

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap

Masteroppgave 2014
30 stp

Gamle norske storferaser og NRF - sammenligning av tilvekst og vekt

Norwegian Traditional Cattle Breeds and Norwegian
Red (NRF) - a Comparison of Growth and Weight

Lina Rundlöf

Forord

Arbeidet med masteroppgaven har vært veldig gøy. Vekst er et interessant og komplekst tema som det har vært veldig spennende å lære mer om. Vekst reflekterer de fysiologiske forandringene som skjer i dyret når man driver avlsarbeid, hvilket jeg synes er veldig viktig å kjenne til. Jeg er også interessert i de gamle storferasene i Norge og er glad hvis jeg kan bidra med litt mer informasjon om dem. Jeg håper at det kan hjelpe på en eller annen måte i bevaringsarbeidet.

Jeg vil aller først takke Odd Vangen for å ha introdusert meg til denne oppgaven og for å ha vært en veldig bra veileder hele veien. Jeg er veldig glad for at du har vært veilederen min. Mange takk til Nina Hovden Sæther og Anna Rehnberg på Norsk genressurscenter for at dere vært med å gjøre denne oppgaven mulig for meg, for tilgang til det eldste av datasettene, og finansiell støtte til opprydding av dataene.

Takk til Anne-Guro Larsgård for resten av dataene jeg har brukt. Takk til Bjørg Heringstad for hjelp med SAS og for at du har vært tilgjengelig for alle mulige spørsmål. Takk til Eiliv Kummen på Øyer teststasjon for hyggelige telefonsamtaler med spørsmål om rutiner på stasjonen. Takk til Laila Aass for hjelp med litteratur. Takk til Tormod Ådnøy og Gunnar Klemetsdal for hjelp med statistikken og oppsett av statistiske modeller. Takk til Marit Wetlesen og Karoline Bakke for korrekturlesing.

Spesielt takk til mannen min, Sondre Aasan. Jeg er utrolig glad for hjelpen og støtten jeg har fått av deg. Du er best.

Lina Rundlöf

NMBU, 15 mai - 2014

Sammendrag

Formålet med denne oppgaven var å sammenligne veksten til de gamle norske storferasene dølafe, østlandsk rødkolle, vestlandsk rødkolle, vestlandsk fjordfe, telemarksfe, sidet trønder og nordlandsfe (STN), og den moderne rasen norsk rødt fe (NRF).

Vekstdata på okser av alle rasene har blitt samlet inn på Øyer teststasjon i perioden 1973 til 2011. Vekstdata er registrert fra oksene var 150 dager gamle til 450 dager gamle (5-15 måneder). Disse dataene er unike ettersom det ikke finnes liknende data for gamle raser i andre land.

Regresjonsanalyser ble brukt for å beregne tilvekst, og GLM-analyser ble brukt for å se etter signifikante vektforskjeller mellom rasene i spesifikke aldersintervall.

Resultatene viser at NRF vokser 200-300 g raskere per dag enn de andre rasene, og østlandsk rødkolle vokser 100 g raskere per dag enn de andre gamle rasene. NRF og østlandsk rødkolle er signifikant forskjellig fra de andre rasene. De andre gamle rasene er ikke signifikant forskjellige fra hverandre. Vestlandsk fjordfe skiller seg mest ut ved at oksene tenderer å være minst med lavest tilveksthastighet. Aldersspennet var for kort til å finne ut om kurven flater av mot voksenvekten.

Vekst korrelerer med mange fitnessrelaterte og fysiologiske egenskaper som kan sammenlignes ved hjelp av skalerte vekstkurver. For videre analyser anbefales å se på dyrenes voksenvekt, slik at hele vekstkurver kan lages. Da vil man kunne se krumningen i kurven og sammenligne utviklingen av veksten mellom rasene i større grad enn det som har vært mulig med dataene i denne oppgaven.

Abstract

The aim of this study was to compare growth of bulls of the traditional Norwegian cattle breeds dølafe, østlandsk rødkolle, vestlandsk rødkolle, vestlandsk fjordfe, telemarksfe, and sidet trønder og nordlandsfe (STN) and the modern breed Norwegian red (NRF).

Weight data of the different breeds has been collected at Øyer testing station from 1973 to 2011. Similar data on traditional breeds does not exist in other countries, therefore are this data unique. The weight-registrations of the bulls were collected when they were 150 days old to 450 days old (5 to 15 months). Regression analysis was used to calculate growth rate, and GLM analysis was used to observe significant differences between the breeds in specific age spans.

The results show that NRF grows 200-300 g faster per day than all the other breeds, and that østlandsk rødkolle grows 100 g faster per day than the other traditional breeds. NRF and østlandsk rødkolle were significantly different from the other breeds. There were no significant differences between the other traditional breeds. Vestlandsk fjordfe tended to be the smallest breed with lowest growth rate. The age span of the observed bulls was too short to observe if the growth curve flattens towards mature weight.

Growth correlates with many fitness-related and physiologic traits, which can be compared by using scaled growth curves. For further analysis it is recommended to estimate the mature weight of the different breeds, which enables estimation of complete growth curves. Complete growth curves enables more comprehensive observation of curvatures and comparisons of the physiological maturing process, than what was possible from the data in this thesis.

Innholdsfortegnelse

1 Innledning	1
2 Litteratur	3
2.1 Vekst	3
2.1.1 Celler	3
2.1.2 Bindevev	3
2.1.3 Muskler	5
2.1.4 Relativ vekst	6
2.1.5 Vekstkurven	7
2.1.6 Ressursallokering	9
2.2 De gamle rasene	10
2.2.1 Bakgrunn	11
2.2.2 Voksenvekter	12
3. Materiale og metode	14
3.1 Datamateriale	14
3.2 Databeskrivelse	16
3.2.1 Rådata for datasett 1	16
3.2.2 Rådata for datasett 2	19
3.3 Datasett for analyse	21
3.3.1 Datasett 1	21
3.3.2 Datasett 2	22
3.3.3 Datasett 2a	22
3.3.4 Datasett 2b	23
3.4 Modeller	23
3.4.1 Uparametrisk/lokal regresjon	23
3.4.2 Modell til beregning av regresjonskoeffisient for effekt av alder på vekt innen rase ..	24
3.4.3 Modell med andregradsledd	25
3.4.4 Modell med alder i klasser	26
3.5 Analyse	26
4. Resultater	27
4.1 Alle datasett, modell [1]	27

4.2 Datasett 1 og 2a, modell [2]	29
4.3 Datasett 2b, modell [2] og [3]	31
4.4 Datasett 2a, modell [4].....	33
6. Diskusjon	35
6.1 Forskjeller mellom de gamle rasene	35
6.2 Skalering	37
6.3 Gransket vekstperiode	38
6.4 Betydning av veksthastighet	40
6.5 Modell, feilkilder og videre analyse	42
7. Konklusjon.....	43
Referanser	44

1 Innledning

Vekst korrelerer med mange fysiologiske og fitnessrelaterte egenskaper, for eksempel størrelse og melkeproduksjon (Blanckenhorn 2000). Naturlig seleksjon sørger for et optimum av alle korrelerte egenskaper med hensyn til fitness. I naturen nytter det ikke å produsere masse melk eller vokse veldig raskt hvis det betyr at dyret blir lettere bytte for predatorer eller risikerer å sulte. Husdyrene våre har ikke samme begrensninger som dyrene i naturen og kan i motsetning til ville dyr bli større og produsere mer melk ved avl, selv om det er u hensiktsmessig med tanke på fitness. Derfor kan domestiserte dyrs fysiologi endres vesentlig gjennom avl under andre forutsetninger enn hva som er tilfelle i naturen (Beilharz 2000). Suksessiv forandring av egenskaper skjer hele tiden gjennom avl, og det er viktig men utfordrende å se alle langsiktige fysiologiske konsekvenser avlsarbeid.

På norsk rødt fe (NRF) har det vært aktiv avl siden 1939 (Bækkedal 1980), populasjonen er stor og det har hele tiden vært seleksjon for høyere melkeytelse (Geno 2014a). En konsekvens av seleksjon for høyere melkeytelse er større dyr. Ettersom store kyr produserer mer melk enn små kyr er det logisk at store kyr blir selektert når man ønsker høyere produksjon (Morris & Wilton 1976). Når dyrene blir større endres også vekstkurvens form og dyrenes utviklingsprosess (Taylor & Fitzhugh 1971). På de gamle rasene drives det bevaringsarbeid der målet er å holde bestandene oppe, unngå innavl og beholde deres rasetypiske trekk. De bevaringsverdige rasene i Norge i dag er dølafe, østlandsk rødkolle, vestlandsk rødkolle, vestlandsk fjordfe, telemarksfe og sidet trønder og nordlandsfe (STN).

Formålet med denne oppgaven er å undersøke og sammenligne veksten til NRF og de gamle rasene. Vekt og alder på okser av de seks bevaringsverdige rasene og NRF har blitt registrert siden 1973, disse dataene skal brukes for å analysere veksten til de forskjellige rasene i denne undersøkelsen. Dataene er registrerte på Øyer teststasjon, der tas okser av de forskjellige rasene inn til fenotypetesting før de eventuelt blir seminokser. Sannsynligvis finnes ikke tilsvarende data for andre gamle raser i andre land og det gjør disse dataene unike. Ved å analysere vekstdata er det mulig å frembringe ny kunnskap om veksten til de gamle rasene. Denne kunnskapen kan forhåpentligvis bekrefte eller avkrefte de antagelser om vekst og størrelse til de gamle rasene. Ny

kunnskap om vekst på de gamle rasene kan bidra med økt forståelse om hvordan seleksjon for ytelse har påvirket vekst, fysiologi, adferd, kroppssammensetning hos NRF.

Før analysen ble fire hypoteser satt opp. Den første hypotesen er at NRF vokser raskest. Dette finnes det sterke grunner til å anta, ettersom NRF har større voksenvekt og det har vært mer retningsorientert avl på denne rasen i forhold til de gamle rasene. Den andre hypotesen er at østlandsk rødkolle vokser raskere enn de andre gamle rasene, fordi østlandsk rødkolle har større voksenvekt og tradisjonelt har melket mer enn de andre (Vangen & Sæther 2007). Tredje hypotese er at det er generelt liten forskjell mellom STN, telemarksfe, vestlandsk rødkolle, vestlandsk fjordfe og dølafe. Denne hypotesen begrunnes med at de har like voksenvekter fra litteraturen. I siste og fjerde hypotese forventes lik tilvekst for vestlandsk fjordfe og vestlandsk rødkolle, med begrunnelse at de var regnet som en og samme rase i perioden 1947 til 1986. For å svare på disse hypotesene skal vektdata ved ulike aldre brukes, samt langsgående data fra alderen 150 dager til 450 dager analyseres i uparametriske og lineære funksjoner.

2 Litteratur

2.1 Vekst

Et foster utvikles fra en celle. Den ene cellen deler seg og blir til to, som deler seg og blir til fire, og så videre. Cellene spesialisere seg på forskjellige funksjoner i kroppen og de som spesialisere seg på samme funksjon former sammen et vev. De fire største vevene i kroppen er muskelvev, bindevev, epitelvev og nervevev. Alle vevene sammen former kroppen når dyret vokser (Sjaastad et al. 2010). Vekst er økning i vekt og størrelse over tid, og balansen mellom oppbygging og nedbryting av celler. Vekst henger tett sammen med utvikling, hvor vekst er øking i lengde og volum, mens utvikling er endringer i kroppens form og funksjon (Batt 1980). Vekst og utvikling er temaer med mange dimensjoner som må forstås for å ha et grunnlag for diskusjon av vekst og for å sette resultatene fra denne undersøkelsen i et større perspektiv. Diskusjonen vil begrense seg til postnatal vekst, fordi kun postnatal vekst blir analysert i denne undersøkelsen.

2.1.1 Celler

Celler vokser på to forskjellige måter avhengig av hvilken funksjon cellene har. I for eksempel hud og blod kreves det hele tiden nye celler for å erstatte de cellene som blir utslitt og dør. Nye celler skapes gjennom deling, det kalles hyperplasi. Enkelte celler stopper å dele seg etter fødsel og erstattes ikke hvis de går tapt, dette gjelder for eksempel muskelceller, fettceller og nerveceller. Når disse cellene vokser etter fødsel øker størrelsen til den enkelte celle, dette kalles hypertrofi (Sjaastad et al. 2010).

2.1.2 Bindevev

Bindevev holder organene sammen og støtter alle kroppsdelene. Bindevev finnes overalt i kroppen: rundt organer, kjertler, blodkar og nerver, og mellom muskelfibrer og nervetråder. Cellene i bindevev ligger spredd med intercellulær substans mellom seg. Den intercellulære substansen består av stabiliserende kollagenfibrer som ligger på kryss og tvers i vevet, samt elastin som gjør bindeveven elastisk. Styrken og funksjonen til bindevev er avhengig av type kollagenfibrer og hvordan de er koblet. Avhengig av styrken og funksjonen deles bindevev inn i fire hovedtyper, fett, bein, brusk og fibrøs bindevev. Fibrøs bindevev finnes rundt organer og muskler, i underhudsfett og tarmslimhinner (Sjaastad et al. 2010).

Brusk inneholder, som annet bindevev, kollagenfibrer og elastiske fibre. Substansen i brusk har god evne til å binde vann som gjør at brusk står imot kompresjoner. Brusk finnes på steder i kroppen som er utsatt for kompresjoner, for eksempel i kne. Brusk kan omdannes til bein gjennom det som kalles endokondral forbeining. Frem til slutten av fostertiden består hele skjelettet av brusk og ved fødsel er fortsatt en betydelig del av skjelettet av brusk. Når brusk omdannes til bein skjer forbeiningen fra et forbeiningscenter midt i beinet som forbeines gradvis til alt består av bein. Når dyret vokser produseres det hele tiden mer brusk i takt med at brusk forbeines. Forbeining og veksten av skjelettet pågår til like etter puberteten. I endene forbeines ikke alt brusk og det som er igjen kalles leddbrusk (Sjaastad et al. 2010).

Brusk og bein bestemmer i stor grad rammene for landlevende dyrs størrelse (Meyer 1995; Sjaastad et al. 2010). I forhold til annet kroppsvev er prosentandelen bein i kroppen høyest ved fødselen (Taylor 1985). Ettersom bein ikke er like avhengig av fôr og miljø som annet kroppsvev kan bein brukes tidlig i dyrets liv for å estimere potensiell voksenvekt. Meyer (1995) gjorde målinger av skinnebeinets lengde, og brukte det sammen med to målinger på vekt og hoftehøyde for å undersøke sammenhengen med voksenvekten på kyr. Resultat fra den studien viser en korrelasjon på 0,7 mellom voksenvekt og skinnebeinlengde og arvegrader mellom 0,29 og 0,44. Dette indikerer at lengden på skinnebeinet kan være et bra mål for å estimere voksenvekten i tidlig alder (Meyer 1995).

