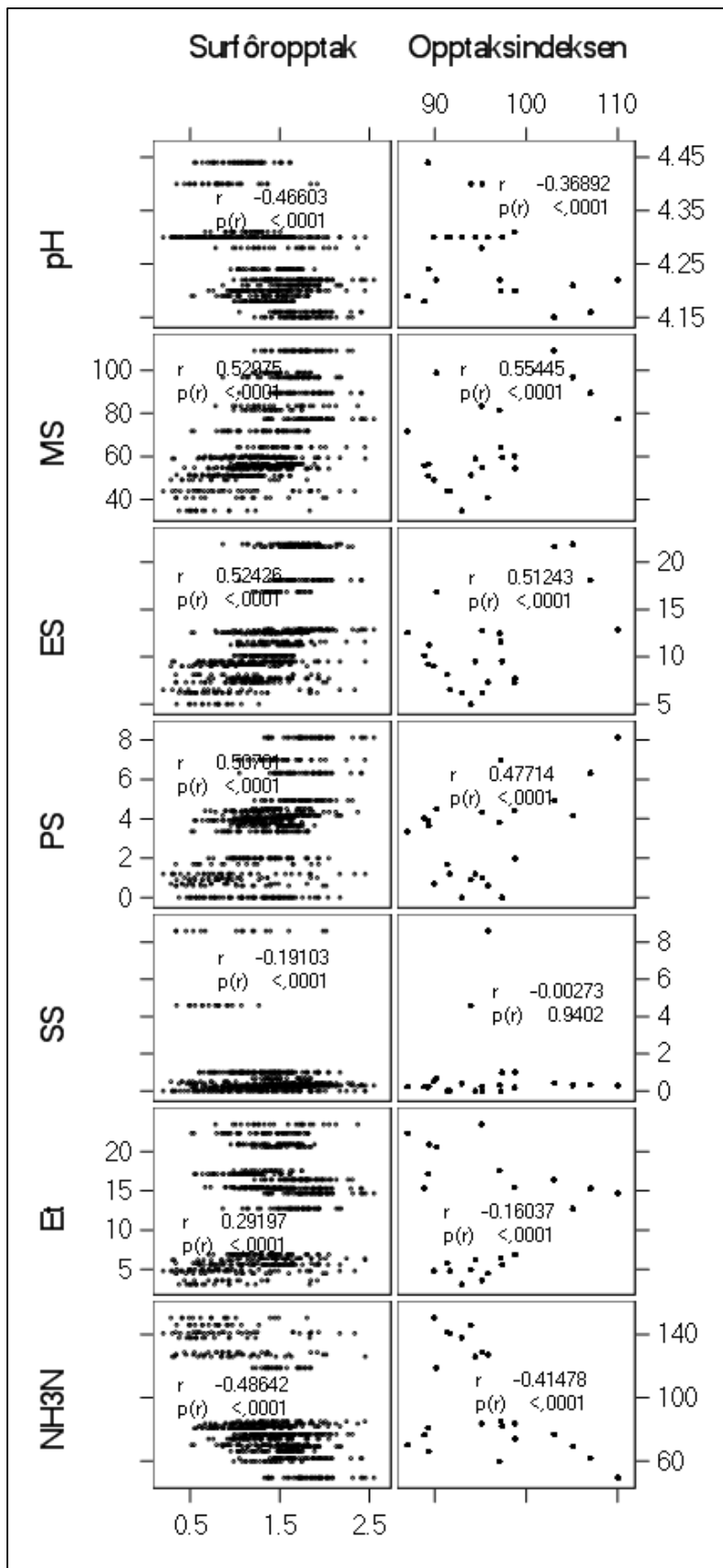
Laktasjonsuke viste en liten korrelasjon uten å være logtransformert. På tross av gode og signifikante korrelasjoner tyder flere plott på at det ikke nødvendigvis er lineære sammenhenger. Dette gjorde det nødvendig å inkludere ikke-lineære regresjoner i modellanalysen.

På grunn av begrenset variasjon i surfôr kvalitet ble en tilnærming med bruk av en generell opptaksindeks vurdert som en erstatning. Sammenhengen mellom ulike faktorer ved surfôret og surfôropptaket ble derfor vurdert opp mot med de samme faktorenes sammenheng med opptaksindeksen. Både kjemiske fraksjoner (Figur 6) og gjæringskvalitet (Figur 7) ble sett i forhold til surfôropptaket og opptaksindeks. NDF-innholdet i surfôret utpeker seg med den sterke negative sammenheng med surfôropptaket ($r=-0,56$). For kjemiske fraksjoner var sammenhengene noe generelt sterkere for opptaksindeksen enn for faktisk surfôropptak. Gjæringskvalitet hadde nær lik sammenheng med både opptaksindeks og faktisk surfôropptak, bortsett fra etanol, der det var positiv korrelasjon for surfôropptaket ($r=0,29$) og negativ korrelasjon for opptaksindeksen ($r=-0,16$). Plottet antyder likevel at det ikke er entydig. Mengde av samtlige syrer (MS, ES og PS) var sterkt positivt korrelert med

surfôropptaket ($r > 0,50$), bortsett fra SS. Dette ble også gjenspeilet i negativ korrelasjon for pH. NH₃N viste også negativ sammenheng med opptaket.



Figur 6
Spredningsplott og korrelasjoner mellom ulike kjemiske fraksjoner i surfôr og surfôropptak sett i forhold til beregnet opptaksindeks (analyser n=23).



Figur 7
Sammenhengen mellom gjæringskvalitet og surfôropptak sett i forhold til opptaksindeksen (analyser n=23).

6.2 Modell A

Basert på de utvalgte faktorene ble det forsøkt flere ulike tilnærminger. Hver enkelt faktor ble testet hver for seg mot totalt TS-opptak både med rettlinjet forutsetning (Tabell 5) og med ikke-lineære forutsetninger som polynomer (Tabell 6). De kvantitativt viktigste faktorene for å alene forklare TS-opptaket var daglig melkemengde (melk og EKM i kg), og totalt energibehov (OE og NE). Kroppsvekt (kg) viste også en tydelig sammenheng med fôropptaket. Opptak av NDF gjenspeiler TS-opptaket og viser dermed en betydelig sammenheng med rettlinjet forutsetning.

Tabell 5
Rettlinjede regresjoner med enkeltfaktorer alene.

$\hat{Y} = A + Bx$		Korrelasjon til TS-opptak										
Nr	x	A	SF	p	B	SF	p	RGKF	Just r ²	Just r ² ^a	r	p
I	EKM, kg	1,553	0,096	<,01	0,2054	0,020	<,01	0,254	0,63	0,36	0,53	<,01
II	NDF-opptak, g	0,716	0,047	<,01	0,0017	0,000	<,01	0,186	0,80	0,68	0,82	<,01
III	OE-behov, kJ	0,962	0,111	<,01	0,0000	0,000	<,01	0,252	0,64	0,44	0,63	<,01
IV	NE-behov, FEm	1,044	0,108	<,01	0,5371	0,043	<,01	0,252	0,63	0,43	0,62	<,01
V	Melk, kg	1,243	0,108	<,01	0,2837	0,021	<,01	0,243	0,66	0,39	0,54	<,01
VI	Alder, år	1,872	0,102	<,01	0,0809	0,023	<,01	0,264	0,60	0,16	0,52	<,01
VII	Vekt, kg	0,513	0,161	0,05	0,0288	0,003	<,01	0,251	0,64	0,31	0,52	<,01
VIII	FEm i surfør kgTS ⁻¹	0,796	0,142	0,01	1,5377	0,138	<,01	0,243	0,66	0,25	0,41	<,01
IX	Kraftfôr, kg	1,640	0,126	<,01	0,6305	0,046	<,01	0,234	0,69	0,24	0,39	<,01
X	Opptaksindeks	0,285	0,207	0,26	0,0194	0,002	<,01	0,249	0,64	0,24	0,39	<,01
XI	Log(Laktasjonsuke)	1,966	0,100	<,01	0,0816	0,019	<,01	0,260	0,61	0,13	0,32	<,01
XII	Laktasjonsuke	2,096	0,091	<,01	0,0051	0,002	<,01	0,262	0,60	0,12	0,06	0,09
XIII	NDF i surfør g kgTS ⁻¹	3,637	0,120	<,01	-0,0028	0,000	<,01	0,237	0,68	0,28	-0,49	<,01

^a Uten korrigering for tilfeldig individvariasjon.

SF = standardfeil, p = p-verdi, RGKF = roten av gjennomsnittlige kvadratfeil, A = skjæringspunktet, B = koeffisient til faktor x.

Jevnt over var det ble det bedre forklaringsgrad for de fleste faktorene når et andregradsledd ble inkludert (kvadratisk; Tabell 6). Potenstransformering av noen av de viktigste enkeltfaktorene er foreslått i Tabell 7, med tilvarende forklaringsgrad (r^2).

For noen utvalgte faktorer ble det beregnet potenser som alternativ til polynomer (Tabell 7). Stoffskifte vekt (kroppsvekt^{0,75}) ga ikke bedre forklaringsgrad enn ren kroppsvekt. Det gjorde heller ikke den beregnede potensen kroppsvekt^{0,187}. Det samme gjaldt de andre potensene.

Tabell 6**Kvadratiske regresjoner med enkeltfaktorer alene.**

$$\hat{Y} = A + B_1x + B_2x^2$$

Nr	x	A	SF	p	B1	SF	p	B2	SF	p	RGKF	Just r ²	Just r ^{2a}
I	NDF-opptak, g	0,619	0,118	0,01	0,00194	0,000	<,01	-1,35E-07	0,000	<,01	0,186	0,80	0,68
II	OE-behov, kJ	1,895	0,395	0,02	-0,00003	0,000	0,39	1,35E-09	0,000	<,01	0,250	0,64	0,44
III	NE-behov, Fem	1,911	0,365	0,01	-0,29420	0,339	0,39	0,193800	0,079	0,01	0,250	0,64	0,43
IV	Melk, kg	1,817	0,191	<,01	-0,08246	0,103	0,42	0,055410	0,015	<,01	0,240	0,67	0,39
V	EKM, kg	1,965	0,185	<,01	-0,08102	0,112	0,47	0,047040	0,018	0,01	0,253	0,63	0,36
VI	Alder, år	1,562	0,149	<,01	0,27710	0,077	<,01	-0,025350	0,010	0,01	0,264	0,60	0,20
VII	Vekt, kg	-0,208	0,569	0,74	0,05476	0,020	0,01	-0,000230	0,000	0,18	0,251	0,64	0,31
VIII	FEM i surfôr	4,618	1,383	0,04	-7,03060	3,083	0,02	4,749100	1,706	0,01	0,242	0,66	0,25
IX	Kraftfôr, kg	1,437	0,204	0,01	1,15320	0,421	0,01	-0,309500	0,248	0,21	0,233	0,69	0,24
X	Opptaksindeks	7,112	2,880	0,09	-0,12050	0,059	0,04	0,000714	0,000	0,02	0,248	0,65	0,24
XI	Laktasjonsuke	2,011	0,096	<,01	0,01935	0,005	<,01	-0,000450	0,000	<,01	0,260	0,61	0,13
XII	NDF i surfôr, g kgTS-1	2,235	0,583	0,03	0,00281	0,002	0,22	-5,48E-06	0,000	0,01	0,235	0,68	0,28

^a Uten korrigering for tilfeldig individvariasjon.

SF = standardfeil, p = p-verdi, RGKF = roten av gjennomsnittlige kvadratfeil, A = skjæringspunktet, B = koeffisient til faktor x.

Tabell 7**Rettilinjede regresjoner med transformerte enkeltfaktorer som potenser (x^p).**

$$\hat{Y} = A + Bx$$

Nr	x	A	SF	p	B	SF	p	RGKF	Just r ²	Just r ^{2a}	Korrelasjon til TS-opptak	
											r	p
I	Vekt, kg ^{0,187}	-6,470	0,804	<,01	4,0584	0,378	<,01	0,251	0,64	0,31	0,53	<,01
II	Melk, kg ^{0,676}	0,853	0,130	<,01	0,5949	0,045	<,01	0,251	0,66	0,39	0,53	<,01
III	OE-behov, kJ ^{0,075}	-13,263	1,257	<,01	7,2054	0,587	<,01	0,244	0,63	0,43	0,62	<,01
IV	NE-behov, FEM ^{1,065}	1,111	0,104	<,01	0,4811	0,039	<,01	0,253	0,63	0,43	0,62	<,01
V	EKM, kg ^{0,751}	1,371	0,110	<,01	0,3513	0,035	<,01	0,252	0,63	0,35	0,53	<,01
VI	Vekt ^{0,75} , kg	-0,029	0,210	0,90	0,1055	0,010	<,01	0,251	0,64	0,31	0,25	<,01

^a Uten korrigering for tilfeldig individvariasjon.

