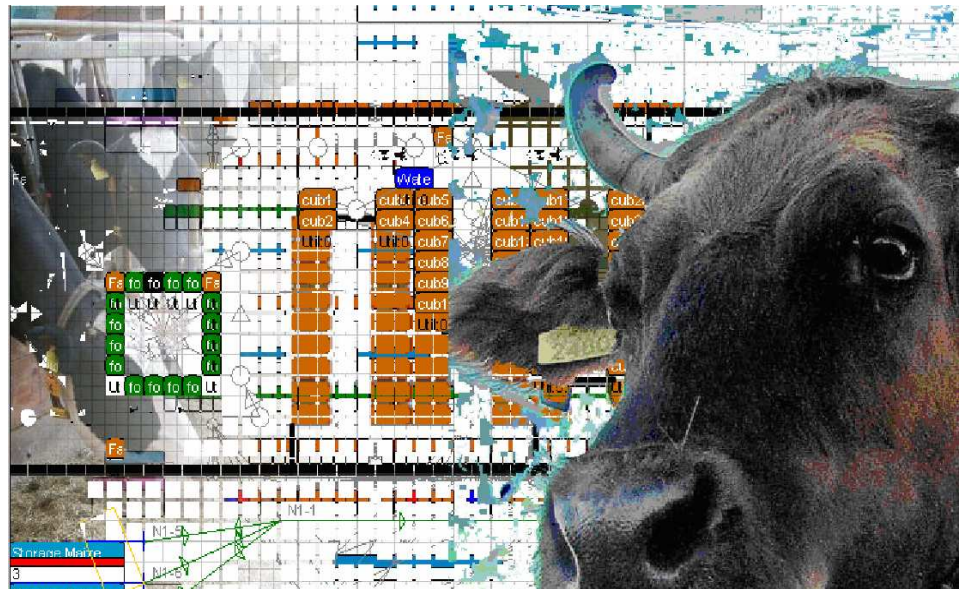


Scriptie bachelorafsluiting agrotechnologie (FTE-80812)

Voeropnamesnelheid en voeropname van melkvee

Henri van den Boomen

Datum: 3 augustus 2010



Voeropnamesnelheid en voeropname van melkvee

Inpassing van de voeropnamesnelheid in een discreet event simulatiemodel van een automatisch individueel precisievoersysteem

Naam vak : Bachelorafsluiting agrotechnologie
Nummer : FTE-80812
Omvang : 12 credits
Datum : 3 augustus 2010

Student : H.A.G. van den Boomen
Registratienummer : 88-08-28-096-070
Opleiding : BSc Agrotechnologie

Begeleider(s) : J.C.A.M. Pompe MPS
Examinator : prof.dr.ir. P.W.G. Groot Koerkamp
Leerstoelgroep : Agrarische bedrijfstechnologie
Bornse Weilanden 9
6708 WG Wageningen
Tel: (0317) 48 2980
Fax: (0317) 48 4819
E-mail: webmaster.fte@wur.nl



WAGENINGEN UNIVERSITEIT
WAGENINGEN UR

Disclaimer

Dit verslag is het eindproduct van een bachelorafsluiting van de opleiding Agrotechnologie aan Wageningen Universiteit.

De hoofddoelstelling van het vak is dat studenten laten zien door middel van o.a. dit rapport dat ze de competenties van het bachelorprogramma beheersen.

De student werkt gedurende een beperkte tijd aan een eigen opdracht, begeleid door een van de docenten. De beperkte tijd brengt ook beperkingen mee ten aanzien van de uitvoering van het onderzoek.

De aard van het studieonderdeel brengt met zich mee dat het naar buiten brengen van resultaten en verder verspreiden van het rapport alleen kan geschieden in overleg met de verantwoordelijke docent.

Wageningen Universiteit is nimmer aansprakelijk voor de gevolgen die voortvloeien uit het gebruiken van de informatie uit dit rapport.

Het is niet toegestaan gegevens of resultaten uit dit onderzoeksverslag te kopiëren, te publiceren of anderszins naar buiten te brengen zonder toestemming van:

Leerstoelgroep Agrarische bedrijfstechnologie

Wageningen Universiteit

Bornse weilanden 9

6708 WG Wageningen

Tel: (0317) 482980

Voorwoord

Dit verslag is geschreven als afsluiting van mijn bachelorprogramma Agrotechnologie aan Wageningen University. Het verslag bevat vele facetten die tijdens de opleiding behandeld zijn. De natuurlijke omgeving, in dit geval ingezoomd op de voeropnamesnelheid van melkvee, wordt gebruikt om technologieën te ontwikkelen en om de prestaties van het desbetreffende productiesysteem te verbeteren. De nadruk in het verslag is gelegd op de verslaglegging en systematische onderzoeksmethodiek die aan de grondslag van deze academische opleiding ligt. Het onderwerp is zorgvuldig gekozen aan de hand voor mijn interesse in melkvee en alles wat daar bij komt kijken.

Koeien zijn net topsporters, ze leveren hoge prestaties en daarvoor hebben ze een uitgebalanceerd rantsoen nodig. Elke koe heeft andere behoeften aan voeding en deze is ook sterk afhankelijk van de fase van de lactatie waarin de koe zich bevindt. Een individueel automatisch voersysteem biedt hiervoor de ultieme oplossing. In de toekomst is het mogelijk het voer beter op het vee af te stemmen, waardoor de koeien optimaal kunnen presteren.

Ik wil mijn begeleider Hanneke Pompe bedanken voor de wijze raad en de steun die ze heeft gegeven bij het werken aan dit project. Ik wens u veel plezier met het doorlezen van dit verslag.

Wageningen, augustus 2010

Henri van den Boomen

Samenvatting

De kostprijs van melk is onder andere afhankelijk van de arbeidsproductiviteit op het bedrijf en de efficiëntie van het omzetten van het voer tot het eindproduct melk, deze kunnen verhoogd worden automatisch en individueel te voeren. Een simulatiemodel kan de capaciteit van een automatisch en individueel voersysteem bepalen. Hiervoor is onder andere de voeropnamesnelheid belangrijk. De voeropnamesnelheid van melkvee in het simulatiemodel van een melkveebedrijf is op dit moment gegeven als constante van de koeien door de gemiddelde voeropname per dag te delen door de gemiddelde voeropnametijd per dag. De doelstelling was om de voeropnamesnelheid in het simulatiemodel aan te passen, zodat de berekening van de voeropname in het model de werkelijkheid benadert.

De voeropname en de voeropnamesnelheid zijn afhankelijk van de factoren lactatiedag, melkproductie, pariteit, voerstrategie en voersoort. Er is ook een verband in het verloop van de voeropnamesnelheid en de voeropname. De voeropname neemt sterk toe in de eerste 100 dagen van de lactatie, daarna neemt deze licht af. Dit komt vooral door een toename van de voeropnametijd. Bij een hoger productie niveau is er een kleine toename in de voeropname en voeropnamesnelheid. Oudere koeien hebben gemiddeld een hogere voeropname en voeropnamesnelheid dan vaarzen, dit was grotendeels veroorzaakt door grotere maaltijden. De voeropnamesnelheid is lager bij het opnemen van structuurrijk voer en hoger bij het opnemen van thermisch en geperst verwerkte voersoorten. De voeropnamesnelheid van ruwvoer is lager bij het voeren van een krachtvoerrijk rantsoen.

Met een data-analyse op de, in een eerder onderzoek verzamelde, gegevens van de voeropname en de voeropnametijd van het automatisch individueel voersysteem de Lely Atlantis is de voeropnamesnelheid van twee voersystemen bepaald: individueel voeren en het voeren van een Total mixed ration (TMR) rantsoen. Hierbij is een functie afhankelijk van de voeropnametijd is vergeleken met de gemiddelde voeropnamesnelheid. Het verloop van de voeropnamesnelheid is vervolgens opgenomen in het discrete simulatiemodel dat opgesteld is voor deze situatie. De voeropname in het simulatiemodel is getoetst met de werkelijke voeropname.

Bij een korte voeropnametijd zijn er hoge waarden voor de voeropnamesnelheid gemeten met sterke spreiding en bij een hogere voeropnametijd een gemiddeld lagere voeropnamesnelheid met weinig spreiding. De gemiddelde voeropnamesnelheid bij individueel voeren ($1,097 \cdot 10^{-3}$ VE/sec) was hoger dan de gemiddelde voeropnamesnelheid bij TMR ($0,882 \cdot 10^{-3}$ VE/sec). De voeropnamesnelheid heb ik benaderd met een functie afhankelijk van de voeropnametijd:

- $3,79 \cdot \text{voeropnametijd}^{-0.287}$ VE/sec voor individueel voeren

- $3,36 \cdot \text{voeropnametijd}^{-0.278}$ VE/sec voor TMR voeren.

De voeropnamesnelheid afhankelijk van de voeropnametijd benaderde de werkelijke voeropname/dag per koe het best benaderde als er gekeken werd naar het gemiddelde en de standaardafwijking voor behandeling 1 en de regressie-analyse en voor behandeling 1. De gemiddelde voeropnamesnelheid benaderde de werkelijke voeropname/dag per koe het best als er gekeken werd naar de Regressie-analyse en de Kleijnen's test voor beide behandelingen en het gemiddelde en de standaardafwijking voor behandeling 2. Per situatie was de optimale voeropnamesnelheid verschillend. De verdeling van de voeropnametijd speelde daarin een cruciale rol. Bovendien was de spreiding van de voeropnamesnelheid bij een lage voeropnametijd veel hoger dan bij een hoge voeropnametijd. Dit vereist een andere manier van het genereren van zowel de voeropnametijd als de voeropnamesnelheid, waarbij deze afhankelijk is van meerdere factoren.

Inhoudsopgave

Voorwoord	4
Samenvatting	5
Inhoudsopgave	6
1 Inleiding.....	7
1.1 Probleemstelling	7
1.2 Doelstelling	7
1.3 Vraagstelling.....	7
1.4 Afbakening	8
1.5 Aanpak	8
1.6 Indeling verslag.....	8
2 Literatuur.....	9
2.1 Modelbeschrijving	9
2.2 Pariteit, melkproductieniveau & lactatiestadium	11
2.3 Voeropnamesnelheid per voersoort.....	15
2.4 Voeropnamesnelheid afhankelijk van voermethode	16
2.5 Samenvatting literatuur	16
3 Materialen en methoden	17
3.1 Experiment layout	17
3.2 Atlantis voersysteem	19
3.3 Rantsoengegevens	21
3.4 Metingen en data verzameld door Atlantis.....	22
3.5 Berekeningen & dataverwerking op Atlantisdata.....	22
3.6 Aanpassing simulatiemodel	24
3.7 Toets modeluitkomsten.....	26
4 Resultaten	28
4.1 Systeemanalyse.....	28
4.2 Bepalen voeropnamesnelheid	29
4.3 Vergelijking data-analyse met literatuur	32
4.4 Simulatiemodel	32
4.5 Modeltoets	33
5 Discussie.....	37
6 Conclusie.....	38
7 Aanbevelingen.....	39
8 Referenties	40
9 Bijlagen	41
9.1 Bijlage 1: Begrippenlijst	41
9.2 Bijlage 2: Simulatiemodel	42
9.3 Bijlage 3: Grafieken	44

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

De kostprijs van melk is zeer belangrijk voor melkveehouders, zeker met het mogelijk verdwijnen van het melkquotum in het verschiet. Bij groei zal er een keuze gemaakt moeten worden tussen automatiseren of werken met personeel (Zijlstra *et al.*, 2008). Hierdoor staat de melkprijs voor de boeren sterk onder druk. Individueel voeren van melkkoeien verhoogt de efficiëntie van de omzettingen van het voer tot eindproduct. Individueel voeren zorgt ervoor dat de productie per koe bij iedere koe zo wordt afgestemd dat er per koe het hoogste economische saldo gedraaid kan worden. Het hoogste economische saldo is niet alleen afhankelijk van het verschil tussen input en output: opbrengsten van melk min de kosten van voer. Maar de samenstelling van het voer en de voermethode zijn ook belangrijk voor de koegezondheid, vruchtbaarheid en dierwelzijn. Arbeidskosten maken een belangrijk deel uit van de kostprijs: ca. 36% voor een gangbaar bedrijf en ca. 21 % op een hoog technologisch bedrijf (Evers, 2007). Automatisch voeren is ook een goede manier om de arbeidsproductiviteit te verhogen. Hiervoor is er sinds 2003 een automatisch individueel voersysteem in gebruik op proefboerderij de Waiboerhoeve in Lelystad.

Nieuwenhuizen (2003) heeft een discreet simulatiemodel in het computerprogramma Enterprise Dynamics ontwikkeld van een ligboxenstal met functionele ruimten waartussen dieren kunnen bewegen. Met behulp van de discrete simulatiesoftware is het bijvoorbeeld mogelijk om de benodigde capaciteit voor een automatisch melk- en voersysteem te bepalen. Het model is aangepast door Alders (2006) voor de situatie van het proefbedrijf de Waiboerhoeve, waar een automatisch individueel voersysteem in gebruik is geweest. Hiervoor heeft hij ook de tijdsbesteding van de melkkoeien voor diverse activiteiten op basis van observaties aangepast. Zo zijn ook de voeropnametijden aangepast, maar zijn er geen wijzigingen aangebracht in de voeropnamesnelheid. Hierdoor wijkt de schatting van de voeropname in het simulatiemodel op dit moment af van de gemeten voeropname, zoals beschreven in de aanbevelingen van Alders (2006).

De voeropname is belangrijk om de capaciteit van het systeem te bepalen. De voeropname in het simulatiemodel is afhankelijk van een voeropnamesnelheid en tijd. De voeropnamesnelheid is berekend door de totale voeropname te delen door de totale voeropnametijd/dag per koe. Deze is dus voor alle koeien gelijk (Nieuwenhuizen, 2003). De vraag is of er factoren zijn die variatie geven in de voeropnamesnelheid. De verwachting is dat de voeropnamesnelheid afhankelijk is van factoren zoals de voeropnametijd en van koegebonden factoren zoals lactatiestadium en pariteit.

1.2 Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is om de gesimuleerde voeropname zo goed mogelijk de werkelijke voeropname te laten benaderen door de voeropnamesnelheid in het simulatiemodel aan te passen.

1.3 Vraagstelling

Hoofdvraag:

- Wat is de voeropnamesnelheid bij melkvee?

Onderzoeksvragen:

1. Welke factoren hebben invloed op de voeropnamesnelheid?
2. In welke vergelijking kan ik de voeropnamesnelheid uitdrukken?
3. Wat is de invloed van individueel voeren in vergelijking met TMR voeren met een individueel voersysteem op de voeropnamesnelheid?
4. Welke invloed heeft een variabele voeropnamesnelheid op de resultaten van het discreet simulatiemodel?

1.4 Afbakening

De data die gebruikt is voor mijn onderzoek is in een eerder onderzoek (Alders, 2006) verzameld. Experiment 3 is uitgevoerd aan het voerhek, hierdoor is er geen informatie beschikbaar over de voeropnamesnelheid van de koeien. Alleen voor de behandelingen met het automatisch precisie voersysteem, behandeling één en twee, is de voeropnamesnelheid geregistreerd en deze is in dit onderzoek gebruikt om het verband tussen de voeropnamesnelheid en andere factoren te bepalen. De voeropnamesnelheid is afhankelijk van meerdere factoren, echter om de berekeningen in het model eenvoudig te houden is er gekozen om de voeropnamesnelheid alleen afhankelijk van de voeropnametijd per behandeling te onderzoeken.

1.5 Aanpak

Om de factoren die de vreetsnelheid en voeropname bij melkvee beïnvloeden te vinden heb ik een literatuuronderzoek uitgevoerd. Ik heb de gegevens van de voeropname en voeropnametijden, die verzameld zijn tijdens het onderzoek van Alders (2006) geanalyseerd. Deze gegevens waren gesorteerd in twee voermethodes: TMR en individueel voeren met de Lely Atlantis. De verschillen tussen deze methodes heb ik vergeleken. Met behulp van deze informatie heb ik een vergelijking opgesteld om de voeropnamesnelheid uit te drukken. De constante voeropnamesnelheid in het discrete simulatiemodel heb ik vervangen door deze vergelijking van de voeropnamesnelheid. De gesimuleerde voeropname in het discrete simulatiemodel met de aangepaste voeropnamesnelheid heb ik getoetst aan de gegevens van de voeropname uit de data-analyse.

1.6 Indeling verslag

Het verslag is opgebouwd volgens de standaard wetenschappelijke indeling. De samenvatting bevat een overzicht van de belangrijkste stappen die tijdens het onderzoek gebeurd zijn. In het voorwoord wordt de context van het onderzoek toegelicht en de inleiding geeft een overzicht van de belangrijkste vragen en de opzet van het onderzoek.

In hoofdstuk 2 staat een overzicht van de belangrijkste literatuur die gebruikt is voor dit verslag. Dit bestaat uit achtergrondinformatie over de voeropnamesnelheid en voeropname van melkvee en de kennis die nodig was voor het uitvoeren van het onderzoek.

In hoofdstuk 3 staan de materialen en methoden die gebruikt zijn om het onderzoek uit te voeren. De gegevens over de voeropnamesnelheid zijn verzameld in de High-techstal aan de hand van twee experimenten, waarbij ook gekeken is naar het gebruik van de verschillende faciliteiten. Ook staat in dit hoofdstuk de werking van het automatisch individueel Atlantis-voersysteem en de opzet van de experimenten. De data is gevalideerd en gekalibreerd voor het simulatiemodel van het precisievoersysteem in Enterprise Dynamics (ED).

In hoofdstuk 4 zijn de resultaten van de experimenten besproken en hier zijn ook de voeropnamesnelheid van de verschillende methoden bepaald. Vervolgens zijn deze gegevens verwerkt in het discrete simulatiemodel.