Fett er også en type bindevev. Fettvev består av celler som blir kalt adipocytter og inneholder triglyserider. Fett inneholder lite intercellulær substans med kollagenfiber og elastinfiber. Det vil si at fettcellene er nærme hverandre sammenlignet med celler i annet bindevev, dette gjør fettvev relativt blødt (Sjaastad et al. 2010). Fett deles vanligvis inn i fire grupper, underhudsfett, invollsfett, intramuskulært fett og intermuskulært fett. Det er generelt lite fett i kroppen ved fødsel, fettavleiring skjer senere i dyrets utvikling (figur 1) (Taylor 1985). Av de fire fettgruppene utvikles invollsfett først, deretter intermuskulært fett og underhudsfett, mens intramuskulært fett utvikles sist (Robelin 1986).

Fordelingen av de forskjellige fettgruppene er avhengig av rase. Rase påvirker også tidspunktet når fett begynner å avleires (Albertí et al. 2008). Fettavleiring krever mer energi enn muskeloppbygging, derfor avtar veksten når dyret begynner å avleire fett istedenfor muskler

(Webster 1989). Utover rase påvirkes fettavleiringen også av kjønn og føring. Okser avleirer fett senere og med lavere hastighet enn kviger og kastrater (Robelin 1986).

2.1.3 Muskler

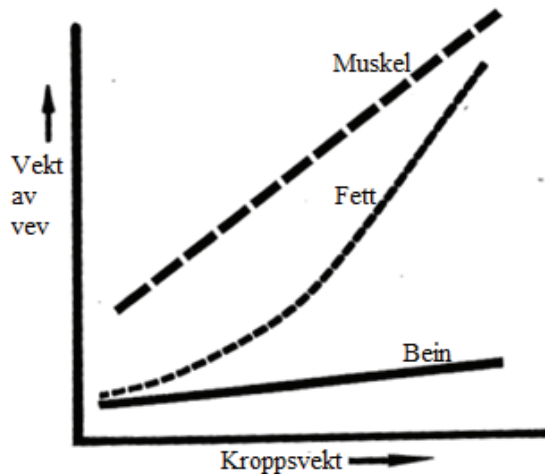
Muskler utgjør den største komponenten i dyrets kropp. I et voksent dyr er ca. 40 % av kroppsmassen muskler. Muskler deles inn i tre typer: skjelettmuskulatur, glattmuskulatur og hjertemuskulatur. Hjertemuskulatur og glattmuskulatur styres spontant av det autonome nervesystemet, mens skjelettmuskulaturen er viljestyrt. Skjelettmuskulatur utgjør ca. 80 % av alle muskler i kroppen. Antall muskelfibrer er bestemt ved fødsel, derfor må økning i muskelmasse skje på grunnlag av at størrelsen på muskelfiberen øker. Hver muskelfiber er omhyllet med et lag bindevev, og muskelfibrene er organisert i bunter som også er omhyllet av bindevev. Mange muskelfiberbunter former en skjelettmuskel som også er omhyllet av bindevev og festet i skjelettet med sener (Sjaastad et al. 2010).

Muskelfibrene er bygd opp av mange myofibriller (myo = muskel), som i sin tur består av myofilament. Myofilament er tynne tråder som finnes i to typer, den tykkere som kalles myosin og den tynnere som kalles aktin. Aktin og myosin er organisert repetitivt med overlapping langs med myofibrillene som gjør at de glider langs med hverandre, det gjør at muskelen kan spennes og dras sammen, og slappe av og bli lenger. Området hvor aktin og myosin glider langs med hverandre kalles sarkomer, sarkomerer er baseenheten i muskelen. En myofibrille består av tusenvis av sarkomerer og når en muskel vokser på lengden er det fordi antallet sarkomerer øker. Når en muskel vokser i diameter er det på grunn av antallet myofibriller øker (Sjaastad et al. 2010).

Ulike typer muskelfibrer er gruppert etter hvordan de får tilgang til energi. Musklene kan få tilført energi på tre forskjellige måter og deles deretter inn i tre ulike typer muskelfibre, type 1, type 2A og type 2B. Type 1 muskelfibrer får energi gjennom oksidativ metabolisme, type 2A får energi gjennom omsetning av glykogen i tillegg til oksidativ metabolisme, og type 2B får energi kun gjennom omsetning av glykogen (Sjaastad et al. 2010). Type 1 muskelfibrer er finere og smalere enn type 2 muskelfibrer og inneholder mye intramuskulært fett og begge disse faktorer bidrar til mørere kjøtt (Aass & Fristedt 2003). Innhold av muskelfibrer og forholdet mellom muskelfibrene varierer mellom raser og alder (Wegner et al. 2000).

2.1.4 Relativ vekst

Kroppens proporsjoner endres når et dyr vokser på grunn av asynkron vekst av vev og organer. Unge dyr har relativt stort hode og lange bein, det gjør at de ser proporsjonalt annerledes ut sammenlignet med voksne dyr. Mens dyret vokser utvikles bein først, deretter muskler og til slutt fett (figur 1).



Figur 1: Kroppsvekt på x aksen, vekt av vev på y aksen. Figuren viser at det er asynkron vekst mellom forskjellige kroppsvev (Figur fra Berg, 2014).

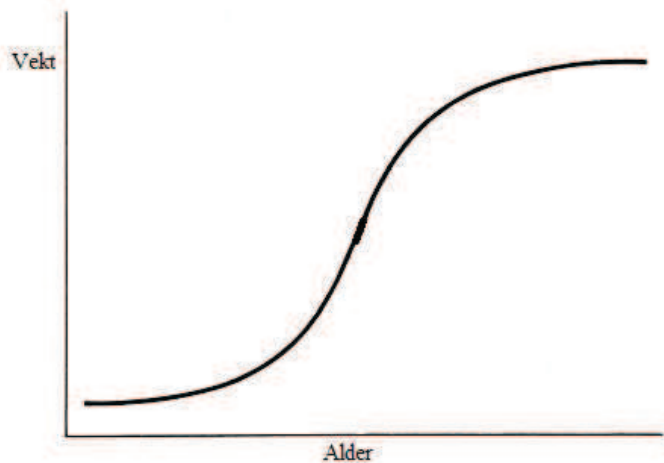
I biologien kalles dette relativ vekst eller alometrisk vekst og kan forklares med formelen beskrevet av Taylor, C. S. (1980):

$$y = aX^b$$

Hvor y er kroppsdelene man vil undersøke, X er størrelsen på hele kroppen, a og b er konstanter. Konstanten a er skaleringskoeffisienten, mens b er en alometrisk eksponent som kan være positiv eller negativ. Formelen kan forklare en kroppsdelens vekst i forhold til hele kroppen. For eksempel, ved å sammenligne blodvolum med kroppsvekt er konstanten $b = 1$, det betyr at blodvolumet øker proporsjonalt med kroppsvekten. Fett øker i høyere hastighet enn kroppsvekten, $b > 1$, bein øker i lavere hastighet enn kroppsvekten, $b < 1$, og hjerterytme minker med økende kroppsvekt, $b < 0$.

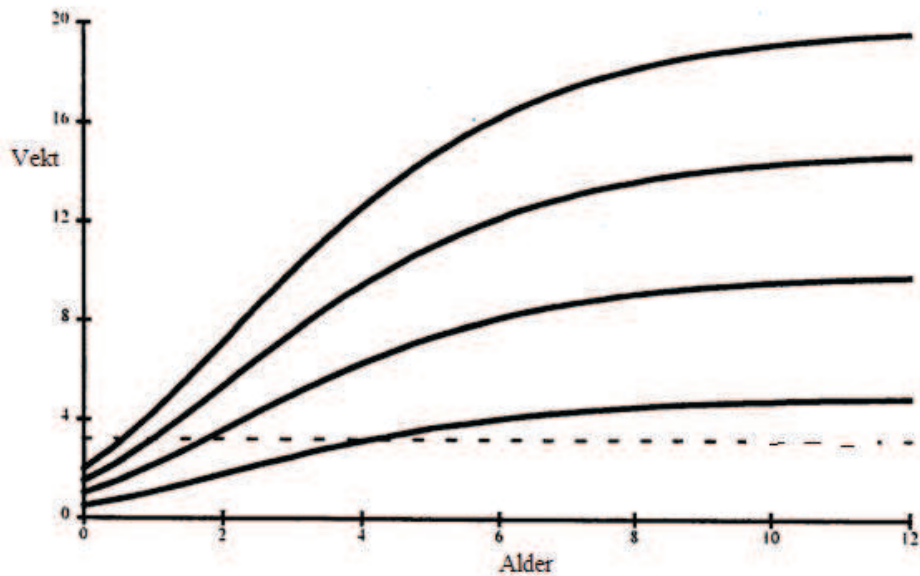
2.1.5 Vekstkurven

Når dyret vokser øker kroppsvekten i en sigmoid kurve hvor bein, muskler og fett utvikles i ulike stadier og fortsetter som en asymptotisk verdi som representerer voksenvekten (Webster 1989) (figur 2).



Figur 2: En sigmoid vekstkurve.

Avl for raskere tilvekst og høyere vekter endrer vekstkurvens form. Ved seleksjon for rask vekst blir vekstkurven brattere, voksenvekten blir større og det tar lenger tid for dyret å vokse opp (Taylor & Fitzhugh 1971). Dyr som har større voksenvekt er mindre utviklet ved samme alder som et dyr med mindre voksenvekt (Fitzhugh & Taylor 1971). Det betyr at når man selekterer for rask vekst, og for å nå en gitt vekt raskest mulig, avler man samtidig for at dyr når den gitte vekten tidligere i utviklingen (Figur 3). Dermed har dyret en annen kroppssammensetting ved den bestemte vekten (Luiting et al. 1997).



Figur 3: Vekstkurver med forskjellig tilveksthastighet. Kroppsvekt på y-aksen, alder på x-aksen. Figuren illustrerer at voksenvekten blir større når man selekterer for å nå en bestemt vekt raskest mulig. Figuren viser også at dyret er tidligere i utviklingen ved den bestemte vekten når dyret vokser raskere (Figur fra Luiting et al. (1997)).

Alle pattedyr har veldig lik vekstprosess, men i forskjellige dimensjoner. For eksempel er en elefant mye større, har saktere hjerteslag og lever lenger enn en mus. Det gjør det vanskelig å sammenligne egenskaper mellom arter eller raser som er avhengig av voksenvekten.

Voksenvekten har innflytelse på for eksempel kroppssammensetning og føreffektivitet, så for å sammenligne slike egenskaper må man skalere vekstkurvene (Taylor 1985).

Taylor (1965) definerte en alderskala som viser i hvilken alder en dyreart oppnår en gitt prosent av voksenvekten. Denne alderen er uavhengig av dyrets voksenvekt og kalles metabolsk alder. Logaritmen av den metabolske alderen gir en sammenlignbar alderskala basert på voksenvekten. Formelen for metabolsk vekst kan brukes for å lage en standardisert vekstkurve. En standardisert vekstkurve er bra som pekepinn på arters eller rasers vekst og muliggjør undersøkelse av forskjeller i for eksempel veksthastighet, kroppssammensetning og føreffektivitet som er egenskaper man måler før dyret har oppnådd voksenvekten (Taylor 1968).

Formelen for metabolsk alder (θ) er:

$$\theta = y(t - t_0)A^{-0.27}$$

Hvor t er alder siden befruktning, t_0 er alder ved eller nær befruktning, A er dyrets voksenvekt, og y bestemmer dimensjonen. Prosent av voksenvekt beregnes ved å dividere vekten på dyret med estimert voksenvekt (A).

To regler gjør seg gjeldende ved skalering av vekstkurver (Taylor, S. 1980):

1. Alle tidsvariabler skal være direkte proporsjonale til $A_i^{0.27}$, hvor A_i er voksenvekten til genotypen i . Denne regelen skalerer tidsvariabler til metabolsk tid.
2. Alle kumulative innsatsfaktorer og produkter (for eksempel fôrinntak og vekt) skal være direkte proporsjonale til A_i . Denne regelen gjør at man får en prosent av voksenvekten.

2.1.6 Ressursallokering

I naturen og ved naturlig seleksjon snakker man om dyrenes fitness. Fitness kan defineres som reprodutiv suksess. Reprodutiv suksess for et individ er antall avkom individet får som overlever og reproduserer, det vil si antall gener et individ fører videre til neste generasjon. I naturlig seleksjon vil det alltid være seleksjon for bedre fitness, de med best fitness sprer sine gener videre og de med dårlig fitness dør ut (Beilharz 2000). Seleksjon for bedre fitness skjer så lenge det finnes additiv variasjon i noen av egenskapene som påvirker fitness, for eksempel helse, livslengde, reproduksjonssystem og antall overlevende avkom. Avhengig av omgivelsene har også fysiske trekk betydning, for eksempel størrelse (Blanckenhorn 2000).

Når en egenskap øker, øker også ressursbehovet til den egenskapen. Det kan for eksempel være økt antall avkom eller økt størrelse på dyret. Mengden ressurser dyret har tilgjengelig er avhengig av fôropptak, kvalitet på fôret, og energi som allerede er lagret i kroppen. All tilgjengelig energi kalles videre for metabolsk energi. Den metabolske energien skal være nok til alle kroppsfunksjoner, for eksempel reproduksjon, vedlikehold, sykdomsresistens og vekst. Hvis ressurser er brukt for en egenskap kan de ikke brukes til en annen egenskap (Beilharz et al. 1993). Denne teorien blir kalt ressursallokeringsteorien. Formelen for å beskrive ressursallokeringsteorien er:

$$R = k_A * A + k_B * B + \sum_{i=C}^{i=Z} k_i * i$$

Hvor R er tilgjengelige metabolske ressurser, k_A er mengde tilgjengelige ressurser for vekst, A er behov av ressurser for vekst, k_B er mengde tilgjengelige ressurser for vedlikehold, B er behov av ressurser for vedlikehold og $[\sum_{i=C}^{i=Z} k_i * i]$ betegner de andre prosessene som krever energi og ressurser (Luiting et al, 1997). Ressursene kan kun øke til et gitt nivå, til dyret ikke klarer å få i seg mer energi eller omdanne mer metabolsk energi i kroppen. Når maks energiinntak er oppnådd, skjer videre seleksjon for optimal fordeling av den metabolske energien. Hvis en for stor del av ressursene går til en egenskap som påvirker fitness, vil det bli for lite ressurser tilgjengelig for noen av de andre egenskapene, hvilket totalt resulterer i at fitness blir dårligere. Det forklares i formelen ved at bruken av ressurser til de forskjellige egenskapene er additive med hverandre (Beilharz et al. 1993).

Domestiserte dyr har ikke samme begrensninger i miljøet som ville dyr. De har bedre tilgang på fôr med bedre kvalitet og de befinner seg i et tilpasset miljø med kontrollert temperatur. Det gjør at de har mulighet for å allokere ressurser til andre egenskaper, ressurser som ellers måtte vært brukt til for eksempel temperaturregulering eller å søke etter fôr. Med kunstig seleksjon styres ressursallokeringen. For eksempel fører seleksjon for økt vekst til at dyrene allokere flere ressurser til vekst. Slike endringer kan føre til økt behov for ressurser og dyrenes miljøkrav endres. Hvis ressursbehovet blir for høyt kan det føre til at dyrene blir dårlig tilpasset det miljøet de holdes i (Beilharz 2000).