SF = standardfeil, p = p-verdi, RGKF = roten av gjennomsnittlige kvadratfeil, A = skjæringspunktet, B = koeffisient til faktor x.

Ved å ta hensyn til flere faktorer samtidig i multiple regresjoner økte forklaringsgraden betraktelig. Noen forslag er vist i Tabell 8. Modellen i Tabell 9 som inkluderte kjemisk innhold i surfôr hadde høyest forklaringsgrad, men den enklere modellen basert på bare NDF som surfôropplysning var tilsynelatende omtrent like god (r²=0,56). Det samme gjaldt modell I som var basert på OI som eneste surfôropplysning. Modellene inkluderer også noen kvadratiske ledd. Særlig kraftfôrnivå så ut til å ha krumlinjet effekt, sammen med surfôropplysninger som NDF og TS. I modell I (Tabell 8) har også OI en tiltagende effekt. Alder ligger også inne med kurvet effekt, men er ikke signifikant. Inkludering av samspill førte ikke til bedre forklaringsgrad og er derfor utelatt.

Tabell 8**Multiple regresjoner med kvadratiske faktorer. Surfôrets betydning er enten lagt inn i form av opptaksindeks (OI) eller NDF-innhold.**

$$\hat{Y} = A + n(Bx) + n(Bx^2)$$

Modell nr		I								
0, x	A	Al	LU	M	(Al*Al)	Kr	OI	(Kr*Kr)	OI*OI	
B	9,888	0,167	0,017	0,192	-0,01516	1,638	-0,216	-0,6616	0,001186	
SF	2,369	0,064	0,001	0,022	0,008	0,357	0,049	0,210	0,000	
p	0,025	<,01	<,01	<,01	0,06	<,01	<,01	<,01	<,01	
RGKF	0,197									
Just r ²	0,78									
Just r ² ^a	0,56									
Modell nr		II								
0, x	A	Al	LU	M	(Al*Al)	Kr	(Kr*Kr)	(NDF*NDF)	NDF	
B	1,240	0,193	0,012	0,142	-0,0177	1,348	-0,4777	-1,05E-06	-0,00103	
SF	0,536	0,065	0,002	0,024	0,008	0,357	0,210	1,99E-06	0,002	
p	0,104	<,01	<,01	<,01	0,03	<,01	0,02	0,60	0,61	
RGKF	0,196									
Just r ²	0,78									
Just r ² ^a	0,56									

^a Uten korrigering for tilfeldig individvariasjon.

SF = standardfeil, p = p-verdi, RGKF = roten av gjennomsnittlige kvadratfeil, A = skjæringspunktet, B = koeffisient til faktor x.

Al = alder, år; LU = laktasjonsuke; M = melkemengde, kg; Kr = kraftfôrmengde, kg; OI = opptaksindeks; NDF = nøytralt løselig fiber i surfôr, g kgTS⁻¹;

Tabell 9

Multiple regresjoner med kvadratiske faktorer baser på alle analyserte kjemiske fraksjoner i surfôret.

$$\hat{Y} = A + n(Bx) + n(Bx^2)$$

0, x	A	Al	LU	M	(Al*Al)	Kr	(Kr*Kr)	TS	NDF	RP	EE	RA	CHO	pH	FEm	MS	ES	PS	SS	NH3N	Et	(NDF*NDF)	(TS*TS)
B	-11,214	0,166	0,004	0,156	-0,01572	1,650	-0,6485	0,017	0,020	0,001	0,005	-0,008	-0,002	1,511	-0,149	-0,011	0,040	0,053	-0,024	-0,0005	0,027	-0,00002	-0,00003
SF	13,197	0,066	0,003	0,024	0,008131	0,345	0,2031	0,012	0,017	0,013	0,014	0,010	0,010	0,561	0,601	0,005	0,022	0,015	0,014	0,002	0,024	0,00001	0,00003
p	0,458	0,01	0,17	<,01	0,05	<,01	<,01	0,19	0,23	0,97	0,71	0,43	0,84	0,01	0,80	0,04	0,07	<,01	0,10	0,80	0,25	0,01	0,20
RGKF	0,183																						
Just r ²	0,81																						
Just r ² ^a	0,56																						

^a Uten korrigering for tilfeldig individvariasjon.

SF = standardfeil, p = p-verdi, RGKF = roten av gjennomsnittlige kvadratfeil, A = skjæringspunktet, B = koeffisient til faktor x.

Al = alder, år; LU = laktasjonsuke; M = melkemengde, kg; Kr = kraftfôrmengde, kg; TS = tørrstoff i surfôr, g kg⁻¹; NDF = nøytralt løselig fiber i surfôr, g kgTS⁻¹; RP = råprotein i surfôr, g kgTS⁻¹; RA = råaske i surfôr, g kgTS⁻¹; EE = eterekstrakt i surfôr, g kgTS⁻¹; CHO = restkarbohydrater i surfôr, g kgTS⁻¹; FEm = FEm konsentrasjon i surfôr; MS = melkesyre i surfôr, g kgTS⁻¹; ES = eddiksyre i surfôr, g kgTS⁻¹; PS = propionsyre i surfôr, g kgTS⁻¹; SS = smørsyre i surfôr, g kgTS⁻¹; NH3N = ammoniakk N i surfôr, g kgN⁻¹; Et = etanol i surfôr, g kgTS⁻¹;

Tabell 10**Multipel regresjon med kvadratiske effekter.**

$$\hat{Y} = A + n(Bx) + n(Bx^2)$$

0, x	A	V	(V*V)	LU	M	Kr	(Kr*Kr)	OI	OI*OI
B	8,227	0,067	-4,20E-04	0,013	0,159	1,683	-0,6898	-0,222	1,22E-03
SF	2,352	0,016	1,35E-04	0,002	0,022	0,346	0,203	0,047	2,39E-04
p	0,04	<,01	<,01	<,01	<,01	<,01	<,01	<,01	<,01
RGKF	0,192								
Just r ²	0,79								
Just r ^{2a}	0,62								

^a Uten korrigering for tilfeldig individvariasjon.

SF = standardfeil, p = p-verdi, RGKF = roten av gjennomsnittlige kvadratfeil, A = skjæringspunktet, B = koeffisient til faktor x. V = kroppsvekt, kg; LU = laktasjonsuke; M = melkemengde, kg; Kr = kraftförmengde, kg; OI = opptaksindeks;

Tabell 11**Multiple regresjoner med kvadratiske effekter for åringer og eldre geiter.**

$$\hat{Y} = A + n(Bx) + n(Bx^2)$$

Åringer									
0, x	A	LU	M	Kr	(Kr*Kr)	OI	(OI*OI)		
B	0,749	0,029	0,259	7,676	-3,765	-0,086	4,97E-04		
SF	143,870	0,013	0,166	39,317	19,961	2,488	1,34E-02		
p	0,01	0,04	0,13	0,85	0,85	0,97	0,97		
RGKF	0,220								
Just r ²	0,63								
Just r ^{2a}	0,32								
Eldre									
0, x	A	LU	M	Kr	(Kr*Kr)	OI	(OI*OI)		
B	10,340	0,017	0,192	1,554	-0,610	-0,217	1,19E-03		
SF	2,364	0,001	0,022	0,392	0,235	0,049	2,48E-04		
p	0,02	<,01	<,01	<,01	0,01	<,01	<,01		<,01
RGKF	0,195								
Just r ²	0,76								
Just r ^{2a}	0,52								

^a Uten korrigering for tilfeldig individvariasjon.

SF = standardfeil, p = p-verdi, RGKF = roten av gjennomsnittlige kvadratfeil, A = skjæringspunktet, B = koeffisient til faktor x. LU = laktasjonsuke; M = melkemengde, kg; Kr = kraftförmengde, kg; OI = opptaksindeks;

6.3 Modell B

Etter framgangsmåten med automatisk seleksjon blant faktorene ble det satt fram flere ulike forslag. Det varierte hvilke faktorer som ble valgt ut. Noen av sammenhengene ble også usannsynlige for den enkelte faktor, selv om modellen totalt hadde god prediksjon. Den samme framgangsmåten ble benyttet med både rettlinjede og fullfaktorielle forutsetninger. Det inkluderte samspill og kvadratisk effekt faktorer det var sannsynlig for. Resultatene for rettlinjede og fullfaktorielle modeller er vist henholdsvis i Tabell 12 og Tabell 13. Det var lite å hente på å innlemme fullfaktorielle sammenhenger når individuell variasjon var korrigert for, men disse modellene traff bedre når individvariasjon var inkludert. Der OI (Tabell 14) inngår som eneste surfôroppløsning ble det like god prediksjon som i modellen i Tabell 13.

Tabell 12

Rettlinjert multipel regresjon.

$$\hat{Y} = A + n(Bx)$$

0, x	A	EKM, kg	aNDF, g kg ⁻¹	OE behov, kJ	Laktasjonsuke	Kraftfôr, kgTS		
B	0,953	-0,542	-2,03E-03	1,29E-04	0,011	0,536	RGKF	0,194
SF	0,225	0,106	1,99E-04	1,80E-05	0,002	0,041	Just r ²	0,78
p	0,024	<,01	<,01	<,01	<,01	<,01	Just r ² ^a	0,59

^a Uten korrigering for tilfeldig individvariasjon.

SF = standardfeil, p = p-verdi, RGKF = roten av gjennomsnittlige kvadratfeil, A = skjæringspunktet, B = koeffisient til faktor x.

Tabell 13

Multipel regresjon med samspill og kvadratiske faktorer inkludert kjemisk analyse av surfôr.

$$\hat{Y} = A + n(Bx) + n(Bx^2) + n(B(x*z))$$

0, x	A	PS	pH	FEmB	Kr	Al	V	SS	LU	(Al*Al)	(V*Al)	EE	OM	(FEmB*FEmB)	(pH*PS)
B	3,327	1,649	0,941	0,825	0,533	0,126	0,0232	0,0103	0,00912	0,002893	-0,00294	-0,004	-0,0088	-0,09738	-0,3788
SF	2,776	0,431	0,350	0,344	0,042	0,086	0,0068	0,0077	0,00233	0,008817	0,00164	0,002	0,0023	0,07677	0,1017
p	0,317	<,01	<,01	0,02	<,01	0,15	<,01	0,18	<,01	0,74	0,07	0,08	<,01	0,21	<,01
RGKF	0,194														
Just r ²	0,78														
Just r ² ^a	0,63														

^a Uten korrigering for tilfeldig individvariasjon.

SF = standardfeil, p = p-verdi, RGKF = roten av gjennomsnittlige kvadratfeil, A = skjæringspunkter, B = koeffisient til faktor x.

Al = alder, år; LU = laktasjonsuke; FEmB = FEm-behov; Kr = kraftfôrmengde, kg; EE = eterekstrakt i surfôr, g kgTS⁻¹; PS = propionsyre i surfôr, g kgTS⁻¹; SS = smørsyre i surfôr, g kgTS⁻¹;

Tabell 14

Multiple regresjoner med samspill og kvadratiske faktorer, med (I) og uten (II) FEm-behov..

$$\hat{Y} = A + n(Bx) + n(Bx^2) + n(B(x^2z))$$

Modell nr I													
0, x	A	V	Al	LU	(V*Al)	EKM	FEmB	(EKM*FEmB)	Kr	(Kr*Kr)	OI	(OI*OI)	
B	8,144	-0,180	-0,054	0,018	0,000447	-8,281	19,838	-0,1002	1,727	-0,714	-0,278	1,50E-03	
SF	2,753	0,092	0,118	0,002	0,001987	3,789	8,622	0,0353	0,342	0,201	0,049	2,49E-04	
p	0,06	0,05	0,65	<,01	0,82	0,03	0,02	<,01	<,01	<,01	<,01	<,01	<,01
RGKF	0,191												
Just r ²	0,79												
Just r ^{2a}	0,63												
Modell nr II													
0, x	A	Kr	EKM	LU	V	(LU*EKM)	(OI*OI)	(V*LU)	Al	OI	(Kr*Kr)		
B	12,429	1,507	0,122	0,026	0,024	0,004805	0,002	-0,00036	-0,025	-0,282	-0,5867		
SF	2,491	0,346	0,032	0,009	0,003	0,001695	0,001	0,00016	0,020	0,050	0,2033		
p	0,02	<,01	<,01	<,01	<,01	<,01	<,01	0,02	0,22	<,01	<,01		
RGKF	0,191												
Just r ²	0,79												
Just r ^{2a}	0,62												

^a Uten korrigering for tilfeldig individvariasjon.

SF = standardfeil, p = p-verdi, RGKF = roten av gjennomsnittlige kvadratfeil, A = skjæringspunktet, B = koeffisient til faktor x.