Hoofdstuk 5 bevat de discussie van de resultaten. De verdere mogelijkheden in het werkveld van veehouderijsystemen, in het bijzonder voersystemen zijn hier verder uitgelicht en besproken.

Vervolgens staat in hoofdstuk 6 de uiteindelijke conclusie van het verslag. In het laatste hoofdstuk staan de mogelijkheden voor verder onderzoek op het gebied van voersystemen en voerstrategieën voor melkvee.

2 Literatuur

Tijdens de literatuurstudie heb ik gebruik gemaakt van verschillende methoden om kennis over de voeropname en de achtergrond daarvan te verzamelen.

Allereerst heb ik gekeken naar de context van het onderzoek. Wat zijn de onderdelen van het simulatiemodel en welke aannames zijn hiervoor gemaakt vanuit afstudeerverslagen (Nieuwenhuizen, 2003; Alders, 2006). Verder heb ik via google scholar, web of science en Scopus en met behulp van de categorie 'animal nutrition' gezocht naar trefwoorden 'feed intake speed' of 'feed intake rate' samen met 'dairy cows'. Verder heb ik aan de hand van de auteurs die ik via deze zoekopdrachten en in de opgespoorde artikelen gevonden heb, verder gezocht in de databases van de WUR-library en in de elektronische versie van de tijdschriften zoals 'Dairy Science' en 'Livestock Science'.

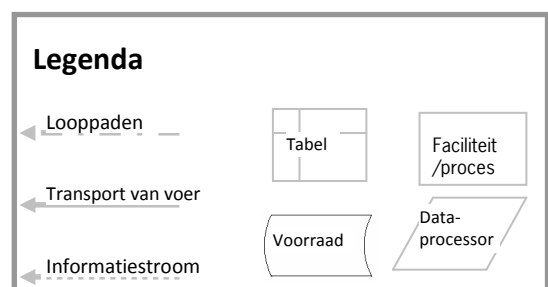
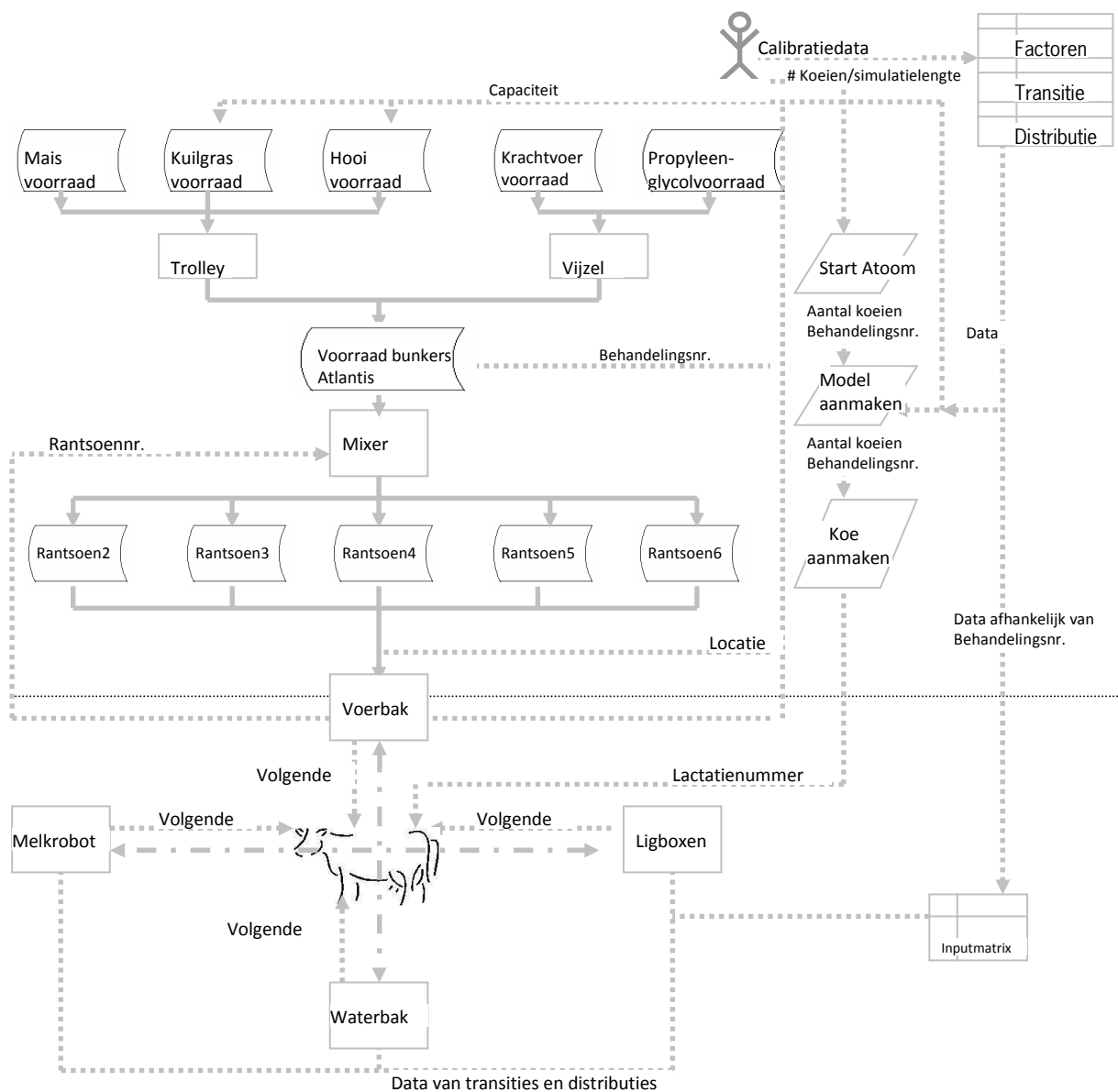
Aan de hand van verschillende literatuur staat in dit hoofdstuk beschreven hoe de voeropnamesnelheid en voeropname afhankelijk zijn van verschillende factoren.

2.1 Modelbeschrijving

Vanuit de probleemstelling heb ik eerst gekeken naar de structuur die zich achter de voeropname bij melkveehouderijsystemen bevindt. Deze structuur is opgebouwd uit verschillende componenten die met elkaar verbonden zijn via stromen. Stelwagen (2008) heeft een schematisch overzicht gemaakt van de componenten en processen die in het discrete simulatiemodel voorkomen. De componenten in het overzicht zijn tabellen, faciliteiten/processen, voorraden en dataprocessors. De stromen zijn verplaatsingen van de koeien, transport van voer en overdracht van gegevens. Op de volgende pagina is te zien wat de verbanden zijn tussen de verschillende onderdelen in het systeem (figuur 2.1.1).

De tabellen zijn bedoeld om gegevens met achtergrondinformatie in op te slaan. De gegevens die de faciliteiten en processen nodig hebben vraagt het programma op uit de tabellen en slaan deze op als ze wijzigen. Ook zijn er tabellen waarin de resultaten van de simulaties worden opgeslagen. Het transport- en verwerkingssysteem van het voer neemt het grootste deel van het schema in en is een zeer belangrijk subsysteem van het systeem. De bedrijfsleider of één van de medewerkers transporteert het voer vanuit de verschillende bronnen naar de silo's. Een trolley transporteert het voer van de silo's naar de mixer, die het voer aan de hand van gegevens over de koeien een individueel rantsoen samenstelt.

Het onderste deel van het schema bestaat uit het beweegschema van de koe die via de looppaden de verschillende objecten kan bezoeken. Deze zijn toegelicht in paragraaf 3.4.



Figuur 2.1.1 Schematisch overzicht van het simulatiemodel van een melkveebedrijf met verschillende componenten en processen, versie november 2008 (Stelwagen, 2008).

Onderdeel van het complete systeem is het onderdeel waar het verdere rapport over geschreven is het voeropnamesysteem. De voeropnamesnelheid is in het huidige simulatiemodel constant en gelijk voor alle koeien en gegeven als eigenschap van de koeien (Nieuwenhuizen, 2003). De voeropnamesnelheid en de voeropnametijd hebben invloed op de voeropname:

$$Vos = VOC / T_v \quad (2.1.1)$$

Vos = Voeropnamesnelheid van melkvee [VE*/sec]

VOC = Voeropnamecapaciteit van melkvee [VE/dag per koe]

T_v = Voeropnametijd [sec/dag per koe]

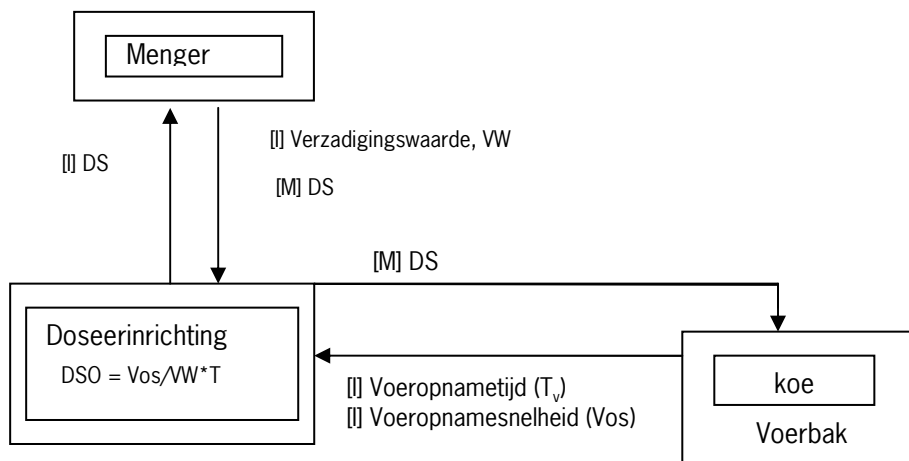
* VE = Verzadigingseenheden

Nieuwenhuizen heeft de constante voeropnamesnelheid (Vos) bepaald door de gemiddelde voeropnamecapaciteit (VOC) te delen door de gemiddelde voeropnametijd (T_v) aan de hand van de gegevens uit zijn onderzoek (Nieuwenhuizen, 2003):

$Vos = VOC / T_v = 12,11 / 15000 = 0,0008073$ (VE/sec) berekend door Nieuwenhuizen (2003)

Het berekenen van de voeropname bepaalt de capaciteit van de voerrobot en de dagelijkse behoeften voor het klaarzetten van het ruwvoer. Uit de literatuur van Nieuwenhuizen (2003) blijkt dat de volgende onderdelen de voeropname bepalen:

- verzadigingswaarde (VW) per voersoort in verzadigingseenheden per kilogram drogestof (VE/kg DS)
- drogestofgehalte per voersoort in gram drogestof per kilogram product
- voeropnamecapaciteit van de koeien in Verzadigingseenheden
- voeropnamesnelheid van de koeien in Verzadigingseenheden per seconde



Figuur 2.1.2 Informatie- en materiestromen van het voeropnamesysteem in het simulatiemodel van een melkveebedrijf, versie 2003; DS = drogestof; VW = verzadigingswaarde; Vos = voeropnamesnelheid; [M] = materie; [I] = Informatie (Nieuwenhuizen, 2003).

De voerbak is het sleutelpunt van de interactie tussen twee subsystemen: de looproute van de koe en het transportsysteem van voer. Deze interactie is gevisualiseerd in figuur 2.1.1. De doseerinrichting in de voerbak stuurt de opname van voer aan met de gegevens van de verzadigingswaarde, de voeropnametijd en de voeropnamesnelheid. De menger doseert het voer die de doseerinrichting heeft samengesteld en deze transporteert deze naar de doseerinrichting die de gewenste hoeveelheid toedient aan de koe.

2.2 Pariteit, melkproductieniveau & lactatiestadium

In het koemodel 2002 (Zom, 2002) zijn formules opgesteld om het voeropnamepatroon van melkvee gedurende de lactatie uit te kunnen rekenen. De drogestofopname [kg Ds/dag per koe]

is berekend door de voeropnamecapaciteit te delen door de verzadigingswaarde van het rantsoen:

$$DSO = \frac{VOC}{VW} \quad (2.1.2)$$

DSO = drogestofopname [kg DS/dag per koe]

VOC = Voeropnamecapaciteit [VE/dag per koe]

VW = Verzadigingswaarde [VE/kg DS]

De voeropnamecapaciteit van de individuele koe is berekend met een formule met het lactatienummer (pariteit), de lactatiedag en de drachtdag als parameters. Berekening van de voeropnamecapaciteit voor melkvee (Zom, 2002):

$$VOC = \left[\left[8,0838 + 3,2956(1 - e^{-1,258 \cdot nr_i}) \right] \cdot e^{0,3983 \cdot e^{-0,05341 \cdot d_i}} \right] \cdot \left(1 - 0,06907 \cdot \left(\frac{d_d}{220} \right) \right) \quad (2.1.3)$$

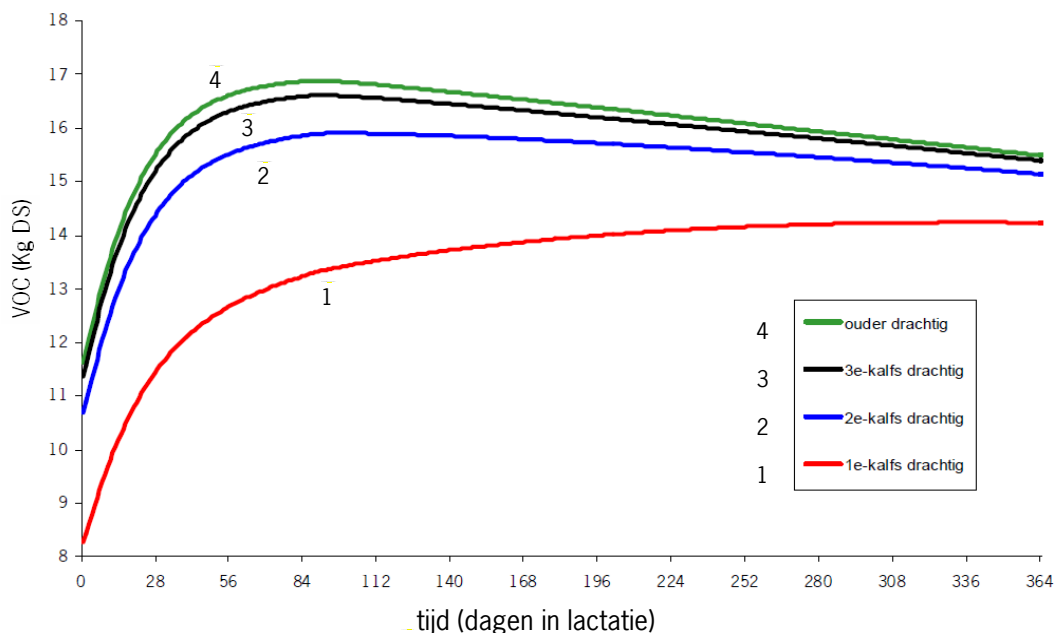
VOC = Voeropnamecapaciteit [VE/dag per koe]

nr_i = lactatienummer [nr.]

d_i = lactatiedag [dag]

d_d = drachtdag [dag]

De resultaten van deze formule zijn te zien in grafiek 2.1.1 voor drachtige koeien en de grafiek in de bijlage voor guste koeien (bijlage 9.3). In het begin van de lactatie heeft een koe moeite om grote hoeveelheden voer op te nemen. Daarom is de voeropnamecapaciteit (VOC) in het begin van de lactatie lager. Als een koe drachtig is daalt de VOC.



Grafiek 2.1.1 Voeropnamecapaciteit voor drachtige koeien voor verschillende pariteiten: de eerste (1), tweede (2), derde (3) lactatie en ouder (4) berekend volgens Zom met behulp van vergelijking 2.1.3 (Zom, 2002).

De verzadigingswaarde VW verschilt per voersoort. Deze zijn berekend met de volgende formules:

$$VW_{\text{kuilgras}} = e^{-1,613} \cdot 10^{-3}(DS - 45) + 9,91 \cdot 10^{-5}(DS - 45)^2 - 3,321 \cdot 10^{-4}(Re - 170) + 1,551 \cdot 10^{-3}(RC - 240) \quad (2.1.4)$$

$$VW_{\text{snijmaïs}} = e^{-2,1658} \cdot 10^{-1} - 2,737 \cdot 10^{-3}(DS - 33) + 2,962 \cdot 10^{-3}(DS - 33)^2 - 5,59 \cdot 10^{-4}(VOS - 695) \quad (2.1.5)$$

$$VW_{\text{krachtvoer}} = e^{-1,1483} + 1,335 \cdot 10^{-3}(RC - 140) \quad (2.1.6)$$

VW = Verzadigingswaarde [verzadigingseenheden/ kg DS]

DS = Drogestofpercentage [% DS]

VOS = Verteerbare organische stof [g/kg DS]

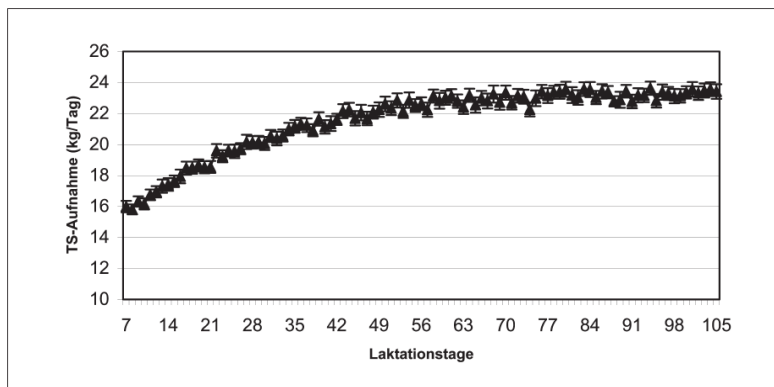
Re = Ruw eiwit in [g/kg DS]

RC = Ruwe celstof [g/kg DS]

Verzadigingswaarde van de gebruikte voersoorten als functie van het drogestofpercentage, de verteerbare organische stof, ruw eiwit en ruwe celstof (Zom, 2002).