Forskjeller i vekst mellom de gamle rasene og NRF kan si noe om hvordan de allokere ressursene sine. Hvis man i tillegg ser forskjeller i adferd kan ressursallokeringsteorien bekreftes, fordi dyr som allokere mye ressurser til produksjon sannsynligvis leker mindre og bruker mer tid på spising. Resultatene i denne oppgaven vil settes opp mot tidligere litteratur for å se om ressursallokeringsteorien kan bekreftes.

2.2 De gamle rasene

De tradisjonelle kurasene er viktige nasjonale symboler og en forbindelse til våre forfedres innsats for å produsere mat i et røft klima. Den kulturhistoriske verdien og de unike egenskapene til de gamle rasene gjør de bevaringsverdige. I Norge er populasjonene av de gamle storferasene

kritisk truet (tabell 1) (Skog & landskap 2014b) til tross for at Norge har inngått en internasjonal avtale om å bevare biodiversitet (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2013).

Tabell 1: Utviklingen av antall avlskyr og besetninger med de forskjellige rasene i 2012, 2013 og 2014 (tabell fra Skog & landskap (2014b)).

Rase	2012		2013		2014	
	Avlskyr	Besetninger	Avlskyr	Besetninger	Avlskyr	Besetninger
Dølafe	121	45	130	47	133	49
Østlandsk rødkolle	129	24	166	24	199	31
Vestlandsk rødkolle	130	47	119	49	128	46
Vestlandsk fjordfe	426	96	456	105	555	111
Telemarksfe	333	98	301	83	276	81
STN	1016	263	1135	276	1191	277

2.2.1 Bakgrunn

Midt på 1800-tallet ble svensken Johan Lindeqvist ansatt som statsagronom i Norge. Han reiste rundt i landet og fikk opp bøndernes interesse for avl. Lindeqvist satte blant annet rasestandarden for telemarksfe og han tok initiativ til de første utstillingene av forskjellige storferaser, som var begynnelsen av den årlige tradisjonen dyrskun i Seljord. Planen hans var å utvikle telemarksfeet i fjellbygdene som han mente de var bra kyr som passet godt i fjellene. Den skotske rasen ayrshire ble anbefalt å ta inn i lavlandet, hvor Lindeqvist syntes man skulle ha en mer høyt ytende rase (Kjær 2006).

Lindeqvists plan om kun å utvikle telemarksfeet i fjellene hadde sikkert fått større gjennomslag hvis ikke en annen avlsteori fra Danmark hadde dukket opp på samme tid. En professor ved navn Victor Prosch spredde teorien som opprinnelig stammet fra Tyskland, om at kyrne er formet av det miljøet de lever i. Livsvilkår, klima, føring og stell av menneskene har over tid formet kyrne og derfor er de spesielt godt tilpasset det stedet de kommer fra. Denne teorien ble kalt stedegenhetslæren (Kjær 2006). Stedegenhetslæren inspirerte bøndene til å utvikle lokale raser og det resulterte i mange nye lokale raser. Tilslutt ble det for mange raser, populasjonene ble for små og avlsarbeidet gav ikke ønskede resultater. Rasene ble da slått sammen og i 1932 var det

kun åtte raser igjen. Det var telemarksfe, STN, lyngdalsfe og vestlands rødkolle, vestlandsk fjordfe, dølafe, raukoller, rødt trønderfe og måselvfe, og hornet slettefe Hedemarksfe. (Skjervold 1981).

Det var imidlertid stor interesse for raser med høy ytelse og importraser, noe som bidro til at avlsorganisasjonen NRF (i dag Geno) ble opprettet i 1935. NRF hadde som mål å skape en kombinasjonsrase basert på kryssing av importerte og nasjonale raser. Kryssing av skotsk ayrshire og svensk röd och vit boskap (SRB) på 1950-tallet, og finsk ayrshire samt nesten alle innenlandske raser på 1960-tallet formet kombinasjonsrasen NRF (Skjervold 1981). Telemarksfe og STN er ikke blandet inn i NRF, og de har lenge hatt egne avlsorganisasjoner som ble dannet i henholdsvis 1921 og 1946.

På 1960- og 1970-tallet gikk mange bønder over til NRF og populasjonene av de gamle rasene minket drastisk. I 1980 var rasene i fare for å dø ut og mange engasjerte seg for å redde rasene, blant annet satset unge bønder på gamle raser og NRF tok inn okser til sæduttak. I 1986 ble Genressursutvalget for husdyr etablert av Landbruksdepartementet, som driver bevaringsarbeidet på de gamle rasene (Vangen & Sæther 2007). Vestlandsk rødkolle og vestlandsk fjordfe hadde siden 1947 vært regnet som en rase (sør- og vestlandsfe), men når bevaringsarbeidet startet i 1986 var det fortsatt nok individer til at de kunne føres videre som to separate raser (Skog & landskap 2014d).

2.2.2 Voksenvekter

Avlen for høyere melkeproduksjon på NRF har ført til større voksenvekter (tabell 2). Høy melkeproduksjon er positivt korrelert med større størrelse (Morris & Wilton 1976). NRF produserer over 7000 kg melk i året, mens de gamle rasene produserer ca. 4000 kg melk i året (Simensen 2008; Skog & landskap 2014a; Vangen & Sæther 2007). Østlandsk rødkolle har høyest voksenvekt av de gamle rasene (tabell 2) og den produserer også litt mer enn de andre (Vangen & Sæther 2007). Gjennom å sammenligne voksenvektene for de ulike rasene ser man stor variasjon mellom dem. Det er spesielt stor forskjell på oksene. NRF oksene veier dobbelt så mye som oksene av de gamle rasene. NRF oksene kan veie opp mot 1300 kg, dølafe oksene veier kun 600-650 kg, mens oksene av østlandsk rødkolle veier opp til 800 kg (tabell 2).

Tabell 2: Voksenvekter på okser og kyr av de forskjellige rasene.

Rase	Vekt Okse	Vekt Ku
NRF	1300 kg ⁵	550-650 kg ⁵
Dølafe	600-650 kg ⁴	350-400 kg ^{1,2,4}
Østlandsk		
Rødkolle	800 kg ¹	480-500 kg ^{1,2}
Vestlandsk		
Rødkolle		450 kg ⁷
Vestlandsk		
Fjordfe		400 kg ⁸
Telemarksfe	650-700 kg ³	420-450 kg ^{1,2,3}
STN	620 kg ^{6*}	375-400 kg ^{1,2,9}

1. Korkman (1953) 2. Berge og Tinggaard (1958) 3. Blikstad (2006) 4. Simensen (2008) 5. Geno (2014b) 6. Hallander (1989) 7. Skog & landskap (2014d) 8. Skog & landskap (2014c) 9. Skog & landskap (2014a)

* Den noterte vekten på okser av rasen STN er egentlige vekt på okser av rasen Svensk fjällko. Denne vekten er relevant ettersom STN og Svensk fjällko er søskenraser og har samme genmateriale (Skog & landskap 2014a).

Voksenvektene forklarer mye av hva man forventer å finne i denne undersøkelsen. Dyr med større voksenvekt bruker lenger tid på å utvikles og da forventes vekstkurven å flate av senere. Økt voksenvekt er negativt korrelert med tid dyret trenger for å nå voksenvekten hvilket betyr at dyrene er tyngre i et tidligere utviklingsstadium sammenlignet med mindre dyr (Taylor & Fitzhugh 1971). Derfor forventes det at analysen i denne oppgaven vil vise at vekstkurven til NRF begynner å flate av senest og vekstkurven østlandsk rødkolle nest senest. De med lik voksenvekt forventes å ha lik tilvekst og vekstkurve.

3. Materiale og metode

3.1 Datamateriale

Alle data er innhentet fra Genos teststasjon på Øyer. Geno kjøper årlig inn 230 NRF-oksekalver som velges ut på grunnlag av oksens avstamning, morens eksteriør, produksjon og helseegenskaper. På Øyer teststasjon fenotypetestes de innkjøpte NRF-oksene for blant annet tilvekst, eksteriør og lynne, i tillegg testes spermakvalitet og ridelyst etter puberteten. De NRF-oksene med best resultat fra fenotypetesten blir seminokser som skal avkomsgranskes før de eventuelt blir eliteokser. Geno tar også inn oksekalver av de gamle rasene STN, telemarksfe, dølafe, vestlandsk rødkolle, østlandsk rødkolle og vestlandsk fjordfe til Øyer teststasjon. STN og telemarksfe tas inn til teststasjonen i samarbeid med raselagene for de to rasene, mens dølafe, østlandsk rødkolle, vestlandsk rødkolle og vestlandsk fjordfe tas inn i samarbeid med Norsk Genressursenter.

Okser av de gamle rasene registreres på lik linje med NRF, men dataene blir ikke brukt i seleksjon. På NRF-oksene skjer seleksjon ved hjelp av registreringene fra Øyer teststasjon. Oksene av de gamle rasene går direkte til semin hvis sædkvaliteten og ridelysten er god og de ikke blir skadet eller syke mens de står på Øyer. Årsaken til at oksene står på Øyer teststasjon selv om de ikke fenotypetestes er EUs forskrift om oksesæd (Forskrift om oksesæd 2003). Forskriften om oksesæd sier blant annet at alle okser som skal bli seminokser må gjennom en rekke helseundersøkelser og stå i lokaler som er godkjente for formålet. Det mest praktiske for å få distribuert sæd fra de gamle rasene er derfor å få dem inn i rutinene allerede fra starten.

Dataene til denne undersøkelsen består av vekt på okser født i årene 1973-2011 (38 år), enkelte betydningsfulle endringer i praksisen på Øyer teststasjon har forekommet i dette tidsrommet:

- Testperioden:

Testperioden har siden år 2000 vært 180 dager, fra oksene er 150 dager gamle til 330 dager gamle, det vil si fra 5 måneder til 11 måneder. Før 2000 begynte testperioden når oksene var 90 dager (tre måneder gamle). Testperioden har hele tiden foregått frem til dag 330, men vekter er registrert utover denne perioden.

- Bingesammensetning:

Oksene står i binger med plass til 12-18 okser. Størrelsen på bingene har vært den samme siden 1973, men de første årene var det oftere opp mot 18 okser i hver enkelt binge. Antall okser i hver enkelt binge har gradvis gått ned og i dag er det som regel kun 12 dyr i hver enkelt binge. I den enkelte binge var det før 2008 iblant stor spredning i alder og dermed størrelse på oksene. Etter 2008 har grupperingen av okser vært svært nøyaktig basert på alder. De gamle rasene står nå i binger sammen med NRF-okser som er omtrent to måneder yngre for gjøre størrelseforskjellen minst mulig.

Bingesammensetningen kan endres en del i starten av testperioden dersom det kommer inn okser sent eller hvis fjøsarbeidere ser at individene ikke passer sammen. Etter 240 dager (åtte måneder) endres ikke bingesammensetningen.

- Fødingsregime:

I 2000 skjedde det en kvalitetsheving av fødingsregimet. Før 2000 ble oksene føret manuelt med kraftfôr to ganger i døgnet, men etter 2000 har det vært automatisk føring minimum fem ganger i døgnet med maks 0,8 kg kraftfôr per føring. Kraftfôr tildeles etter alder og NRF-oksene får et kilogram mer kraftfôr per dag enn de gamle rasene ved samme alder. NRF-oksene får 2,5 kg kraftfôr per dag ved teststart og mengden økes lineært frem til dag 240 og stopper da på fire kg per dag. De gamle rasene får 1,5 kg per dag ved teststart og det øker lineært opp til tre kg per dag ved 240 dagers alder. Førrasjonen endres ikke etter testperioden er slutt. Oksene har hele tiden hatt fri tilgang på grovfôr.

- Antall registreringer:

I 2001 ble det installert vekter i fødingsautomatene som gjør at oksene blir veid automatisk hver gang de går til kraftfôrautomaten for å spise. Hver dag beregnes en gjennomsnittlig vekt som registreres i datasystemet. Dette førte til mange flere vektobservasjoner per individ enn før de nye vektene ble installert i 2001. Før 2001 ble oksene veid manuelt ca. fem ganger i testperioden. All data ble imidlertid ikke overført

og lagret i datasystemet før 2004 på grunn av problemer med datateknikken i overføringsprogrammet.

Den viktigste endringen i dataene er at daglige vekter ble registrert etter 2004. På grunn av den endringen ble dataene i denne oppgaven delt opp i to, et med ca. fem observasjoner per individ (datasett 1) og et med daglige vekter (datasett 2).

3.2 Databeskrivelse

Dataene består av følgende variabler:

- ID: for dataene før 1996 er ID et stamboksnummer og etter 1996 er ID et testnummer som oxen hadde på Øyer teststasjon.
- Rase: kodet i syv klasser.
- Fødselsdato: Den første registrerte oxen er en STN som ble født 12/8/1973 og den siste registrerte oxen er en NRF som ble født 19/12/2011.
- Veiedato: Veiedato har blitt brukt sammen med fødselsdato for å beregne alder i dager ved veiing, og deler av datasettet inneholdt allerede alder i dager ved veiing. Derfor er denne variabelen ikke registrert i hele datasettet.
- Dag: Alder i dager ved veiing.
- Vekt: Vekt er registrert i kilogram.

Når daglige vekter begynte å føres over til datasystemet å lagres der førte det til at noen individer som er født i 2004 har få vektobservasjoner, mens andre har daglige observasjoner. Når antallet observasjoner per individ er så forskjellig kreves ulike kovarians-strukturer for observasjonene innen individ for å analysere dataene. Derfor er dataene delt opp i to datasett. Datasett 1 er dataene på okser født i tidsrommet fra 1973 til 2004 og datasett 2 er dataene på okser født i tidsrommet fra 2004 til 2011.

3.2.1 Rådata for datasett 1

Dataene i datasett 1 er registrert mellom årene 1973 til 2004. Årene 1975, 1976, 1993, 1994 og 1995 mangler data. NRF, østlandsk og vestlandsk rødkolle har ingen registrert data før 1996. Vestlandsk fjordfe og dølafe har henholdsvis fire og to veide individer før 1996. Etter 1996 er

det flest veide NRF-okser og færrest veide okser av rasen østlandsk rødkolle (tabell 3). Totalt er det 2565 individer i datasettet, hvor 2374 er NRF-okser.