V = kroppsvekt, kg; Al = alder, år; LU = laktasjonsuke; EKM = energikorrigert melk, kg; FEmB = FEm-behov; kJ; Kr = kraftfôrmengde, kg; OI = opptaksindeks;

Energibehov går igjen som en kvantitativt viktig faktor. Både i form av OE i kJ og i form av NE i FEm. OE så ut til å ha noe bedre samsvar som rettlinjert effekt og er derfor valgt framfor NE i modell I og II i Tabell 12. Av samme grunn var melkemengde, både i form av ukorrigert melk eller som EKM, sammen med kroppsvekt også viktige faktorer. Når vekt^{0,75} ble lagt inn ble det enten dårligere forklaringsgrad eller så ble den ikke valgt inn i modellen (modell B).

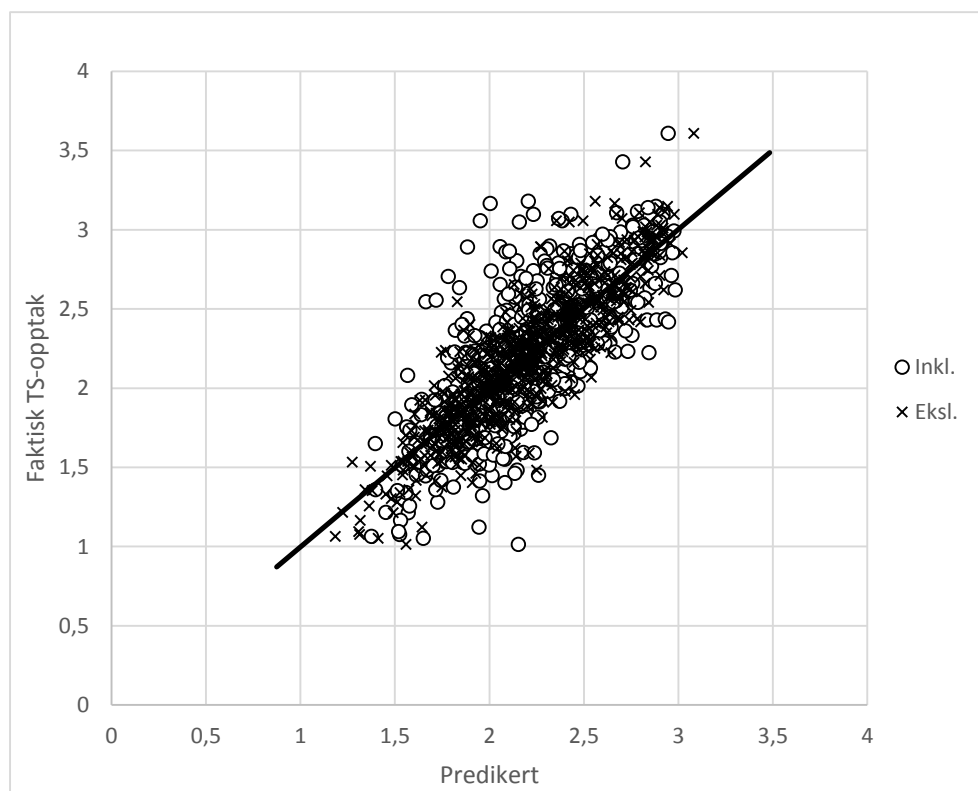
Kraftfôrmengde går også igjen som en viktig kvantitativ faktor. Sammenhengen var tydelig krumlinjet. Tidspunkt i laktasjonen viste seg også som en vesentlig faktor, spesielt ettersom energibehovet blir lavere.

Surfôrkvaliteten karakterisert med alle tilgjengelige kjemiske fraksjoner viste at flere av fraksjonene hadde betydning (Tabell 13). Forklaringsgraden ble ikke lavere ved å benytte opptaksindeksen eller NDF som eneste surfôrkarakteristikk (henholdsvis modell I og II i Tabell 14).

7 Diskusjon

7.1 Individuell variasjon

Det var stor individuell variasjon mellom geitenes fôrøptak. Usystematisk individuell variasjon ble korrigert for gjennom den statistiske modellen, i tillegg til variasjonen mellom forsøk. Dette ble gjort for å få en mer presis fastsetting av koeffisientene, samt utvalg av de riktige variablene som faktorer i modellene. Hvordan prediksjonen påvirkes av den individuelle variasjonen er vist i Tabell 15. Det medfører at modellens forklaringsgrad ikke egentlig kan betraktes som en sannsynlig forklaringsgrad. Derfor ble det i tillegg beregnet en forklaringsgrad uten denne korrigeringen for individvariasjon (angitt som justert r^2 i resultattabellene). Denne verdien ligger trolig nærmere den forklaringsgraden som kan ventes i praksis.



Figur 8
Betydningen av å ekskludere (Eksl. – dvs. med korrigering) individuell variasjon på variasjon i predikert fôrøptak (Modell I i Tabell 8).

7.2 Enkeltfaktorers betydning

7.2.1 Energibehov

Energibehovet utpekte seg med en særlig god sammenheng med TS-opptaket. Både i form av OE (kJ) og NE (FEm). OE så ut til å forklare noe bedre enn NE, men forskjellen var marginal (Tabell 5 og Tabell 6). Dette er i tråd med den grunnleggende teorien om at dyrene spiser primært for å dekke energibehovet (Blaxter 1962; Forbes 1995). Melkeproduksjon utgjør en vesentlig andel av energibehovet, noe som er forenlig med at daglig melkemengde eller EKM, viste sterk kvantitativ sammenheng med TS-opptaket. For modellforslagene i tilnærming B så EKM ut til å gi bedre prediksjon enn ukorrigert melkemengde. Det har antagelig sammenheng med at EKM-produksjonen er nærmere knyttet til energibehovet. Resterende energibehov er i stor grad bestemt av vedlikeholdsbehovet. Dette henger sammen med størrelse og vekt. Da er det rimelig at vekt (kg) også viser en tydelig sammenheng med fôropptaket. Forholdet mellom vekt og fôropptak kan påvirkes av mer fett som tar opp plass i buken (Forbes, 1995). Innvolls fett er betydelig hos geit (Eknæs et al. 2006).

Selv om energibehovet forklarer en stor del av TS-opptaket, viser det seg likevel fordelaktig å inkludere andre faktorer ved dyret, også melkemengde og vekt selv om de henger sammen med energibehovet. Dette tyder på sammenhenger som ikke fanges opp av energibehovet. For å ikke gjøre seg avhengig av varierende energinormer og enheter ble beregnet energibehov (FEmB og OE) ekskludert i de multiple modellforslagene for modell A. Det hadde da liten betydning på prediksjonen. Det betyr at effekten av energibehov fanges tilstrekkelig opp av summen av de andre dyrefaktorene, melkemengde, alder evt. vekt, laktasjonsuke.

7.2.2 Alder og vekt

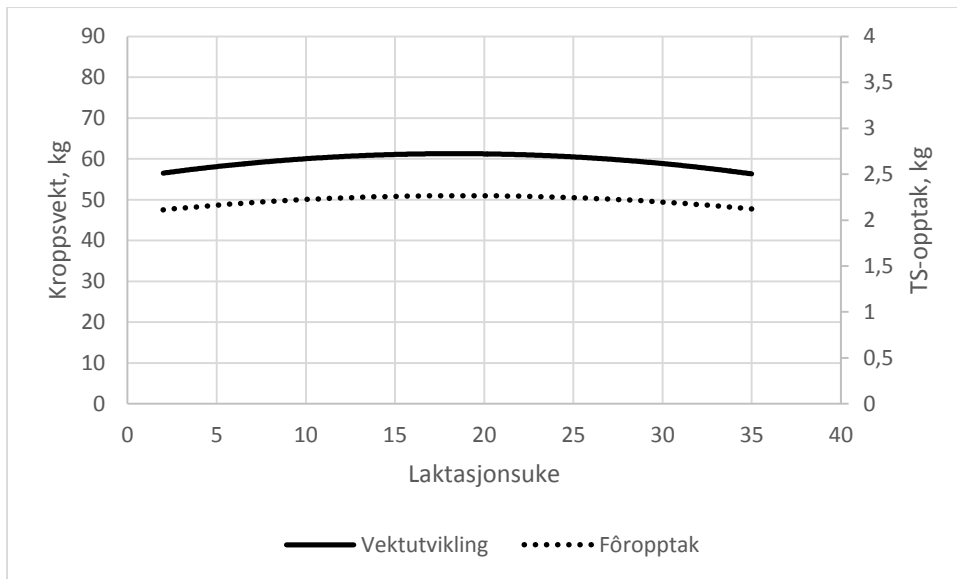
Vekten henger sammen med alderen (Tabell 4). På den måten burde alder kunne anvendes som substitutt for effekten av vekt, i tillegg til den eventuelt rene effekten av alder på fôropptaket. Så lenge geitene er i vekst vil vekten øke med alderen. Vekten ser ut til å stabilisere seg rundt 3 til 4 års alder. Data antyder også at vekten går litt ned igjen for de eldste geitene (8 år). Dette er sammenfallende med samvariasjonen mellom alder og TS-opptak. Likevel må det nevnes at det er få registreringer på de eldste geitene, og at disse bare stammer fra et av forsøkene (G106). Alder er interessant som en substitutt for vekt fordi det er data som er enkelt tilgjengelig i praksis. Veiing av dyr medfører et betydelig merarbeid. Så lenge prediksjonen skal benyttes innenfor en relativt homogen gruppe geiter er det grunn til å

tro at alderseffekten vil ta tilstrekkelig hensyn til effekten av vekt. For å virkelig få en fordel av å registrere den eksakte vekten krever det jevnlig veiing av enkeltdyr.

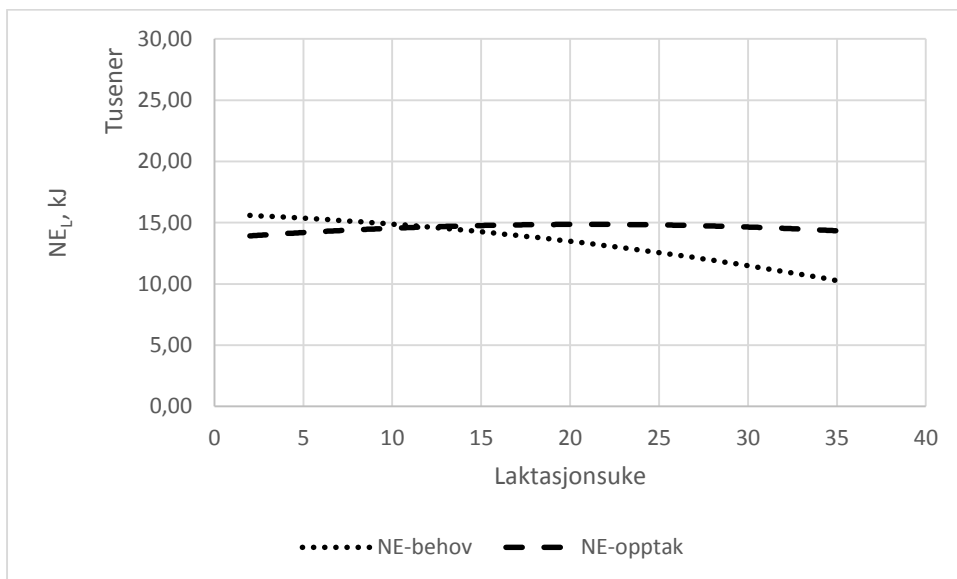
7.2.3 Laktasjonstidspunkt

Alene forklarte laktasjonstidspunktet lite av fôropptaket ($r^2=0,12$) (Tabell 5). Effekten var hovedsakelig lineær (Tabell 6). Fôropptaket var svakt stigende ettersom geitene kom lengre ut i laktasjonen. Sammenhengen var omtrent lik til noe flatere i de multiple regresjonene. I takt med at melkemengden synker utover laktasjonen blir det tildelt mindre kraftfôr. Geitene kompensere dette med å spise mer grovfôr, så mye at TS-opptaket totalt øker. Dette antyder at geitene spiser mer i forhold til melkeproduksjonen sent i laktasjonen. Datagrunnlaget i slutten av laktasjonen stammer bare fra et av forsøkene, noe som gjør disse resultatene noe usikre, men de er i overensstemmelse med andre funn (Eik et al. 1991)

Fôropptaket i beiteperioden er ikke kjent, noe som gjør det umulig å følge utviklingen i fôropptak gjennom hele laktasjonen. Det kan bare antas at utviklingen følger den samme stigende trenden. Det er imidlertid indikasjoner på at beitetilbudet mot slutten av beiteperioden er utilstrekkelig idet både mengde beitegrøde og beitekvalitet reduseres (Eknæs et al. 1999; Inglingstad et al. 2014). Trintrud (2015) dokumenterte at geitene vandret mer mot slutten av beiteperioden, brukte større areal og tenderte til økt beitaktivitet. Samtidig taper geitene normalt kroppsreserver i løpet av særlig den første delen av laktasjonsperioden (Eknæs et al. 2006), selv om dette kan manipuleres (Dønnem et al. 2011c). Eknæs et al. (2006) har dokumentert et skifte fra mobilisering tidlig i laktasjonen til avleiring sent i laktasjonen. Det er særlig mengden abdominalt fettvev som reduseres. Dette gjenspeiles ikke i vektutviklingen i dette datasettet, men ettersom fôropptaket ser ut til å følge vektutviklingen er det sannsynlig at økt fylde i fordøyelsessystemet kan overskygge effekten av mobilisering og avleiring. Dette er vist i Figur 9, der åringer ikke er tatt med på grunn av deres tilvekst. Uansett ser det ut til at geitene kan ha et fysiologisk behov for å bygge opp kroppsreserver mot slutten av laktasjonen, noe som kan være en forklaring på det kompensasjonsartede fôropptaket, som indikert i Figur 10. Dette kan trolig dels også skyldes underdekning i slutten av beiteperioden. Det er ikke usannsynlig at geitene tærer på kroppsreservene i denne perioden, og at det derigjennom frigjøres plass i bukhulen.