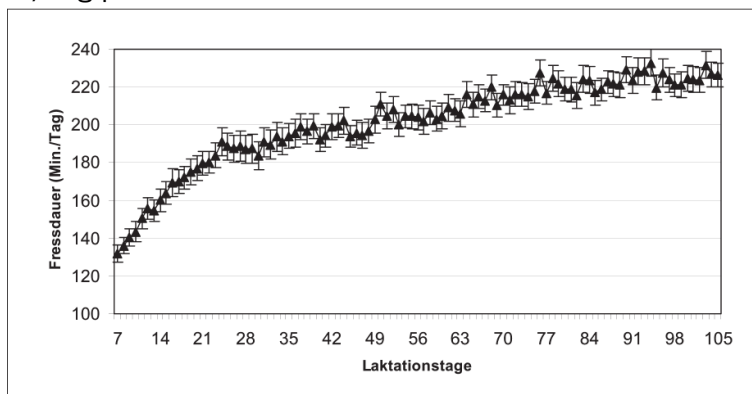
Voor het berekenen van de verzadigingswaarde van hooi is de vergelijking van kuilgras gebruikt en voor het berekenen van de verzadigingswaarde voor de mineralenmix is de vergelijking van krachtvoer gebruikt.

Kaufmann (2007) heeft het verloop van de voeropname voor de eerste 105 dagen van de lactatie onderzocht. Het gemiddeld aantal bezoeken van melkkoeien aan een voerbak met gewichtsbepaling van de 7^e tot en met de 105^e lactatiedag was 32,07 keer per dag. De gemiddelde bezoeksduur was 6,79 minuten per bezoek. De totale voeropnametijd per dag was 201,42 minuten.



Grafiek 2.1.2 Drogestofopname [kg/dag per koe] (gemiddelde en standaardafwijking) van de 7^e tot en met de 105^e lactatiedag met weegbakken en dierherkenning (Kaufmann, 2007).

In het begin van de lactatie was de voeropname gemiddeld ca. 15,5 kg DS/dag per koe, in de vierde week van de lactatie was deze ca. 20 kg DS/dag per koe. Van week vijf tot en met tien nam de drogestofopname toe naar een gemiddelde van ca. 23,5 kg DS/dag per koe. Deze bleef constant tot de 105^e lactatiedag. De dagelijkse drogestofopname was gemiddeld ca. 21,58 kg DS/dag per koe.



Grafiek 2.1.3 Totale voeropnametijd [Min/dag per koe] (gemiddelde en standaardafwijking) van de 7^e tot en met de 105^e lactatiedag met weegbakken en dierherkenning (Kaufmann, 2007).

Er was een toename van de voeropnametijd in de loop van de lactatie; in de eerste vier weken was er een steiging van ongeveer ca. 130 naar ca. 180 minuten per dag, van week vijf tot en met week tien steeg deze naar ca. 210 minuten per dag. Deze steeg tot ca. 230 minuten op de 105^e lactatiedag.

Een hoge voeropname is essentieel om een hoge melkproductie, vooral in het begin van de lactatie te handhaven. Het onderzoek van Azizi *et al.* (2009) legde de nadruk op de drogestofopname van de koeien door de samenstelling van voedermiddelen te veranderen. De drogestofopname van de koeien was daarnaast afhankelijk van factoren, zoals management, gezondheid en sociale interactie. Azizi *et al.* (2009) hadden ook de voeropnamesnelheid (Feeding Rate in tabel 2.2 [DM/min]) van melkvee in verschillende lactatiestadia onderzocht voor koeien in verschillende lactatie en verschillende productiegroepen.

Tabel 2.2 Gemiddeld waarden $\pm$ Standaardafwijking van de voeropnamegedragkenmerken, voeropname (kg/dag) en ECM van melkkoeien (Azizi *et al.*, 2009).

	Primiparous		Multiparous		P-value			
	LP ^a	HP	LM	HM	Parity	Milk yield	Day	Interaction ^b
Cows, no.	13	10	24	23				
ECM ^c	28.44 $\pm$ 0.16	34.31 $\pm$ 0.18	38.70 $\pm$ 0.12	44.49 $\pm$ 0.12	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Meal frequency	8.74 $\pm$ 0.28	8.59 $\pm$ 0.32	7.49 $\pm$ 0.21	7.21 $\pm$ 0.21	<0.001	0.47	<0.001	<0.001
Meal duration (min/meal)	36.97 $\pm$ 2.25	36.87 $\pm$ 2.56	38.48 $\pm$ 1.65	35.72 $\pm$ 1.69	0.711	0.499	<0.001	0.784
Daily Mealtime (min/day)	300.85 $\pm$ 15.03	298.60 $\pm$ 17.14	271.97 $\pm$ 11.06	244.62 $\pm$ 11.30	<0.001	0.23	<0.001	0.21
Meal size (kg/meal)	2.24 $\pm$ 0.11	2.35 $\pm$ 0.12	3.15 $\pm$ 0.07	3.42 $\pm$ 0.08	<0.001	0.04	<0.001	0.02
Daily DMI (kg/day)	18.28 $\pm$ 0.50	19.08 $\pm$ 0.57	22.27 $\pm$ 0.37	23.44 $\pm$ 0.38	<0.001	0.05	<0.001	0.05
Feeding rate (gDM/min)	64.67 $\pm$ 5.26	67.92 $\pm$ 5.99	88.34 $\pm$ 3.87	102.07 $\pm$ 3.95	<0.001	0.04	0.1	0.57

^a LP = laagproductieve vaarzen; HP=Hoogproductieve vaarzen; LM=Laagproductie oudere koeien; HM=Hoogproductieve oudere koeien.

^b Interaction = interactie tussen pariteit en lactatiedag.

^c ECM = energie-gecorrigeerde melk (kg/dag).

De dagelijkse voeropnametijd (Daily Mealtime) van vaarzen was Ca. 40 minuten hoger dan van oudere koeien (299,72 VS 258,30, $p < 0,001$). De voeropname per bezoek (Meal size) van de oudere dieren was Ca. 1,0 kg DS meer dan van de vaarzen (2,30 VS 3,28, $P < 0,001$). De dagelijkse drogestofopname (Daily DMI) van hoogproductieve oudere dieren (HM) was Ca. 5,16 kg DS hoger dan van de laag productieve vaarzen (23.44 VS 18,28, $P < 0,01$). De voeropnamesnelheid (Feeding rate) van oudere koeien was ca. 30 g DM/min hoger dan de voeropnamesnelheid van de vaarzen (95,06 VS 66,09, $P < 0,001$). Deze was beperkt afhankelijk van productieniveau bij oudere koeien (88,34 VS $\pm$ 102,07, $p = 0,04$). De vaarzen hadden een hogere maaltijdfrequentie (Meal frequency) dan de oudere koeien (8,66 VS 7,35). Er was een toename van de maaltijdduur (Meal duration) van ongeveer 50 minuten van alle groepen gedurende de beginfase van de lactatie (dit is niet af te lezen in de tabel). De voeropnamesnelheid bleef ongeveer gelijk gedurende de lactatie voor alle productiegroepen. Pariteit, melkproductie en lactatiedag hadden een significante invloed op verschillende eigenschappen van voeropnamegedrag en voeropname.

2.3 Voeropnamesnelheid per voersoort

In algemene zin kan gesteld worden dat de voeropnamesnelheid verschilt per voersoort. Phillips (2002) noemt verschillende factoren die het verschil in voeropnamesnelheid veroorzaken: het niveau van conservering en het aandeel vezels in het voer.

Melkkoeien kunnen geconserveerde producten sneller opnemen, omdat tijdens het productieproces het voer van samenstelling verandert, waardoor het verteringsstelsel de producten makkelijker op kan nemen. Slecht samenhangende brok of meel kan minder snel opgenomen worden omdat de deeltjes met speeksel gemengd moeten zijn om deze door te slikken. Voer met een hoge pH kan sneller opgenomen worden. pH-receptoren in de tong controleren de vertering. Extreem zoute en bittere voersoorten vertragen de voeropname, ondanks dat een beperkte hoeveelheid zout de smakelijkheid en daarmee de voeropnamesnelheid verhoogt.

Ingekuild ruwvoer is vaak vezelrijker dan gras in de wei of krachtvoer en het dier zal meer gaan herkauwen om de voedingsstoffen om te zetten in door het lichaam op te nemen stoffen. In tabel 2.3 staan de verschillende snelheden van voeropname (voeropnamesnelheid) zoals die gelden voor verschillende voersoorten (Voercomponent).

Tabel 2.3 voeropnamesnelheid per voercomponent (Phillips, 2002).

<i>Voercomponent</i>	<i>Voeropnamesnelheid (g DS /min)</i>
Haverstro	20
Hooi	30
Kuilgras	45
Grasbrok	80
Krachtvoer meel	250
Krachtvoer brok	400

Koeien zijn selectief als ze voer opnemen, bij geconserveerd voer gold dat minder dan bij grazen. Dit deden ze op basis van de geur en smaak. Voer dat 'gemerkt' was met speeksel van andere koeien werd vermeden. Het toevoegen van supplementen om de voedingswaarde van het voer te verhogen had ook een effect op de voeropnamesnelheid. Als deze in kleine hoeveelheden werd toegediend steeg de voeropnamesnelheid, bij het toevoegen van grote hoeveelheden supplementen daalde de voeropnamesnelheid. De hoge voeropnamesnelheid van krachtvoer kwam vooral tot stand door een hoge hapgrootte. De hapsnelheid was laag bij het opnemen van ruwvoer (15 beten per minuut), er werden echter veel kauwbewegingen gemaakt om het voer te herkauwen (60 beten per minuut).

2.4 Voeropnamesnelheid afhankelijk van voermethode

In het onderzoek van Bach *et al.* (2007) zijn de verschillen in voeropnamegedrag tussen een groep met een hoge hoeveelheid krachtvoer vergeleken met een groep met een laag aandeel krachtvoer in het rantsoen. Bij de groep die een hoog aandeel krachtvoer in het rantsoen gevoerd kreeg was de voeropnamesnelheid aan het voerhek lager. Daarnaast nam ook de totale voeropnametijd aan het voerhek toe.

Tabel 2.4: Voergedrag aan het voerhek waarbij de koeien 2 verschillende rantsoenen krijgen met een laag (ca. 3 kg/dag) of een hoog (ca. 8 kg/dag) aandeel krachtvoer aan het automatisch melksysteem toegediend krijgen (Bach *et al.*, 2007).

Item	Behandeling		Standaard afwijking	P-waarde
	Laag krachtvoer	Hoog krachtvoer		
Alle koeien				
Totale voeropnametijd (min/dag)	167,8	175,6	5,1	0,28
Voeropnamesnelheid (gram DS/min)	113,2	80,7	0,2	<0,01
Aantal maaltijden per dag	9,5	10,2	0,2	0,02
Maaltijdduur (min)	17,1	17,2	0,4	0,79
Maaltijdgrootte (kg DS/maaltijd)	1,9	1,4	0,1	<0,01
Niet vastgezette koeien				
Totale voeropnametijd (min/dag)	167,1	177,2	6,4	0,26
Voeropnamesnelheid (gram DS/min)	114,1	82,1	2,6	<0,01
Aantal maaltijden per dag	9,5	9,6	0,2	0,81
Maaltijdduur (min)	17,1	18,3	0,6	0,47
Maaltijdgrootte (kg DS/maaltijd)	2,0	1,6	0,1	0,01

De krachtvoeropname was hoger bij de groep met een hoog aandeel krachtvoer dan bij de groep met het laag aandeel krachtvoer (8,0 VS 3,0). De koeien met een laag aandeel krachtvoer in het rantsoen die vastgezet werden namen meer krachtvoer op ($2,6 \pm 0,03$ kg/d) en meer basisrantsoen ($19,1 \pm 1,3$ kg/d) dan de koeien die niet vastgezet werden (respectievelijk $6,9 \pm 0,03$ en $14,5 \pm 1,1$ kg). Ondanks dat er verschillen waren in de opname van ruwvoer waren de lengtes van de maaltijd ongeveer gelijk aan elkaar. Dus de voeropnamesnelheid was lager bij de koeien met een hoog aandeel krachtvoer in het rantsoen dan bij de koeien met een laag aandeel krachtvoer in het rantsoen.

2.5 Samenvatting literatuur

In de voorbije paragrafen hebben we gezien dat de voeropname en de voeropnamesnelheid afhankelijk zijn van de factoren lactatiedag, melkproductie, pariteit, voerstrategie en type voedermiddel. Er is ook een verband in het verloop van de voeropnamesnelheid en de voeropname. De voeropname neemt sterk toe in de eerste 100 dagen van de lactatie, daarna neemt deze licht af. Dit komt vooral door een toename van de voeropnametijd. Bij een hoger productie niveau is er een kleine toename in de voeropname en voeropnamesnelheid. Oudere koeien hebben gemiddeld een hogere voeropname en voeropnamesnelheid dan vaarzen, dit was grotendeels veroorzaakt door grotere maaltijden. De voeropnamesnelheid is lager bij het opnemen van structuurrijk voer en hoger bij het opnemen van thermisch en geperst verwerkte voersoorten. De voeropnamesnelheid van ruwvoer is lager bij het voeren van een krachtvoerrijk rantsoen.

3 Materialen en methoden

Allereerst is de opzet van de experimenten van Alders (2006) beschreven in paragraaf 3.1 tot en met paragraaf 3.3. De eerste stap van onderzoek was het verzamelen van gegevens over de voeropname en voeropnametijd van melkvee. Dit is uitgevoerd in de High-techstal op de Waiboerhoeve in Lelystad. De gegevens zijn verzameld met het automatisch individueel voersysteem de Lely Atlantis.

In de paragrafen 3.4 tot en met 3.7 staan de stappen die in dit onderzoek uitgevoerd zijn beschreven. Deze gegevens van de voeropname en voeropnamesnelheid zijn in dit onderzoek geanalyseerd en gebruikt om de voeropnamesnelheid in het simulatiemodel te corrigeren. Daarnaast zijn verschillende statistische technieken gebruikt om de simulatie te toetsen aan de hand van de werkelijke situatie.

3.1 Experiment layout

Van 2003 tot en met 2006 zijn er proeven uitgevoerd in de High-techstal op de Waiboerhoeve over het facilitéitgedrag van melkvee in een stal met een automatisch voersysteem en een automatisch melksysteem. Tijdens de experimenten waren er in de High-techstal 74 Fries-Holstein melkkoeien aanwezig. Er waren 60 ligboxen geplaatst in zes rijen van tien ligboxen en voor het uitvoeren van de experimenten waren de koeien opgesplitst in drie groepen: de observatiegroep (1), groep 2 (2) en de droge koeien (3) zie figuur 3.1.

Voor het bepalen van de voeropnamesnelheid zijn er gegevens over de voeropnametijd en de opgenomen hoeveelheid voer per koe nodig. De gegevens zijn verzameld met behulp van het Atlantis voersysteem. Dit is gedaan voor de drie behandelingen:

Tabel 3.1.1 De 3 behandelingen tijdens het onderzoek van Alders

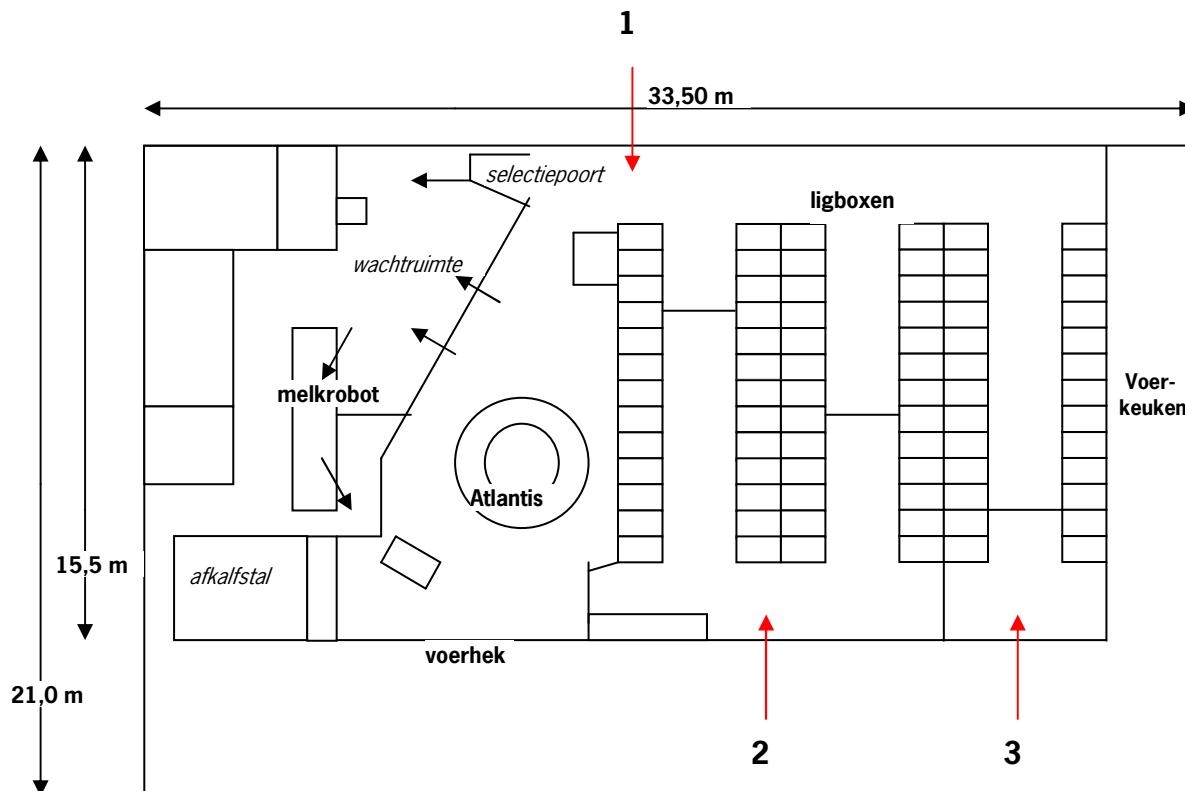
Behandeling	Datum	Voersysteem	Rantsoen
1	30-11-2005 tot en met 03-12-2005	Atlantis-voersysteem	Individueel rantsoen
2	14-12-2005 tot en met 17-12-2005	Atlantis-voersysteem	TMR
3	04-01-2006 tot en met 07-01-2006	Voerhek	TMR

De observatiegroep (groep 1 in figuur 3.1) bestond uit 40 koeien die toegang hebben tot het Atlantis-voersysteem. Deze hebben de beschikking over 34 ligboxen. Uit de groep van 40 koeien waren 10 koeien geselecteerd die geobserveerd waren.