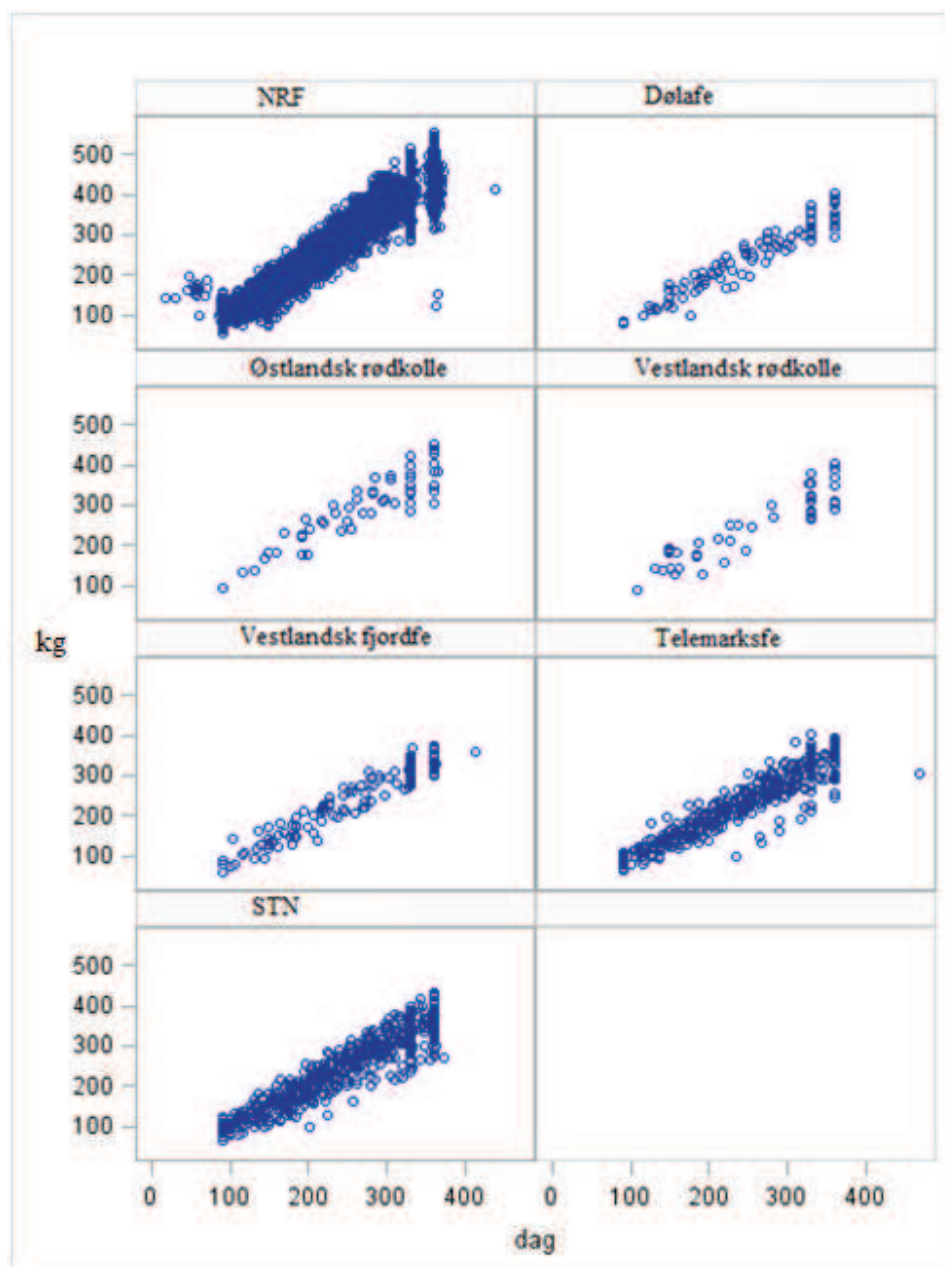
Datasettet består i alt av 14552 observasjoner, hvorav 13332 er på NRF-okser. STN, telemarksfe, vestlandsk fjordfe, vestlandsk rødkolle, østlandsk rødkolle og dølafe har henholdsvis 543, 369, 113, 48, 52 og 95 observasjoner. I gjennomsnitt er det 5,5 observasjoner per individ, antall veiinger per individ varierer mellom 1 opp til 11.

Tabell 3: Antall veide individer per år og rase i datasett 1.

år	Dølafe	Østlandsk rødkolle	Vestlandsk Rødkolle	Vestlandsk fjordfe	Telemarksfe	STN	NRF
1973						3	
1974						1	
1975							
1976							
1977					6		
1978					3	2	
1979					2	4	
1980						1	
1981				1	1	1	
1982						2	
1983						5	
1984					3	6	
1985					2	3	
1986					4	4	
1987					5	4	
1988				1	4	6	
1989	1					2	
1990							
1991				1	2	1	
1992	1			1		1	
1993							
1994							
1995							
1996	1	1		4	5	12	239
1997	3	4	1	1	2	6	245
1998	4	2	3	4	3	2	239
1999	2	1		2	1	3	259
2000	1	1	1	2		1	262
2001		1	3	2	1	3	283
2002	1	2	1	1	4	1	317
2003	1		2	4		4	281
2004	1		2		1		249

Total	15	12	13	24	48	75	2374
--------------	----	----	----	----	----	----	------

For å vise strukturen i variabelen vekt er gjennomsnittlig vekt per dag plottet for alle rasene i figur 4.



Figur 4: Vekt per dag for rådataene i datasett 1.

Fra dette datasettet er kun dataene innenfor testperioden brukt videre for analyse av tilvekst. Da er alle dataene før dag 150 og etter dag 330 tatt vekk. Vektene til dag 360 er kun brukt for å lage en gjennomsnittlig vekt for akkurat den dagen, ettersom dag 360 er utenfor testperioden.

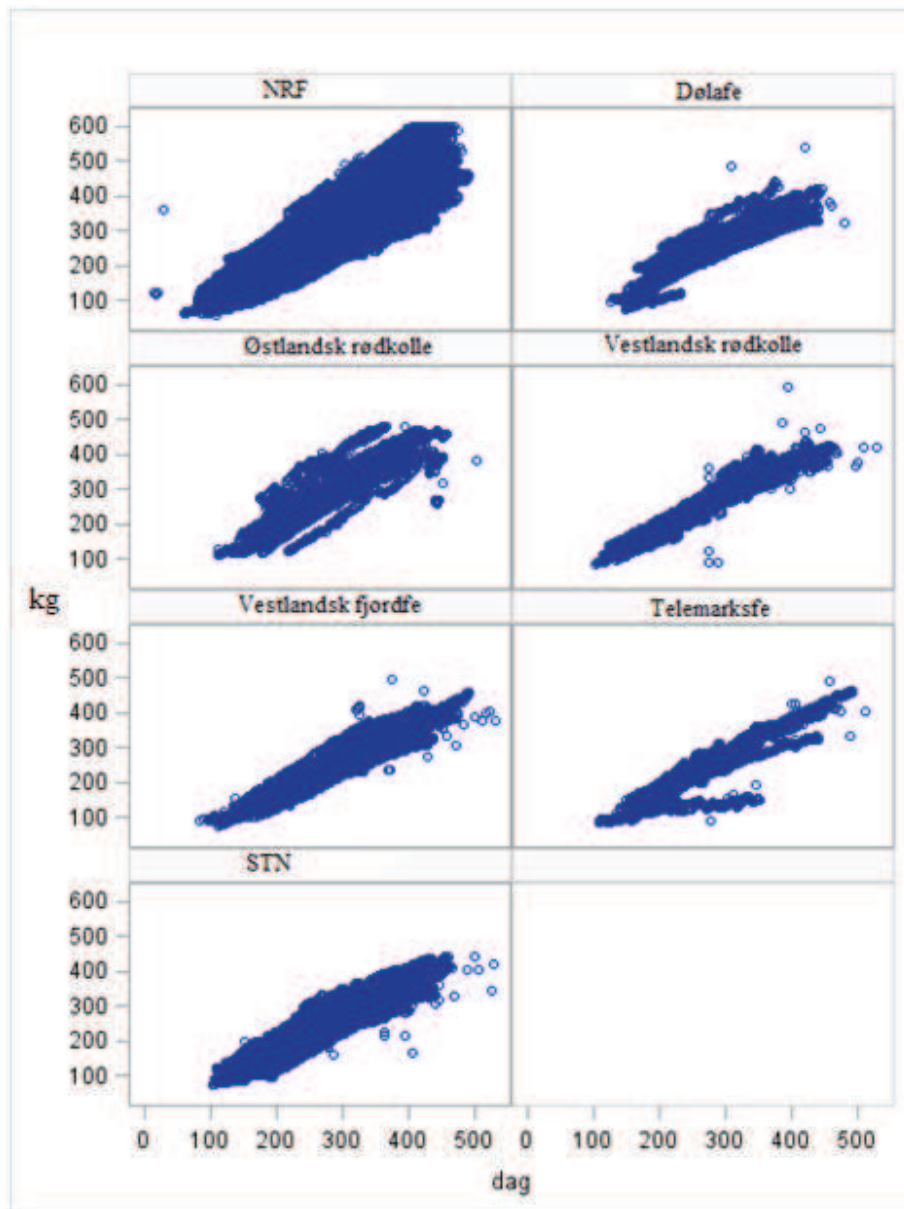
3.2.2 Rådata for datasett 2

Datasett 2 består av dataene registrert fra 2004 til og med 2011. Dølafe og vestlandsk rødkolle har ingen observasjoner i 2004 og telemarksfe har ingen observasjoner i 2005. Datasettet består av 633786 observasjoner og 2716 individer, 2612 individer er NRF-okser (tabell 4). I gjennomsnitt er det 240 observasjoner per individ.

Tabell 4: Antall individer per rase og år i datasett 2.

	Dølafe	Østlandsk rødkolle	Vestlandsk rødkolle	Vestlandsk fjordfe	Telemarksfe	STN	NRF
2004		1		1	1	2	328
2005	2	1	3	1		2	326
2006	1	3	4	2	3	5	341
2007	2	1	1	3	1	3	352
2008	3	2	2	2	2	6	334
2009	1	3	5	2	1	4	338
2010	2	1	1	4	1	4	301
2011	1	2	2	2	3	5	309
Total	12	14	18	17	12	31	2629

Gjennomsnittlig vekt per dag er plottet for datasett 2 (figur 5).



Figur 5: Vekt per dag fra rådataene i datasett 2.

Observasjoner med unormal vekt og/eller dag ble tatt vekk før videre analyse. To telemarksokser og en dølafeokse viste unormale vekter og har trolig blitt tatt ut av test før alle de andre, disse individene ble tatt vekk før analyse. Selv om testperioden var frem til dag 330 er vekter på mange okser registrert lenge etter dette (figur 5). Dataene etter testperioden og frem til dag 450 er også brukt videre for analyse i datasett 2.

3.3 Datasett for analyse

3.3.1 Datasett 1

Første delen av analysen ble kjørt på dataene innen testperioden (dag 150 – 330). Datasett 1 har da 9558 observasjoner fordelt på 2545 individer, som tilsvarer et gjennomsnitt på omtrent fire observasjoner per individ (tabell 5).

Tabell 5: Beskrivende statistikk for datasett 1. Antall observasjoner og individer, og gjennomsnittlig antall observasjoner per individ og individer per år. Tall i parentes er standardavvik.

	Dølafe	Østlandsk Rødkolle	Vestlandsk Rødkolle	Vestlandsk fjordfe	Telemarksfe	STN	NRF	Alle
antall obs	71	39	33	79	254	375	8707	9558
antall ind	15	12	13	24	48	75	2358	2545
antall obs/ind	5(2)	3(2)	3(2)	3(2)	5(2)	5(2)	4(2)	4(2)
antall ind/år	2(1)	2(1)	2(1)	2(1)	3(2)	3(2)	262(27)	98(131)
Gj.snitt. vekt kg d150	156(26)	180 (-)	185(5)	147(22)	129(-)	141(29)	158(22)	158(22)
Gj.snitt. Vekt kg d330	326(25)	357(45)	309(34)	312(25)	321(43)	326(39)	406(32)	402(37)
Gj.snitt. vekt kg d360	349(32)	386(53)	341(36)	338(25)	338(38)	356(38)	442(34)	435(42)

For å undersøke betydningen av endringene av rutinene på Øyer ble noen sub-datasett tatt ut til innledende analyse. Sub-datasett fra datasett 1:

1973-1995: Dette sub-datasettet består av observasjoner på telemarksfe og STN og kun noen få individer av dølafe og vestlandsk fjordfe (tabell 3).

1996-2000: Dette sub-datasettet ble plukket ut fordi fra 1996 finnes det observasjoner på alle rasene og i år 2000 ble føringen endret fra manuell til automatisk føring.

2000-2004: Dette er de resterende dataene fra datasett 1, hvor alle oksene får automatisk føring.

Fra disse sub-datasettene var det ikke nok observasjoner for å få frem resultater for alle rasene. Resultatene til de rasene som hadde nok observasjoner viste ikke signifikant forskjell fra hverandre, derfor presenteres ikke disse resultatene.

3.3.2 Datasett 2

Datasett 2 ble delt inn i to datasett, datasett 2a og datasett 2b. Datasett 2a er dataene innen testperioden (dag 150 til 330) og datasett 2b er dataene fra dag 150 til dag 450.

3.3.3 Datasett 2a

Datasett 2a er basert på dataene innen testperioden og består av 421910 observasjoner fordelt på 2601 individer, som tilsvarer et gjennomsnitt på omtrent 160 observasjoner per individ (tabell 6).

Tabell 6: Beskrivende statistikk for datasett 2a. Antall observasjoner og individer, og gjennomsnittlig antall observasjoner per individ og individer per år. Tall i parentes er standardavvik.

	Dølafe	Østlandsk Rødkolle	Vestlandsk Rødkolle	Vestlandsk Fjordfe	Telemarksfe	STN	NRF	Alle
antall obs	1757	2253	2903	2700	1611	5069	421910	438203
antall ind	11	14	18	17	10	30	2601	2701
antall obs/ind	160(18)	161(16)	161(30)	159(30)	161(18)	169(18)	162(21)	162(21)
antall ind/år	2(1)	2(1)	3(2)	2(1)	1(1)	4(1)	326(2)	338(17)
Gj.snitt. Vekt kg d150	107(6)	143(24)	132(17)	118(11)	132(20)	131(23)	165(21)	164(22)
Gj.snitt. vekt kg d330	314(34)	361(53)	328(21)	303(31)	302(20)	306(34)	411(35)	407(40)
Gj.snitt. vekt kg d360	343(35)	383(50)	344(20)	327(29)	336(22)	335(33)	445(38)	440(43)

Noen sub-datasett ble plukket ut til innledende analyse også i datasett 2a, for å undersøke betydningen av endringene i rutiner på Øyer:

2004-2008: Dette sub-datasettet er tatt ut fordi i 2008 begynte personalet på Øyer teststasjon med nye rutiner i bingesammensettingen.

2008-2011: I dette sub-datasettet får alle oksene automatisk fôring, bingesammensettingen er nøye tilpasset for størrelsen på oksene og de veies hver dag.

Resultatene fra sub-datasettene fra datasett 2a viste ingen signifikant forskjell på tilvekst i kg per dag, og derfor presenteres ikke disse resultatene videre.

3.3.4 Datasett 2b

Datasett 2b er brukt for å analysere data i en lenger tidsperiode (Tabell 7). Data fra dag 150 til 450 ble valgt fordi de er mest stabile, etter dag 450 er observasjonene ufullstendige.

Tabell 7: Beskrivende statistikk for datasett 2b og observasjoner mellom dag 150 og 450. Antall observasjoner og individer, og gjennomsnittlig antall observasjoner per individ og individer per år. Tall i parentes er standardavvik.