Figur 9
 Geitenes vektutvikling og fôropptak (eksl. åringer) gjennom laktasjonen. Data for beiteperioden, ca. uke 20-30 mangler og er interpolert.



Figur 10
 Forholdet mellom NE_L -behov og NE_L -opptak gjennom laktasjonen som snitt for datasettet.

I fôropptaksmodellen utviklet av (Luo et al. 2004) blir en tilsvarende utvikling i fôropptak hensyntatt gjennom en korrigeringsfaktor, som er påvirket av hvorvidt geitene mobiliserer eller avleirer kroppsvekt. Utfordringen da ligger i å vite noe om vektutviklingen på forhånd. Det kan basere seg på erfaringsdata eller det kan legges opp til en ønsket vektutvikling innen visse rammer.

I opptaksmodeller for melkekyr regnes det ofte med en reduksjon i opptaket i senlaktasjonen (Ingvartsen 1994; Volden 2011).

Det er ikke klart om motivasjonen eller evnen til fôropptak som endrer seg utover laktasjonen. Tildeling av mindre stivelsesrikt kraftfôr kan potensielt føre til bedre evne til å fordøye surfôr (Huhtanen & Jaakkola 1993), men dette er avhengig av grovfôrkvaliteten (Huston et al. 1988). Fôropptaket er her målt i TS. Lavere andel kraftfôr og høyere andel surfôr med lavere energikonsentrasjon gjør høyere opptaksnivå i forhold til melkeytelsen utover i laktasjonen ikke blir like tydelig på energibasis. I den grad geitenes fôropptak er motivert av energinivået kan dette være en del av forklaringen på utviklingen i fôropptak gjennom laktasjonen, uten at det kan regnes for en hovedforklaring.

7.2.4 Fôrfaktorer

Energibehovets manglende forklaringsevne kan skyldes at fôropptaket er begrenset fysisk (Conrad et al. 1964). Det vil si at fôrets fylleffekt begrenser geitenes mulighet for å oppnå det fôropptaket som energibehovet skulle tilsi. Dette er trolig situasjonen tidlig i laktasjonen, mens det er omvendt senere i laktasjonen, som Figur 10 viser.

Innholdet i kraftfôret så ikke ut til å ha noen særlig kvantitativ virkning på TS-opptaket i forhold til andre faktorer, og er derfor ikke med i noen av modellforslagene. Surfôrets kjemiske sammensetning hadde derimot større innflytelse. Særlig NDF-innholdet.

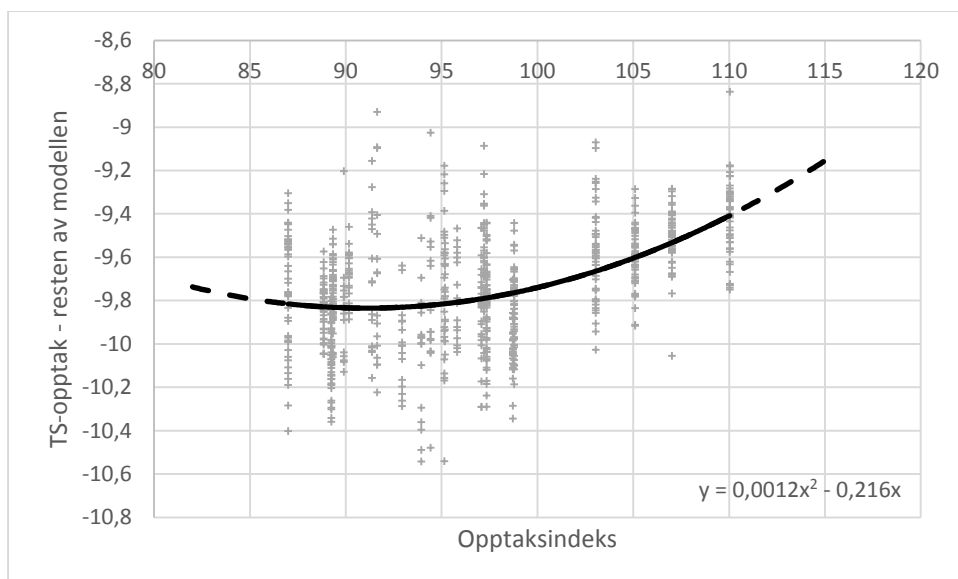
Korrelasjonene mellom ulike kjemiske komponenter i surfôret er logiske med tanke på at flere av fraksjonene nærmest representer andeler av det samme fôret (Figur 5). Dette er typisk for de korresponderende positive og negative korrelasjonene, som for eksempel mellom NDF og RP. Gjæringsproduktene viste også tilsvarende sammenhenger. Det skyldes trolig at de felles følger av liknende gjæringsforhold. Sterkt gjæret surfôr resulterer typisk i økt konsentrasjon av flere av gjæringsproduktene. Dette er i overensstemmelse med andre større undersøkelser av surfôrets gjæringskvalitet, som for eksempel Krizsan et al. (2007) og Huhtanen et al. (2002).

Hvor representative dataene er og eventuelt hvor stort variasjonsområdet er, har betydning for anvendelsen av modellene utenfor de gjeldende data. Dyrematerial og registreringer knyttet til dyret antas å være rimelig representativt for norsk geitemelkproduksjon (Tabell 3). Det samme gjelder fôrrasjoner utgjort av surfôr og kraftfôr. Variasjon i kraftfôrets sammensetning er i praksis av mindre betydning. Betydningen i dette datagrunnlaget har også vist seg å være liten sammenlignet med andre de faktorene, på tross av at innholdet i kraftfôret var

forsøksfaktor i to av forsøkene (G106 og G109). Variasjon i grovfôret kan i praksis være større. Dette kan for eksempel være forårsaket av ulik høstetid, ulik botanisk sammensetning eller ulik konservering. Det er rapportert større variasjon og andre nivåer av komponenter i surfôr høstet i Norden (Huhtanen et al. 2002; Huhtanen et al. 2007; Krizsan & Randby 2007). Av den grunn ble opptaksindeksen vurdert som erstatning for andre opplysninger om surfôret.

Opptaksindeksen er ment å si noe om forventet fôropptak på grunnlag av surfôr kvaliteten og uavhengig av hvilket dyr som skal spise fôret. Denne opptaksindeksen minner om SDMI-indeksen etter Huhtanen et al. (2007). SDMI-indeksen framstår som mer raffinert og veldokumentert. Den «norske opptaksindeksen» oppgis på noen analysebevis (Eurofins), og er dermed rimelig tilgjengelig for fôrplanleggingen. Dessuten krever SDMI-indeksen kjennskap til fordøyeligheten av OM for å regne ut D-verdien, som ikke kunne oppdrives for alle forsøkene. Derfor er den norske opptaksindeksen anvendt. Dessverre er det ikke lyktes å finne tilknyttede publikasjoner.

En krumlinjet stigende effekt av opptaksindeksen er vist i Figur 11 fra modell I i Tabell 8. At formen ikke er lineær antyder at opptaksindeksen ikke perfekt er tilpasset fôropptaket til geitene i den gjeldende undersøkelsen. Det antydes en større respons enn det den relative indeksen skulle tilsi for surfôr av god kvalitet. Tilsynelatende er det høyere opptak ved lav indeks. Dette er helt i grensen av datasettet kan bør derfor ikke vektlegges. Dersom den er utviklet med en tilsvarende fremgangsmåte lik den for SDMI-indeksen, skulle det iallfall for melkeku forventes en lineær sammenheng.



Figur 11
Partiell krumlinjet effekt av opptaksindeks på fôropptaket, juster for de andre faktorene i modell I i Tabell 8. Korsene viser uforklart variasjon.

FEM-konsentrasjon og gjæringssyrene melkesyre, eddiksyre, og smørtsyre har innvirkning på opptaksindeksen. Gjæringssyrene er sammenslått i et ledd som blir negativt når summen av syrene er mer enn 80 g i indeksberegningen. Denne effekten stemmer ikke helt overens med de observerte korrelasjonene. Det indikeres positiv sammenheng mellom mengden melkesyre og surfôropptaket, og mengden eddiksyre og surfôropptaket. Smørtsyre viser derimot negativ sammenheng. De samme syrene er hver for seg tilsvarende korrelert med opptaksindeksen. Det kan derfor tenkes at dette er noe av forklaringen på den utflatende formen på den kvadratiske sammenheng mellom OI og TS-opptak ettersom OI blir mindre (Figur 11). Lite datagrunnlag må igjen ta skylden for at dette ikke kan hevdes å være en særlig sikker sammenheng. Dersom det av ulike årsaker har blitt produsert mest syrer i surfôr som var tidlig høstet og dermed med høy FEM-verdi, kan det medføre en slik effekt.

Disse sammenhengene med melkesyre og eddiksyre er ikke i overenstemmelse med sammenhenger mellom de gjæringssyrer og opptak hos melkeku (Huhtanen et al. 2002). Der hadde samtlige syrer negativ sammenheng med fôropptaket. Noe som ga grunnlag for å legge syrene sammen til én faktor i forbindelse med beregning av SDMI-indeksen.

Opptaksindeksen ble i denne undersøkelsen beregnet. I praksis vil det som regel anvendes NIRS for bestemmelse av opptaksindeks på rutinelaboratoriene. Denne analysen er sannsynligvis kalibrert etter beregnet opptaksindeks, men uansett kan det forekomme avvik. For å vurdere samsvaret mellom beregnet opptaksindeks og den opptaksindeksen som er

bestemt ved hjelp av NIRS ble verdiene fra G106 der NIRS-verdier var tilgjengelig sammenlignet (Tabell 15). Det så ut til å være akseptabelt samsvar, med maks 3% avvik.

Tabell 15

Beregnet opptaksindeks og opptaksindeks fra NIRS for surfôret som ble anvendt i G106.

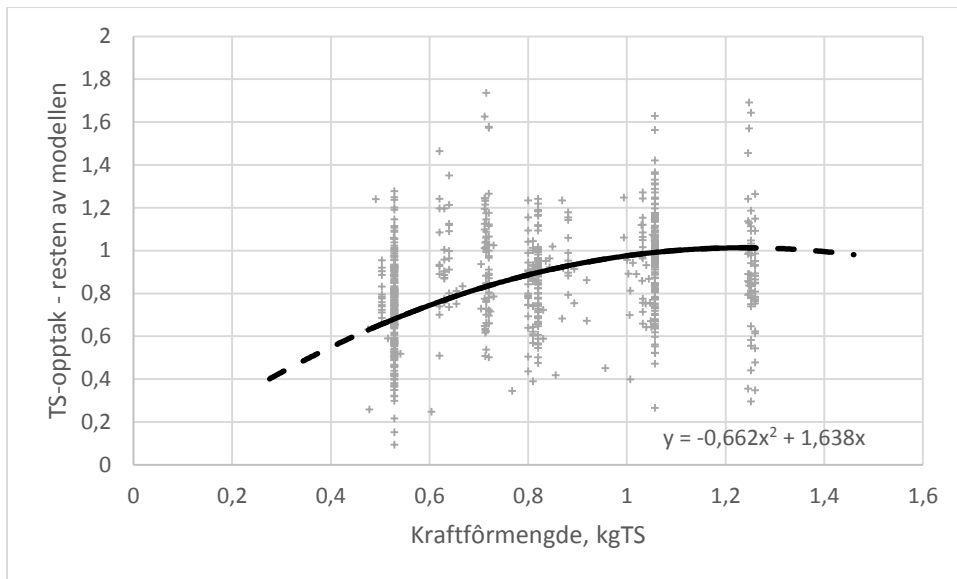
Opptaksindeks, %	
Beregnet*	NIRS
94	95
96	95
95	95
94	95
93	90
90	90
92	90
91	90

* Beregnet: $\text{Indeks} = 100 + (\text{FEm}-0,9)*80+(80 - \text{FS})*0,124+(50-\text{NH}_3\text{N}*10)*0,071$

Det var ikke tilstrekkelig med opplysninger om fôret, ut over kjemiske fraksjoner, og derfor kunne dette ikke inngå i modellene. Fôrets strukturelle egenskaper er viktige i sammenheng med fôropptak (Baumont et al. 2000). NorFor systemet (Volden 2011) inneholder også tabellverdier for fordøyelighet, nedbrytningskarakteristikker og strukturverdi, som representerer et potensial for å benytte slike opplysning i praktisk fôrplanlegging. Slike opplysninger ville trolig vært verdifulle med tanke på å oppnå bedre prediksjon av fôrets betydning siden de er så nært knyttet til fordøyelse og passasje (Campling 1964; Welch 1982).