Tabel 3.1.2 Gegevens van de koeien in de observatiegroep, de observatiegroep is gebruikt bij het bepalen van de voeropnamesnelheid per lactatiegroep.

KoeNr.	RantsoenNr.	LactatieNr.	dagen	Lactatiestadium	Karakter
1846	2	5	44	Begin	Sloom
2288	4	3	259	Einde	Dominant
2306	2	4	43	Begin	Dominant
2558	2	3	18	Begin	Neutraal
3516	5	2	226	Einde	Neutraal
3541	3	2	112	Midden	Neutraal
3596	4	1	212	Einde	Sloom
3633	2	1	29	Begin	Neutraal
3637	2	1	43	Begin	Neutraal
7444	5	2	218	Einde	Neutraal

De observatie was gebruikt om de tijdsbesteding van de koeien aan de verschillende faciliteiten in het simulatiemodel te integreren (Alders, 2006). De koeien zijn gemolken door twee melkrobots, één voor de experimentgroep (aangegeven met een 1 in de tekening) en één voor de overige koeien (aangegeven met een 2 in de tekening). De laatste melkrobot was alleen geplaatst om de experimenten afzonderlijk te laten verlopen.



Figuur 3.1 Plattegrond van de High-tech stal, met gedeelte van de stal waar de observatiegroep (1), groep 2 (2) en de droge koeien (3) gehuisvest waren (Alders, 2006).

3.2 Atlantis voersysteem

Meerdere malen per dag vers bereid eten is voor de gemiddelde mens in Nederland een vanzelfsprekendheid. Met de Lely Atlantis is het ook voor melkkoeien mogelijk. Het Lely Atlantis voersysteem is een innovatieve voerrobot die melkvee individueel kan voeren met beperkte inzet van arbeid. Dit gebeurde automatisch en er kon per koe een uniek rantsoen samengesteld worden afhankelijk van de behoefte voor productie en onderhoud. Het principe van het Atlantis voersysteem is te vergelijken met de krachtvoercomputer die gebruikt werd om melkvee individueel van krachtvoer te voorzien. In het Atlantis-voersysteem kregen de koeien echter een compleet rantsoen toegediend in plaats van alleen krachtvoer. Het belangrijkste voordeel van deze noviteit waren de lage arbeidskosten voor voeren.

Op het High-techbedrijf de Waiboerhoeve in Lelystad was het voersysteem opgesteld om ervaringen uit de praktijk op te doen en gegevens te verzamelen over specifieke kenmerken van het automatisch voeren. De doelstelling van het High-techbedrijf was om de hoogst mogelijke arbeidsproductiviteit te krijgen met een lage kostprijs. Hierbij hoorde een hoge graad van automatisering.



Figuur 3.2.1 Het automatisch individueel voersysteem Lely Atlantis.

Het Atlantis-voersysteem op de Waiboerhoeve had 16 voeropnameplaatsen die in een cirkel gemonteerd staan. De voerbakken waren op verschillende hoogtes geplaatst, zodat de ruimte zo efficiënt mogelijk is benut: 8 bakken net boven de grond en 8 bakken op een halve meter hoogte. Dit is een kleine hoeveelheid omdat het systeem het voer in kleine porties verstrekt.

Het voersysteem herkende de koeien met een sensor aan de hand van de transponder die om de nek van de koe hangt. Vervolgens bepaalde het voersysteem het rantsoen voor de koe, zoals die vooraf ingegeven was. Boven de voerbakken waren twaalf voorraadbakken gemonteerd met een inhoud van 150 liter. De voorraadbakken bevatten elk een eigen voersoort, als er van een bepaalde voersoort veel nodig was, kon deze ook in twee voorraadbakken opgeslagen worden.

De voerbakken waren aangesloten aan een mixer die het voer voor iedere koe mengde. Het voersysteem stelde het rantsoen samen door de kleppen onder de voorraadbakken gemonteerd zijn te openen, totdat de mixer aangaf dat hij voldoende voer per voersoort had. Het voer, dat in de voorraadbakken was opgeslagen, kwam uit de voervoorraad.

De voervoorraad was op een andere plek in de stal, kort gelegen bij de sleufsilos. Met behulp van een tractor met kuilvoersnijder vulde de bedrijfsleider de voervoorraad tweemaal per week aan met ruwvoer vanuit de sleufsilos. Daarnaast maakte hij de kuilen open zodat het voer bereikbaar was. Er waren twee manieren om het voer van de voervoorraad en de silos naar de voorraadbakken te transporteren. Een trolley transporteerde het ruwvoer van de voervoorraad naar de voorraadbakken. Een vijzel transporteerde het krachtvoer naar de voorraadbakken. Zodra de voorraadbakken voor krachtvoer bijna leeg was begon de vijzel te draaien en transporteerde het voer van de krachtvoersilo naar de voorraadbakken. Zodra het voersysteem detecteerde dat de voorraadbakken bijna leeg waren ging de trolley naar de voervoorraad. De trolley bepaalde met een ultrasoonsensor waar voldoende voer lag, ging daar naartoe en greep naar het voer. Elke voersoort had zijn eigen plaats in de voervoorraad.

De Atlantis had voor iedere voersoort een aparte bunker. In totaal waren er twaalf bunkers. Deze bunkers waren gedefinieerd in de computer, zodat de trolley wist in welke bunker hij welke voersoort op moest halen. Het voer moest gehakseld zijn, om de verstoppingen in het systeem te voorkomen. Het voersysteem diende het voer in kleine porties aan de koe toe tot een maximum van twee kg in de voerbak aanwezig was. Deze bleef voer verstrekken totdat de koe het voersysteem verliet en de sensor aan de rand van de voerbak geen signaal meer kreeg van de transponder. Om de wachttijd te verkorten kreeg iedere koe die nieuw bij de voerbak aankwam voorrang op koeien die al in een andere voerbak aan het vreten waren. Als een dominante koe een koe wegjaagde, had de dominante koe vijf minuten geen toegang tot de voerbakken.



Figuur 3.2.2 Ligboxen en rail van het trolleysysteem.



Figuur 3.2.3 Het trolleysysteem.

3.3 Rantsoengegevens

Het rantsoen bestond uit de componenten zoals deze opgenomen zijn in tabel 3.3.1. Tijdens behandeling 1 hebben de koeien afhankelijk van het lactatiestadium waarin zij zich bevonden een verschillend rantsoen gevoerd gekregen. Tijdens behandeling 2 kregen alle koeien hetzelfde rantsoen (TMR=Total Mixed Ration).

Tabel 3.3.1 samenstelling van de voorgeprogrammeerde rantsoenen die tijdens de verschillende behandelingen gevoerd zijn in percentage drogestof van het totale rantsoen.

Behandeling Nr.	Lactatiefase dagen	Rantsoen Nr.	Voercomponenten in het rantsoen (%DS)				
			Kuilvoer	Snijmaïs	Hooi	Simplimix	Krachtvoer
1	droogstand	1	31,5	68,5	0,0	0,0	0,0
	0-50	2	21,3	49,2	0,0	12,8	16,8
	51-150	3	42,5	33,0	2,6	11,5	10,4
	151-200	4	69,5	18,3	3,3	5,3	3,6
	>200	5	96,6	0,0	3,4	0,0	0,0
2	TMR		45,1	28,1	2,7	8,0	16,1

Het voer dat de koeien opgenomen hadden, verschilde van het vooraf geprogrammeerde rantsoen. Dit kwam waarschijnlijk door meet- en compositiefouten in het voersysteem.

Tabel 3.3.2 samenstelling van de werkelijk gevoerde rantsoenen tijdens behandeling 1 gevoerd zijn in percentage drogestof van het totale rantsoen. De gegevens van RantsoenNr. 2 tot en met 5 zijn van de 10 koeien in de observatiegroep, het gemiddeld is berekend over de gegevens van alle 40 koeien in de groep van behandeling 1.

Rantsoen Nr.	Voercomponenten in het rantsoen (%DS)				
	Kuilvoer	Snijmaïs	Hooi	Simplimix	Krachtvoer
2	23,1	68,7	1,4	2,7	4,1
3	26,6	61,4	0,7	10,4	0,9
4	34,3	56,1	1,5	5,3	2,8
5	29,3	50,5	1,7	12,2	6,4
gemiddelde	32,4	42,1	1,4	10,7	13,4

3.4 Metingen en data verzameld door Atlantis

Tijdens deze proeven waren onder andere gegevens over de voeropname per voersoort, bezoektijd en de voeropnametijd door de Atlantis verzameld. Het systeem bepaalde de opname van de individuele koe door de voerbakken te wegen. Bij aankomst bij de voerbak was er een begingewicht, met een samenstelling van het rantsoen van de koe die daarvoor in deze voerbak gegeten had. Vervolgens diende de machine het gewenste rantsoen aan de koe toe. De voerbox registreerde vervolgens het restvoer. Het systeem mat eerst de bezoektijd aan de voerbox met een transponder aan de nek van de koeien. Vervolgens telde het systeem de tijd waarop het systeem geen gewicht verloor door opname van de koe en de wachttijd die nodig was voor het samenstellen van de maaltijd van de bezoektijd af.

$$DSO = DSV - DSR_1 + DSR_2 \quad (3.4.1)$$

$$T_v = T_b - T_c \quad (3.4.2)$$

DSO = Drogestofopname [kg DS]

DSV = Voer gevoerd [kg DS]

DSR₁ = Restvoer [kg DS]

DSR₂ = Restvoer vorige koe [kg DS]

T_v = Voeropnametijd [sec]

T_b = Bezoektijd [s]

T_c = Correctietijd, oa bezoeken zonder voeropname [s]

Vergelijking 3.4.1 en 3.4.2: gegevens van de bezoeken aan het Atlantis voersysteem berekend aan de hand van vooraf samengesteld rantsoen: correcties door voerresten en verschil tussen voeropnametijd en bezoektijd.

3.5 Berekeningen & dataverwerking op Atlantisdata

Met behulp van de verzadigingswaarde van het rantsoen is de voeropnamesnelheid in verzadigingswaarde per seconde berekend, deze verschilde per voercomponent. De verzadigingswaarden van de voercomponenten zijn berekend met de vergelijkingen 2.1.4, 2.1.5 en 2.1.6 (zie hoofdstuk 2.1).

Tabel 3.5.3 gegevens van de componenten van het rantsoen, DS = Drogestof percentage, Re = Concentratie ruw eiwit, VOS = Concentratie verteerbare organische stof, VW = Verzadigingswaarde, VE = Verzadigingseenheden.

	DS	Ruw eiwit	Ruwe Celstof	VOS	VW	VW
	%	g/kg DS	g/kg DS	g/kg DS	VE/kg prod	VE/kg DS
Snijmaïs	32,3	71	207	704	0,26	0,83
Kuilvoer	45,0	163	259	682	0,43	1,03
Graszaadhooi	83,0	83	375	0	1,29	1,55
Mineralen	90,0	411	0	0	0,27	0,30
Krachtvoer	89,0	180	100	0	0,26	0,29
Propyleenglycol	90,0	0	0	0	0,24	0,27

De verzadigingswaarde is gebruikt om het opgenomen product om te rekenen van kilogram drogestof naar verzadigingseenheden. De verzadigingswaarde per voercomponent (gras, maïs, hooi en krachtvoer) is vermenigvuldigd met het aantal kilogrammen drogestof die opgenomen zijn door de koeien. Deze zijn opgeteld en zo is de totale verzadigingswaarde per maaltijd berekend.

$$DSO = DSO_{gras} + DSO_{mais} + DSO_{krachtvoer} + DSO_{simplimix} + DSO_{hooi} \quad (3.5.1)$$

DSO = Drogestofopname [VE]

DSO_{gras} = Drogestofopname kuilgras [VE]

DSO_{mais} = Drogestofopname silagemais [VE]

DSO_{krachtvoer} = Drogestofopname krachtvoer [VE]

DSO_{simplimix} = Drogestofopname simplimix [VE]

DSO_{hooi} = Drogestofopname hooi [VE]

De voeropnamen per maaltijd zijn opgeteld tot een totale voeropname door alle melkkoeien over drie dagen (vergelijking 3.5.2). Evenals de duur van alle maaltijden (vergelijking 3.5.3). Deze totale voeropname was gedeeld door de totale voeropnametijd met als resultaat de gemiddelde voeropnamesnelheid over alle voermomenten (vergelijking 3.5.4).

$$\sum DSO = DSO_1 + DSO_2 \dots + DSO \quad (3.5.2)$$

$$\sum T_v (sec) = T_{v1} + T_{v2} \dots + T_{vn} \quad (3.5.3)$$

$$Vos = \sum DSO / \sum T_v \quad (3.5.4)$$

DSO = drogestofopname [VE]

T_v = voeropnametijd [sec]

Vos = voeropnamesnelheid [VE/sec]

De gemiddelde voeropnamesnelheid van de losse maaltijden heb ik ook berekend. Bij een onevenredige verdeling trad een verschil op tussen deze voeropnamesnelheid en de andere manier om de voeropnamesnelheid te berekenen (vergelijking 3.5.5).

$$Vos = \frac{Vos_1 + Vos_2 \dots + Vos_n}{n} \quad (3.5.5)$$

Vos = voeropnamesnelheid [VE/sec]

De gegevens van voeropnamesnelheid plotte ik vervolgens tegen de voeropnametijd. Hierdoor ontstond er een verband dat ik geanalyseerd heb. De lineaire, logaritmische en macht formules zijn vergeleken met het verloop van het verband tussen de voeropnametijd en de voeropnamesnelheid. De uitschieters zijn visueel bepaald met behulp van een grafiekanalyse. Voor de kalibratie zijn gegevens gebruikt over de voeropnamesnelheid van 10 koeien uit de geselecteerde groep van 40 koeien. De kalibratie van de voeropnamesnelheid is in eerste instantie uitgevoerd met een grafiekanalyse en het vergelijken met de gegevens met de empirische data. Het verloop van de voeropnamesnelheid is met behulp van een grafiekanalyse bepaald en met behulp van verschillende trendlijnen van de gegevens omgezet in formules van verschillende soorten. Er was een sterk verschil tussen de twee voeropnamesnelheden, wat duidde op een onevenredig verband tussen de voeropnametijd en de voeropname. Daarom heb ik een Log-correctie uitgevoerd door de logaritme te nemen van de voeropnamesnelheid en die uitgezet tegen de voeropnametijd.

De verschillen in voeropname en voeropnamesnelheid vergeleek ik per lactatiegroep. In behandeling 1 voerden we de koeien per lactatiestadium een verschillend rantsoen zie tabel 3.3.1. In behandeling 2 kregen de koeien een vast rantsoen TMR voorgeschoteld. Behandeling 1 en 2 vergeleek ik door de gegevens over de voeropname en de voeropnamesnelheid naast elkaar te zetten. Voor het berekenen van de voeropnamesnelheid afhankelijk van pariteit en lactatiestadium heb ik de gegevens van de 10 koeien in de observatiegroep (tabel 3.1.2) gebruikt. Bij het berekenen van de verschillen in voeropnamesnelheid tussen de koeien bij verschillende pariteiten en lactatiestadia is het gemiddelde genomen van de voeropnamesnelheid van de koeien per groep.

3.6 Aanpassing simulatiemodel

Het High-techsimulatiemodel was het startpunt van dit onderzoek. Het discrete simulatiemodel in Enterprise Dynamics is geconstrueerd met behulp van de verschillende onderdelen die in het programma beschikbaar zijn om structuren in elkaar te zetten: atomen, labels, producten en bronnen.

Componenten simulatiemodel

Een atoom stuurt processen aan maakt en producten aan.

In een label kunnen gegevens opgeslagen worden zoals de tabel van de voeropname.

Een product is een onderdeel van het programma die van de ene naar de andere plaats getransporteerd kan worden.

Een bron is een voorraad waarin de producten zijn opgeslagen.

Opbouw simulatiemodel

De vaste onderdelen in het model bestaan uit: een Start atoom (1), een automatisch melksysteem (2), het Atlantis-voersysteem (3), de ligboxen (4), de voervoorraad (5) en de voerbronnen, zoals de silo's (6).

- Start atoom

Het Start atoom bestond uit een paneel waar gekozen kan worden welke behandelingsmethode werd gebruikt. Ook kon men de vorm van simulatie kiezen en de snelheid van de simulatie aanpassen met een scrollbalk.