	Dølafe	Østlandsk Rødkolle	Vestlandsk rødkolle	Vestlandsk fjordfe	Telemarksfe	STN	NRF	Alle
antall obs	2657	3291	4084	4110	2406	7256	544540	568344
antall ind	11	14	18	17	10	30	2601	2701
antall obs/ind	242(40)	235(37)	227(64)	242(63)	241 (43)	242 (38)	208 (38)	209(39)
antall ind/år	2 (1)	2(1)	3(2)	2 (1)	1(1)	4(1)	327(17)	340 (18)
Gj.snitt. Vekt kg d150	107(6)	143(24)	132(17)	118(11)	132(20)	131(23)	165(21)	164(22)
Gj.snitt. vekt kg d330	314(34)	361(53)	328(21)	303(31)	302(20)	306(34)	411(35)	407(40)
Gj.snitt. vekt kg d360	343(35)	383(50)	344(20)	327(29)	336(22)	335(33)	445(38)	440(43)
Gj.snitt. Vekt kg d450	-	387(3)	396(20)	396(19)	422(13)	409(23)	510(53)	489 (65)

3.4 Modeller

3.4.1 Uparametrisk/lokal regresjon

Uparametrisk regresjon ble brukt til alle datasettene for å undersøke formen på vekstkurvene til de forskjellige rasene. Modell for uparametrisk regresjon er:

$$y_i = g(dag_i) + e_i \quad [1]$$

Hvor,

y = avhengig variabel vekt i kg.

g = regresjonsfunksjon.

dag = alder i dager.

e = residualer.

Funksjonen $g(dag_i)$ beregner regresjonen mellom naboobservasjonene for alle observasjoner.

3.4.2 Modell til beregning av regresjonskoeffisient for effekt av alder på vekt innen rase

I datasett 1 er vektene observert med ujevne mellomrom på hvert individ, og i datasett 2a og 2b er vektene registrert med jevne mellomrom (hver dag) på hvert individ. Modell 1 er brukt til alle datasettene og avstand mellom observasjonene er tatt hensyn til i modellen ved forskjellige kovariansmetoder for residualene.

Modellen som ble brukt er:

$$y = \mu + rase * dag + individ + e \quad [2]$$

Hvor,

y = den avhengige variabelen vekt i kg.

μ = populasjonsgjennomsnitt.

$rase * dag$ = effekten av alder i dager innen rase.

$individ$ = effekt av individ, tilfeldig effekt med avhengige repeterte målinger.

e = residualer, forskjellige kovarians strukturer for residualene til alle observasjoner innen individ er satt in i modellen for de to datasettene. Kovarians strukturene for henholdsvis datasett 1 og datasett 2 er *spatial power* og *autoregressiv*. Begge strukturene gjør at residualene til naboobservasjoner er mer korrelerte enn residualene til de observasjoner som er langt i fra hverandre innen individ.

Spatial power passer til data hvor det er forskjellig tidsintervall mellom observasjonene, som det er i datasett 1. Formelen for *spatial power* er:

$$\sigma^2 * \rho^{d_{ij}}$$

Hvor,

σ^2 = varians.

$\rho^{d_{ij}}$ = korrelasjon opphøyd i avstand mellom dag i og j.

Formelen for autoregressiv kovarians struktur antar at det er lik avstand mellom observasjonene, som det er i datasett 2:

$$\sigma^2 \rho^{i-j}$$

Hvor,

σ^2 = varians.

ρ^{i-j} = korrelasjon opphøyd i dag i – dag j.

3.4.3 Modell med andregradsledd

For å undersøke om vekstkurven har en krumning ble et andregradsledd satt inn i modellen:

$$y = \mu + rase * dag + rase * kvdag + individ + e \quad [3]$$

Hvor,

y = den avhengige variabelen vekt i kg.

μ = populasjonsgjennomsnitt.

$rase*dag$ = effekt av alder i dager innen rase.

$rase*kvdag$ = effekt av dager i kvadrat innen rase.

$individ$ = effekt av individ, tilfeldig effekt med avhengige repeterte målinger.

e = residualer, samme struktur som i modell [2].

3.4.4 Modell med alder i klasser

I tillegg til å bruke en modell med regresjon av alder på vekt ble alder delt inn i tre klasser for å ta ut LS-means for ulike perioder av veksten.

Modellen med alder i klasser er:

$$y = \mu + rase + alder + rase * alder + individ + e \quad [4]$$

Hvor,

y = Den avhengige variabelen vekt i kg.

μ = populasjonsgjennomsnitt

rase = effekt av rase, fast effekt med syv klasser.

alder = effekt av alder, fast effekt med tre klasser: 1 = 150 til 210 dager, 2 = 211 til 270 dager, 3 = 271 til 330 dager.

rase*alder = effekt av alder innen rase, tilfeldig effekt.

individ = effekt av individ, tilfeldig effekt.

e = residualer, samme struktur som i modell [2].

3.5 Analyse

Alle datasett er sammenstilt og analysert i statistikkprogrammet SAS (SAS Institute Inc 2011).

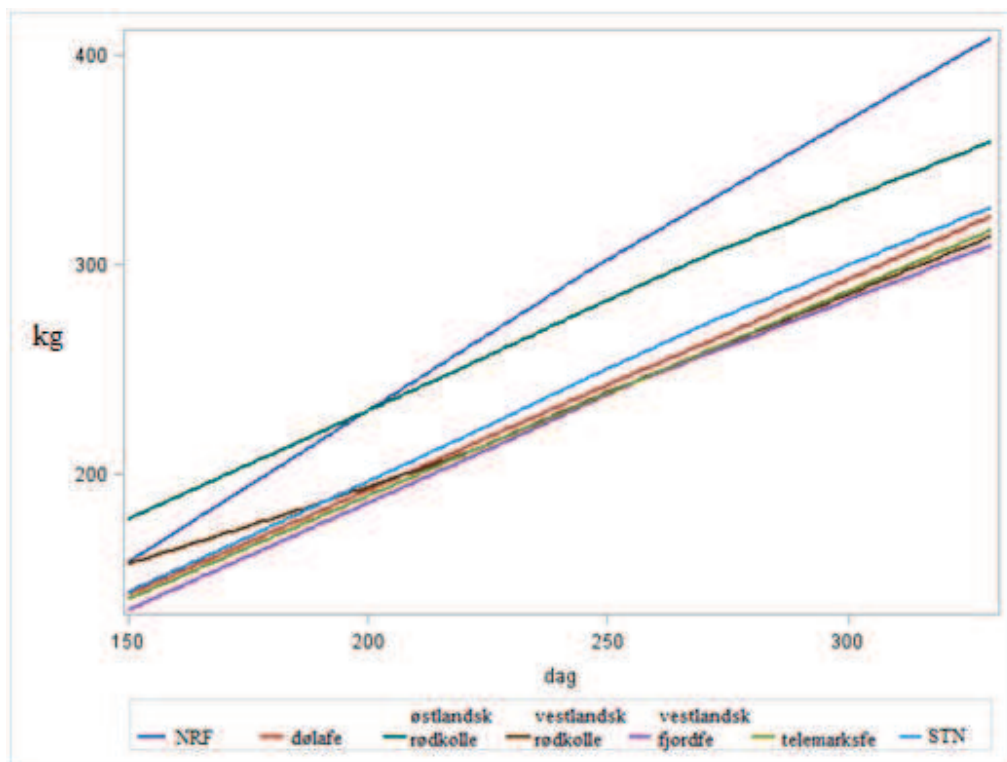
Modell 1 er analysert med PROC SGPLOT og LOESS statement (Craven & Wahba 1978) i SAS.

Modell 2 og 3 er analysert ved hjelp av prosedyren PROC MIXED i SAS. Modell 4 er analysert med prosedyren PROC GLM og LSMEANS statement i SAS.

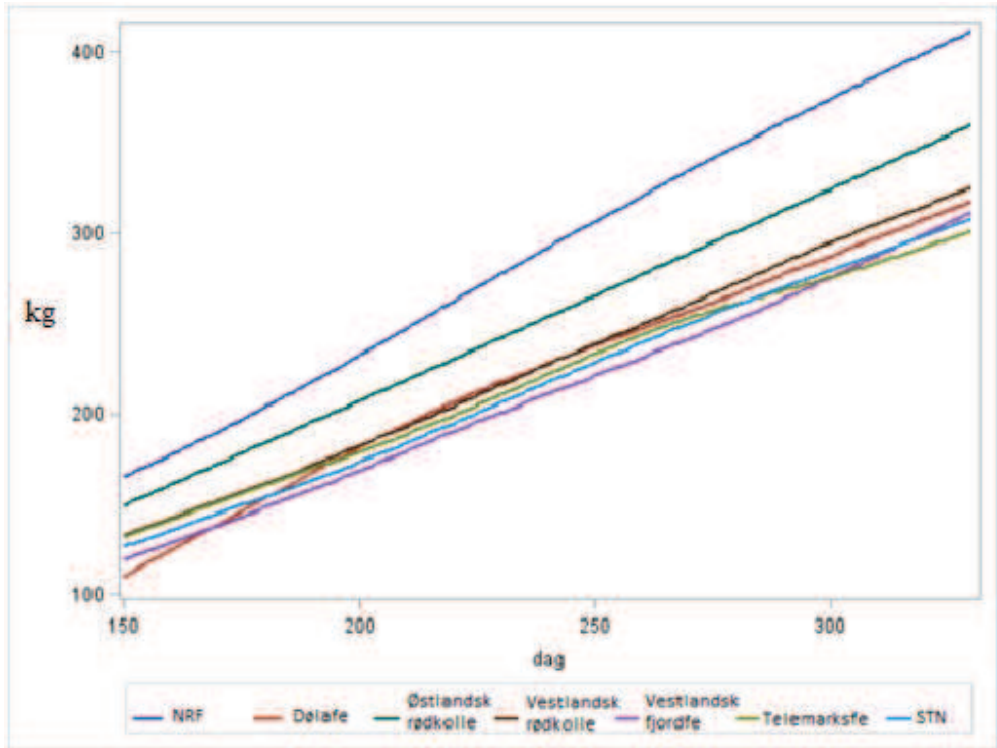
4. Resultater

4.1 Alle datasett, modell [1]

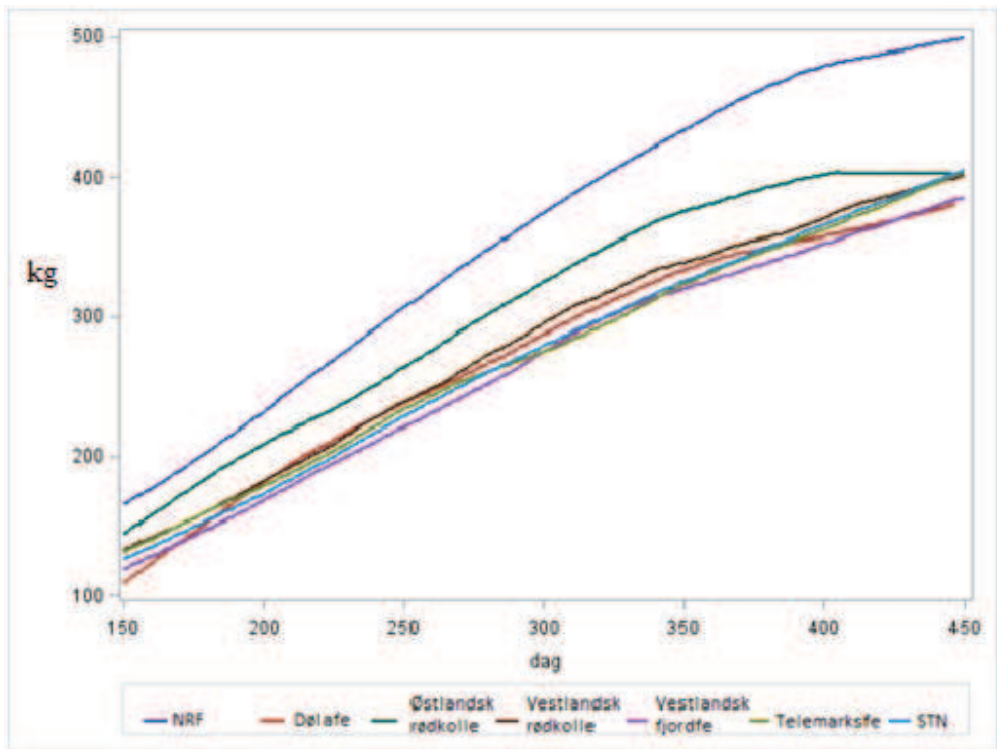
Figur 6,7 og 8 viser resultater fra uparametrisk regresjon for henholdsvis datasett 1, datasett 2a og datasett 2b. NRF viser raskest vekst, østlandsk rødkolle viser nest raskest vekst, og det er ingen tydelig forskjell mellom de andre gamle rasene. Uparametrisk regresjon for datasett 2b viser krumning i kurven mot slutten av perioden (figur 8).



Figur 6: Uparametriske regresjonslinjer for alle rasene i datasett 1.



Figur 7: Uparametriske regresjonslinjer for alle rasene i datasett 2a.



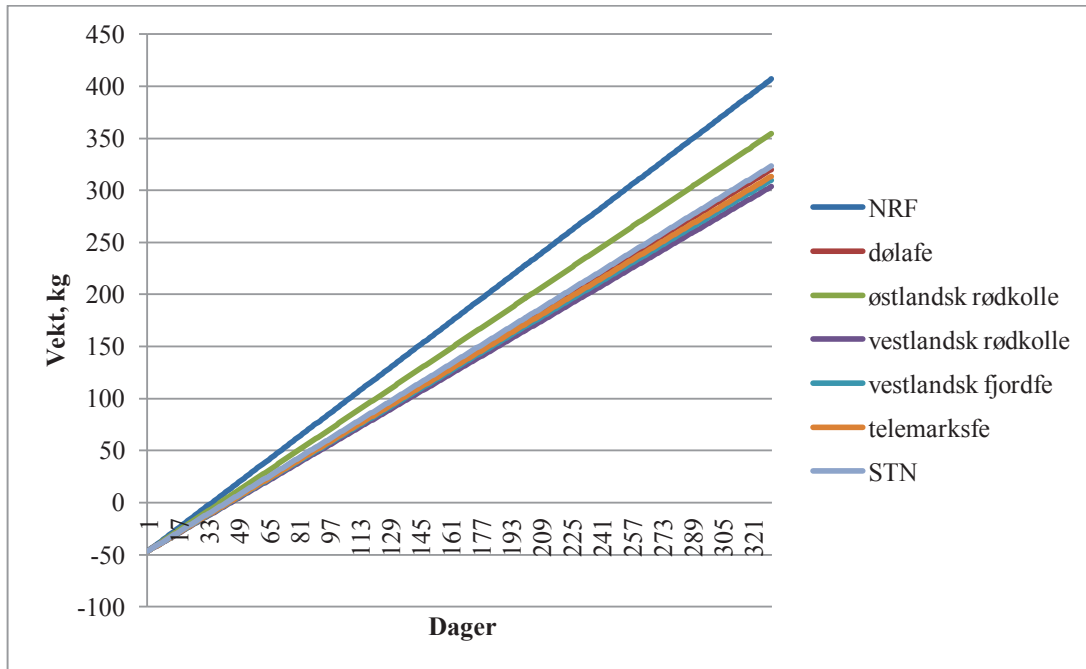
Figur 8: Uparametriske regresjonslinjer for alle rasene i datasett 2b.