7.2.5 Kraftfôrmengde

Kraftfôr hadde som ventet svært positiv effekt på totalt TS-opptak, men effekten var tydelig krumlinjet avtagende som vist i samtlige modellforslag med kvadratiske forutsetninger. Den partielle effekten av kraftfôrmengde fra modell I i Tabell 8 er vist i Figur 12. Det synes å være en tydelig avtagende effekt ettersom kraftfôrnivåene øker. Når geitene spiser mer kraftfôr spiser de mindre grovfôr. Hos melkeku er dette også en velkjent sammenheng (Faverdin et al. 1991; Huhtanen et al. 2008).



Figur 12

Partielle effekten av kraftfôrmengde på TS-opptaket fra mod. I i Tabell 8. Korsene viser uforklart variasjon.

Den lineære effekten av kraftfôrmengde alene (Tabell 5) ($B=0,631$) sammenfaller godt med en mye brukt tommelfingerregel brukt til melkekufôring om at for hvert 1 kg kraftfôr reduseres grovfôropptaket med en halv kg. Hovedsakelig brukt til melkeku.

Det er rapportert om tilvarende redusert grovfôropptak i flere forsøk med geiter (Eik 1991; Eik et al. 1991; Goetsch et al. 2001).

7.3 Modell A

Effekt av alder var signifikant (modell VI i Tabell 5) og med en krumlinjet effekt (modell VII i Tabell 6). Først økende for unge geiter i vekst og deretter svakt synkende ettersom geitene blir eldre. Dette indikerer en sammenheng med vekt, som også er tydelig ut fra korrelasjonene. Når vekt ble innlemmet i modellen var ikke alder lenger av særlig betydning og ble derfor tatt ut (Tabell 10). Vekt inkludert ga bedre prediksjon enn alder ($r^2=0,66$ mot $r^2=0,56$). Likevel kan det av praktiske årsaker være grunn til å unngå vekt som en nødvendig opplysning i modellen. Dette kan løses på andre måter. Et alternativ er vist i Tabell 11. Det er foreslått en modell for åringer og en modell for eldre. Dette gir mulighet for å ta hensyn til et lavere fôropptakspotensial hos åringene, enn hos de eldre geitene. Modellen for åringer er basert på et lite datagrunnlag, med bare 40 observasjoner fordelt på 10 geiter, alle fra forsøk G106. Dette medfører en usikkerhet for denne modellen. Modellen tar indirekte hensyn til at åringene er i vekst, noe som kan forklare en brattere effekt av laktasjonsuke enn i modellen for eldre.

Et annet alternativ kan være ta utgangspunkt i en gjennomsnittlig vekt for en gitt årsklasse, og på den måten anvende modellen som inkluderer vekt. Foruten veing av geitene, enten hele besetningen eller stikkprøver, så kan det benyttes tabellverdier. Gjennomsnittlig vekt for de ulike årsklassene i datasettet er gitt i Tabell 16. Dette medfører likevel en stor usikkerhet som kan gjøre at vinningen av å benytte modellen som inkluderer vekt faller bort.

Tabell 16
Geitenes kroppsvekt i forskjellige aldersgrupper fra datasettet.

Alder, år	N	Snittvekt, kg	Std. Avvik, kg	Min., kg	Max, kg
1	40	42,3	5,7	30,5	57,0
2	154	49,9	5,3	39,5	67,7
3	145	56,5	7,6	40,5	74,5
4	177	62,1	6,4	48,0	73,6
5	160	67,0	7,8	49,7	80,4
6					
7	64	66,7	2,8	61,2	71,6
8	16	59,4	1,6	57,2	61,1

En tilnærming som kunne gjort modell A en del enklere er å basere seg primært på energibehovet som den drivende opptaksfaktoren hos geiten. Vekt, melkemengde, mobilisering, avleiring og aktivitet, samt flere faktorer, kan i teorien indirekte være innlemmet i energibehovet. Forhold ved fôret og rasjonen inngå for å legge begrensninger på fôropptaket. Slik som både NDF og OI fungerer i modellene i Tabell 8, Tabell 10 og Tabell 11. Dette minner om tilnærmingen til (Luo et al. 2004), som er vist i litteraturgjennomgangen under prediksjon. Metoden krever at energibehovet kan anslås rimelig nøyaktig, noe som inkluderer en del fotutsetninger for energiomsetningen hos geitene (Luo et al. 2004). For eksempel står mobilisering og avleiring sentralt. Energi til melkeproduksjonen bør helst være basert på energikorrigert melk (Sjaunja et al. 1990), eller annen standardisert melkesammensetning, som melk med 4 % fett (Luo et al. 2004). Det krever analyse av melken. Mobilisering og avleiring ble dessverre ikke tatt hensyn til i beregningen av energibehov hos geitene i denne undersøkelsen, på grunn av manglende opplysninger. Det gjør en slik tilnærming mindre hensiktsmessig. Likevel indikerer flere av regresjonene god sammenheng mellom energibehov og fôropptak. Det kan også sees av Figur 10.

Opplysninger om mobilisering og avleiring kan også i praksis være vanskelig å oppdrive på individbasis. I planleggingen er det sjeldent aktuelt å benytte dag til dag endringer. Når det

skal planlegges på forhånd må dermed en utvikling i energibehov forutsettes. Det er antagelig mer utfordrende for mobilisering og avleiring enn det er for melkeproduksjon og kroppsvekt.

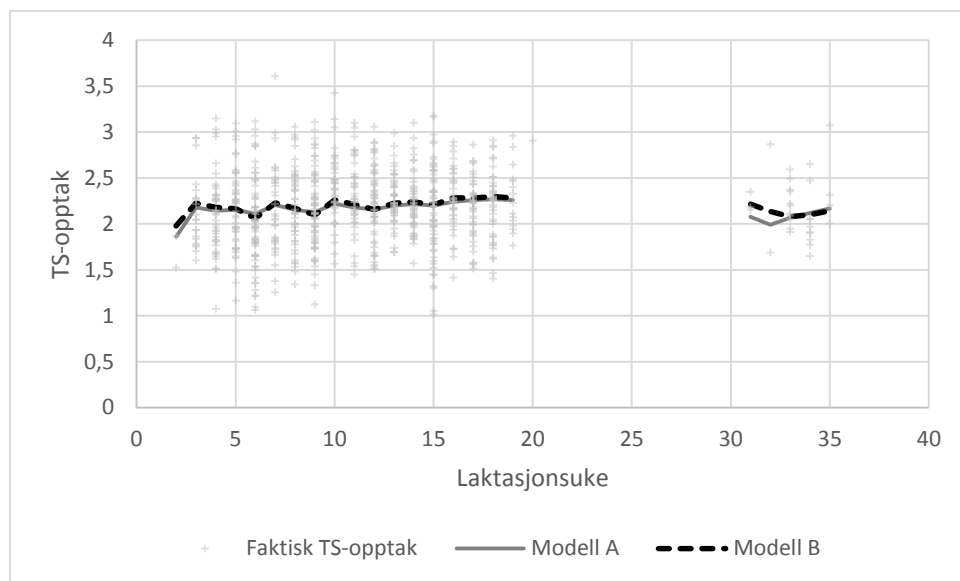
NDF og OI viste like god produksjonsevne som eneste fôr faktor i modellen. Modell III i Tabell 8 inkluderte alle surfôr data, men ga ikke særlig bedre prediksjon. Det begrensede datagrunnlaget for ulike surfôr kvaliteter gjør denne modellen mindre aktuell i tilfeller modellen skal benyttes utenfor datasettet. Det er en styrke i seg selv å basere modellen på OI som surfôrfaktor siden den allerede er utviklet nettopp med tanke på å si noe om surfôrets opptakspotensial uavhengig av dyret. Den tar hensyn til virkningen av både gjæringskvalitet og plantematerialets kjemiske kvalitet. FEM er nært knyttet til høstetidspunkt (Dønnem et al. 2011c; Flaten et al. 2012), og dermed også de kjemiske fraksjonene i surfôret, som gjør at de er indirekte tatt hensyn til. For eksempel vil FEM-verdien synke, mens NDF-innholdet øker, ved utsatt høsting (Dønnem et al. 2011c).

7.4 Modell B

Selv om alle tilgjengelige forklaringsvariabler ble lagt inn i analysen for denne modellen var det bare et fåtall som ble stående igjen etter analysen. Hvilke som ble valgt ut så ut til å variere noe. Dette skyldes nok sterke korrelasjoner mellom faktorene. Det kan gjøre noen av de valgte faktorene litt vanskeligere å forklare.

Modell nr. I i Tabell 14 hadde best forklaringsgrad, men den bygger på en rimelig usikker FEM-beregning mobilisering og avleiring ikke er tatt hensyn til. Med ubetydelig lavere forklaringsgrad vurderes modell II som like aktuell, der FEM-behovet ikke inngår. Både vekt og EKM ble valgt inn som viktige faktorer i modell B. At det er behov for kjennskap til disse faktorene utgjør den viktigste forskjellen i forhold til modell A. Forklaringsgraden heves med tilsynelatende 9 %. Testing vil avdekke hvor mye dette egentlig betyr. Det er ikke sikkert at den ene modellen vil treffe bedre enn den andre dersom modellene prøves utenfor datasettet i en praktisk geitebesetning. Med tanke på de store individuelle forskjellene som sees mellom geiter, også innen dette datasettet, vil nøyaktighet for prediksjon på en enkeltgeit sannsynligvis ikke synes særlig forskjellig. Likheten mellom modell A og B for predikert fôropptak gjennom laktasjonen er vist i Figur 13. Det gjennomsnittlige nivået er omtrent likt for begge modellene, som sees av at linjene ligger oppå hverandre, bortsett fra en nyanseforskjell i slutten av laktasjonen. Der treffer modell B litt bedre det høyere fôropptaket observert på dette tidspunktet. Det kan tenkes å skyldes at denne modellen inkluderer EKM,

som dermed tar hensyn til at melken er mer konsentrert på dette tidspunktet, og av den grunn fordrer et forholdsmessig høyere fôropptak.



Figur 13
Gjennomsnittlig predikert TS-opptak gjennom laktasjonen for modell A (mod. I i Tabell 8) og B (mo. I Tabell 14), med faktisk TS-opptak til sammenlikning. Gjennomsnittet er ikke det samme som predikert fôropptak, men er vist for sammenlikningens skyld. Området uten observasjoner er beiteperioden.

Nytten av en bedre prediksjon må vurderes opp mot kostnaden ved å framskaffe flere opplysninger. Kjennskap til vekt krever i utgangspunktet veiing av enkeltdyr, men kan også løses på alternative måter. Veiing av noen få representative dyr og forutsatte verdier, som i Tabell 16, kan brukes. Unøyaktighetene det medfører vil lett spise opp den den ekstra nøyaktigheten som ligger i en komplisert modell.

Kjennskap til mengde EKM krever analyse av melken for å kunne beregnes. Eventuelt predikert EKM vil sannsynligvis slå ut tilsvarende som for vekt, og en enklere modell vil sannsynligvis treffe nært like godt. Arbeidet med modellene viste klart avtagende marginalutbytte ved å legge til flere variabler. Det kan påstås at det meste av forklaringen er tatt ut med de faktorene som inngår i modell A. Dette er også tydelig vist med forklaringsgraden som ble oppnådd med de viktigste enkeltfaktorene alene, som energibehov, melkemengde og vekt.

7.5 Metoden

Et større datamateriale kunne gjort prediksjonsmodellene bedre. Ikke minst ville et bredere grunnlag med ulik surfôr kvalitet gjort det mulig å legge mer vekt på denne delen av

prediksjonen. Sikkerheten ved å anvende en modell som nr. III i Tabell 8 utenfor datasettet ville da trolig blitt bedre. Et større datamateriale gjør det også mer hensiktsmessig å dele opp materialet for krysstesting, tilsvarende det som ble utført i GLM analysen for modell B. En representativ del av datasettet kan også da tas ut for å etterpå brukes til evaluering av modellene.