- Automatisch melksysteem

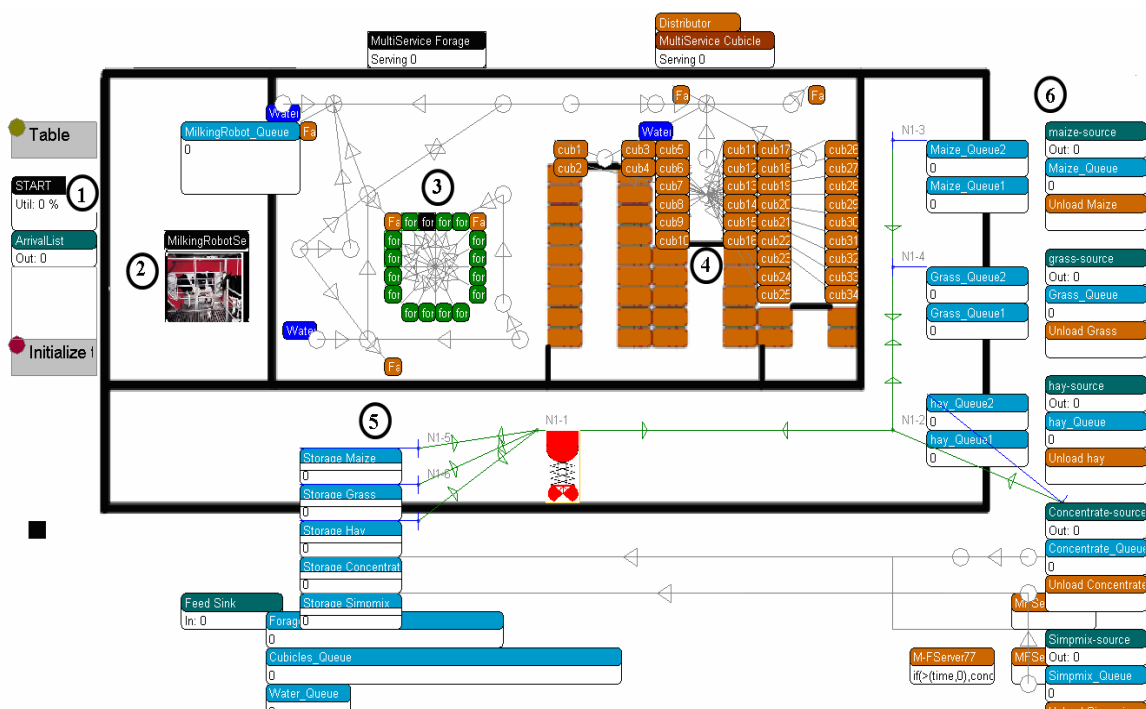
Het automatisch melksysteem waarmee de 40 koeien in experimentgroep gemolken zijn tijdens de proef, is de Lely astronaut.

- Atlantis voerrobot

De Atlantis voerrobot bestaat uit 16 voeropnameplaatsen voor 40 koeien.

- Ligboxen

Er zijn 34 ligboxen voor de 40 koeien in de experimentgroep.



Figuur 3.6 Lay-out van de High-techstal in het simulatiemodel met Start atoom (1), het automatisch melksysteem (2), de Atlantis voerrobot (3), ligboxen (4), voervoorraad (5) en de voerbronnen (6). Versie april 2010.

- Voervoorraad

De voervoorraad bestaat uit verschillende vakken waarin de voersoorten worden neergezet.

- Voerbronnen

De voerbronnen zijn de voersilo's voor ruwvoer die over het erf verspreid zijn. De grijze lijnen geven de positionering van de koeien aan. Bij behandeling 3 wordt niet het Atlantis voersysteem gebruikt maar wordt er gevoerd aan het voerhek, die geplaatst is aan de zijde van de voergang. In het plaatje is dat net boven nummer 5.

We zoomen nu verder in op het model en komen uit bij de elementen waaruit het model is opgebouwd. In het atoom 'Initialize Cows' in 'composition container 327' maakt het simulatieprogramma de koeien aan die het systeem 'doorlopen'. In het discrete simulatiemodel is de voeropname berekend uit de voeropnamesnelheid en de voeropnametijd. Het doel is om de voeropnamesnelheid als functie van de voeropnametijd op te nemen in het model, om de voeropname te bepalen.

In het oude model krijgt iedere koe een label met de eigenschap van een constante voeropnamesnelheid [FeedIntakeSpeed] (vergelijking 3.6.1)

Setlabel([FeedIntakeSpeed],(12.11/(250*60)),i), {ln satiety units/sec! 12.11 is average (3.6.1)
average FIC, 250 mins is average eating duration during a day.)
 $12.11/(250*60) = 8.0733 \text{ E } -4$

De bezoeksduur aan de voerrobot [ForageEatingDur] wordt berekend aan de hand van de random 'functie Betamins' (vergelijking 3.6.2):

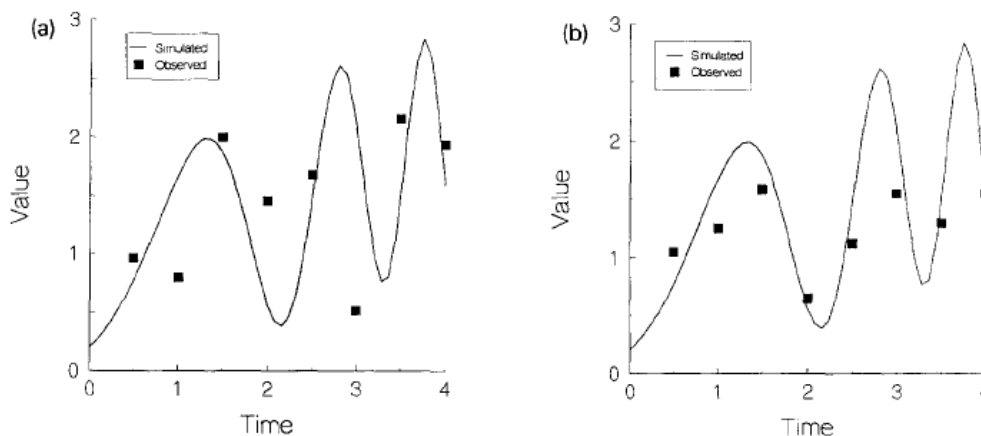
SetExprAtt(4,Do(SetLabel([ForageEatingDur],InputMatrix(9,2)*Beta(mins(InputMatri (3.6.2)
x(5,1)),InputMatrix(5,3),InputMatrix(5,4)),i))

Met behulp van de voeropnamesnelheid, verzadigingswaarde en de voeropnametijd simuleert het programma de werkelijke voeropname (DMI). Deze zet het programma in een tabel naast de gewenste voeropname (DMIWantedToday), die ze uit de voeropnamecapaciteit (FIC=FeedIntakeCapacity) en de verzadigingswaarde van het rantsoen berekende. De Satiety Values (SV = VerzadigingsWaarde) zijn meegegeven aan de producten in de bronnen. De volledige codes van de atoms en servers die aangepast zijn gedurende dit onderzoek staan in de bijlage (bijlage 9.2).

3.7 Toets modeluitkomsten

Er zijn verschillende statistische methodes die het model op de betrouwbaarheid kunnen toetsen. Het is mogelijk de betrouwbaarheid van de gesimuleerde gegevens te vergelijken met de werkelijkheid. Bij het toetsen van natuurlijke gegevens is er vaak een grote spreiding tussen de losse meetpunten. Kalibratie is bedoeld om de modelparameters of de eigenschappen van een apparaat te schatten, in te stellen en te ijken. De vooraf ingestelde eisen bepalen hoe nauwkeurig en betrouwbaar het systeem moet zijn. Deze vormen een leidraad bij het kalibreren van het model.

Validatie is het controleren van een waarde of een methode. Op basis van empirische data toets je de modeluitkomsten. De empirische data is niet eerder gebruikt voor de ontwikkeling van het model of voor de kalibratie. Zo kun je meten of het model betrouwbaar is. Validatie is te onderscheiden in twee methodes: subjectieve of visuele. Subjectieve toetsing is bruikbaar als een leidraad. Visuele technieken: waargenomen uitgezet tegen voorspelde waarden blijken bruikbaar om voorspellingen te kunnen doen (Mayer and Butler, 1993).



Figuur 3.7 Mogelijke waarden voor gegevens uitgezet tegen de tijd, bepaald aan de hand van de lijn (Mayer and Butler, 1993).

Er zijn verschillende technieken geschikt voor het kalibreren en valideren van een systeem: vergelijking met overige modellen, extreme conditietest, interne betrouwbaarheid en de gevoeligheidsanalyse. Deze technieken zijn geïntegreerd in de methoden die hieronder beschreven zijn.

Grafiekanalyse

Bij een grafiekanalyse vergelijk je het model in verschillende situaties met de huidige situatie. De werkelijke gegevens zijn meestal weergegeven met een boxplot en de gegevens van het model met lijn met een lijn van punt tot punt. Zo zie je op een subjectieve wijze of het model overeenkomt met de werkelijke situatie. (Sargent, 1996)

Regressie-analyse

Bij het uitvoeren van een regressie analyse zet je de gesimuleerde waarden (y-as) uit tegen de werkelijke waarden (x-as).

De werkelijke waarden hebben dezelfde inputgegevens als de gesimuleerde waarden. Vervolgens plot je een regressielijn door de gegevens:

$$y = \alpha + \beta \cdot x \quad (3.7.1)$$

x = Werkelijke waarde

y = Simulatiewaarde

α = Startwaarde

β = Richtingscoëfficiënt

Als α en β gelijk zijn aan 0 en 1 ($x=y$) heb je een perfecte fit. De startwaarde is dan gelijk aan 0 en de hellingshoek 45 graden. De grenzen voor α en β zijn per situatie verschillend (Johnson, 2000).

Kleijnen's test

Je kunt ook de verschillen tussen de gesimuleerde en de werkelijke waarde plotten tegen de som van de werkelijke en gesimuleerde waarde. Zo kun je verschillende simulatiemodellen vergelijken. Hiervoor worden de volgende formules gebruikt:

$$q = x_i + y_i \quad (3.7.2)$$

$$d = x_i - y_i$$

q = Som van de werkelijke waarde en de simulatiewaarde

d = Verschil tussen de werkelijke waarde en de simulatiewaarde

x_i = Werkelijke waarde

y_i = Simulatiewaarde

Deze parameters zet je uit in een grafiek, waarna je de volgende regressielijn maakt:

$$d = \alpha_1 + \beta_1 \cdot q \quad (3.7.3)$$

α_1 = Startwaarde

β_1 = Richtingscoëfficiënt

De ideale oplossing van vergelijking 3.7.3 is als de gemiddelde simulatiewaarde gelijk is aan de gemiddelde werkelijke waarde en $\alpha_1 = 0$ en $\beta_1 = 0$.

Bovenstaande methodes maken de verschillen tussen de simulatiewaarde en de werkelijke waarde zichtbaar. Zo kunnen verschillende simulaties met elkaar vergeleken worden.

Het model is gevalideerd met een regressie-analyse en een kleijnen's test. Dit is gebeurd met de gegevens van de overige 30 koeien uit de geselecteerde groep van 40 koeien. Bij de regressie-analyse zijn de gegevens van de door het Atlantis-voersysteem gemeten waarden van de voeropname uitgezet tegen de waarden die door het simulatiemodel gegenereerd zijn. De gegevens van het simulatiemodel bestaan uit vier verschillende gegevens van de voeropname:

- voeropname volgens de 'oude' voeropnamesnelheid
- voeropname gesimuleerd met een variabele voeropnamesnelheid
- voeropname gesimuleerd met een nieuwe constante voeropnamesnelheid

De laatste twee opties zijn weergegeven in een grafiek.

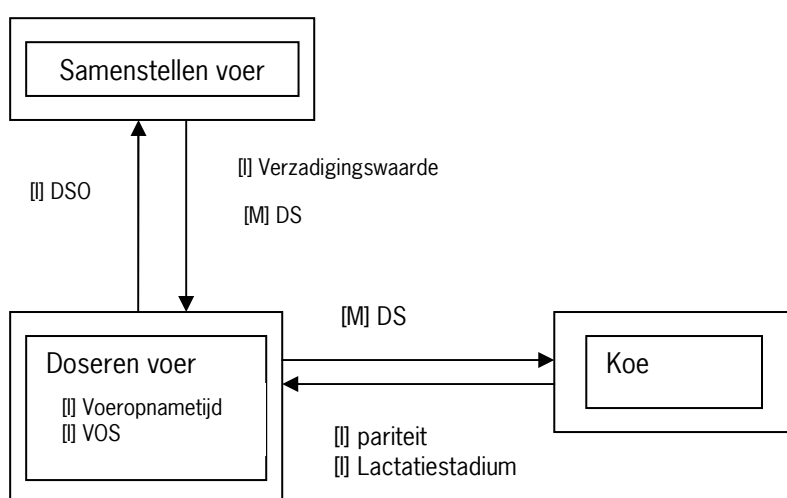
Voor het uitvoeren van de regressie-analyse en de Kleijnen's test zijn de vergelijkingen 3.7.1, 3.7.2 en 3.7.3 gebruikt. De koeien in het simulatiemodel hebben een random nummer en eigenschappen gekregen. Een hoge spreiding in de resultaten is te verwachten, daarom nemen we het gemiddelde van de simulatieperiode van 3 dagen per koe.

4 Resultaten

4.1 Systeemanalyse

De systeemanalyse van de voeropname uit de literatuur (Nieuwenhuizen, 2003) (zie hoofdstuk 2.1) heb ik aangepast om het mogelijk te maken voeropnamesnelheid afhankelijk te maken van andere factoren. In de literatuur had ik gezien dat de voeropnamesnelheid geen constante was die voor elke koe gelijk is en dus niet aan de koe meegegeven kan worden. Deze is echter afhankelijk van verschillende factoren: de pariteit, het lactatiestadium en de voeropnametijd.

Daarvoor moet de voeropnamesnelheid op een andere plaats dan in de koe bepaald worden. De meest voor de hand liggende plaats om de voeropnamesnelheid te bepalen is in de voerrobot. Daar zijn alle gegevens van de koeien en de voeropnametijd beschikbaar.

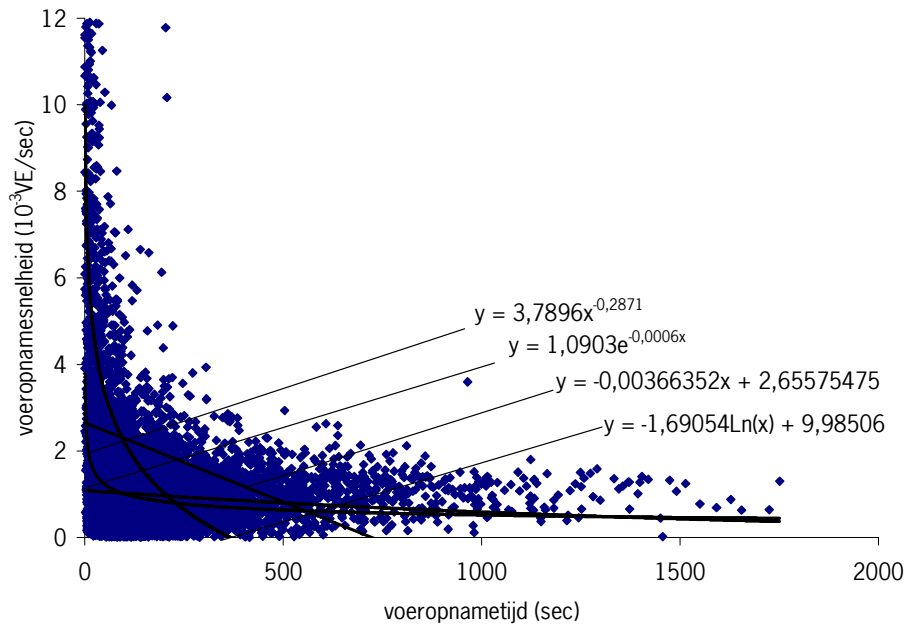


Figuur 4.1 systeemanalyse voeropname.