4.2 Datasett 1 og 2a, modell [2]

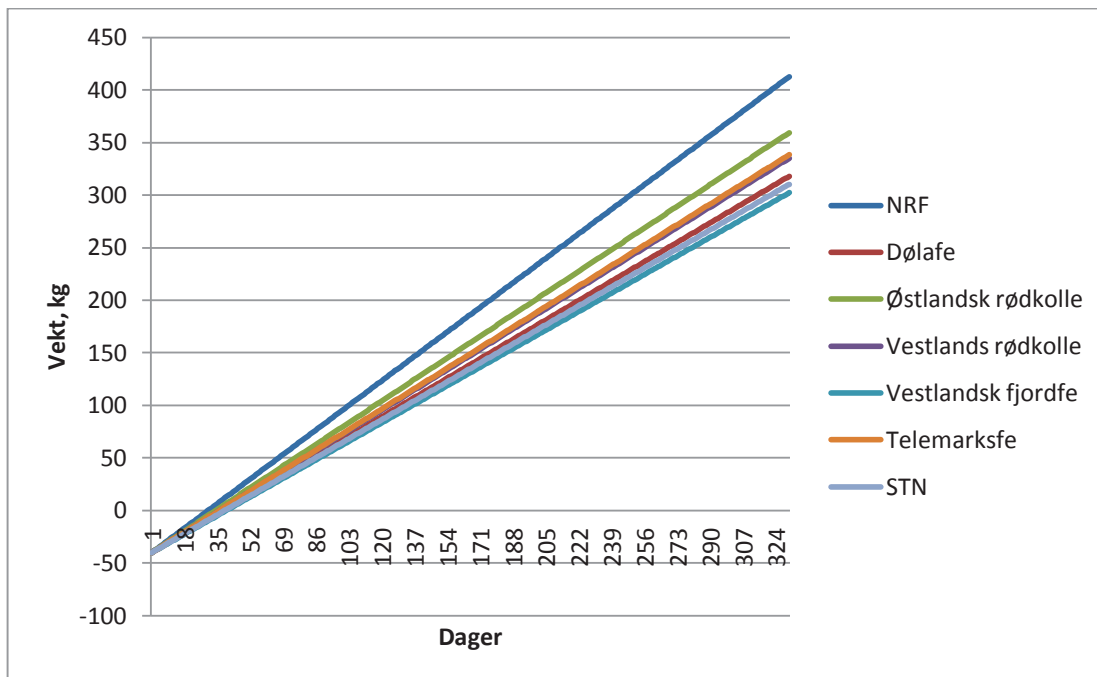
Resultatene fra modell [2] for datasett 1 og datasett 2a viser vekst på over tusen gram per dag for alle rasene. NRF har raskest vekst og østlandsk rødkolle viser nest raskest vekst (tabell 8, figur 9 og figur 10). Alle resultatene er signifikante med signifikansnivå $<0,0001$.

Tabell 8: Regresjonskoeffisient for effekt av alder på vekt (g/dag) for alle rasene, modell [2]. Standardavvik i parentes.

Rase	Datasett 1	Datasett 2a
NRF	1374(2)	1373(1)
Dølafe	1111(21)	1085(25)
Østlandsk		
Rødkolle	1215(24)	1211(22)
Vestlandsk		
Rødkolle	1061(22)	1137(20)
Vestlandsk		
Fjordfe	1080(17)	1038(21)
Telemarksfe	1091(12)	1147(26)
STN	1121(10)	1062(15)



Figur 9: Tilvekst, kg/dag, datasett 1.



Figur 10: Tilvekst, kg/dag, datasett 2a.

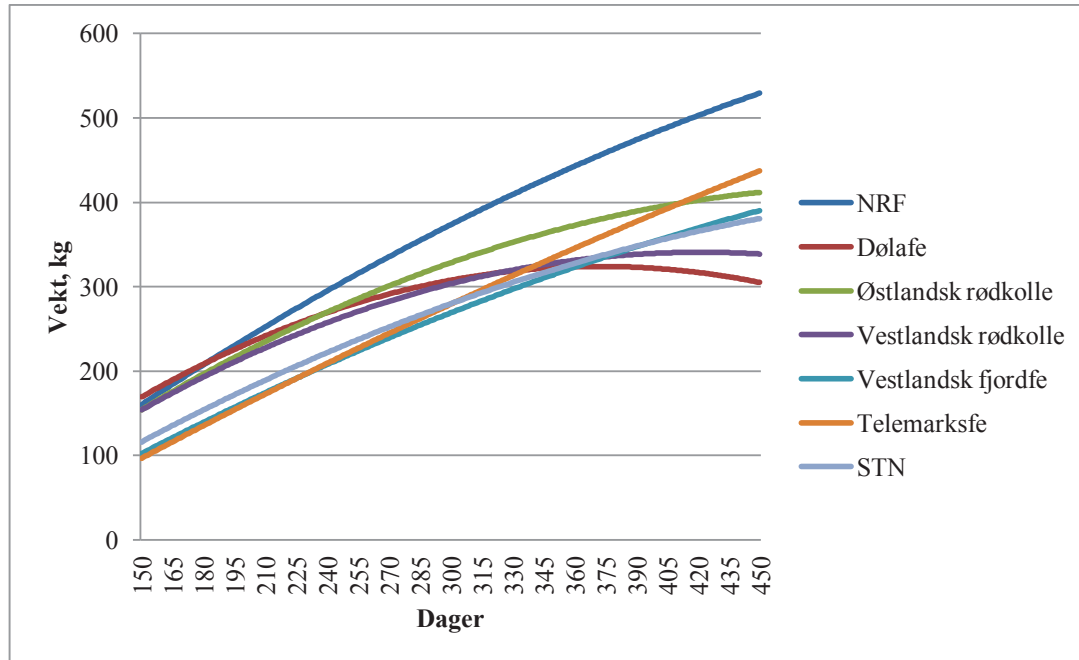
4.3 Datasett 2b, modell [2] og [3]

Datasett 2b ble først analysert med modell [1] og det viste seg å gi lavere tilvekst per dag for alle rasene (tabell 9) enn resultatene fra dataene innen testperioden (tabell 8). Ett andregradsledd ble lagt inn i modellen for å se om kurven er krum. Resultatene fra modell [2] i datasettet fra dag 150 til 450 viser negative verdier for andregradsleddet, det betyr at vekstkurven er krum og flater av etter dag 330. Alle resultater er signifikante med signifikansnivå $<0,0001$, med unntak av andregradsleddet for telemarksfe som er signifikant med signifikansnivå $<0,05$. Krumningen er sterkest for kurven til dølafe.

Tabell 9: Regresjonskoeffisienter, g/dag, fra modell [2] og modell [3] i datasett 2b. Stjernene indikerer signifikansnivå, hvor * $<0,05$, ** $<0,001$ og * $<0,0001$.**

Rase	Modell [2]	Modell[3]	Andregradsledd Modell [3]
NRF	1264(1)***	1992(4)***	-0,00127(0,0000)***
Dølafe	797(20)***	2331(52)***	-0,00313(0,0001)***
Østlandsk			
rødkolle	1004(18)***	2064(48)***	-0,00201(0,0001)***
Vestlandsk			
rødkolle	856(16)***	2140(41)***	-0,00254(0,0001)***
Vestlandsk			
fjordfe	913(16)***	1566(46)***	-0,00101(0,0001)***
Telemarksfe	987(22)***	1459(75)***	-0,00054(0,0002)*
STN	897(12)***	1716(31)***	-0,00139(0,0001)***

Resultatene i tabell 9 er plottet i figur 11. Figuren viser at dølafe har sterkest krumning og telemarksfeet har svakest krumning.



Figur 11: Plottede resultater fra datasett 2b og modell [3].

4.4 Datasett 2a, modell [4]

Gjennomsnittsvæker for tre aldersklasser ble estimert fra modell 3. Aldersklasse 1 er fra oksene er 150 dager til 210 dager, klasse 2 er fra 211 dager til 270 dager, og klasse 3 er fra 271 til 330 dager. NRF er tyngst i alle tre klassene, østlandsk rødkolle er nest tyngst og vestlandsk fjordfe har lavest vekt (tabell 10, figur 11). Det er ikke signifikant forskjell mellom dølafe, vestlandsk rødkolle og telemarksfe i aldersklasse 1 og 2, og telemarksfe, STN og vestlandsk fjordfe i aldersklasse 3. STN og telemarksfe er ikke signifikant forskjellig i aldersklasse 2 (tabell 11).

Tabell 10: Gjennomsnittsvæker i kg for aldersklassene 1,2 og 3 for alle rasene, fra modell [4].

Rase	Aldersklasse		
	1	2	3
NRF	204,8kg	292,1kg	373,6kg
Dølafe	162,3kg	227,8kg	287,3kg
Østlandsk			
rødkolle	191,2kg	252,3kg	325,6kg
Vestlandsk			
rødkolle	164,1kg	226,7kg	294,9kg
Vestlandsk			
fjordfe	153,0kg	211,0kg	275,0kg
Telemarksfe	164,7kg	222,2kg	276,6kg
STN	156,0kg	217,8kg	279,6kg

Tabell 11: Viser signifikant forskjell mellom rasene fra LS-Means for vekter i tre aldersklasser. <0.0001 betyr at rasene er signifikant forskjellig.

Rase	NRF	Dølafe	Østlandsk rødkolle	Vestlandsk rødkolle	Vestlandsk fjordfe	Telemarksfe	STN
Period 1							
NRF		<0.0001	<0.0021	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Dølafe			<0.0001	0,4050	<0.0001	0,3364	0,0017
Østlandsk rødkolle				<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Vestlandsk rødkolle					<0.0001	0,7640	<0.0001
Vestlandsk fjordfe						<0.0001	0,0665
Telemarksfe							<0.0001
Period 2							
NRF		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Dølafe			<0.0001	0,5491	<0.0001	0,0033	<0.0001
Østlandsk rødkolle				<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Vestlandsk rødkolle					<0.0001	0,0214	<0.0001
Vestlandsk fjordfe						<0.0001	<0.0001
Telemarksfe							0,0109
Period 3							
NRF		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Dølafe			<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Østlandsk rødkolle				<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Vestlandsk rødkolle					<0.0001	<0.0001	<0.0001
Vestlandsk fjordfe						0,4401	0,0035
Telemarksfe							0,1007

6. Diskusjon

I denne undersøkelsen har veksten til NRF og de gamle rasene, dølafe, østlandsk rødkolle, vestlandsk rødkolle, vestlandsk fjordfe, telemarksfe og STN blitt analysert, ved bruk av data på vekt og alder. Resultatene samsvarer i hovedsak med det som var forventet, med mindre avvik. Resultatene viser at NRF vokser ca. 200-300 g mer per dag (figur 6,7,8,9,10,11, tabell 8) og har signifikant høyere vekt enn de gamle rasene (tabell 10,11). Dette er som forventet og logisk med tanke på at NRF-oksene har større voksenvekt enn de gamle rasene. Resultatene viser at østlandsk rødkolle har nest raskest vekst (figur 6,7,8,9,10,11, tabell 8) og er signifikant større enn alle andre gamle raser (tabell 10, 11). Disse resultater var også forventet.

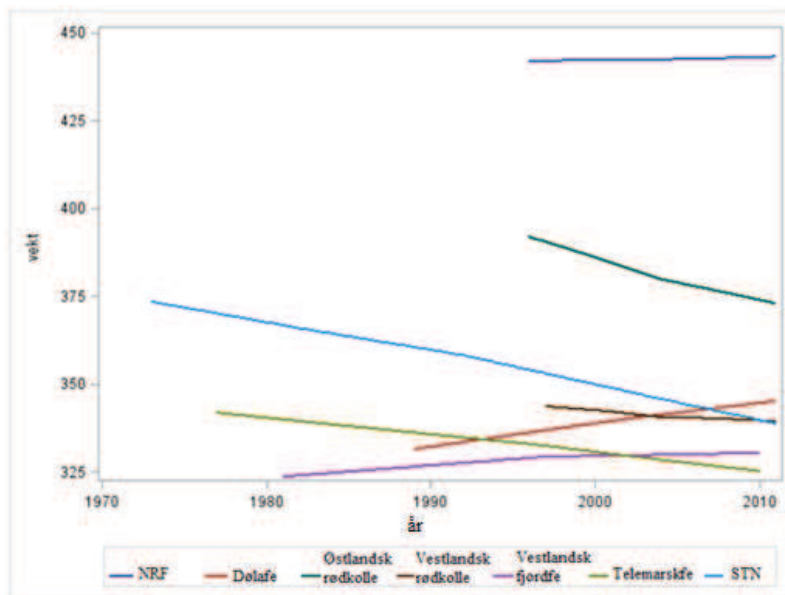
6.1 Forskjeller mellom de gamle rasene

Før analysen var det forventet liten forskjell mellom STN, telemarksfe, vestlandsk rødkolle, vestlandsk fjordfe og dølafe (ikke østlandsk rødkolle). Resultatene i denne undersøkelsen viser forskjell mellom disse rasene, men ingen er signifikant forskjellig fra alle de andre rasene i alle tre aldersklasser kjørt i modell 4 (tabell 11). Oksene av vestlandsk fjordfe skiller seg mest ut, da de er minst og har lavest tilvekst (tabell 8,11). Resultatene viser imidlertid ikke det samme for datasett 1 og datasett 2. Årsaker til at datasettene gir forskjellige resultat, spesielt for vestlandsk rødkolle, telemarksfe og STN (tabell 8), er sannsynligvis forskjellen i antall observasjoner mellom de to datasettene. Lavt antall observasjoner gir lavere sikkerhet og dårligere estimat.

Datasett 2 har mange flere observasjoner per individ enn datasett 1, mens datasett 1 har flere individer av rasene telemarksfe og STN enn datasett 2. Økt antall observasjoner per individ og økt antall individer øker sikkerheten i estimatene. Hvis antallet observasjoner per individ er lavt, men antallet individer er høyt, kan sikkerheten bli like bra eller bedre som når man har få individer og mange observasjoner per individ. For å avgjøre hvilket resultat som er mest troverdig er resultatene i denne oppgaven vurdert sammen med standardavvikene, ettersom standardavvik gjenspeiler sikkerheten på estimatene. På NRF er standardavvikene veldig lave, lavere enn for de andre rasene, på grunn av at det er flest observasjoner og individer av NRF. Av de gamle rasene har telemarksfe og STN lavest standardavvik i datasett 1, fordi datasett 1 har mange flere individer av telemarksfe og STN enn datasett 2. Derfor er tilveksthastigheten estimert fra datasett 1 mest troverdige for telemarksfe og STN (henholdsvis 1091 g/dag og 1121 g/dag). Vestlandsk rødkolle har lavest standardavvik i datasett 2, det betyr at det ikke er nok

individer for å veie opp for få observasjoner per individ i datasett 1. Den estimerte tilveksthastigheten fra datasett 2 er altså mest troverdig for vestlandsk rødkolle (1137 g/dag). De andre rasene har såpass like estimat for begge datasettene at det ikke er nødvendig å rede ut hvilken som er mest troverdig.