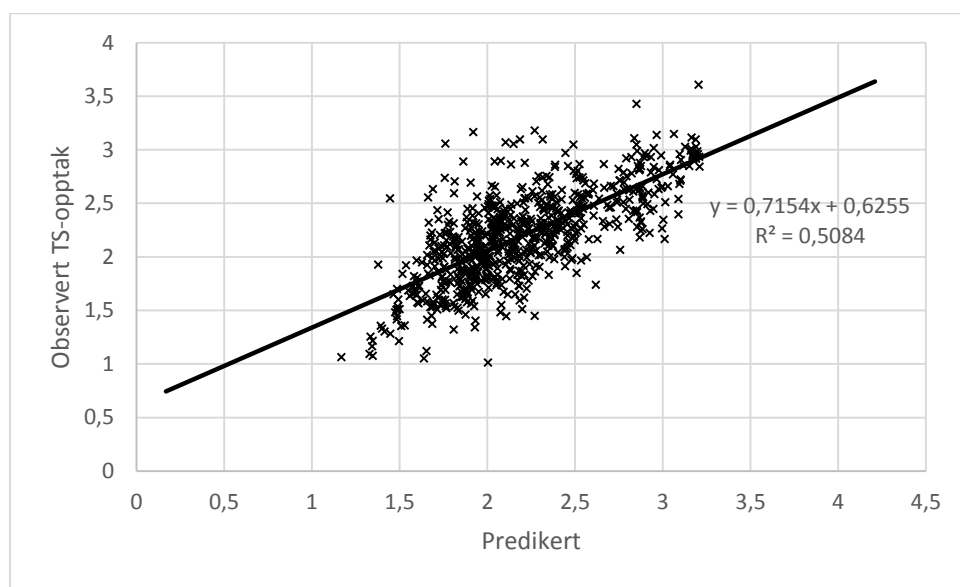
Bruk av behandlingsmiddel fra flere forsøk er en metode som ofte anvendes. For eksempel har Luo et al. (2004), Huhtanen et al. (2002) og Huhtanen et al. (2007) benyttet denne metoden. Siden behandlingsmiddel som regel er publiserte gjør det at det kan samles mye data med stor variasjon. Likevel forutsetter dette at andre tilhørende opplysninger også følger med. Kriterier om helt spesifikke opplysninger kan begrense mulighetene for å anvende denne metoden.

NDF-innhold er regnet som en viktig faktor ved surfôret som har betydning for fôropptaket og kan derfor kan benyttes ved prediksjon (Mertens 1994). Derfor var dette et av kriteriene som begrenset datautvalget for denne oppgaven. I eldre forsøk er ikke surfôrets NDF innhold bestemt. Råtrevler (RT) (Weendesystemet) representerer som regel fiberfraksjonen i disse forsøkene. NDF karakteriserer fôret bedre og vil derfor for fremtiden bli brukt istedenfor RT (Van Soest et al. 1991). NDF-fraksjonen er for eksempel også sentral i fôrvurderingssytemet NorFor (Volden 2011). Manglende NDF-analyse kunne antagelig vært løst med å forutsette en sammenheng mellom råtrevler og NDF, som etter Huhtanen et al. (2008). Data fra flere forsøk kunne på den måten inngått i undersøkelsen. Dersom man antar at OI er rimelig dekkende for effekten av surfôret kan problematikken rundt fiberfraksjonen unngås. Dette kan utnyttes ved en senere anledning.

Mobilisering eller avleiring av kroppsreserver ble bare indirekte tatt hensyn til. Luo et al. (2004) har lagt mer vekt på dette i en modell for melkegeit. Hold ble bare registrert i det ene forsøket, og kunne derfor ikke inngå i modellene. Uansett er det antydnet at hold sier lite om geitenes ernæringsstatus, da en stor del av reservene finnes inne i buken (Eknæs et al. 2006). Vektendringen kan si noe om dette, men det ble ikke gjort forsøk på å ta hensyn til denne i beregningen av energibehov. Geitenes vekt rett etter kjeing var ikke tilgjengelig. Dessuten kan vektendringen bli liten på tross av en del mobilisering av kroppsreserver, fordi fordøyelsessystemets volum samtidig kan øke og dermed vil veie opp for eventuelt tapt kroppsmasse. Dette er antydnet gjennom suksessiv CT-skanning av geiter (Eknæs et al. 2006).

7.6 Sett i forhold til dagens metode

For sammenligning ble prediksjon med dagens norske metode sjekket mot observert TS-opptak i dette datasettet, vist i Figur 14. Den så ut til å systematisk undervurdere opptaket med over en halv kg TS. Beregningen ble utført på følgende måte: totalt g NDF-opptak – tildelt g NDF i kraftfôr = g NDF som kan tas opp som surfôr, omregnet til TS. Predikert TS opptak = predikert TS-opptak av surfôr + kjent TS opptak av kraftfôr.



Figur 14

Prediksjon med modellen som anvendes i dag, testet mot observert opptak i dette datasettet.

7.7 Bruk av modellen

Gyldighetsområdet for denne modellen må begrenses til tilsvarende forhold som finnes i de data den er utviklet fra, slik Mertens (1987) påpeker. Datagrunnlaget tilsier at disse modellene passer best til Norske melkegeiter i laktasjon på innefôring med surfôr og kraftfôr. I tørrperioden og beiteperioden vil modellene trolig ikke fungere. Modellene predikerer det totale tørrstoffopptaket av surfôr og kraftfôr. Det er grunn til å tro at andre fôrtyper vil føre til større avvik. En grunn er at fôr kvaliteten i noen tilfeller kan medføre minimal betydning av fysisk begrensning, mens i andre kan dette være klart begrensende, som vist av Conrad et al. (1964) med kyr.

Når modellen skal anvendes i en fôrplanleggingssituasjon kan det ofte være interessant å legge opp til å utnytte potensialet geitene har til å ta opp grovfôr. På dette punktet har modellene en begrensning. Det er lagt opp til at kraftfôrnivået defineres på forhånd, slik at

substitusjonen av surfôropptak kan bli tatt hensyn til. Det kan også bli feil dersom modellen anvendes til å predikere opptak når surfôr utgjør hele rasjonen, siden det ikke ligger data til grunn for dette. Det krever også at eventuelt noe av fôret klart kan defineres som kraftfôr. Dette er ikke alltid like entydig enten det gjøres på bakgrunn av energiinnhold eller partikkelstørrelse. En mer elegant måte å håndtere substitusjonseffekten på er betrakte rasjonens innhold av sukker og stivelse som en potensiell hemmer av fibernedbrytelsen i formagene, slik som det er gjort i NorFor-systemet (Volden 2011). Dette krever en mer dynamisk håndtering, siden rasjonen må defineres før det er mulig å beregne den totale mengden av sukker og stivelse. Dette er vanskeligere å kommunisere siden det inngår i et system og ikke kan beskrives med en enkel likning (Ingvarsen 1994). Med en tilsvarende dynamisk løsning burde det også være mulig å benytte denne modellen til å finne høyest mulig grovfôr opptak til et forutsatt produksjonsmål.

8 Konklusjon

Denne undersøkelsen har vist at fôropptaket hos melkegeiter henger sammen med en rekke faktorer. Energibehov, melkemengde, kraftfôrmengde, vekt, laktasjonsstidspunkt, alder, er faktorer som forklarer en stor del av fôropptaket, satt opp i omtrentlig rekkefølge fra størst kvantitativ betydning til minst betydning. Betydningen av den enkelte faktor er tidspunkts- og situasjonsavhengig, og vil for eksempel variere med laktasjonsstadium. Ved hjelp av et utvalg av noen av faktorene kan fôropptaket predikeres med praktisk akseptabel nøyaktighet. Til praktisk bruk med et minimum av opplysninger tilgjengelig kan følgende modeller foreslås:

Modell A (mod I i Tabell 8, $r^2=0,56$) :

$$\text{TS-opptak} = 9,888 + (0,1665 * \text{alder, år}) + (0,01708 * \text{laktasjonsuke}) + (0,1923 * \text{melkemengde, kg}) - (0,01516 * (\text{alder, år})^2) + (1,6383 * \text{kraftfôrmengde, kgTS}) - (0,6616 * (\text{kraftfôrmengde, kgTS})^2) - (0,2162 * \text{opptaksindeks}) + (0,001186 * (\text{opptaksindeks})^2)$$

Modell B (mod I i Tabell 14, $r^2=0,63$):

$$\text{TS-opptak} = 8,144 - (0,180 * \text{kroppsvekt, kg}) - (0,054 * \text{alder, år}) + (0,018 * \text{laktasjonsuke}) + (0,000447 * (\text{kroppsvekt, kg} * \text{alder, år})) - (8,281 * \text{energikorrigert melk, kg}) + (19,838 * \text{FEm-behov}) - (0,1002 * (\text{energikorrigert melk, kg} * \text{FEm-behov})) + (1,727 * \text{kraftfôrmengde, kg}) - (0,714 * (\text{kraftfôrmengde, kg})^2) - (0,278 * \text{opptaksindeks}) + (0,0015 * (\text{opptaksindeks})^2)$$

Modellens anvendelighet begrenses ut fra datagrunnlaget til bruk for innefôring med surfôr og kraftfôr til Norske melkegeiter i laktasjon.

For framtiden gjenstår det å teste modellene. For videre utvikling av modellene er det viktig å skaffe et stort datagrunnlag som inkluderer et vidt spekter av fôrtyper med kjemiske karakteristikk, samt fysisk struktur. Med sikrere anslag for fôrfaktorenes betydning kan prediksjonene bli bedre og få et videre anvendelsesområde.

9 Referanser

- AFRC. (1998). *The Nutrition of Goats*: CAB International.
- Allen, M. S. (1996). Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, 74 (12): 3063-3075.
- Anand, B. K. & Brobeck, J. R. (1951a). Hypothalamic control of food intake in rats and cats. *The Yale journal of biology and medicine*, 24 (2): 123.
- Anand, B. K. & Brobeck, J. R. (1951b). Localization of a "feeding center" in the hypothalamus of the rat. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 77: 323-324.
- Andersson, B., Grant, R. & Larsson, S. (1956). Central Control of Heat Loss Mechanisms in the Gost. *Acta Physiologica Scandinavica*, 37 (2-3): 261-280.
- Andersson, B. & Larsson, B. (1961). Influence of local temperature changes in the preoptic area and rostral hypothalamus on the regulation of food and water intake. *Acta physiologica scandinavica*, 52 (1): 75-89.
- Anil, M., Mbanya, J., Symonds, H. & Forbes, J. (1993). Responses in the voluntary intake of hay or silage by lactating cows to intraruminal infusions of sodium acetate or sodium propionate, the tonicity of rumen fluid or rumen distension. *British Journal of Nutrition*, 69 (03): 699-712.
- Arnold, G. W. (1984). Comparison of the time budgets and circadian patterns of maintenance activities in sheep, cattle and horses grouped together. *Applied Animal Behaviour Science*, 13 (1): 19-30.
- Ash, A. & Norton, B. (1987). Studies with the Australian cashmere goat. I. Growth and digestion in male and female goats given pelleted diets varying in protein content and energy level. *Crop and Pasture Science*, 38 (5): 957-969.
- Askins, G. D. & Turner, E. E. (1972). A behavioral study of Angora goats on west Texas range. *Journal of range management*: 82-87.
- Baile, C. & Mayer, J. (1969). Depression of feed intake of goats by metabolites injected during meals. *American Journal of Physiology*, 217: 1830-1836.
- Baile, C., Mayer, J. & McLaughlin, C. (1969). Feeding behavior of goats: Ruminant distension, ingesta dilution, and acetate concentration. *American Journal of Physiology--Legacy Content*, 217 (2): 397-402.
- Baile, C. A. (1971). Metabolites as feedbacks for control of feed intake and receptor sites in goats and sheep. *Physiology & behavior*, 7 (6): 819-826.
- Baumont, R., Prache, S., Meuret, M. & Morand-Fehr, P. (2000). How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. *Livestock Production Science*, 64 (1): 15-28.
- Bergen, W. (1972). Rumen osmolality as a factor in feed intake control of sheep. *Journal of animal science*, 34 (6): 1054-1060.
- Bibi, F. (2013). A multi-calibrated mitochondrial phylogeny of extant Bovidae (Artiodactyla, Ruminantia) and the importance of the fossil record to systematics. *BMC Evolutionary Biology*, 13 (1): 1-15.
- Bines, J. A. (1976). Regulation of food intake in dairy cows in relation to milk production. *Livestock Production Science*, 3 (2): 115-128.
- Blaxter, K. L., Wainman, F. W. & Wilson, R. S. (1961). The regulation of food intake by sheep. *Animal Science*, 3 (01): 51-61.
- Blaxter, K. L. (1962). *The energy metabolism of ruminants*. The energy metabolism of ruminants.
- Brobeck, J. R. (1957). Neural control of hunger, appetite, and satiety. *The Yale journal of biology and medicine*, 29 (6): 565.