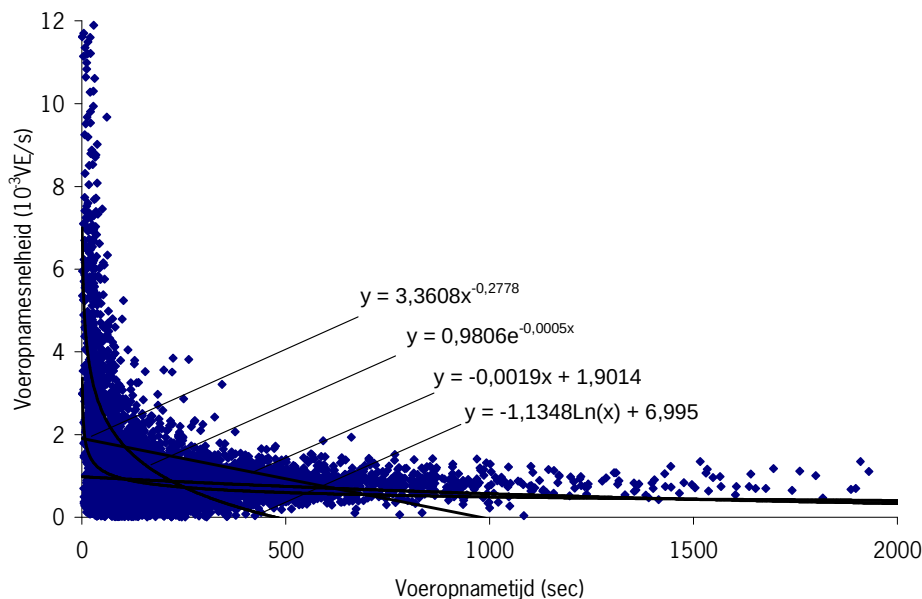
- | | |
|------------------------|---|
| Pariteit (Nr.) | a) vast aan koe, verandert na afkalven (+1). |
| Lactatiestadium (Nr.) | b) vast aan koe, verandert aan de hand van lactatiedagen. |
| Voeropnametijd (sec) | c) wordt berekend aan de hand van een randomfunctie. |
| [M] = materiestroom | |
| [I] = Informatiestroom | |

4.2 Bepalen voeropnamesnelheid

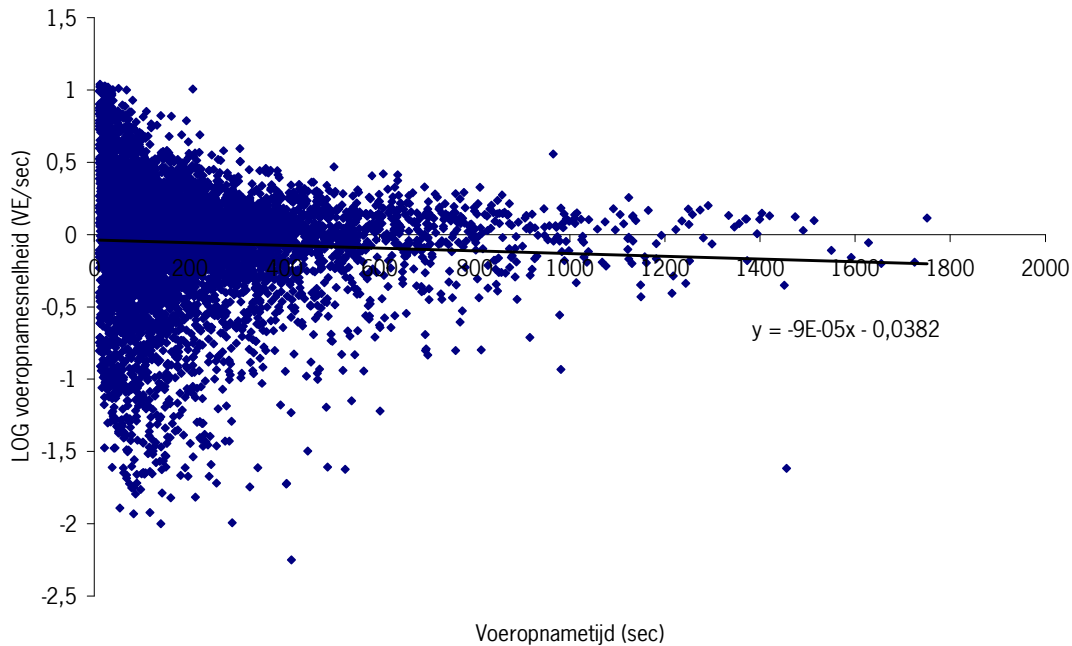
In figuur 4.2.1 en 4.2.2 is de relatie tussen de voeropnamesnelheid en de voeropnametijd geplot. De voeropnamesnelheden liepen bij een lage voeropnametijd op tot een niveau van uitzonderlijke hoogte. Bij de meest extreme datapunten liepen de voeropnamesnelheden op tot over de 100 milliverzadigingseenheden per seconde ($\cdot 10^{-3}$ VE/sec). De grafiek is echter afgekapt bij $12 \cdot 10^{-3}$ VE/sec, waardoor deze in de grafieken niet zichtbaar zijn. Dit wordt veroorzaakt doordat koeien in een kort tijdsbestek één grote hap voer opnemen en vervolgens de voerrobot verlaten. Bij een lange voeropnametijd zul je echter nooit zulke extreme waarden vinden.



Grafiek 4.2.1 Relatie van de voeropnametijd en de voeropnamesnelheid van alle maaltijden van behandeling 1 afgekapt bij $12 \cdot 10^{-3}$ VE/sec; weergegeven in een scatterplot met verschillende trendlijnen.



Grafiek 4.2.2 Relatie van de voeropnametijd en de voeropnamesnelheid van alle maaltijden van behandeling 2; De voeropnamesnelheid is afgekapt bij $12 \cdot 10^{-3}$ VE/sec; weergegeven in een scatterplot met verschillende trendlijnen.



Grafiek 4.2.3 Logcorrectie van de gegevens van alle maaltijden (Log Voeropnamesnelheid (VE/sec)) van behandeling 1

Bij het evalueren van de data was het eerste dat opviel dat er een enorm sterke spreiding in de gegevens zat. Dit verschijnsel wordt heteroscedasticiteit genoemd en kan gecorrigeerd worden met een datafilter zoals weergegeven in figuur 4.2.3. Door de voeropnamesnelheden te corrigeren met een Log-functie was de spreiding om de x-as evenrediger. Tijdens dit onderzoek is hier echter niet verder mee gerekend.

Tabel 4.2.1 Voeropnamesnelheid bij verschillende experimenten voor 40 koeien.

Behandeling	Voeropnamesnelheid (10^{-3} VE/sec)	
	VW-totaal / Voeropnametijd-totaal	gemiddelde
1	1,097	1,89
2	0,882	1,45

Voor de twee behandelingen waren er verschillende mogelijkheden voor een trendlijn. De trendlijn van de machtfunctie volgde de losse gegevens het beste. Het gemiddelde van de voeropnamesnelheden bij behandeling 1 is $1,097 \cdot 10^{-3}$ VE/sec, bij behandeling 2 was het gemiddelde $0,882 \cdot 10^{-3}$ VE/sec (zie tabel 4.2.1). Deze gemiddelde voeropnamesnelheden zijn berekend met de formules in vergelijking 3.3.2, 3.3.3 en 3.3.4. Het gemiddelde van de voeropnamesnelheid is berekend door de voeropnamesnelheden op te tellen en te delen door het aantal (vergelijking 3.3.5) van de maaltijden. Deze voeropnamesnelheid ligt een stuk hoger dan de werkelijk berekende voeropnamesnelheid. Dit kwam omdat er meer korte dan lange maaltijden waren.

Daarnaast heb ik het verschil van de voeropnamesnelheden tussen de koeien in verschillende lactaties (pariteiten) bekeken. In tabel 4.2.2 zie je de verschillen in voeropnamesnelheid tussen de koeien per lactatie (1 tot en met 5). De koeien in de eerste lactatie (pariteit=1) hebben de hoogste voeropnamesnelheid ($1,22 \cdot 10^{-3}$ VE/sec), dan volgen de koeien in de 2^e en vierde lactatie. De voeropnamesnelheid is respectievelijk $1,16 \cdot 10^{-3}$ en $1,17 \cdot 10^{-3}$ VE/sec. De koeien in de 3^e en 5^e lactatie hadden de laagste voeropnamesnelheid (respectievelijk $1,01 \cdot 10^{-3}$ en $1,06 \cdot 10^{-3}$ VE/sec).

Tabel 4.2.2 Voeropnamesnelheid in verschillende lactaties; op basis van 10 koeien in de observatiegroep.

LactatieNr.	Voeropnamesnelheid (10^{-3} VE/sec)
1	1,22
2	1,17
3	1,01
4	1,16
5	1,06

Tabel 4.2.3 Voeropnamesnelheid in verschillende stadia van de lactatie, de voeropnamesnelheid is berekend aan de hand van de gegevens van de 10 koeien in de observatiegroep.

Lactatiestadia	Lactatiedagen	voeropnamesnelheid (10^{-3} VE/sec)
2	0-50	1,17
3	51-150	1,12
4	151-200	1,02
5	>200	1,19

Ook heb ik de koeien in verschillende lactatiestadia met elkaar vergeleken. Er waren alleen gegevens beschikbaar van koeien van de 2^e tot en met de 5^e lactatiefase (50 en meer dagen) De voeropnamesnelheid was het hoogste in de 2^e en 5^e lactatiefase ($1,17 \cdot 10^{-3}$ en $1,19 \cdot 10^{-3}$ VE/sec) gevolgd door de 3^e lactatiefase ($1,12 \cdot 10^{-3}$ VE/sec) en de koeien in de 4^e lactatiefase hadden de laagste voeropnamesnelheid ($1,02 \cdot 10^{-3}$ VE/sec).

4.3 Vergelijking data-analyse met literatuur

In de data-analyse heb ik de voeropname uitgedrukt in verzadigingseenheden en niet in kg drogestof zoals gebruikt is in andere onderzoeken. Dit heb ik gedaan omdat in het simulatiemodel gebruik is gemaakt van de verzadigingswaarden van de verschillende voercomponenten om het rantsoen uit te rekenen. Dit vereist een voeropnamesnelheid in verzadigingseenheden per seconde. In deze paragraaf vergelijk ik de gegevens uit de literatuur met de gegevens van mijn onderzoek. In de literatuur is voeropname(snelheid) uitgedrukt in (kg DS/min). Daarom heb ik de gegevens omgezet in dezelfde eenheden.

Tabel 4.3: Samenvattende tabel van de gegevens van de voeropname in literatuur (Kaufmann, 2007; Azizi *et al.*, 2009; Bach *et al.*, 2009) VS data-analyse van behandeling 1 (Tmt1) en behandeling 2 (Tmt2).

	Kaufmann, 2007	Azizi <i>et al.</i> , 2009	Bach <i>et al.</i> , 2009	Tmt1	Tmt2
Voeropname (kg DS/dag)	21,58	21,46	16,30	16,43	16,60
Voeropnametijd (min/dag)	201,42	272,15	171,70	185,73	195,41
Aantal bezoeken (n)	32,07	7,79	9,85	54,41	44,95
Gem. Bezoeksduur (min/bezoek)	6,79	37,06	17,15	3,41	4,35
Maaltijdgrootte (kg DS)	0,67	2,96	1,65	0,30	0,37
Voeropnamesnelheid (g DS/min)	107,10	85,54	96,95	88,46	84,95

Uit tabel 4.3 blijkt dat de voeropname in de data-analyse op hetzelfde niveau lag als die van Bach *et al.* (2009) en lager lag dan bij Kaufmann (2007) en Azizi (2009). De voeropnametijd lag tussen de waarde van Bach *et al.* (2009) en die van Kaufmann (2009) en een stuk lager dan die van Azizi *et al.* (2009). Het aantal bezoeken per dag in de data-analyse gaf significant hogere waarden dan bij Kaufmann (2007), Bach *et al.* (2009) en Azizi *et al.* (2009). Dit kwam doordat er met een ander voersysteem gevoerd is. Bij Azizi *et al.* (2009) en Bach *et al.* (2009) werd er gevoerd aan het voerhek en bij Kaufmann met een voerbak met weeginrichting. Hierdoor weken ook de gemiddelde bezoeksduur en de maaltijdgrootte af. De voeropnamesnelheid lag op een vergelijkbaar niveau als die van Azizi *et al.* (2009) en lager dan bij Bach *et al.* (2009) en Kaufmann (2009).

4.4 Simulatiemodel

Om de voeropnamesnelheid in het model goed te kunnen modelleren plotten we deze voor behandeling 1 en 2 afhankelijk van de voeropnametijd. De machtsfunctie was de formule die het verloop van de voeropnamesnelheid het best benaderde, deze is gebruikt om de voeropnamesnelheid te simuleren. Voor behandeling 1 was de constante voeropnamesnelheid 0,001097 VE/sec:

```
Setlabel([FeedIntakeSpeed],(0.001097)),i),
```

Voor behandeling 2 is de constante voeropnamesnelheid 0,0008823 VE/sec:

```
Setlabel([FeedIntakeSpeed],(0.0008823)),i),
```

Zoals in paragraaf 4.1 is aangegeven was het niet mogelijk om een voeropnamesnelheid afhankelijk van de voeropnametijden op te nemen in het atom 'initialize cows' (aanmaken van de koeien). Daarom werd de voeropnamesnelheid in de 'fast server for 1 tot en met 16' (voerbakken) geïntegreerd. Voor behandeling 1 is deze $3,79 \cdot x^{-0,287}$ en voor behandeling 2 was deze $3,36 \cdot x^{-0,278}$; x = voeropnametijd ('ForageEatingDur'). Hieronder staat de code zoals deze is aangepast in het simulatiemodel:

```
if (TreatmentNR = 1, i.DMI:=((power(i.ForageEatingDur * 3.79,-0.287)) / 60 / SatietyValue *
i.ForageEatingDur)),
if (TreatmentNR = 2, i.DMI:=((power(i.ForageEatingDur * 3.36,-0.278)) / 60 / SatietyValue *
i.ForageEatingDur)),
if (TreatmentNR = 3, i.DMI:=((power(i.ForageEatingDur * 3.36,-0.278)) / 60 / SatietyValue *
i.ForageEatingDur)),
```


4.5 Modeltoets

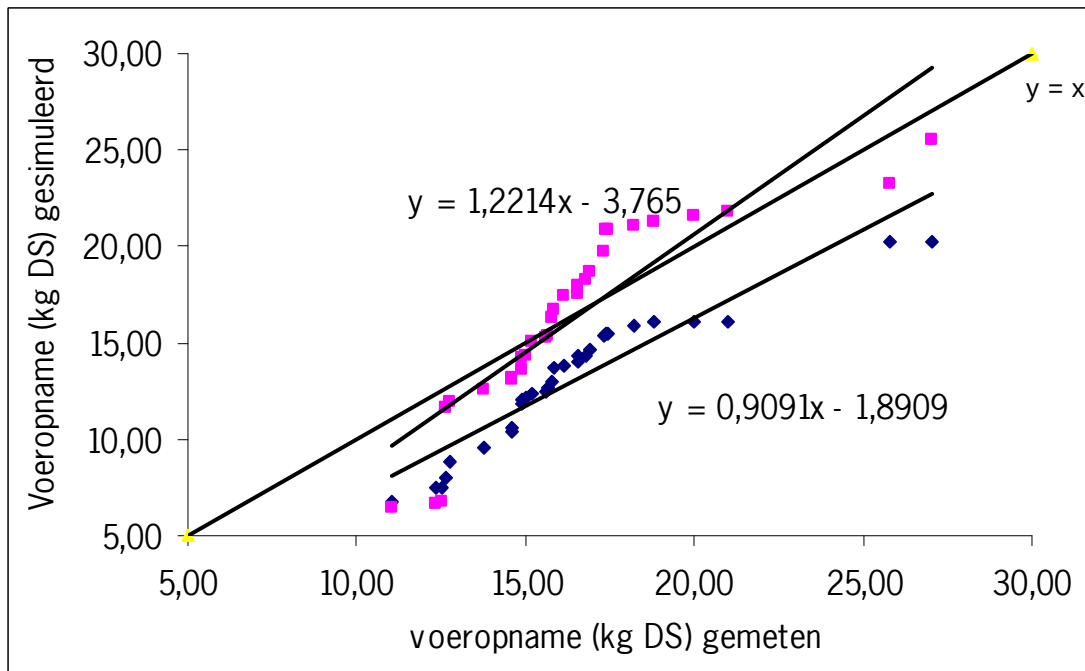
Vervolgens zijn er simulaties uitgevoerd om te aangepaste voeropnamesnelheid te toetsen. Zoals in de materialen en methoden is aangegeven zijn er verschillende voeropnamesnelheden gebruikt om het simulatiemodel te toetsen. In Tabel 4.5.1 staan de gemiddelden en standaardafwijkingen van de gemeten voeropname in het experiment omschreven in paragraaf 3.3. Bij behandeling 1 benaderde de voeropname die gesimuleerd is met een voeropnamesnelheid als functie van de voeropnametijd de werkelijke voeropname het best ($16,31 \pm 4,77$ VS $16,43 \pm 3,46$). De gesimuleerde voeropname met de aangepaste constante voeropnamesnelheid ($13,05 \pm 3,36$) en met de 'oude' constante voeropnamesnelheid ($8,13 \pm 2,03$) benaderden de werkelijke voeropname nauwelijks. Bij behandeling 2 benaderde de simulatie van de voeropname met de aangepaste constante voeropnamesnelheid de werkelijke voeropname het best ($17,35 \pm 3,38$ VS $16,60 \pm 2,77$). De voeropname die gesimuleerd is met de voeropnamesnelheid afhankelijk van de voeropnametijd lag hier ver boven ($20,99 \pm 5,01$) en de voeropname met de 'oude' constante voeropnamesnelheid lag hier ver onder ($9,48 \pm 2,29$).

Tabel 4.5.1 Gemiddelde en standaardafwijking van de voeropname in kg DS/dag per koe: Werkelijk gemeten^a en gesimuleerd met drie verschillende voeropnamesnelheden in het discrete simulatiemodel. Een voeropnamesnelheid als functie van de voeropnametijd^b, een aangepaste constante voeropnamesnelheid^c en de 'oude' constante voeropnamesnelheid^d.