Siden vestlandsk rødkolle og vestlandsk fjordfe i en periode ble regnet for å være samme rase var det forventet lik vekst og størrelse på disse rasene. Derimot viser resultatene signifikant forskjell mellom de to rasene i alle tre aldersklasser og vestlandsk rødkolle vokser 100g mer per dag enn vestlandsk fjordfe (ifølge resultatene for datasett 2a i tabell 8). Det er imidlertid mulig at vestlandsk fjordfe og vestlandsk rødkolle var likere hverandre når de var regnet som en rase (før 1980), men utviklet seg i forskjellige retninger etter at de ble egne raser igjen (etter 1980). For å se etter eventuell årstrend ble det satt opp gjennomsnittsvekter for hvert år fra begge datasettene i figur 12. På grunn av lite data er gjennomsnittsvektene, spesielt for de gamle rasene, mer sprikende enn hva som er vist i figur 12 og for å tydeliggjøre årstrenden ble loess funksjonen i SAS brukt for å jevne ut linjene. Gjennomsnittsvektene er tatt ut fra dag 360 for alle rasene. Det er kun data på vestlandsk rødkolle tilbake til 1996 og vestlandsk fjordfe tilbake til 1981.



Figur 12: De syv rasenes gjennomsnittsvekt i dag 360 hvert år fra 1973 til 2011. Linjene er utjevnet ved hjelp av loess funksjonen i SAS.

Vestlandsk fjordfe og vestlandsk rødkolle var ikke like ut i fra gjennomsnittsvektene. Vekten på vestlandsk rødkolle har gått ned med ca. 10 kg siden 1996 og vekten på vestlandsk fjordfe har økt med ca. 10 kg, og det er fortsatt tydelig forskjell mellom de to rasenes gjennomsnittsvecter. Det er imidlertid kun en til fem individer per beregning av gjennomsnittsvekt for de gamle rasene (tabell 3,4). Det betyr at gjennomsnittsvektene er avhengig av få individer og estimeringen av årstrenden er derfor usikker.

For noen av rasene kan imidlertid gjennomsnittsvektene i figur 12 gjenspeile resultatene i tabell 8. NRF har stabile gjennomsnittsvecter i figur 12, samtidig er tilveksthastigheten lik for datasett 1 og datasett 2 i tabell 8. Det indikerer at det ikke har skjedd store forandringer for veksten til NRF under perioden 1996-2011. Gjennomsnittsvekten til STN har sunket siden 1973, samtidig har tilveksthastigheten sunket fra 1121g per dag frem til 2004 i datasett 1 og 1062g/dag etter 2004 i datasett 2 (tabell 8). Dette kan muligens indikere en trend. Slike trender kan ikke observeres for de andre rasene, antageligvis fordi det er for få individer av de rasene. Figur 12 viser imidlertid at vestlandsk fjordfe og telemarksfe har minst gjennomsnittsvecter, samt at NRF og østlandsk rødkolle skiller seg ut fra de andre med høyere vecter.

6. 2 Skalering

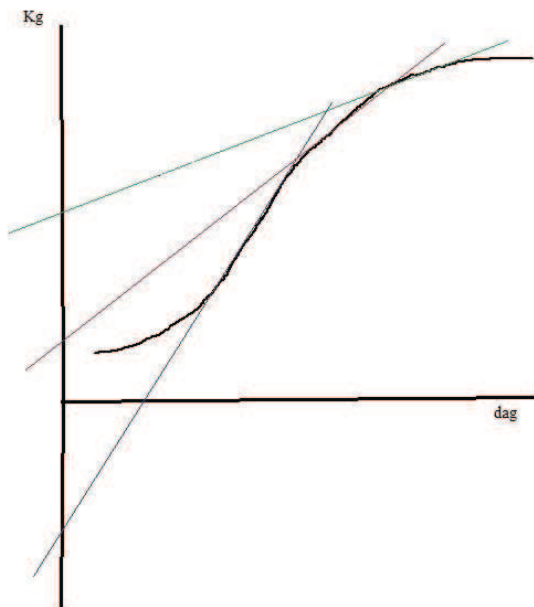
NRF har 100 kg høyere gjennomsnittsvecter ved dag 360 enn de gamle rasene, unntatt østlandsk rødkolle som NRF er 75 kg tyngre enn. Forskjellen på disse gjennomsnittsvektene og forskjellen på voksenvekt gjør det vanskelig å sammenligne egenskaper som avhenger av voksenvekten. Slike egenskaper er for eksempel kroppssammensetting av bein, muskler og fett, fôrutnyttelse for vekst, melkeytelse, hvor mye energi de trenger for vedlikehold av voksenvekten, samt alder ved pubertet (Taylor 1985). Ettersom de gamle rasene har lavere voksenvecter skjer deres fysiologiske utvikling sannsynligvis tidligere enn for NRF (Taylor & Fitzhugh 1971). Det betyr at de gamle rasene har kommet lenger i utviklingen, men er mindre enn NRF ved dag 360. NRF er altså større tidligere i utviklingen enn de gamle rasene (illustrert i figur 3).

Vekten ved dag 360 (for eksempel) er altså sterkt avhengig av voksenvekten. Ved slike tilfeller som dette, når voksenvekten er forskjellig og tilveksthastigheten varierer mellom rasene er det nyttig å skalere vekstkurvene. Det muliggjør mer omfattende sammenligninger av vekstkurvene uavhengig av voksenvekten. I tillegg kan man sammenligne dyr som har gått på forskjellige dietter når man skalerer vekstkurven, fordi et dyr som har fått mindre fôr har saktere utvikling i

alle deler av kroppen. Ved skalering vil ikke det synes (Taylor 1985). NRF oksene og gammelrase oksene på Øyer teststasjon får forskjellige mengde kraftfôr, det er usikkert om de får lik rasjon med hensyn til deres vekst. For å ta bort usikkerheten kan man altså skalere kurvene.

6.3 Gransket vekstperiode

De gamle rasene har en gjennomsnittlig tilveksthastighet på hele 1113 g per dag. Tidsperioden dataene er hentet fra har stor betydning for tilveksthastigheten som ble funnet i denne oppgaven. Oksene vokser raskest fra de er ca. 6 til 18 måneder (Fitzhugh 1976). Dataene i denne undersøkelsen er samlet når oksene var 5 måneder til 11 måneder i datasett 1 og 2a, og fra 5 til 15 måneder i datasett 2b. Hvis observasjonene er fra den perioden i vekstkurven hvor dyret vokser raskest vil gjennomsnittlig vekst per dag være høyere enn når man har observasjoner fra hele vekstkurven, eller fra en senere periode (figur 13). Det betyr at resultatene i tabell 8 viser kun veksthastigheten for de forskjellige rasene når de vokser raskest, ikke en gjennomsnittlig tilveksthastighet for hele vekstperioden.



Figur 13: Viser en sigmoid vekstkurve og hvor stor betydning tidsperioden har på resultatene. Den grønne linjen illustrerer gjennomsnittlig tilveksthastighet hvis man kun har observasjoner i slutten av veksten, den røde illustrerer tilveksten når man kun har observasjoner i slutten av den raskeste vekstfasen, og blå linje illustrerer tilveksten når man kun har observasjoner i den perioden når dyret vokser raskest. Den blå linjen representerer dataene i denne undersøkelsen.

Når modell [2] kjørt med PROC MIXED i SAS for datasett 2a (innen testperioden) viste resultatene en tilveksthastighet på 1062 g per dag for STN (tabell 8). Når modell [2] ble kjørt for datasett 2b (dag 150 til 450), viste resultatene en tilveksthastighet på 897 g for STN (tabell 9). Resultatene viste altså lavere tilveksthastighet når tidsperioden ble utvidet, hvilket gjaldt for alle rasene. Dette skyldes at veksten begynner å flate av etter dag 330 og den gjennomsnittlige tilveksten blir lavere.

På grunn av lavere tilveksthastighet når aldersspennet ble utvidet kjørt datasett 2b med et andregradsledd i modell [4]. Resultatene fra andregradsleddet har minus fortegn, noe som bekrefter at kurven er krum (figur 11). Resultatene i figur 11 viser tydelig krumming av kurvene og det går ikke an å observere når kurvene egentlig begynner å flate av. Men, fra den uparametriske analysen kan man se tendenser på hvordan kurvene er formet og at de flater av (figur 8). Ved visuell vurdering av figur 8 ser man at kurven for NRF begynner å flate av ved omtrent 380 til 390 dagers alder, kurven for østlandsk rødkolle begynner å flate av ved omtrent 340 dagers alder, og kurvene for vestlandsk rødkolle vestlandsk fjordfe og dølafe begynner å flate av ved omtrent 320 dagers alder. Det er ikke mulig å observere krumming i kurvene visuelt til telemarksfe og STN.

Selv om krumninger kan observeres fra den uparametriske analysen er det stor sannsynlighet for at oksene fortsatt er i perioden med raskest vekst frem til dag 450, da er oksene ca. 15 måneder. Beltran et al. (1992) gjorde en undersøkelse på veksten til kjøttferasen angus. De estimerte at oksene når voksenvekten ved 4,5 til 6 års alder (avhengig av seleksjonslinje i deres forsøk). Dataene i denne analysen slutter når oksene er 15 måneder, hvilket er innenfor perioden hvor okser vokser raskest (Fitzhugh 1976). Det er imidlertid sannsynlig at veksten til oksene i denne undersøkelsen flater av tidligere enn angus, ettersom rasene i denne undersøkelsen vokser mye saktere. Det er ingen tvil om at kurven er krum, men slik tydelig avflating i figur 8 er sannsynligvis for tidlig å observere ved kun 15 måneders alder.

Kurvens krumming i figur 8 kan også forklares av andre faktorer enn avflating av vekst. For eksempel øker variasjonen mellom observasjonene innen rase med økt alder, spesielt for NRF (figur 4,5). En logisk forklaring hadde vært om oksene fikk en annen fôrrasjon etter testperioden, men det er ikke tilfelle og kan derfor ikke forklare avflatingen. Variasjonen kan skyldes at oksene som er igjen etter testperioden er de som vokser saktest og blir kjønnsmodne sent.

Sammenligning av gjennomsnittsvektene like etter testperiodens slutt (dag 360) og voksenvektene fra litteraturen (tabell 2) støtter at det er andre faktorer som påvirker krumningen på kurven. Gjennomsnittsvektene er like over 300 kg for de gamle rasene og like over 400 kg for NRF (tabell 6). Disse vektene er langt fra voksenvektene til rasene. Voksenvekten på NRF kan ifølge Geno bli opp mot ca. 1300 kg, mens den i slutten av testperioden kun er litt over 400 kg. Hvis NRF oksen blir så stor, kan den vokse 900 kg mer etter den har blitt seminokse. For de gamle rasene er forskjellen ikke like stor som for NRF. Deres voksenvekter er ifølge litteraturen rundt 650 kg (tabell 2), bortsett fra østlandsk rødkolle hvis voksenvekt er ca. 800 kg. Fra slutten av testperioden frem til voksenvekten er forskjellen for vekt ca. 350 kg for de gamle rasene. Voksenvektene som er hentet fra litteraturen brukes her som pekepinn, men disse voksenvektene har mange feilkilder og er antagelig hentet fra forskjellige aldre.

Ved bruk av voksenvektene fra litteraturen som pekepinn kan de gamle rasene vokse til dobbel størrelse etter testperiodens slutt, mens NRF okser kan vokse til nesten tredobbel størrelse. Dette indikerer også at oksene fortsatt er i rask vekst ved testperiodens slutt og frem til dag 450. Ettersom det er stort avstand mellom gjennomsnittsvektene ved dag 360 og voksenvektene, i tillegg til at oksene er maks 15 måneder gamle i denne undersøkelsen (som er innenfor perioden okser vokser raskest), er trolig ikke krumningen på kurven troverdig.

For videre analyse hadde det vært ideelt å finne punktet hvor kurvene begynner å flate av. Det er også ønskelig å finne dette punktet for å bekrefte forventninger som oppstår fra resultatene av tilveksthastighet i denne oppgaven. Høy tilveksthastighet korrelerer med større voksenvekt og dermed vokser dyrene i en lenger periode (Taylor & Fitzhugh 1971). Derfor forventes NRFs vekstkurve å flate av senest, østlandsk rødkolle forventes å flate av nest senest, mens de andre gamle rasenes vekstkurver forventes å flate av først. Selv om avflatingen på kurvene i denne undersøkelsen sannsynligvis begynner litt for tidlig i oksenes liv, på grunn av at de kun er 15 måneder ved slutten av registreringene, er den observerte rekkefølgen som forventet.

6.4 Betydning av veksthastighet

Avflating av vekstkurven skjer når avleiring av fett øker. Fettavleiring krever mer energi enn oppbygging av muskler og derfor avtar veksten (Webster 1989). Det betyr også at dyr som avleirer fett tidlig blir slaktemodne tidligere enn dyr som avleirer fett sent, fordi slaktemodenhet er avhengig av hvor mye fett dyret har i kroppen. Videre påvirker fettinnholdet kjøttkvaliteten,

spesielt intramuskulært fett. Intramuskulært fett utvikles senest av de forskjellige fettdepotene og derfor har raser som begynner å avleire fett tidligere mer av intramuskulært fett. Studier har vist at STN har mer intramuskulært fett og bedre kjøttkvalitet enn NRF (Aass & Fristedt 2003). Endring i vekst påvirker i tillegg muskelfysiologien i dyret som kan påvirke kjøttkvaliteten (Aass & Vangen 1997; Shackelford et al. 1994). Aass og Fristedt (2003) påpeker i deres studie at STN kan ha noe høyere andel av muskelfiber type 1 enn andre raser. Muskelfiber type 1 er tynnere, gir rødere kjøttfarge og inneholder mer intramuskulært fett enn muskelfiber 2a og 2b, og er generelt positivt korrelert med mørere kjøtt. Dette indikerer at den saktere veksten til de gamle rasene påvirker kjøttkvaliteten positivt.

Ifølge ressursallokeringssteorien allokere raskt voksende dyr med høy produksjon ressursene sine til produksjonsegenskaper, og har derfor mindre tilgjengelige ressurser til ikke-produktive egenskaper (Beilharz et al. 1993). Mine resultater viser at NRF vokser 200-300 g raskere per dag enn de gamle rasene. Ifølge ressursallokeringssteorien burde derfor NRF bruke mer energi på vekst enn de gamle rasene. NRF produserer også mer melk enn de gamle rasene, og trenger derfor mer energi til melkeproduksjon. Etersom NRF trenger mer energi til vekst og melkeproduksjon forventes at de har mindre energi til ikke-produktive egenskaper, for eksempel lekeadferd. Dette viser Sæther, N. et al. (2006) i sin studie hvor de sammenlignet beiteadferd hos NRF og STN. De konkluderte med at STN har mer lekeadferd og står mindre stille enn NRF.

NRF bruker ikke mer tid til beiting enn STN, men de to rasene har forskjellig beitepreferanser (Sæther, N. H. et al. 2006). Hvis mulig velger NRF det mest energirike fôret i et beiteområde, mens STN velger også mindre energirikt fôr. De gamle rasene som vokser saktere og produserer mindre melk har altså noen egenskaper som raskt voksende og høyt produserende raser har i mindre grad. De gamle rasene leker mer og de beiter mer variert, som gjør de til gode landskapspleiere. Raskere vekst og større voksenalder gjør at NRF krever mer energi til vedlikehold i tillegg til produksjon, det forklarer hvorfor NRF må allokere mer ressurser til produksjon og har mindre energi til lek og unødvendig bevegelse.

Store dyr som trenger energi, trenger derfor mer fôr som gir høyere kostnader. Derfor er det ikke selvfølgelig at dyr som produserer mer (og som er større) er mer effektive enn mindre dyr med mindre produksjon. Sæther et al. (2010) undersøkte forskjellen på energieffektivitet på NRF og STN. Resultatene fra studien viste ikke signifikant forskjell på effektivitet for laktasjon mellom

de to rasene. Yan et al. (2006) sammenlignet effektiviteten til holstein og NRF. Studien viste heller ikke noen forskjell i effektivitet for laktasjon mellom rasene, hvor holstein produserer mer melk enn NRF og avlen på holstein har i stor grad vært rettet mot høyere melkeproduksjon. Når det ikke er noen forskjell i effektivitet mellom rasene, er det en grense på hvor store dyrene kan bli før det blir ulønnsomt med tanke på tilgang på fôr. For kylling og gris har avl for høyere tilvekst fungert i praksis på grunn av generelt små størrelser og relativt lav kostnad ved vedlikehold av avlspopulasjonene. Skulle man drive liknende avl på storfe skulle effektiviteten minke på grunn av dyrere vedlikeholdskostnader i avlspopulasjonen (Webster 1989).

6.5 Modell, feilkilder og videre analyse

Formålet med denne oppgaven var å sammenligne de syv forskjellige norske storferasene. Derfor er de mest relevante resultatene i denne undersøkelsen forskjellen i tilveksthastighet mellom rasene. Det som gjør dataene i denne oppgaven unike er at vektdataene er samlet inn under en lang periode fra samme besetning. Når dataene kommer fra samme besetning kan man anta at miljøet er likt, hvilket gjør at variasjonene til stor del bestemmes av det genetiske potensialet. Dessverre er det lite data på de gamle rasene som bidrar til usikkerhet i estimatene.

Materialet til denne undersøkelsen er fra en periode på 38 år. I en slik lang periode skjer det endringer. De største av disse endringer, endring i antall registreringer, føringssystem og bingesammensetting, er tatt hensyn til ved å dele opp dataene i forskjellige datasett og subdatasett for å undersøke dem separat. Men noen endringer som skjer under en så lang periode er ikke tatt hensyn til, for eksempel variasjon i fôr kvalitet fra år til år, temperatursvingninger, eller sykdom som har påvirket veksten til oksene på Øyer. År er ikke tatt med i modellen fordi det er for få individer per år av de gamle rasene, noen raser savner observasjoner for enkelte år. Dessuten er alle rasene påvirket likt av forandringer ettersom de står i samme besetning.

I denne undersøkelsen er tilveksthastigheter beregnet ved hjelp av lineær regresjonsanalyse og analyse med andregradsledd, det er imidlertid mulig å få ut mer av dataene. For videre analyse av veksten til disse rasene bør ikke-lineære funksjoner brukes for estimering av vekstkurver. Noen eksempler på ikke-lineære funksjoner er logistisk vekstkurve (Nelder 1961), von Bertalanffy (Bertalanffy. L. von. 1957), Brodys (Brody 1945), Richards (Richards 1959) og Gompertz vekstkurve (Winsor 1932). For å bruke disse funksjonene trengs mer informasjon enn det som var tilgjengelig for denne oppgaven.

For å estimere vekstkurven gjennom Richards eller Brodys funksjoner trengs voksenvekt til alle rasene. Det kan være vanskelig å måle voksenvekt ettersom oksene er flere år gamle før de oppnår voksenvekten, og det er praktisk vanskelig å holde oksene så lenge. Det er enklere å måle fødselsvekt på oksene som kan man måle på flere individer og få sikrere estimat. Fødselsvekten sammen med dataene brukt i denne oppgaven er nok for å estimere voksenvekter ved bruk av en Gompertz funksjon. Når voksenvekten er estimert kan man bruke den for å estimere hele vekstkurven. Alternativt kan man bruke fødselsvekt og tilvekstparametere for å estimere voksenvekten gjennom en Gompertz formel og siden bruke den estimerte voksenvekten i en av de andre funksjonene for å estimere vekstkurven. Tidligere undersøkelser har vist at Richards funksjon gir gode estimater (Beltran et al. 1992; Brown et al. 1976). Når voksenvektene er estimert kan vekstkurvene skaleres og man kan sammenligne flere egenskaper som ikke er avhengig av voksenvekten (Taylor 1985).

7. Konklusjon

I denne undersøkelsen var formålet å undersøke veksten til okser av de gamle rasene og sammenligne de gamle rasenes vekst med veksten til NRF-okser. Dataene som er brukt er unike ettersom det ikke finnes liknende data fra andre land.

Resultatene viser at:

- NRF har raskest vekst og vokser 200-300 g raskere per dag enn de gamle rasene.
- Østlandsk rødkolle vokser ca. 100 g raskere per dag enn de andre gamle rasene.
- Det er liten forskjell mellom dølafe, vestlandsk rødkolle, vestlandsk fjordfe, telemarksfe og STN. Vestlandsk fjordfe skiller seg imidlertid ut som minst med lavest tilvekst.
- Vestlandsk rødkolle og vestlandsk fjordfe er ikke like hverandre. Vestlandsk rødkolle har raskere vekst og høyere vekt enn vestlandsk fjordfe.

Usikre estimat av voksenvekt fra litteraturen vanskeliggjør avgjørelsen av hvor i veksten oksene er ved slutten av testperioden. For videre analyse er det ønskelig med mer data på de gamle rasene for å bestemme vekstkurvene mer nøyaktig.

Referanser

- Aass, L. & Vangen, O. (1997). Effects of selection for high milk yield and growth on carcass and meat quality traits in dual purpose cattle. *Livestock Production Science*, 52 (1): 75-86.
- Aass, L. & Fristedt, C. G. (2003). En foreløpig karakterisering av kjøttkvalitet i STN (Sidet Trønderfe og Nordlandsfe): Institutt for husdyrfag, Norges landbrukshøgskole.
- Albertí, P., Panea, B., Sañudo, C., Olleta, J., Ripoll, G., Ertbjerg, P., Christensen, M., Gigli, S., Failla, S. & Concetti, S. (2008). Live weight, body size and carcass characteristics of young bulls of fifteen European breeds. *Livestock Science*, 114 (1): 19-30.
- Batt, R. A. (1980). *Influences on animal growth and development*: Edward Arnold. 60 s.
- Beilharz, R., Luxford, B. & Wilkinson, J. (1993). Quantitative genetics and evolution: Is our understanding of genetics sufficient to explain evolution? *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 110 (1-6): 161-170.
- Beilharz, R. (2000). Breeding strategies for resource-limited environments. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 13: 271-274.
- Beltran, J., Butts, W., Olson, T. & Koger, M. (1992). Growth patterns of two lines of Angus cattle selected using predicted growth parameters. *Journal of Animal Science*, 70 (3): 734-741.
- Berg, J. (2014). *Vekst og utvikling, forelesingsnotat fra kjøttproduksjon på storfe og sau, HFX250*. 25/2, NMBU, Ås
- Berge, S. & Tinggaard, K. A. (1958). Storfe. I: *Våre husdyr*, s. 81-93: JW Cappelens Forlag.
- Bertalanffy, L. von. (1957). Quantitative laws in metabolism and growth. *The Quarterly review of biology*, 32:218.
- Blanckenhorn, W. U. (2000). The evolution of body size: what keeps organisms small? *The Quarterly review of biology*, 75 (4): 385-407.
- Blikstad, E. (2006). *Telemarkfeet gjennom 150 år 1856-2006*: Telemark Landbrukselskap i samarbeid med Landslaget for Telemarksfe.
- Brody, S. (1945). *Bioenergetics and growth; with special reference to the efficiency complex in domestic animals*. New York, NY Reinhold publ. Co. .
- Brown, J., Fitzhugh, H. & Cartwright, T. (1976). A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. *Journal of Animal Science*, 42 (4): 810-818.
- Bækedal, H. (1980). *NRF og norsk feavl*. Oslo: Landbruksforlaget. 420 s.
- Craven, P. & Wahba, G. (1978). Smoothing noisy data with spline functions. *Numerische Mathematik*, 31 (4): 377-403.
- Fitzhugh, H. & Taylor, S. C. (1971). Genetic analysis of degree of maturity. *Journal of Animal Science*, 33 (4): 717-725.
- Fitzhugh, H. (1976). Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. *Journal of Animal Science*, 42 (4): 1036-1051.
- Forskrift om oksesæd. (2003). *Forskrift om dyrehelsemessige vilkår for produksjon, lagring, import og eksport av oksesæd*: Lovdata Tilgjengelig fra: <http://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-10-06-1242> (lest 2/4).
- Geno. (2014a). *Avlsmålet for NRF*. Tilgjengelig fra: <http://www.geno.no/Start/Avl/Avlsmal/Avlsmalet-for-nrf/> (lest 19/02).
- Geno. (2014b). *Karakteristikk hos NRF*. Tilgjengelig fra: <http://www.geno.no/Start/Geno-Avler-for-bedre-liv/OM-NRF-KUA1/Karakteristikk-hos-NRF/> (lest 6/3).

- Hallander, H. (1989). Fjällkon. I: *Svenska lantraser: deras betydelse förr och nu*, s. 206. Blå ankan.
- Kjær, J. E. (2006). *Bondens lykke kongens gull*: Alfa Forlag as.
- Korkman, N. (1953). Nötkreatur. I: Johansson, I. (red.) *Husdjursraserna*, s. 245. Stockholm: LTs Förlag.
- Luiting, P., Vangen, O., Rauw, W., Knap, P. & Beilharz, R. (1997). *Physiological consequences of selection for growth*. 48th Annual Meeting of the EAAP, Vienna.
- Meyer, K. (1995). Estimates of genetic parameters for mature weight of Australian beef cows and its relationship to early growth and skeletal measures. *Livestock Production Science*, 44 (2): 125-137.
- Morris, C. A. & Wilton, J. W. (1976). Influence of body size on the biological efficiency of cows: a review. *Canadian Journal of Animal Science*, 56 (4): 613-647.
- Nelder, J. (1961). The fitting of a generalization of the logistic curve. *Biometrics*, 17 (1): 89-110.
- Richards, F. (1959). A flexible growth function for empirical use. *Journal of experimental Botany*, 10 (2): 290-301.
- Robelin, J. (1986). Growth of adipose tissues in cattle; partitioning between depots, chemical composition and cellularity. A review. *Livestock Production Science*, 14 (4): 349-364.
- SAS Institute Inc. (2011). *SAS® 9.3 System Options*. Second edition
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity. (2013, 8 til 19 oktober 2012). *Nature Protects if she is Protected* Decisions of the Eleventh Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity, Hyderabad, India s. 246. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- Shackelford, S., Koohmaraie, M., Cundiff, L., Gregory, K., Rohrer, G. & Savell, J. (1994). Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine postrigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield, and growth rate. *Journal of Animal Science*, 72 (4): 857-863.
- Simensen, E. (2008). *Dølafeet*: Nordøsterdalsmuseet-Dølafelaget-Tine Meieriet Øst BA.
- Sjaastad, O. V., Hove, K. & Sand, O. (2010). *Physiology of domestic animals*. 2 utg. Oslo: Scandinavian Veterinary press. 804 s.
- Skjervold, H. (1981). *Trekk fra storfeets historie i Norge*. Særtrykk fra jubileumsbok: Norske Melkeprodusenters Landsforbund 100 år.
- Skog & landskap. (2014a). *Sidet trønderfe og nordlandsfe*. Tilgjengelig fra: http://www.skogoglandskap.no/Artsbeskrivelser/sidet_tronderfe_og_nordlandsfe/default_view (lest 7/3).
- Skog & landskap. (2014b). *Telemarksfeet fortsetter nedgangen*. Tilgjengelig fra: http://www.skogoglandskap.no/nyheter/2014/telemarkfeet_fortsetter_nedgangen (lest 11/4).
- Skog & landskap. (2014c). *Vestlandsk fjordfe*. Tilgjengelig fra: http://www.skogoglandskap.no/Artsbeskrivelser/vestlandsk_fjordfe/default_view (lest 7/3).
- Skog & landskap. (2014d). *Vestlandsk raudkolle*. Tilgjengelig fra: http://www.skogoglandskap.no/Artsbeskrivelser/vestlandsk_raudkolle/default_view (lest 7/3).
- Sæther, N., Bøe, K. E. & Vangen, O. (2006). Differences in grazing behaviour between a high and a moderate yielding Norwegian dairy cattle breed grazing semi-natural mountain grasslands. *Acta Agriculturae Scand Section A*, 56 (2): 91-98.
- Sæther, N., Havrevoll, Ø., Thuen, E. & Vangen, O. (2010). Differences in energy balance and energy efficiency between an old endangered and a modern Norwegian dairy cattle breed in a traditional indoor feeding system. *Acta Agriculturae Scand Section A*, 60 (1): 23-32.

- Sæther, N. H., Sickel, H., Norderhaug, A., Sickel, M. & Vangen, O. (2006). Plant and vegetation preferences for a high and a moderate yielding Norwegian dairy cattle breed grazing semi-natural mountain pastures. *Animal Research*, 55 (5): 367-387.
- Taylor, C. S. (1980). Live-weight growth from embryo to adult in domesticated mammals. *Animal Science*, 31 (03): 223-235.
- Taylor, S. (1965). A relation between mature weight and time taken to mature in mammals. *Animal Production*, 7: 203-220.
- Taylor, S. (1968). Time taken to mature in relation to mature weight for sexes, strains and species of domesticated mammals and birds. *Animal Production*, 10: 157-169.
- Taylor, S. & Fitzhugh, H. (1971). Genetic relationships between mature weight and time taken to mature within a breed. *Journal of Animal Science*, 33 (4): 726-731.
- Taylor, S. (1980). Genetic size-scaling rules in animal growth. *Animal Production*, 30 (02): 161-165.
- Taylor, S. (1985). Use of genetic size-scaling in evaluation of animal growth. *Journal of Animal Science*, 61 (Supplement 2): 118-143.
- Vangen, O. & Sæther, N. (2007). Storfe. I: Vangen, O., Sæther, N., Norderhaug, A., Holtet, M. G., Holand, Ø., Fimland, E., Sickel, H. & Hufthammer, A. K. (red.) *Beitende husdyr i Norge* s. 29-41: Tun Forlag
- Webster, A. (1989). Bioenergetics, bioengineering and growth. *Animal Production*, 48 (1): 249-269.
- Wegner, J., Albrecht, E., Fiedler, I., Teuscher, F., Papstein, H. J. & Ender, K. (2000). Growth- and breed-related changes of muscle fiber characteristics in cattle. *Journal of Animal Science*, 78 (6): 1485-96.
- Winsor, C. P. (1932). The Gompertz curve as a growth curve. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 18 (1): 1.
- Yan, T., Mayne, C. S., Keady, T. W. J. & Agnew, R. E. (2006). Effects of Dairy Cow Genotype with Two Planes of Nutrition on Energy Partitioning Between Milk and Body Tissue. *Journal of Dairy Science*, 89 (3): 1031-1042.



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no