- Bøe, K., Ottosen, A. & Andersen, I. (2012). Feed intake and competition in ewes on ad libitum or semi-restricted feeding of grass silage and hay. *Journal of animal science*, 90 (11): 4014-4019.
- Bøe, K. E. & Andersen, I. L. (2010). Competition, activity budget and feed intake of ewes when reducing the feeding space. *Applied Animal Behaviour Science*, 125 (3–4): 109-114.
- Campbell, J. R. & Merilan, C. P. (1961). Effects of Frequency of Feeding on Production Characteristics and Feed Utilization in Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 44 (4): 664-671.
- Campling, R. & Balch, C. (1961). Factors affecting the voluntary feed intake of the cow. 1. Preliminary observations on the effect, on the voluntary intake of hay, of changes in the amount of the reticulo-ruminal contents. *Br. J. Nutr.*, 15: 523-530.
- Campling, R. C. (1964). Factors affecting the voluntary intake of grass. *Proceedings of the Nutrition Society*, 23 (01): 80-88.
- Carter, R. R. & Grovum, W. L. (1990). Factors affecting the voluntary intake of food by sheep. *British Journal of Nutrition*, 64 (01): 285-299.
- Catalogue of Life. (2016). The Catalogue of Life Partnership. Tilgjengelig fra: <http://www.gbif.org/dataset/7ddf754f-d193-4cc9-b351-99906754a03b> (lest 14.4).
- Conrad, H., Pratt, A. & Hibbs, J. W. (1964). Regulation of feed intake in dairy cows. I. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *Journal of Dairy Science*, 47 (1): 54-62.
- Coop, I. E. (1982). *World animal science. C. Production-system approach. 1. Sheep and goat production*: Elsevier Scientific Publishing Co.
- Dado, R. G. & Allen, M. S. (1995). Intake Limitations, Feeding Behavior, and Rumen Function of Cows Challenged with Rumen Fill from Dietary Fiber or Inert Bulk. *Journal of Dairy Science*, 78 (1): 118-133.
- Davies, H. (1962). *Intake studies in sheep involving high fluid intake*. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 167-171 s.
- Devendra, C. & Burns, M. (1970). Goat production in the tropics. *Goat production in the Tropics*.
- Domingue, B. F., Dellow, D. & Barry, T. (1991a). The efficiency of chewing during eating and ruminating in goats and sheep. *Br. J. Nutr.*, 65: 355-363.
- Domingue, B. F., Dellow, D. & Barry, T. (1991b). Voluntary intake and rumen digestion of a low-quality roughage by goats and sheep. *The Journal of Agricultural Science*, 117 (01): 111-120.
- Domingue, B. F., Dellow, D., Wilson, P. & Barry, T. (1991c). Comparative digestion in deer, goats, and sheep. *New Zealand journal of agricultural research*, 34 (1): 45-53.
- Dønnem, I., Eknæs, M. & Randby, Å. T. (2011a). Energy status, measured by computer tomography (CT)-scanning, and milk quality of dairy goats fed rations with various energy concentrations. *Livestock Science*, 142 (1–3): 235-244.
- Dønnem, I., Randby, Å. T. & Eknæs, M. (2011b). Effect of grass silage harvesting time and level of concentrate supplementation on goat milk quality. *Animal Feed Science and Technology*, 163 (2–4): 118-129.
- Dønnem, I., Randby, Å. T. & Eknæs, M. (2011c). Effects of grass silage harvesting time and level of concentrate supplementation on nutrient digestibility and dairy goat performance. *Animal Feed Science and Technology*, 163 (2–4): 150-160.
- Eik, L. O. (1991). Effects of feeding intensity on performance of dairy goats in early lactation. *Small Ruminant Research*, 6 (3): 233-244.

- Eik, L. O., Nedkvitne, J. J. & Robstad, A. M. (1991). Long-term effects of feeding intensity and supplementation on the utilization of unimproved pastures by dairy goats. *Small Ruminant Research*, 6 (3): 245-255.
- Eknæs, M., Eide, A., Garmo, T. & Havrevoll, Ø. (1999). *Factors affecting the milk flavour of dairy goats grazing on mountain pastures*. Proceedings from NJF Seminar. 70-72 s.
- Eknæs, M. (2006). *Fôring for bedre melke kvalitet og utvikling av fôropptakssystemer og fôringsstrategier for geit*. Universitet for miljø- og biovitenskap: Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap. Upublisert manuskript.
- Eknæs, M., Kolstad, K., Volden, H. & Hove, K. (2006). Changes in body reserves and milk quality throughout lactation in dairy goats. *Small Ruminant Research*, 63 (1-2): 1-11.
- Eknæs, M. (2011). *Tilskudd av glukogent versus lipogent kraftfôr til melkegeiter – effekt på energustatus, fettomsetning, genekspresjon og melke kvalitet i ulike stadier av laktasjonen*. Norges miljø og biovitenskaplige universitet: Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap. Upublisert manuskript.
- Elvidge, D. & Coop, I. (1974). Effect of shearing on feed requirements of sheep. *New Zealand journal of experimental agriculture*, 2 (4): 397-402.
- Faverdin, P., Dulphy, J. P., Coulon, J. B., Vérité, R., Garel, J. P., Rouel, J. & Marquis, B. (1991). Substitution of roughage by concentrates for dairy cows. *Livestock Production Science*, 27 (2): 137-156.
- Flaten, O., Asheim, L., Dønnem, I. & Lunnan, T. (2012). The profitability of early grass silage harvesting on dairy goat farms in mountainous areas of Norway. *Small Ruminant Research*, 103 (2): 133-142.
- Forbes, J. (1969). The effect of pregnancy and fatness on the volume of rumen contents in the ewe. *The Journal of Agricultural Science*, 72 (01): 119-121.
- Forbes, J. M. (1982). Effects of lighting pattern on growth, lactation and food intake of sheep, cattle and deer. *Livestock Production Science*, 9 (3): 361-374.
- Forbes, J. M. (1995). *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. Wallingford: CAB International.
- France, J. & Kebreab, E. (2008). *Mathematical modelling in animal nutrition*: Cabi.
- Goetsch, A. L., Detweiler, G., Sahl, T., Puchala, R. & Dawson, L. J. (2001). Dairy goat performance with different dietary concentrate levels in late lactation. *Small Ruminant Research*, 41 (2): 117-125.
- Hadjigeorgiou, I., Gordon, I. & Milne, J. (2003). Intake, digestion and selection of roughage with different staple lengths by sheep and goats. *Small Ruminant Research*, 47 (2): 117-132.
- Hadjigeorgiou, I. E., Gordon, I. J. & Milne, J. A. (2001). The intake and digestion of a range of temperate forages by sheep and fibre-producing goats. *Small Ruminant Research*, 39 (2): 167-179.
- Haenlein, G. F. W. (1978). Dairy Goat Management1. *Journal of Dairy Science*, 61 (7): 1011-1022.
- Harmeyer, J. & Martens, H. (1980). Aspects of Urea Metabolism in Ruminants with Reference to the Goat1. *Journal of Dairy Science*, 63 (10): 1707-1728.
- Hillman, D., Lassiter, C., Huffman, C. & Duncan, C. (1958). *Effect of all-hay vs all-silage rations on dry matter intake of lactating dairy cows - moisture and pH as factors affecting appetite*. Journal of Dairy Science: American Dairy Science Association. 720-720 s.
- Huhtanen, P. & Jaakkola, S. (1993). The effects of forage preservation method and proportion of concentrate on digestion of cell wall carbohydrates and rumen digesta pool size in cattle. *Grass and Forage Science*, 48 (2): 155-165.

- Huhtanen, P., Khalili, H., Nousiainen, J. I., Rinne, M., Jaakkola, S., Heikkilä, T. & Nousiainen, J. (2002). Prediction of the relative intake potential of grass silage by dairy cows. *Livestock Production Science*, 73 (2): 111-130.
- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J. (2007). Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: a revision of the relative silage dry-matter intake index.
- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J. (2008). Evaluation of concentrate factors affecting silage intake of dairy cows: a development of the relative total diet intake index. *animal*, 2 (06): 942-953.
- Hussain, Q., Havrevoll, Ø. & Eik, L. O. (1996). Effect of type of roughage on feed intake, milk yield and body condition of pregnant goats. *Small Ruminant Research*, 22 (2): 131-139.
- Huston, J. (1976). Relative digestive capacities of cattle, sheep, goats and deer for a common feed. *Texas Agric. Exp. Sta. PR-3400*, 36.
- Huston, J. E. (1978). Forage Utilization and Nutrient Requirements of the Goat1. *Journal of Dairy Science*, 61 (7): 988-993.
- Huston, J. E., Engdahl, B. S. & Bales, K. W. (1988). Intake and digestibility in sheep and goats fed three forages with different levels of supplemental protein. *Small Ruminant Research*, 1 (1): 81-92.
- Ide, Y. (1975). Quantitative Aspect of the Endogenous Urea Cycle in Goats. *The Japanese Journal of Veterinary Science*, 37 (4): 327-333.
- Inglingstad, R. A., Steinshamn, H., Dagnachew, B. S., Valenti, B., Criscione, A., Rukke, E. O., Devold, T. G., Skeie, S. B. & Vegarud, G. E. (2014). Grazing season and forage type influence goat milk composition and rennet coagulation properties. *Journal of Dairy Science*, 97 (6): 3800-3814.
- Ingvartsen, K. L. (1994). Models of voluntary food intake in cattle. *Livestock Production Science*, 39 (1): 19-38.
- Ingvartsen, K. L. & Kristensen, V. F. (2003). Regulering af foderoptagelsen. I: *Kvægets Ernæring Og Fysiologi. Bind 1-Næringsstofomsætning Og Fodervurdering. Kap. 7*.
- Jalali, A., Weisbjerg, M. R., Nadeau, E., Randby, Å., Rustas, B.-O., Eknæs, M. & Nørgaard, P. (2015). Effects of forage type, animal characteristics and feed intake on faecal particle size in goat, sheep, llama and cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 208: 53-65.
- Jarrige, R., Demarquilly, C., Dulphy, J., Hoden, A., Robelin, J., Beranger, C., Geay, Y., Journet, M., Malterre, C. & Micol, D. (1986). The INRA "Fill Unit" system for predicting the voluntary intake of forage-based diets in ruminants: a review. *Journal of Animal Science*, 63 (6): 1737-1758.
- Journet, M. & Remond, B. (1976). Physiological factors affecting the voluntary intake of feed by cows: A review. *Livestock Production Science*, 3 (2): 129-146.
- Jørgensen, G. H. M., Andersen, I. L. & Bøe, K. E. (2007). Feed intake and social interactions in dairy goats—The effects of feeding space and type of roughage. *Applied Animal Behaviour Science*, 107 (3-4): 239-251.
- Keady, T. & Murphy, J. (1998). A note on the preferences for, and rate of intake of, grass silages by dairy cows. *Irish journal of agricultural and food research*: 87-91.
- Kennedy, G. (1961). The central nervous regulation of calorie balance. *Proceedings of the Nutrition Society*, 20 (01): 58-64.
- Kennedy, P. M., McSweeney, C. S. & Welch, J. G. (1992). Influence of dietary particle size on intake, digestion, and passage rate of digesta in goats and sheep fed wheaten (*Triticum aestivum*) hay. *Small Ruminant Research*, 9 (2): 125-138.
- Ketelaars, J. J. & Tolkamp, B. J. (1991). *Toward a new theory of feed intake regulation in ruminants*: Landbouwniversiteit te Wageningen.