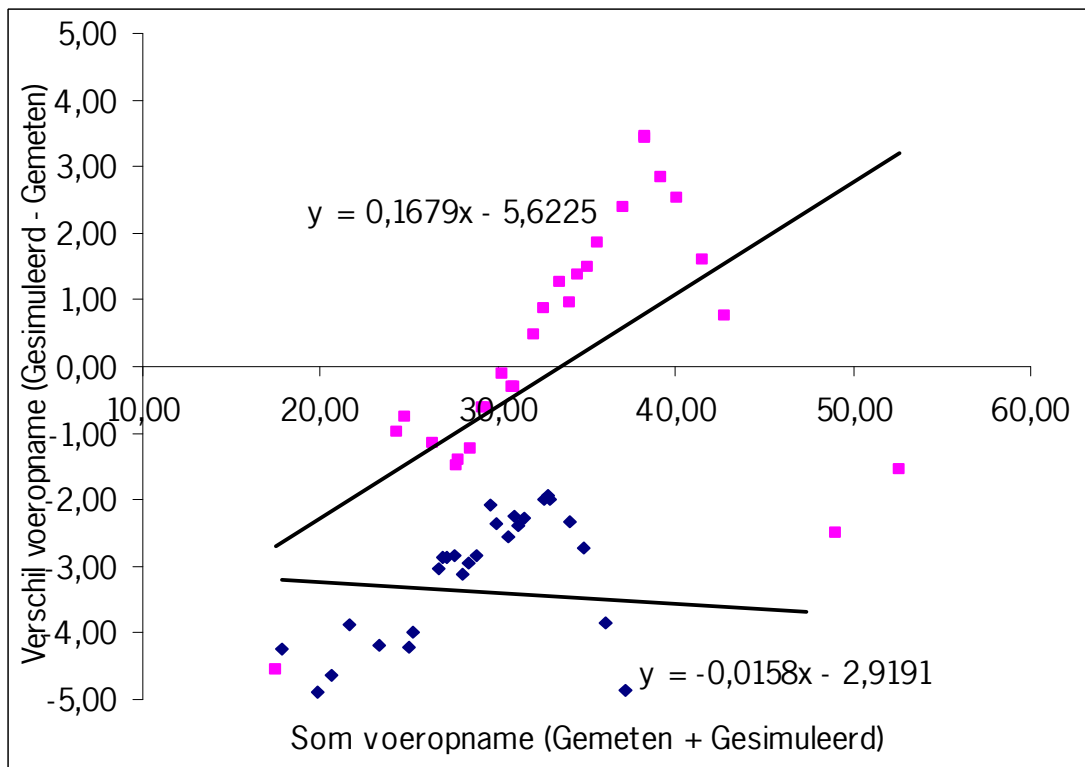
Behandeling	Gemeten/ Gesimuleerd (voeropnamesnelheid)	Voeropname (kg DS/dag per koe)	
Nr.	-	Gemiddelde	Standaardafwijking
1	a) Gemeten waarde	16,43	3,46
	b) Gesimuleerd ($3,79 \cdot \text{voeropnametijd}^{0,287}$ VE/sec)	16,31	4,77
	c) Gesimuleerd (0,001097 VE/sec)	13,05	3,36
	d) Gesimuleerd (0,00080733 VE/sec)	8,13	2,03
2	a) Gemeten waarde	16,60	2,77
	b) Gesimuleerd ($3,36 \cdot \text{voeropnametijd}^{0,278}$ VE/sec)	20,99	5,01
	c) Gesimuleerd (0,008823 VE/sec)	17,35	3,38
	d) Gesimuleerd (0,00080733 VE/sec)	9,48	2,29

In Grafiek 4.5.1 is de regressie-analyse van de gesimuleerde voeropname voor behandeling 1 uitgevoerd. Lijn a ($y = 1,2214x - 3,765$) is de lijn waarvan de simulatie van de voeropname met de voeropnamesnelheid afhankelijk van de voeropnametijd ($y = 3,79 \cdot x^{0,287}$ VE/sec) uitgezet is tegen de werkelijke voeropname/dag per koe. Lijn b ($y = 0,9091x - 1,8909$) is de lijn van de simulatie van de voeropname met de constante aangepaste voeropnamesnelheid (0,001097 VE/sec) uitgezet tegen de werkelijke voeropname. In grafiek 4.5.2 is de Kleijnen's test van de gesimuleerde voeropname voor behandeling 1 uitgevoerd. Lijn a ($y = 0,1679x - 5,6225$) is de lijn waarvan de simulatie van de som van de voeropname met de voeropnamesnelheid afhankelijk van de voeropnametijd ($y = 3,79 \cdot x^{0,287}$ VE/sec) en de werkelijke voeropname/dag per koe uitgezet tegen het verschil van de gesimuleerde en de werkelijk gemeten voeropname. Lijn b ($y = -0,0158x - 2,9191$) is de lijn van de simulatie van de voeropname met de constante aangepaste voeropnamesnelheid (0,001097 VE/sec) en de werkelijke voeropname uitgezet tegen het verschil van de gesimuleerde en de werkelijk gemeten voeropname.

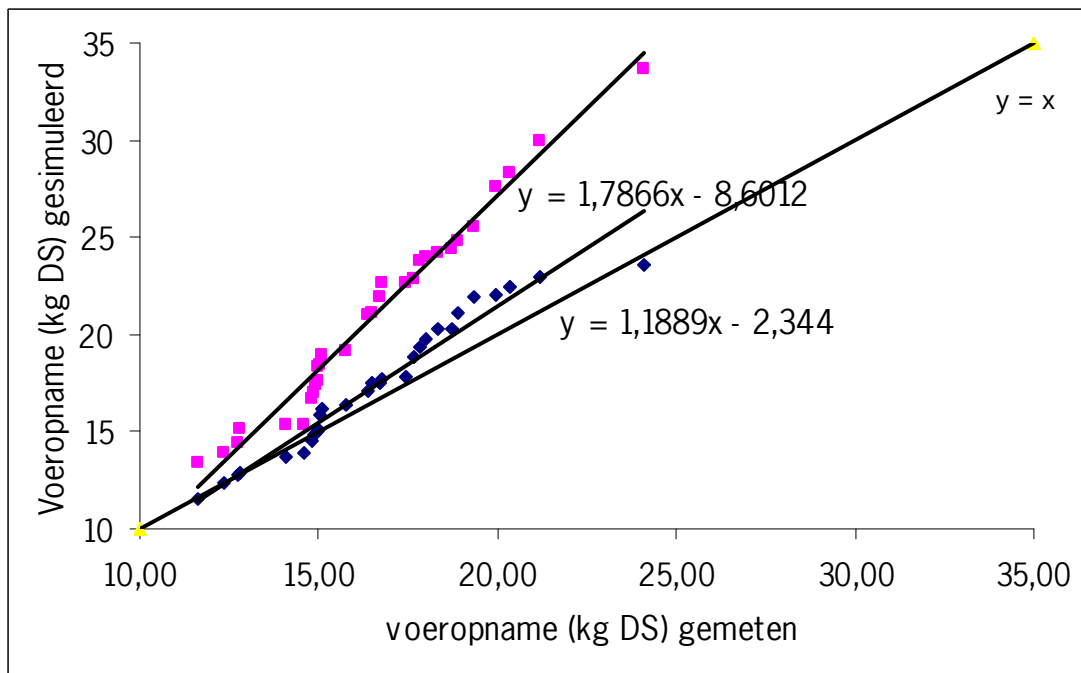
Lijn a in de regressie-analyse was steiler dan de $y=x$ -lijn en sneed de $y=x$ -lijn in het midden van de data. Lijn b lag volledig onder de $y=x$ -lijn en was iets minder steil dan de $y=x$ -lijn. Lijn a in de Kleijnen's test sneed de y -as in het midden van de data en was oplopend, lijn b lag volledig onder de y -as en was licht aflopend. De richtingscoëfficiënten van lijn b in de regressie-analyse en in de Kleijnen's test waren beter maar de waarden van lijn a lagen dicht bij de optimale lijn.



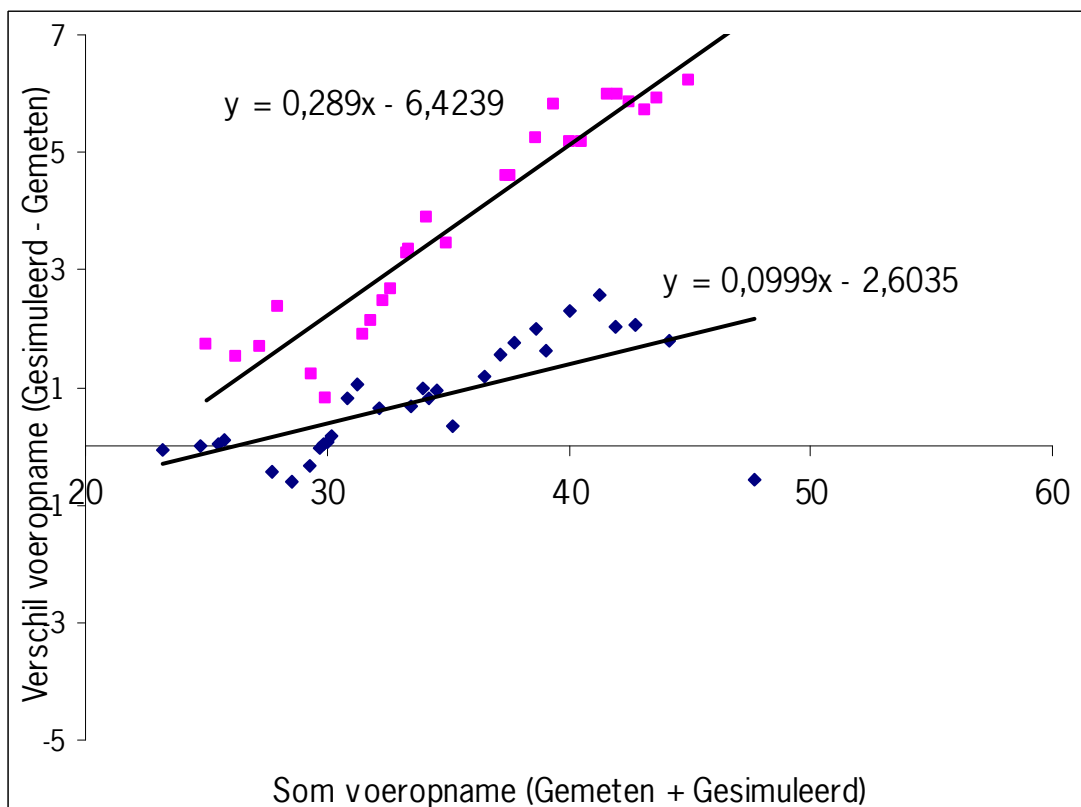
Grafiek 4.5.1 Regressie-analyse behandeling 1, de bovenste lijn (lijn a) is gesimuleerd met een variabele voeropnamesnelheid ($y = 3,79 \cdot x^{0,287}$); de onderste lijn (lijn b) is gesimuleerd met een constante voeropnamesnelheid ($y=0,001097$) y =voeropnamesnelheid, x =voeropnametijd.



Grafiek 4.5.2 Kleijnen's test behandeling 1, de bovenste lijn (lijn a) is gesimuleerd met een variabele voeropnamesnelheid ($y = 3,79 \cdot x^{0,287}$); de onderste lijn (lijn b) is gesimuleerd met een constante voeropnamesnelheid ($y=0,001097$) y =voeropnamesnelheid, x =voeropnametijd.



Grafiek 4.5.3 Regressie-analyse behandeling 2, de bovenste lijn (lijn a) is gesimuleerd met een variabele voeropnamesnelheid ($y = 3,36 \cdot x^{-0,278}$); de onderste lijn (lijn b) is gesimuleerd met een constante voeropnamesnelheid ($y = 0,0008823$) $y = \text{voeropnamesnelheid}$, $x = \text{voeropnametijd}$.



Grafiek 4.5.4 Kleijnen's test behandeling 2, de bovenste lijn (lijn a) is gesimuleerd met een variabele voeropnamesnelheid ($y_i = 3,36 \cdot x^{-0,278}$); de onderste lijn (lijn b) is gesimuleerd met een constante voeropnamesnelheid ($y = 0,882 \cdot 10^{-3}$), $y = \text{voeropnamesnelheid}$, $x = \text{voeropnametijd}$.

In Grafiek 4.5.3 is de regressie-analyse van de gesimuleerde voeropname voor behandeling 2 uitgevoerd. Lijn a ($y = 1,7866 \cdot x - 8,6012$) is de lijn waarvan de simulatie van de voeropname met de voeropnamesnelheid afhankelijk van de voeropnametijd ($y = 3,36 \cdot x^{-0,278}$ VE/sec) uitgezet is tegen de werkelijke voeropname/dag per koe. Lijn b ($y = 1,1889 \cdot x - 2,344$) is de lijn van de simulatie van de voeropname met de constante aangepaste voeropnamesnelheid ($8,823 \cdot 10^{-3}$ VE/sec) uitgezet tegen de werkelijke voeropname. In grafiek 4.5.4 is de Kleijnen's test van de gesimuleerde voeropname voor behandeling 1 uitgevoerd. Lijn a ($y = 0,0999 \cdot x - 2,6035$) is de lijn waarvan de simulatie van de som van de voeropname met de voeropnamesnelheid afhankelijk van de voeropnametijd ($y = 3,36 \cdot x^{-0,278}$ VE/sec) en de werkelijke voeropname/dag per koe uitgezet tegen het verschil van de gesimuleerde en de werkelijk gemeten voeropname. Lijn b ($y = -0,289 \cdot x - 6,4239$) is de lijn van de simulatie van de voeropname met de constante aangepaste voeropnamesnelheid ($8,823 \cdot 10^{-3}$ VE/sec) en de werkelijke voeropname uitgezet tegen het verschil van de gesimuleerde en de werkelijk gemeten voeropname. Lijn b in de regressie-analyse van behandeling 2 benaderde de $y=x$ -lijn het best en de waarden in de kleijnen's test benaderen de y -as het dichtst.

Tabel 4.5.2 Resultaten van de Regressie-analyse en de Kleijnen's test van de voeropname per koe per dag waarbij de gemeten waarden zijn vergeleken met de gesimuleerde waarden voor drie verschillende voeropnamesnelheden.

Behandeling	Formule voeropnamesnelheid	Regressie analyse		Kleijnen's test	
		α	β	α_1	β_1
1	$y = 3,79 \cdot \text{voeropnametijd}^{0,287}$ VE/sec	-3,76	1,22	5,62	0,17
	$10,97 \cdot 10^{-3}$ VE/sec	-1,89	0,91	-2,91	-0,02
	$8,073 \cdot 10^{-3}$ VE/sec	-0,08	0,50	-1,45	-0,28
2	$y = 3,36 \cdot \text{voeropnametijd}^{0,78}$ VE/sec	-8,60	1,79	-6,42	0,29
	$8,823 \cdot 10^{-3}$ VE/sec	-2,34	1,19	-2,60	0,10
	$8,073 \cdot 10^{-3}$ VE/sec	-3,94	0,81	-4,60	-0,10

In tabel 4.5.1 is een samenvatting van de regressie-analyse en Kleijnen's test voor de simulatie van de voeropname met verschillende voeropnamesnelheden afgebeeld. De streefwaarde voor de regressie-analyse is dat $\alpha = 0$ en $\beta = 1$ zodat de gesimuleerde waarde de werkelijke waarde zo goed als overeenkomen. Bij behandeling 1 voldeden de waarden van de simulatie met de voeropnamesnelheid afhankelijk van de voeropnametijd ($\alpha = -3,76$ en $\beta = 1,22$) en de simulatie met de aangepaste constante voeropnamesnelheid ($\alpha = -1,89$ en $\beta = 0,91$) hier het best aan. Bij behandeling 2 voldeed de waarde van de simulatie met de aangepaste constante voeropnamesnelheid ($\alpha = -2,34$ en $\beta = 1,19$). De Streefwaarde bij de Kleijnen's is dat $d = \alpha_1 + \beta_1 \cdot q = 0$, hiervoor is het het meest ideaal als $\alpha_1 = 0$ en $\beta_1 = 0$. Bij behandeling één benaderde de waarde van de simulatie met de aangepaste constante voeropnamesnelheid het best ($\alpha_1 = -2,91$ en $\beta_1 = 0,02$) ook bij behandeling 2 had de simulatie met de constante voeropnamesnelheid de laagste waarden voor α en β ($\alpha_1 = -2,60$ en $\beta_1 = 0,10$) Hieruit is samen te vatten dat de simulatie met de voeropnamesnelheid afhankelijk van de voeropnametijd de werkelijke voeropname/dag per koe het best benaderde als er gekeken werd naar het gemiddelde en de standaardafwijking voor behandeling 1 en de regressie-analyse en voor behandeling 1. De constante aangepaste voeropnamesnelheid benaderde de werkelijke voeropname/dag per koe het best als er gekeken werd naar de Regressie-analyse en de Kleijnen's test voor beide behandelingen en het gemiddelde en de standaardafwijking voor behandeling 2 en voor de regressie-analyse en Kleijnen's test voor behandeling 1.

5 Discussie

Een statistische analyse uitvoeren met Excel levert een minder gestandaardiseerde uitkomst dan wanneer gebruik gemaakt wordt van een statistisch programma als SPSS of SAS. Er zat veel spreiding in de gegevens wat resulteerde in een lage correlatiecoëfficiënt. Wat belangrijker was, was dat gegevens zoals deze zijn weergegeven in grafiek 4.2 onevenredig verdeeld zijn en dus niet kon vallen onder de omschrijving van een normale verdeling. Een oplossing hiervoor is om de gegevens te transformeren en vervolgens het verloop van de gegevens te bepalen. Ook kan de voeropnamesnelheid op een andere manier gegenereerd worden, bijvoorbeeld met een stochastische verdeling van de voeropnamesnelheid die afhankelijk is van de voeropnametijd. Dat brengt ook een nieuw discussiepunt naar voren. Hoewel de voeropnamesnelheid op de werkelijke gegevens zijn afgestemd en de voeropnametijd op een stochastische verdeling die de verdeling van de voeropnametijden uit de werkelijkheid benaderde, week de voeropname per dag bij de koeien sterk af van de werkelijke voeropname. Dit is te verklaren met het feit dat er bij de berekening van voeropnametijden in het simulatiemodel geen rekening gehouden werd met de vorige bezoeken aan het voersysteem. De voeropnamesnelheid in het model was alleen afhankelijk van de voeropnametijd, terwijl uit de literatuurstudie bleek dat deze ook afhankelijk is van de lactatiedag, melkproductie, pariteit, voerstrategie en type voedermiddel.

Het gemiddelde van de voeropnamesnelheid en de standaardafwijking waren bij behandeling 1 bij de uitkomsten van de simulatie met de voeropnamesnelheid afhankelijk van de voeropnametijd ongeveer gelijk aan de werkelijk gemeten waarden (zie tabel 4.5.1). Toch bleek dit niet uit de regressie-analyse en de Kleijnen's test (zie tabel 4.5.2) waar de waarden voor α en β voor beide testen net zo ver van de streefwaarden aflagen als bij de simulatie met de constante aangepaste voeropnamesnelheid, waarvan het gemiddelde ver van het gemiddelde van de gemeten waarde af lag. De waarde van de voeropnamesnelheid bij een lage voeropnametijd liepen op tot extreem hoge waarden, deze hebben weinig betekenis als je kijkt naar het voeropnamegedrag van de koe en zullen in een conventioneel voersysteem niet voorkomen.

De voeropnamesnelheid was in het onderzoek van Azizi *et al.* (2009) lager bij koeien in de eerste lactatie dan bij koeien in een hogere lactatie terwijl in dit onderzoek de voeropnamesnelheid bij koeien in de eerste lactatie het hoogst was. In het onderzoek van Kaufmann (2007) was de voeropnamesnelheid in het begin van de lactatie iets hoger en gedurende de rest van de eerste 100 dagen van de lactatie constant. In dit onderzoek is bepaald dat de voeropnamesnelheid aan het begin en aan het eind van de lactatie het hoogst is en dat deze tussen de 100^e en 200^e lactatiedag lager is. Deze gegevens zijn bepaald aan de hand van de proef met de individuele rantsoenen en kunnen ook beïnvloed zijn door verschillen in voeropnamesnelheid tussen de verschillende voersoorten (Phillips, 2002). De omvang van dit onderzoek was beperkt, er is gebruik gemaakt van een groep van 40 koeien, voor het vergelijken van de voeropnamesnelheid en pariteit en lactatiefase zelfs een groep van 10 koeien. Dit maakt het moeilijk om een algemeen beeld te krijgen van deze verbanden.

Daarnaast zit er een groot verschil tussen individuele koeien, de gedragingen en hoeveelheid voer die deze op kan nemen in een bepaalde tijd. Daarnaast wordt er op ieder bedrijf een ander rantsoen gevoerd en zijn er per regio verschillend klimatologische eigenschappen. De voeropname en voeropnametijd tussen de experimenten van Azizi *et al.* (2009), Kaufmann (2007) en Bach *et al.* (2007) en de gegevens van dit onderzoek verschillen sterk. Dit alles maakt het moeilijk om een generiek simulatiemodel te maken dat voor elke situatie kan werken. Gegevens in voeropnamesnelheid, voeropname en voeropnametijd zullen per situatie gecorrigeerd moeten worden. Door een fout in de programmatuur kan het mogelijk zijn dat de resultaten afwijken, dit geeft een beperking in de resultaten.

6 Conclusie

Er is een groot verschil tussen elke situatie waarbij gemeten wordt aan voeropname en voeropnamesnelheid. Elke situatie is anders. De voeropnamesnelheid is op verschillende kenmerken vergeleken. Hierbij kan het volgende geconcludeerd worden.

De voeropnamesnelheid is onder andere afhankelijk van de pariteit en het productieniveau. De relatie tussen de voeropnamesnelheid en de pariteit is niet eenduidig. Bij een hoger productie niveau was de voeropnamesnelheid hoger dan bij een laag productieniveau. De voeropnamesnelheid in de eerste (0 tot 50 dagen) en laatste fase (200 en meer dagen) van de lactatie was hoger dan in de tweede (50 tot 150 dagen) en derde lactatiefase (150 tot 200 dagen). In de eerste 100 dagen van de lactatie nam de voeropnametijd per dag sterk toe, de voeropnamesnelheid bleef constant.

Tijdens dit onderzoek is de voeropnamesnelheid bepaald, hierbij is onderscheid gemaakt tussen individueel voeren waarbij een functie afhankelijk van de voeropnametijd is vergeleken met de gemiddelde voeropnamesnelheid en het voeren van een voor alle koeien hetzelfde TMR rantsoen waarbij ook een functie afhankelijk van de voeropnametijd is vergeleken met de gemiddelde voeropnamesnelheid. Het verloop van de voeropnamesnelheid vergeleken met de voeropnametijd was als volgt: bij een lage voeropnametijd was de voeropnamesnelheid hoger met een zeer sterke spreiding en bij een hogere voeropnametijd was er een gemiddeld lagere voeropnamesnelheid met weinig spreiding. Dit heb ik benaderd met een machtfunctie afhankelijk van de voeropnametijd:

$$3,79 \cdot \text{voeropnametijd}^{0,287} \text{ VE/sec) voor behandeling 1}$$

$$3,36 \cdot \text{voeropnametijd}^{0,278} \text{ VE/sec) voor behandeling 2}$$

De gemiddelde voeropnamesnelheid bij individueel voeren ($1,097 \cdot 10^{-3}$ VE/sec) was hoger dan de gemiddelde voeropnamesnelheid bij TMR ($0,882 \cdot 10^{-3}$ VE/sec).

Bij individueel voeren benaderde de voeropname in de simulatie met de functie afhankelijk van de voeropnametijd de werkelijke voeropname beter dan de voeropname tijdens de simulatie met een aangepaste constante voeropnamesnelheid of die met de oude voeropnamesnelheid. Bij TMR voeren benaderde de simulatie met de aangepast constante voeropnamesnelheid de werkelijke voeropname het best. Per situatie was de optimale voeropnamesnelheid verschillend. De verdeling van de voeropnametijd speelde daarin een cruciale rol. Bovendien was de spreiding van de voeropnamesnelheid bij een lage voeropnametijd veel hoger dan bij een hoge voeropnametijd. Dit vereiste een andere manier van het genereren van zowel de voeropnametijd als de voeropnamesnelheid, waarbij deze afhankelijk was van verschillende factoren.

7 Aanbevelingen

Na de sterke discussiepunten zijn er natuurlijk genoeg punten waar nog wat aan moet gebeuren. Deze zijn onderverdeeld in verschillende soorten: modelaanpassing en onderzoek naar andere invloedsfactoren van de voeropnamesnelheid en voeropname.

Modeluitbreiding/aanpassing

- Op dit moment is de voeropnamesnelheid alleen voor behandeling 1 en 2 bepaald, om een goede werking van het model te garanderen moet ook de voeropnamesnelheid ook voor behandeling 3 bepaald worden.
- Om het model te openen moeten er op dit moment atomen geladen worden en het instellen van het model gebeurt in het startatoom. Het is beter om een interface als regelstation voor het model te maken die per categorie het goede atoom activeert.
- De voeropnamesnelheid en indirect de voeropname zijn nu gesimuleerd aan de hand van gegevens over de voeropnametijd. Om een koe een specifieke voeropnamesnelheid te laten hebben kunnen ook gegevens over het lactatiestadium en pariteit gebruikt worden om de voeropnamesnelheid te modelleren. Dit kan door een formule op te stellen voor meerdere variabelen.
- De totale voeropnametijd per dag varieert in het model sterk per koe. De voeropnametijden per bezoek aan de voerrobot worden random gegenereerd zonder voorkennis van de voorgaande voeropnametijden. Als de voeropnametijd verdeling afhankelijk is van eerdere voeropnametijden op de dag wordt de verdeling hiervan beter. De individuele schatting van de voeropname van de melkkoeien zal hierdoor verbeterd worden.
- Er is een fout in de programmacode aanwezig, waardoor er niet in elke versie van Enterprise Dynamics correct gesimuleerd wordt. Dit heeft een beperkend effect op de resultaten in het model.

Onderzoek naar andere invloedsfactoren voeropnamesnelheid en voeropname

- Iedere koe heeft specifieke behoeften voor de voersamenstelling. Het is nu mogelijk om voor iedere koe een portie voer samen te stellen waar andere koeien niet bij kunnen. Door metingen aan de koeien met behulp van sensoren uit te voeren zou het rantsoen bijgestuurd kunnen worden naar behoefte van de koe. Daarnaast is het belangrijk om de basisgegevens van de koeien in handen te hebben. Dit zijn onder andere de gegevens van voeropname en melkproductie in de voorgaande week en gehaltes van de melk. Deze kunnen ook gebruikt worden om het individuele rantsoen bij te sturen.

8 Referenties

- Alders, D. H. J. 2006. Validatie van een discreet simulatiemodel van een automatisch individueel precisievoersysteem voor melkvee. Msc-Thesis, Wageningen University, Wageningen, 81 pp.
- Azizi, O., O. Kaufmann and L. Hasselmann, 2009. Relationship between feeding behaviour and feed intake of dairy cows depending on their parity and milk yield. *Livestock Science* 122(2-3): 156-161.
- Bach, A., C. Iglesias, S. Calsamiglia and M. Devant. 2007. Effect of Amount of Concentrate Offered in Automatic Milking Systems on Milking Frequency, Feeding Behavior, and Milk Production of Dairy Cattle Consuming High Amounts of Corn Silage. *Journal of Dairy Science*. 90(11): 5049-5055.
- Evers, A.G., 2007, hoeveelheid melk bepaalt kostprijs, V-focus, 1837773, <http://library.wur.nl/artik/V-focus/1837773.pdf>, 7 juli 2010.
- Johnson, R. A. 2000. Probability and statistics for engineers. Prentice-Hall, Inc, Upper saddle River, New Jersey, USA: 615p.
- Kleijnen, J. P. C. 2005. An overview of the design and analysis of simulation experiments for sensitivity analysis. *European Journal of Operational Research* 164(2): 287-300.
- Mayer, D.G. and Butler, D.G., 1993. Statistical validation. *Ecological Modelling*, 68: 21-32.
- Nieuwenhuizen, A.T. 2003. Ontwikkeling van een discreet simulatiemodel van een automatisch precisievoersysteem voor melkvee. Msc-Thesis, Wageningen University, Wageningen, 62 pp.
- Kaufmann, O. A. und L. H. 2007. Untersuchungen zum Fressverhalten hochleistender Milchkühe in der Früh-laktation. *Züchtungskunde* 79(3): 12.
- Phillips, C. 2002. Cattle behaviour and welfare. 2nd Ed. Blackwell Science Ltd. Oxford, UK.
- Sargent, R. G. 1996. Some subjective validation methods using graphical displays of data. *Proceedings of the 28th conference on Winter simulation: ACM Press, New York, USA: p. 345-351.*
- Stelwagen, C. J. 2008. Incorporation of the conventional feeding option in a discrete event simulation model of a husbandry system for dairy cows. Bsc-Thesis, Wageningen University, Wageningen, 47pp.
- Zijlstra, J., Haan, M. de, Evers, A., Cruciale beslissingen in de nieuwe realiteit, ASG-Rapport 116, Animal Sciences Group, Wageningen, 61 p.
- Zom, R.L.G., J.W. van Riel, G. André en G. van Duinkerken, 2002. Voorspelling voeropname met Koemodel 2002. *PraktijkRapport Rundvee nr. 11. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad. 50 p.*

9 Bijlagen

9.1 Bijlage 1: Begrippenlijst

1 ^e Kwartielinterval	25% van de getallen liggen onder deze waarde
3 ^e kwartielinterval	25% van de getallen liggen boven deze waarde
Bezoeksduur	Tijd die een koe doet over het bezoeken van een faciliteit
Faciliteit	Onderdeel van de stal: de stal bestaat uit een plek om te melken, voeren, rusten en lopen.
Lactatiestadium	De lactatie is ingedeeld in verschillende fases zie tabel 3.3.1
Lactatiedag	Nummer van de dag na afkalven
Maaltijd	Periode dat een koe achter elkaar eet, in het onderzoek berekend door de bezoektijd aan de Atlantis te corrigeren met de bezoektijd waarop niet gevreten is.
Mediaan	Middelste getal in een reeks
Pariteit	Nummer van de lactatie
TMR	Total Mixed Ration
Transponder	Chip waarmee het voersysteem via een sensor de koe herkent
Verzadigingseenheid	Eenheid van de verzadigingswaarde
Verzadigingswaarde	De mate waarop een voercomponent vult (berekend met vergelijkingen 2.1.4 – 2.1.6)
Voerbak	Plek waar koeien het voer toegediend krijgen
Voercomponent	Type voer waarmee het rantsoen is opgebouwd
Voeropname	Hoeveelheid voer die opgenomen wordt
Voeropnamecapaciteit	Hoeveelheid voer die een koe per dag op kan nemen
Voersoort	Type voer dat onderscheiden kan worden
Voeropnamesnelheid	Snelheid waarop voer tijdens de maaltijd wordt opgenomen
Voeropnametijd	Tijdsduur die een koe doet over het opnemen van de maaltijd

9.2 Bijlage 2: Simulatiemodel

Oude Code:

Fast Server for 1 tot en met 16

```
do(
i.DMIWantedToday := (i.FIC / SatietyValue),
{HP 5aug09 sequence of 2 following statements changed, 2nd stmt modified}
i.DMI:=(i.FeedIntakeSpeed / SatietyValue * i.ForageEatingDur),
inc(i.DMIActualToday,i.DMI),
if(i.RationID = 2,(SendMessage(2,round(i.DMI*10),c))),
if(i.RationID = 3,(SendMessage(3,round(i.DMI*10),c))),
if(i.RationID = 4,(SendMessage(4,round(i.DMI*10),c))),
if(i.RationID = 5,(SendMessage(5,round(i.DMI*10),c))),
if(i.RationID = 6,(SendMessage(6,round(i.DMI*10),c))),
{RationID number controls output messages to distribute the right ratio}
{-New DA mar 06-}

{consumer behaviour of the cow, concerning feeding}
SetLabel([TimeDiffFeed],Time-Label([LastFeeding],i),i),
SetLabel([LastFeeding],Time,i),
setatt(16,-90,i),
setloc(1,0,0,i),
RotationAs(i):=90
```

Fast Server34 Forage Eating Dur

```
Do(
SetLabel([ForageEatingDur],InputMatrix(9,2)*Beta(mins(InputMatrix(5,1)),InputMatrix(5,3),InputMatrix(5,4)),i)
)
```

Server Initialize Cows

```
Do(
SetLabel([Counter],1+Label([Counter],c),c),
Name(i):=concat([Cow],Valuetostring(Label([Counter],c))),
setlabel([Volgende],Markov,i),
SetLabel([LastMilking],mins(-360),i),
Setlabel([Timelnit],Time,i),

SetLabel([LactationDay],trunc(random(1)*305),i),
SetLabel([LactationNumber],(trunc(random(1)*4)+1),i),
if(
Label([LactationDay],i) > 90,
SetLabel([PregnancyDay],Label([LactationDay],i)-90,i),
SetLabel([PregnancyDay],0,i)
),
Setlabel([FeedIntakeSpeed],(12.11/(250*60)),i), {ln satiety units/sec! 12.11 is average FIC, 250 mins is
average eating duration during a day. }
Setlabel([LastFeeding],-60,i),
CreateEvent(0,i,4) {HP 6aug09: Initialize FIC on product Cow}
)
```

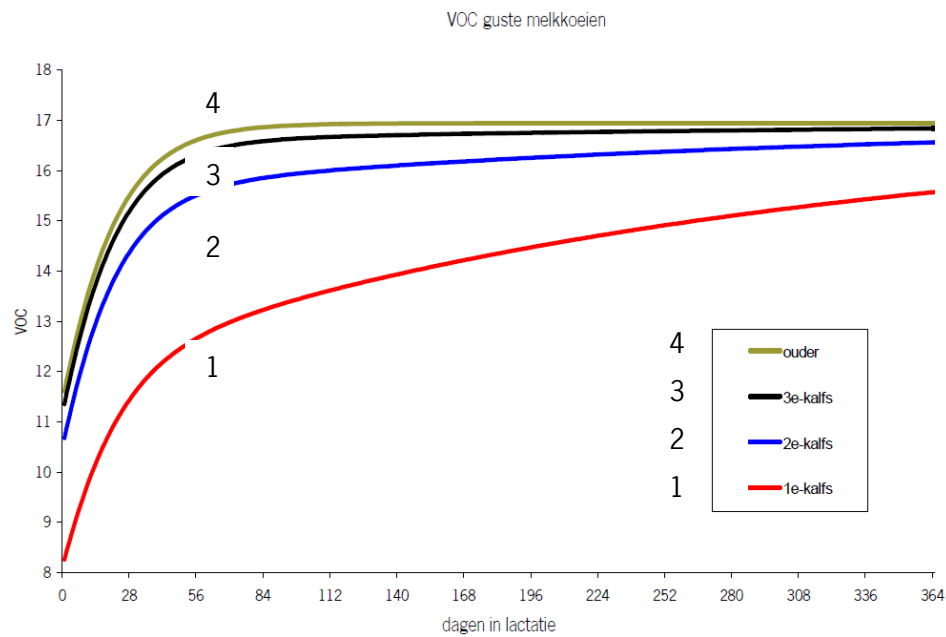
Nieuwe Code:

Fast Server for 1 tot en met 16

```
do(
  i.DMIWantedToday := (i.FIC / SatietyValue),
  {HP 5aug09 sequence of 2 following statements changed, 2nd stmt modified}
  if (TreatmentNR = 1, i.DMI:=((power(i.ForageEatingDur * 3.79,-0.287)) /60 / SatietyValue *
  i.ForageEatingDur)),
  if (TreatmentNR = 2, i.DMI:=((power(i.ForageEatingDur * 3.36,-0.278)) /60 / SatietyValue *
  i.ForageEatingDur)),
  if (TreatmentNR = 3, i.DMI:=((power(i.ForageEatingDur * 3.36,-0.278)) /60 / SatietyValue *
  i.ForageEatingDur)),
  inc(i.DMIActualToday,i.DMI),
  if(i.RationID = 2,(SendMessage(2,round(i.DMI*10),c))),
  if(i.RationID = 3,(SendMessage(3,round(i.DMI*10),c))),
  if(i.RationID = 4,(SendMessage(4,round(i.DMI*10),c))),
  if(i.RationID = 5,(SendMessage(5,round(i.DMI*10),c))),
  if(i.RationID = 6,(SendMessage(6,round(i.DMI*10),c))),
  {RationID number controls output messages to distribute the right ratio}
  {-New DA mar 06-}

  {consumer behaviour of the cow, concerning feeding}
  Setlabel([TimeDifFeed],Time-Label([LastFeeding],i),i),
  SetLabel([LastFeeding],Time,i),
  setatt(16,-90,i),
  setloc(1,0,0,i),
  RotationAs(i):=90
)
```

9.3 Bijlage 3: Grafieken



Grafiek 9.3 Voeropnamecapaciteit voor gaste koeien voor verschillende pariteiten: de eerste (1), tweede(2), derde(3) lactatie en ouder(4) berekend door Zom met behulp van vergelijking 2.1.3. (Zom, 2002).