- Kristensen, V. & Ingvarsten, K. (1986). Prediction of feed intake. “ *New developments and future perspectives in research on rumen function”*. Neimann-Sorensen A.(Ed).-Commission of the European communities, Luxembourg: 157-181.
- Krizsan, S. & Randby, Å. (2007). The effect of fermentation quality on the voluntary intake of grass silage by growing cattle fed silage as the sole feed. *Journal of animal science*, 85 (4): 984-996.
- Krizsan, S., Westad, F., Adnoy, T., Odden, E., Aakre, S. & Randby, A. (2007). Effect of volatile compounds in grass silage on voluntary intake by growing cattle. *Animal-Cambridge universety press*, 1 (2): 283.
- Larsson, S. (1954). On the hypothalamic organisation of the nervous mechanism regulating food intake. 1. Hyperphagia from stimulation of the hypothalamus and medulla in sheep and goats. *Acta Physiologica Scandinavica*, 32 (115): 1-40.
- Leek, B. (1969). Reticulo-ruminal mechanoreceptors in sheep. *The Journal of physiology*, 202 (3): 585.
- Linnæus, C. (1758). *Systema naturæ per regna tria naturæ, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Tomus I. Editio decima, reformata. utg., b. Tomus I. Homliæ: Impensis Direct Leurentii Salvii.*
- Lu, C. D. (1988). Grazing behavior and diet selection of goats. *Small Ruminant Research*, 1 (3): 205-216.
- Luo, J., Goetsch, A., Nsahlai, I., Moore, J., Galyean, M., Johnson, Z., Sahlu, T., Ferrell, C. & Owens, F. (2004). Voluntary feed intake by lactating, Angora, growing and mature goats. *Small Ruminant Research*, 53 (3): 357-378.
- Maeng, W. J., Van Nevel, C. J., Baldwin, R. L. & Morris, J. G. (1976). Rumen Microbial Growth Rates and Yields: Effect of Amino Acids and Protein1. *Journal of Dairy Science*, 59 (1): 68-79.
- Malechek, J. C. & Leinweber, C. (1972). Forage Selectivity by Goats on Lightly and Heavily Grazed Ranges (Selectividad de Forraje por Cabras Pastoreando en Pastizales sub y sobre Pastoreados). *Journal of Range Management*: 105-111.
- Martin, F. H. & Baile, C. A. (1972). Feed Intake of Goats and Sheep Following Acetate or Propionate Injections into Rumen, Ruminal Pouches, and Abomasum as Affected by local Anesthetics. *Journal of Dairy Science*, 55 (5): 606-613.
- McMahan, C. A. (1964). Comparative food habits of deer and three classes of livestock. *The Journal of Wildlife Management*: 798-808.
- Mertens, D. (1987). Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, 64 (5): 1548-1558.
- Mertens, D. R. (1994). Regulation of forage intake. *Forage quality, evaluation, and utilization* (foragequalityev): 450-493.
- Metz, S. V. d. B., SG. (1977). Regulation of fat mobilization in adipose tissue of dairy cows in the period around parturition. *Neth. J. Agric. Sci*, 25: 198.
- Mo, M. (2005). Surfôrbooka. *Landbruksforlaget, Tun Forlag AS. Oslo.*
- Morand-Fehr, P. (2003). Dietary choices of goats at the trough. *Small Ruminant Research*, 49 (3): 231-239.
- Mowat, D. N. (1963). *Factors affecting rumen capacity and the physical inhibition of feed intake*: Cornell Univ.
- Nastis, A. & Malechek, J. (1981). Digestion and utilization of nutrients in oak browse by goats. *Journal of Animal Science*, 53 (2): 283-290.
- Nastis, A. (1997). Feeding behaviour of goats and utilisation of pasture and rangelands. *Cahiers Options Mediterraneennes (CIHEAM).*
- NRC. (2007). *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids*. Washington, D.C.: National Academies Press.

- Okine, E. & Mathison, G. (1991). Effects of feed intake on particle distribution, passage of digesta, and extent of digestion in the gastrointestinal tract of cattle. *Journal of animal science*, 69 (8): 3435-3445.
- Osbourn, D. & Holmes, W. (1980). The feeding value of grass and grass products. *Grass, its production and utilization.*: 70-124.
- Puchala, R., Min, B., Goetsch, A. & Sahlu, T. (2005). The effect of a condensed tannin-containing forage on methane emission by goats. *Journal of Animal Science*, 83 (1): 182-186.
- Sauvant, D., Baumont, R. & Faverdin, P. (1996). Development of a mechanistic model of intake and chewing activities of sheep. *Journal of animal science*, 74 (11): 2785-2802.
- Sjaunja, L., Bævre, L., Junkkarinen, L., Pedersen, J. & Setälä, J. (1990). Measurement of the total energy value of milk fat and milk protein. *27th session of the International Committee for Breeding and Productivity of Milk animals. Paris.*
- Statistisk sentralbyrå. (2015). Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/> (lest 20.04).
- Tan, C. M. (1988). *Utilization of low quality roughage by goats and sheep*: Lincoln College, University of Canterbury.
- Teitelbaum, P. & Epstein, A. N. (1963). The role of taste and smell in the regulation of food and water intake. *Olfaction and taste*, 1: 347.
- Tolkamp, B. J. & Brouwer, B. O. (1993). Statistical review of digestion in goats compared with other ruminants. *Small Ruminant Research*, 11 (2): 107-123.
- Trinrud, E. (2015). Kraftfôrnivå på utmarksbeite-verknad på beiteaktivitet og mjølkeavdrått hjå geit.
- Van Es, A. J. H. (1975). Feed evaluation for dairy cows. *Livestock Production Science*, 2 (2): 95-107.
- Van Soest, P. J. (1963). Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. 2. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *Journal of the Association of Official Agricultural Chemists*, 46: 829-835.
- Van Soest, P. v., Robertson, J. & Lewis, B. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*, 74 (10): 3583-3597.
- Volden, H. (2011). *NorFor-The Nordic feed evaluation system*: Wageningen Academic Publishers Wageningen.
- Waldo, D. R. & Jorgensen, N. A. (1981). Forages for High Animal Production: Nutritional Factors and Effects of Conservation. *Journal of Dairy Science*, 64 (6): 1207-1229.
- Welch, J. (1982). Rumination, particle size and passage from the rumen. *Journal of Animal Science*, 54 (4): 885-894.
- Welch, J. G. (1967). Appetite control in sheep by indigestible fibers. *Journal of animal science*, 26 (4): 849-854.
- Wheeler, J., Reardon, T. & Lambourne, L. (1963). The effect of pasture availability and shearing stress on herbage intake of grazing sheep. *Australian journal of agricultural research*, 14: 364-372.
- Wilson, D. E. & Reeder, D. M. (2005). *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*, b. 1: JHU Press.
- Wilson, P. N. (1957). Studies of the browsing and reproductive behaviour of the East African Dwarf goat. *The East African Agricultural Journal*, 23 (2): 138-147.
- Wodzicka-Tomaszewska, M. (1963). The effect of shearing on the appetite of the sheep. *New Zealand Journal of agricultural research*, 6 (5): 440-447.
- Wyrwicka, W. & Dobrzecka, C. (1960). Relationship between feeding and satiation centers of the hypothalamus. *Science*, 132 (3430): 805-806.

Vedlegg A

Tabell 17

Nøkkeltall fra forsøk G106; Eknæs (2006) upub..

Variabel	N	Gjennomsnitt	Std avvik	Minimum	Maximum
Opptak					
Totalt, kg TS d ⁻¹	128	1,94	0,49	1,01	3,18
Surfôr, kg TS d ⁻¹	128	0,96	0,49	0,20	2,45
Kraftfôr, kg TS d ⁻¹	128	0,98	0,27	0,71	1,26
Dyreopplysninger					
Levendevekt, kg	128	49,54	8,10	30,50	67,50
Alder, år	128	2,63	1,41	1,00	5,00
Laktasjonsuke	128	10,38	3,40	5,00	16,00
Melk, kg d ⁻¹	128	3,25	0,67	1,95	5,15
EKM, kg d-1	128	2,81	0,52	1,76	3,91
Surfôrkarakteristikk					
TS, g kg ⁻¹	128	234,88	18,76	211,00	263,00
NDF, g kgTS ⁻¹	128	583,50	12,02	562,00	598,00
RP, g kgTS ⁻¹	128	130,41	15,96	108,80	150,60
EE, g kgTS ⁻¹	128	44,99	5,41	37,10	56,30
OS, g kgTS ⁻¹	128	939,04	3,00	933,80	943,30
RA, g kgTS ⁻¹	128	60,96	3,00	56,70	66,20
ResCHO, g kgTS ⁻¹	128	104,13	30,13	66,00	145,50
OMD, g kgOM ⁻¹	0	,	,	,	,
D-verdi, g kgTS ⁻¹	0	,	,	,	,
Opptaksindeks	128	93,15	1,92	89,91	95,81

Vedlegg B

Tabell 18

Nøkkeltall fra forsøk G107A; Dønnem et al. (2011b) og Dønnem et al. (2011c).

Variabel	N	Gjennomsnitt	Std avvik	Minimum	Maximum
Opptak					
Totalt, kg TS d ⁻¹	288	2,19	0,39	1,07	3,61
Surfôr, kg TS d ⁻¹	288	1,41	0,34	0,51	2,55
Kraftfôr, kg TS d ⁻¹	288	0,78	0,26	0,49	1,06
Dyreopplysninger					
Levendevekt, kg	288	62,89	9,43	41,25	80,43
Alder, år	288	4,44	1,64	2,00	8,00
Laktasjonsuke	288	10,83	4,65	3,00	20,00
Melk, kg d ⁻¹	288	3,43	0,72	1,57	5,43
EKM, kg d-1	288	3,10	0,64	1,63	4,95
Surfôrkaraktistikk					
TS, g kg ⁻¹	288	237,33	11,09	224,60	259,30
NDF, g kgTS ⁻¹	288	518,80	68,73	387,29	636,08
RP, g kgTS ⁻¹	288	128,76	22,25	94,85	165,13
EE, g kgTS ⁻¹	288	31,16	5,08	22,92	41,00
OS, g kgTS ⁻¹	288	932,29	5,15	925,25	945,83
RA, g kgTS ⁻¹	288	67,71	5,15	54,17	74,75
RestCHO, g kgTS ⁻¹	288	127,84	32,95	91,40	218,95
OMD, g kgOM ⁻¹	288	0,75	0,07	0,66	0,83
D-verdi, g kgTS ⁻¹	288	697,82	61,66	618,61	774,72
Opptaksindeks	288	96,73	7,69	87,00	110,04

Vedlegg C

Tabell 19

Nøkkeltall fra forsøk G107B; Dønnem et al. (2011a).

Variabel	N	Gjennomsnitt	Std avvik	Minimum	Maximum
Opptak					
Totalt, kg TS d ⁻¹	192	2,39	0,36	1,51	3,15
Surfôr, kg TS d ⁻¹	192	1,62	0,34	0,76	2,46
Kraftfôr, kg TS d ⁻¹	192	0,76	0,25	0,48	1,06
Dyreopplysninger					
Levendevekt, kg	192	62,42	7,21	49,67	76,33
Alder, år	192	4,58	1,26	3,00	7,00
Laktasjonsuke	192	11,00	4,65	3,00	19,00
Melk, kg d ⁻¹	192	3,44	0,75	1,90	4,97
EKM, kg d-1	192	3,12	0,76	1,67	4,99
Surfôrkaraktistikk					
TS, g kg ⁻¹	192	236,56	10,11	227,90	257,00
NDF, g kgTS ⁻¹	192	508,80	81,36	387,29	636,08
RP, g kgTS ⁻¹	192	130,43	26,77	94,85	165,13
EE, g kgTS ⁻¹	192	31,51	6,15	22,92	41,00
OS, g kgTS ⁻¹	192	932,95	6,05	925,25	945,83
RA, g kgTS ⁻¹	192	67,05	6,05	54,17	74,75
RestCHO, g kgTS ⁻¹	192	137,58	34,83	99,25	218,95
OMD, g kgOM ⁻¹	192	0,75	0,08	0,66	0,83
D-verdi, g kgTS ⁻¹	192	697,03	75,56	618,61	774,72
Opptaksindeks	192	97,45	9,05	87,00	110,04

Vedlegg D

Tabell 20

Nøkkeltall fra forsøk G109; Eknæs (2011) upub.

Variabel	N	Gjennomsnitt	Std avvik	Minimum	Maximum
Opptak					
Totalt, kg TS d ⁻¹	148	2,14	0,33	1,40	3,07
Surfôr, kg TS d ⁻¹	148	1,36	0,35	0,60	2,45
Kraftfôr, kg TS d ⁻¹	148	0,78	0,07	0,62	0,82
Dyreopplysninger	148				
Levendevekt, kg	148	54,50	6,78	40,47	70,83
Alder, år	148	2,50	0,77	2,00	4,00
Laktasjonsuke	148	15,33	10,11	2,00	35,00
Melk, kg d ⁻¹	148	2,82	0,69	1,31	4,54
EKM, kg d-1	148	2,80	0,78	1,14	4,56
Surfôrkarakteristikk	148				
TS, g kg ⁻¹	148	288,80	17,61	272,00	310,00
NDF, g kgTS ⁻¹	148	530,89	16,92	509,77	558,86
RP, g kgTS ⁻¹	148	138,16	7,84	128,80	146,54
EE, g kgTS ⁻¹	148	34,21	2,02	32,14	37,92
OS, g kgTS ⁻¹	148	922,80	4,90	915,01	930,38
RA, g kgTS ⁻¹	148	77,20	4,90	69,62	84,99
RestCHO, g kgTS ⁻¹	148	136,39	11,76	115,35	150,96
OMD, g kgOM ⁻¹	148	0,74	0,00	0,74	0,74
D-verdi, g kgTS ⁻¹	148	681,95	3,62	676,19	687,55
Opptaksindeks	148	97,89	0,72	97,21	98,78



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway